



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA**

**“EVALUACIÓN DEL PROYECTO: SISTEMA DE RIEGO POR
GOTEO LOCALIZADO DE BAJA CARGA PARA PARCELAS
PEQUEÑAS”**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA
(INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES) PRESENTA:**

LAURA VÉLEZ MORALES

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. ERNESTO VÁZQUEZ MORALES
CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO D.F. JUNIO DE 2007**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedico esta tesis a mi esposo Xavier y a mis hijas Ximena y Daniela, por su amor, paciencia y apoyo, a mi hermano Arturo por estar siempre cerca de mi, gracias.

Agradezco especialmente a el Dr. Ernesto Vázquez Fernández, al M. en I. Víctor Franco y al M. en I. Rubén Téllez por su apoyo para la realización de este trabajo.

**EVALUACIÓN DEL PROYECTO: SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO
LOCALIZADO DE BAJA CARGA PARA PARCELAS PEQUEÑAS**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Política Hidráulica

Breve historia del riego por goteo

Micro empresas y mercado rural

El proceso

Características y problemática de la agricultura en México

Agricultura Tecnificada

Desarrollos de tecnologías de riego

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Conformación de paquetes

Agricultura tecnificada para pequeños productores

Segunda etapa

Programas de apoyo y transferencia

ESTUDIO DE MERCADO

Descripción del sistema de riego

Análisis y determinación de la demanda

Análisis y determinación de la oferta

Análisis y determinación del precio

Distribución

Publicidad y promoción

ESTUDIO TÉCNICO

Diseño Hidráulico

Pruebas de laboratorio

Pruebas de campo

Costos unitarios de las mangueras y goteros

Gráficas de diseño

Consideraciones teóricas

Recomendaciones para la operación del sistema

Diseño Agronómico

EVALUACIÓN FINANCIERA

Estudio para un sistema “Instituto”

Localización y tamaño

Metodología

Modelo Financiero

Análisis de los módulos de la mixteca oaxaqueña

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones técnicas

Experiencias y resultados

Conclusiones Financieras

Aceptación de los productores

Conclusiones globales

BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de proyectos no es solo la parte inicial de cualquier proyecto de Investigación de Operaciones, sino que es el pilar fundamental sobre el cual se basa el éxito o el fracaso del proyecto. Hay muchas más evaluaciones de proyectos que proyectos realizados o terminados.

La naturaleza de la organización es esencialmente inmaterial y, de hecho, la investigación de operaciones se ha aplicado de manera extensa en áreas tan diversas como la manufactura, el transporte, la construcción, las telecomunicaciones, la planeación financiera, el cuidado de la salud, la milicia y los servicios públicos, por nombrar sólo unas cuantas. Así, la gama de aplicaciones es extraordinariamente amplia.

La parte de investigación en el nombre significa que la investigación de operaciones usa un enfoque similar a la manera en que se lleva a cabo la investigación en los campos científicos establecidos.

En el Instituto de Ingeniería se presentó un proyecto de investigación en el que se debía mejorar el aprovechamiento de agua disponible, usualmente escasa, la implementación debía ser de fácil instalación, operación y mantenimiento, de bajo costo de adquisición, durabilidad de los equipos, adaptabilidad a las condiciones locales, mejora sustancial en la producción y mayor aprovechamiento de la mano de obra. Por lo que se me permitió participar en un grupo multidisciplinario, aportando conocimientos de evaluación y administración de proyectos,

sistemas de información financiera e incluso habilidades directivas, con los que se demostró que el proyecto es viable.

En particular, el proceso comienza por la observación cuidadosa y la formulación del problema incluyendo la recolección de los datos pertinentes, lo primero que había que hacer era crear un sistema de riego tradicional mas eficiente, por lo que a base de múltiples mediciones se formaron las graficas de diseño, que asociadas a un costo se optimizó el procedimiento. Posteriormente se realizó la evaluación financiera herramienta fundamental para la toma de decisiones.

Entonces, en cierto modo, la investigación de operaciones incluye la investigación científica creativa de las propiedades fundamentales de las operaciones. Sin embargo, existe más que esto. En particular, la I de O se ocupa también de la administración práctica de la organización. Así, para tener éxito, se deben también proporcionar conclusiones claras que pueda usar el tomador de decisiones cuando las necesite.

En general este trabajo de tesis es una evaluación financiera de proyecto atípica, puesto que el producto no se encuentra en el mercado, es una innovación tecnológica con la que se experimentó primero en parcelas piloto y posteriormente se han ido promoviendo por el éxito técnico y financiero en varios estados de la republica mexicana.

Una característica más de la investigación de operaciones es su amplio punto de vista. Adicionalmente la investigación de operaciones intenta encontrar una mejor solución, (llamada solución óptima) para el problema bajo consideración. (Decimos una mejor solución y no la mejor solución porque pueden existir muchas soluciones que empaten como la mejor.) En lugar de contentarse con mejorar el estado de las cosas, la meta es identificar el mejor curso de acción posible. Aun cuando debe interpretarse con todo cuidado en términos de las necesidades reales de la administración, esta "búsqueda de la optimidad" es un aspecto importante dentro de la investigación de operaciones.

Todas estas características llevan de una manera casi natural a otra. Es evidente que no puede esperarse que un solo individuo sea un experto en todos lo múltiples aspectos del trabajo de investigación de operaciones o de los problemas que se estudian; se requiere un grupo de individuos con diversos antecedentes y habilidades. Entonces, cuando se va a emprender un estudio de investigación de operaciones completo de un nuevo problema, por lo general es necesario emplear un buen equipo. El equipo también necesita tener la experiencia y las habilidades necesarias para permitir la consideración adecuada de todas las ramificaciones del problema a través de la organización.

Se presentan los resultados obtenidos de la evaluación financiera y de proyecto de un sistema de baja presión para riego localizado en pequeñas parcelas en la Comarca Lagunera y Mixteca Oaxaqueña, en donde se realiza el análisis para la Comarca Lagunera y se muestra que el

sistema es redituable, con un VPN de \$17,270, una tasa interna de retorno de 116.51% y una TVR de 47.88%, en un periodo de diez años.

Se implantaron los sistemas en otras regiones de Yucatán, Puebla, Tlaxcala, Morelos y el Estado de México.

Se espera que haya demanda de los sistemas en la Comarca Lagunera, la Mixteca Oaxaqueña y el Estado de México, las expectativas en la primera región son amplias; en la segunda y tercera, por los escasos recursos de los agricultores y el interés que han manifestado, la demanda es importante. Por el contrario, en la península de Yucatán, debido a la experiencia que tienen en el diseño de sistemas fijos de baja carga con micro tubos sobre el suelo en terrenos pedregosos, donde son más apropiados que los sistemas móviles, la demanda es escasa. Para los casos de Puebla, Tlaxcala y Morelos las expectativas son alentadoras.

Esencialmente el diseño del sistema es modular y consiste en un tanque o cabezal que alimenta a una red abierta, donde cada lateral puede servir a tres surcos de plantas, y debe ser empleado en terrenos planos. Las mangueras usadas en los laterales fueron de polietileno resistentes al alto intemperismo, con durabilidad aproximada de diez años, de baja densidad con diámetro nominal externo de 17mm.

Se presentan las gráficas para el diseño hidráulico óptimo de sistemas de riego por goteo de baja carga con mangueras de 17mm de diámetro externo y goteros de inserción tipo laberinto O-Tif de gasto pequeño. El diseño consiste en obtener el número óptimo de laterales una vez establecidas las separaciones entre ellos y los emisores. Las gráficas se obtuvieron con ayuda de un modelo matemático para redes cerradas de tuberías que fue calibrado a partir de la información de longitudes máximas de los laterales de goteo incluidas en la hoja técnica del fabricante, con uniformidad de emisión de 0.90 para terreno plano. Los sistemas pueden ser fijos o móviles para el riego de hortalizas o cultivos con separaciones entre plantas de 0.3 a 0.8m y entre laterales de 0.5 a 3.2m, con gastos promedio de 1.39 l/h para goteros de color negro y de 0.66 l/h para goteros de color café. La carga en el tanque de alimentación o cabezal es de 1.5m. Las áreas de riego van desde 750 hasta 12670m² y costos unitarios de 0.12 a 1.42 USD/m².

"El departamento de evaluación de operaciones del banco mundial (DEO) efectuó un examen de las inversiones en investigación y extensión agrícola que tuvieron lugar en el decenio de 1980 y primeros años noventa. En lo que respecta a las observaciones sobre las actividades de la investigación, el único punto de controversia es la prioridad que deberá darse a la introducción del análisis económico en los sistemas nacionales de investigación agraria a fin de mejorar los procesos de asignación de prioridades y de evaluación de la investigación. Muchos funcionarios, aun reconociendo su importancia, expresaron la inquietud de que, con ello, el escaso numero de especialistas en ciencias sociales con que cuentan las organizaciones nacionales de investigación tenga que abandonar su función esencial de ayudar a los científicos a entender mejor los sistemas de explotación agrícola y a medir la adopción de tecnologías y su repercusión en dichos sistemas" (Dennis L. Purcell, Agricultural Extension and Research).

Es por esto que es fundamental no solo realizar la evaluación de proyectos pero también extender el conocimiento de los mismos lo más posible para así elevar la probabilidad de éxito en caso de que el proyecto sea calificado como factible.

2. ANTECEDENTES

2.1 POLÍTICA HIDRÁULICA

Desde hace tiempo se ha visto que debe fomentarse el uso de sistemas de riego tecnificado que se adapten a las condiciones y necesidades de agricultores que poseen pequeñas parcelas en regiones de escaso desarrollo socioeconómico. El riego tecnificado ha facilitado el uso de innovaciones en materia de agroquímicos con mejores fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas, propiciando con ello una mayor calidad de los productos y como consecuencia un aumento apreciable en la producción. También este riego, al utilizar tuberías, ha logrado un incremento sustancial en la eficiencia del aprovechamiento del agua, recurso que está limitado en las zonas de riego localizadas en regiones áridas y semiáridas, ello permite ampliar la superficie de riego o el establecimiento de dos ciclos anuales. En adición, el riego tecnificado logra el uso eficiente de insumos como son los agroquímicos mencionados.

El uso eficiente del recurso implica necesariamente la utilización de un método que optimice el recurso financiero y que demuestre a los que tienen el dinero, en invertir en este tipo de proyectos, o bien que convenza a los pequeños agricultores, cuál es el medio adecuado para la mejor toma de decisiones, es por esto que pensar en la investigación de operaciones como medio facilita la proyección de una idea más clara.

A partir de 1996 y hasta la fecha, la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) puso en marcha el Programa Alianza para el Campo, que incluye el Subprograma de Ferti-irrigación mediante el cual se ha logrado la instalación de sistemas de riego tecnificado en cerca de 350,000ha. Los resultados que se han obtenido hasta el momento son satisfactorios y por ello existe interés del Gobierno Federal en ampliar la participación de los

agricultores minifundistas, quienes disponen de muy escasos recursos para invertir en los sistemas de riego existentes en el mercado, aún usando esquemas de costo compartido que son muy ventajosos para el agricultor.

México es una nación rica en recursos naturales. Su gran diversidad ecológica hace de nuestro territorio un lugar privilegiado en el planeta. Lamentablemente, los patrones de desarrollo que hemos seguido hasta hoy, han mermado considerablemente esa abundancia y en algunos casos han causado daños irreversibles a nuestros sistemas ecológicos. Por ello, su manejo y preservación son asuntos estratégicos de seguridad nacional.

Esto queda reconocido en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 (PND), el cual es el instrumento rector de toda la acción de la administración pública federal y presenta los principios, objetivos y estrategias que orientan las acciones en los próximos años. A partir de él se originan los programas sectoriales, regionales y especiales.

Para el caso del sector agua, el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006 (PNMA) es el marco que establece los principios bajo los cuales se han diseñado las estrategias que integran el Programa Nacional Hidráulico 2001-2006 (PNH).

En nuestro país, en lo que respecta al balance nacional de agua, la extracción es menor que el volumen renovable. Sin embargo, este balance global no revela la crítica situación que prevalece en las regiones áridas, donde el balance es negativo y se está minando el almacenamiento subterráneo para poder satisfacer las demandas; mientras que en las porciones más lluviosas del país, de menor desarrollo, fluyen importantes cantidades de agua sin aprovechamiento.

La población, la actividad económica y las mayores tasas de crecimiento se concentran en el centro, norte y noroeste del país, donde la disponibilidad de agua per capita alcanza valores muy cercanos a los $2000\text{m}^3/\text{hab}/\text{año}$, valor internacionalmente considerado por el Banco Mundial y la Organización de las Naciones Unidas como peligrosamente bajo. Esta situación comienza a generar problemas de suministro, sobre todo en periodos de sequía.



Figura 1. Fuente: Comisión Nacional del Agua

La presión sobre el recurso en estas zonas de escasa disponibilidad, ha provocado que el problema de sobreexplotación de los acuíferos sea cada vez más grave; en 1975 eran 32 los acuíferos sobre explotados, número que se elevó a 36 en 1981, a 80 en 1985 y a 96 en el 2000.

En lo que respecta a la calidad del agua, la mayoría de los cuerpos de agua superficial del país reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola o pecuario, lo que ha ocasionado grados variables de contaminación que limitan el uso directo del agua.

Calidad de las aguas superficiales nacionales

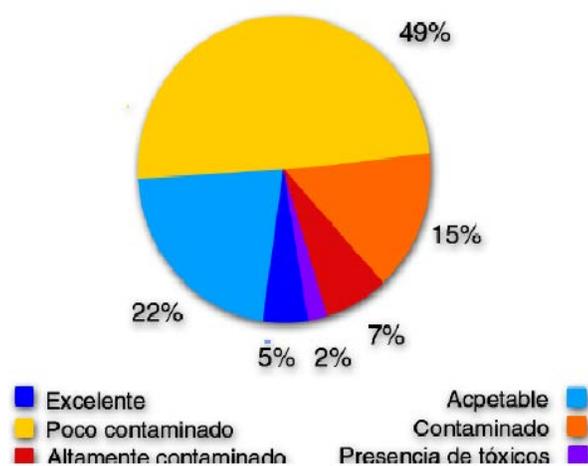
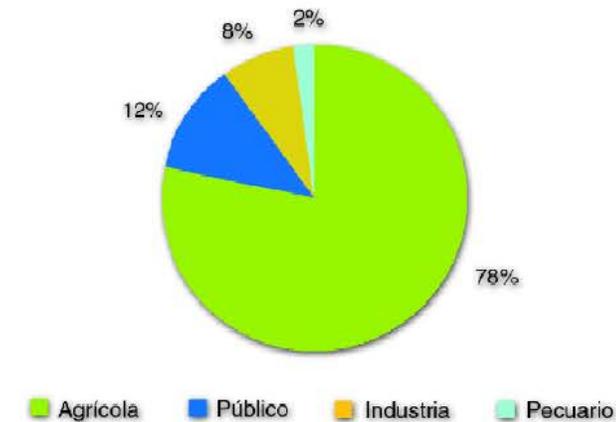


Figura 2. Fuente: Comisión Nacional del Agua

En cuanto a los usos del agua, se estima que en el año 2000 se extrajeron de los ríos, lagos y acuíferos del país 72 mil millones de m³ para los principales usos (44 mil millones de aguas superficiales y 28 mil millones de aguas subterráneas).

Extracciones brutas de agua de los principales usos

(Datos estimados para 2000)



Fuente: Comisión Nacional del Agua.

Figura 3

En nuestro país, el uso predominante es el agrícola, ya que representa el 78% de la extracción, seguido por el uso público urbano con el 12% y el industrial con el 8%.

Del abastecimiento a centros de población, en el XII Censo General de Población y Vivienda 2000 muestra que la población total en el país es de 97.4 millones de habitantes, de los cuales 95.3 millones habitan en viviendas particulares y 2.1 millones en viviendas colectivas o albergues.

De los habitantes que viven en poblaciones urbanas el 94.6% cuentan con agua potable y el 89.6% con alcantarillado. En el medio rural, las coberturas son del 68.0% y 36.7% respectivamente.

En materia de aguas residuales, se tratan solamente el 23% de las aguas recolectadas, procedentes de localidades urbanas.

Para la agricultura, en México la superficie con infraestructura de riego es de 6.3 millones de hectáreas, lo que coloca al país en el séptimo lugar mundial. El 54% de esa superficie corresponde a 82 Distritos de Riego, y el 46% restante a obras de pequeño riego, denominadas Unidades de Riego.

La agricultura de riego utiliza el 78% de agua extraída en el país; en más del 80% de la superficie los métodos aplicados son tradicionales y la eficiencia promedio en el uso del agua se estima en 46%.

En la industria del país se emplean del orden de seis mil millones de metros cúbicos de agua al año y descargan aproximadamente del orden de cinco mil millones de metros cúbicos al año

de aguas residuales, que se traduce en más de seis millones de toneladas al año de carga orgánica, expresada como demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), esto representa alrededor de 1.5 veces lo generado por todos los centros de población.

Los principales aportes de carga contaminante son generados por la industria azucarera, la fabricación de alcohol y bebidas alcohólicas, las industrias de papel y celulosa, química, petrolera, alimenticia y la actividad agropecuaria, principalmente porcícola y beneficio del café, además de los giros de minería, metalmecánica y textil.

Considerando la problemática actual y la trascendencia del recurso en el bienestar y el desarrollo del país debemos aspirar a ser una “Nación que cuente con seguridad en el suministro del agua que requiere para su desarrollo, que la utilice de manera eficiente, reconozca su valor estratégico y económico, proteja los cuerpos de agua y preserve el medio ambiente para las futuras generaciones”.

La política hidráulica en el país en el periodo 2001-2006 se orienta al cumplimiento de los siguientes objetivos nacionales:

1. Fomentar el uso eficiente del agua en la producción agrícola
2. Fomentar la ampliación de la cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
3. Lograr el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos.
4. Promover el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico.
5. Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.
6. Disminuir los riesgos y atender los efectos de inundaciones y sequías.

Estrategias. Las estrategias para alcanzar los seis objetivos fijados se articulan de la siguiente manera:

1. Fomentar el uso eficiente del agua en la producción agrícola con:
 - a. Apoyos para incrementar la eficiencia y productividad de las zonas de riego.
 - b. La implantación de mecanismos para inducir el cambio tecnológico en los sistemas de riego.
 - c. La incorporación al riego de nuevas superficies y tecnificación de las áreas de temporal.
2. Fomentar la ampliación de la cobertura y calidad de los servicios de agua potable, mediante:
 - a. El desarrollo de operadores capaces de proporcionar los servicios en forma auto sustentable.
 - b. Apoyo a las autoridades locales y estatales para la consolidación de las empresas – públicas, privadas o mixtas- encargadas de proporcionar los servicios.
 - c. Premiar el incremento de las eficiencias con mayores apoyos del Gobierno Federal.

- d. Incentivar el pago de los usuarios por los servicios.
 - e. Fomentar el pago de derechos por parte de los organismos operadores, promoviendo que estos recursos regresen al mismo sector.
3. Lograr el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y acuíferos buscando:
- a. Modificar el enfoque de satisfacción de las necesidades de agua, privilegiando la reducción de la demanda.
 - b. Consolidar la administración integral de las aguas superficiales y subterráneas en su manejo unitario por cuencas hidrológicas.
 - c. Incorporar en la planeación, desarrollo y manejo de los recursos hidráulicos, los criterios que armonicen los objetivos nacionales de eficiencia y equidad y de preservación del medio ambiente.
 - d. Mejorar la regulación en el uso de las aguas nacionales.
 - e. Inducir a la sociedad a reconocer el valor económico del agua.
4. Promover el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico a través de:
- a. El fortalecimiento de la capacidad institucional del Sector, bajo el liderazgo de una única Autoridad Federal en la materia.
 - b. La descentralización de funciones operativas que realiza la Federación hacia los Estados, Municipios y Usuarios.
 - c. El desarrollo de organizaciones financieramente sanas y administrativamente autónomas.
 - d. El desarrollo de la capacidad tecnológica para avanzar en el uso eficiente del agua y en la preservación y mejoramiento de su calidad.
5. Consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso con:
- a. La participación informada de la sociedad en la plantación, aprovechamiento y administración de los recursos hidráulicos.
 - b. La consolidación de los consejos de cuenca y sus órganos auxiliares.
 - c. El fortalecimiento del Consejo Consultivo del Agua y de los consejos ciudadanos estatales.
 - d. La promoción de una cultura que fomente el uso eficiente del agua y el reconocimiento de su valor económico y estratégico.
6. Disminuir los riesgos y atender los efectos de inundaciones y sequías con:
- a. El desarrollo de medidas organizativas en la población para que responda de manera apropiada a dichos fenómenos.
 - b. Sistemas eficientes de información y alerta que permitan que la población conozca oportunamente la presencia de estos fenómenos.
 - c. La reubicación de la población asentada en zonas de alto riesgo y la coordinación interinstitucional para evitar asentamientos humanos en esas zonas.
 - d. El diseño de planes para el Manejo de sequías.

- e. La construcción de infraestructura hidráulica estratégica de control de avenidas o de captación y almacenamiento.

Los problemas que enfrentamos en la actualidad en materia de agua, tienen sus causas en limitaciones físicas y en circunstancias socioeconómicas, pero también hemos cometido errores como país, como sociedad, en el aprovechamiento de nuestros recursos hidráulicos, al permitir su desperdicio o incurrir en su degradación.

En el mediano y largo plazos, no es sostenible la tendencia actual. No podemos sufragar permanentemente el costo económico, social y ambiental de traer más ríos a las ciudades, de agotar los acuíferos con los que contamos o de alterar la calidad de las aguas. No podemos enfrentar el problema del agua como si la disponibilidad del recurso fuera algo que nos da, ilimitadamente y en forma gratuita, el medio en que vivimos.

Es necesario el apoyo decidido de las instancias de gobierno, así como de los productores y de los inversionistas privados, en el mejoramiento de la infraestructura hidráulica y en realizar las acciones necesarias para elevar la eficiencia del uso del agua en las actividades productivas.

Sin embargo, no podemos enfrentar con éxito el reto que representa el manejo eficiente del agua sin una sociedad más actuante y más corresponsable. El estado no puede ni debe ser el único responsable. Deben abrirse mayores espacios de participación y, por lo tanto, de corresponsabilidad a los productores, a los gobiernos locales, a los usuarios y a la sociedad civil en general.

En el mundo, 1.3 billones de personas que sobreviven con menos de un dólar al día, son agricultores de pequeñas parcelas.

Los pequeños agricultores podrían doblar su producción al duplicar el área disponible, si solo tuvieran acceso adecuado y oportuno al agua. Esto les daría trabajo y alimento.

Antes la tecnología sólo era accesible para agricultores con capacidad de pago, ahora se presenta una gran promesa para los pequeños propietarios de escasos recursos, la aplicación de sistemas como el riego por goteo.

Actualmente el 40% de la comida que se consume en el mundo proviene del 18% de las parcelas que utilizan algún tipo de riego.

Las desventajas en el uso de sistemas de riego por canales son el costo de construcción y la dificultad topográfica de los terrenos.

El sector de riego se ha enfocado en:

1. Proyectos de canales a gran escala
2. Grandes proyectos sobre aguas subterráneas
3. Proyectos de alta calidad sobre sistemas presurizados por aspersión y sistemas por goteo

Estos sistemas se conocen por los siguientes criterios:

- Productividad.- Antes que alta calidad se prefiere gran productividad.
- Rápido reembolso.- De lo que se invierte se pretende recuperar del doble al triple.
- Divisibilidad y expansión.- Los agricultores deben estar capacitados para hacer modificaciones en sus sistemas de modo que se adapten a sus necesidades y expandirlos.
- Eficiencia del agua.- Para la mayoría de las zonas áridas y semiáridas el adecuado uso del agua es crucial, esto ayuda a obtener mayor provecho tanto económico como en cuestión de área producida.

Actualmente toda una gama de sistemas está disponible en el mercado para pequeños propietarios. El riego por goteo da una gran promesa en la productividad, eficiencia del agua e ingresos para pequeños propietarios.

2.2 Breve historia del riego por goteo.

Los sistemas de riego por goteo suministran el agua a baja presión, directamente a las raíces de las plantas, a través de pequeños orificios o emisores. Los agricultores pueden aplicar fertilizantes en cantidades medidas, reduciendo el uso de químicos y la potencial contaminación de la tierra y el agua.

Los primeros sistemas de riego por goteo fueron presentados por los Ingenieros Israelíes, a mediados de los años 70's y fueron utilizados estos métodos en diversos países como: Australia, Israel, México, Nueva Zelanda y Sudáfrica.

Se estima que los sistemas de goteo y microirrigación se han extendido desde 1991 en un 75%. En países como India, Israel, Jordania, España y los Estados Unidos, los estudios han mostrado consistentemente que el riego por goteo reduce el uso del agua de 30 a 70% y el cultivo de las cosechas aumenta del 20 al 90%.

En la India se incrementó la superficie de riego por goteo de 1,000ha a 225,000ha en un período de 13 años.

A pesar de que el área bajo microirrigación se ha extendido las ultimas dos décadas, representa sólo el 1% del área total irrigada en el mundo. Una de las principales barreras de esta expansión es el costo, varía de 1,500 y 2,500 dólares por hectárea. Pero los pequeños propietarios típicos siembran pequeñas parcelas por separado de dimensiones entre 0.1 a 0.2ha (IDE, International Development Enterprises 1997) pero los sistemas comerciales se venden por no menos de 0.4ha.

Resultados obtenidos han demostrado que los sistemas pequeños (bajos costos) se pagan solos para la siguiente cosecha. En Nepal, se experimenta un enorme potencial del mercado por el bajo costo de los sistemas y, lo más importante, el riego por goteo incrementa el ingreso del agricultor y garantiza sus alimentos.

La IDE considera cuatro tipos de sistemas:

- Kits de Cubeta.- Consta de una cubeta de 20 litros, un lateral de 10m con 26 micro tubos (puede irrigar cuatro plantas), la cubeta debe ser llenada de 2 a 4 veces por día. Riega 100 plantas en un área de 25m² (alimento para 6 personas a un costo de 5 dólares).

- Kits de tinaco.- Consta de un tinaco de 200 litros, con 5 laterales de 10m de largo, con 26 microtubos por lateral y cubre un área de 125m² a un costo de 25 dólares.

- Sistemas de Goteo Móviles.- Son parecidos a los sistemas convencionales pero con la cualidad de ser móviles y no fijos como los convencionales. Con un tinaco ubicado entre 2 y 4m por encima de la parcela, equipado con un filtro. Este sistema cuesta 50 dólares para regar un área de 1,200m².

- Sistemas fijos con microtubos.- Consta de líneas laterales de plástico y microtubos y se pueden usar en pequeñas o grandes parcelas. Cuestan 2/3 menos que un sistema tradicional. El sistema es presurizado por un tinaco de concreto que se encuentra 4m por encima del nivel de la parcela, con un filtro de bajo costo. Se utiliza una bomba eléctrica o de diesel y una válvula bypass. Tiene un costo de 250 dólares para regar un área de 4,000m² (1 acre) o 625 dólares para una hectárea.

2.3 Micro empresas y Mercado Rural

La existencia de una gama de tecnologías en sistemas de riego no garantiza necesariamente que estos serán adquiridos por la demanda. Los consumidores potenciales son en su mayoría muy pobres.

Uno de los retos más importantes para reducir la pobreza y el hambre en el campo, es la creación de mercados que sirvan a pequeños propietarios con escasos recursos.

Recientemente el gobierno de México ha establecido un programa piloto de riego por goteo de bajo costo, esta iniciativa puede ser utilizada no solo en este lugar sino en otras partes de Latinoamérica.

Los sistemas de riego pueden operar bajo una gran variedad de condiciones de suministro de agua.

La iniciativa global de los sistemas de bajo costo puede establecer asociaciones no gubernamentales y grupos comunitarios que estén desarrollando proyectos para hacer más eficientes los recursos, como el agua y dar más valor a los sistemas de riego de baja carga.

La transición entre un sistema tradicional y uno de goteo puede ser difícil, como el típico sistema de 14 días de ciclo en un sistema de canales, al de 1 a 3 días en un sistema de riego por goteo.

2.4 El proceso

El primer paso, es un estudio multidisciplinario para determinar las condiciones necesarias para obtener éxito. La información es recabada por un agricultor y parcela típica, prácticas agrícolas y datos sobre el ingreso anual de los pequeños agricultores, la extensión disponible para riego y la disponibilidad de los mercados para cultivos rentables.

Si la investigación sugiere que las condiciones son adecuadas para la implantación del sistema de riego se procede al siguiente paso que es la adaptación de la tecnología.

Después de que la tecnología de riego ha sido modificada para las condiciones locales, se inicia la difusión. Esta fase comienza con la implantación de diversos sitios de demostración. Con el uso de un manual ilustrado en donde se indican las direcciones, el pequeño propietario puede instalar un sistema sin ayuda técnica.

La experiencia de la IDE en la India y Nepal sugiere que una asamblea y un paquete de trabajo pueden iniciarse por menos de 1,000 USD (a nivel organización).

Los gobiernos tienen un papel importante en las iniciativas globales. Así el gobierno ha sido el primero en tomar la iniciativa en México. El FIRCO junto con la UNAM han realizado pruebas de laboratorio de sistemas de riego por goteo de bajo costo. El FIRCO ha implantado parcelas piloto en los estados de Oaxaca, Yucatán, Coahuila, Puebla, Tlaxcala, Morelos y Estado de México. Actualmente se difunde a otros estados.

El combate a la pobreza en el mundo es una tarea difícil que implica medidas y estrategias en diversos ámbitos tales como el técnico, el económico y el social. Esta labor involucra el trabajo de instituciones y organismos nacionales e internacionales de carácter gubernamental o civil.

Sin embargo, el proceso de generación y adaptación de tecnología, su aceptación y difusión, no es simple y requiere del conocimiento pleno de los elementos que definen el tipo y nivel de una agricultura regional.

Cabe mencionar entonces, que la agricultura es, sin lugar a dudas, una de las actividades productivas que realiza el hombre desde tiempos muy remotos y en la que tienen mayor influencia los factores naturales. Las condiciones de clima, vegetación, topografía y tipos de suelos son determinantes en el grado de desarrollo de esta actividad.

Por lo anterior, para caracterizar a los sistemas y productores agrícolas de una región, se debe partir de las condiciones naturales que a su vez imponen los parámetros del desarrollo tecnológico, económico y cultural. Estas bases de caracterización proporcionan el panorama general bajo el cual los 1.3 millones de agricultores de pequeña propiedad viven en la pobreza (IDE, 2000), además sirven para definir la tecnología más adecuada y la forma de implantarla.

Esto es, antes de asegurar el tipo y la forma de tecnología que debe acercarse a este modelo de agricultores, es necesario agruparlos al menos en aquellos que en realidad son poseedores de pequeñas parcelas (menos de 2.0ha), y los que tienen superficies mayores pero existen condiciones que les impiden explotar el total de su propiedad. Esto indicará la posibilidad y las expectativas de extensión de los sistemas.

Por otra parte, puesto que la agricultura no es un proceso aislado y el aumento en la producción no es suficiente para la solución del problema, se hace énfasis en que deben considerarse acciones complementarias que aseguren el éxito completo del trabajo.

La definición de un patrón de cultivos según las condiciones naturales, y en muchas ocasiones aspectos de cultura y tradición, está vinculada con los objetivos de la producción. Es decir, se debe precisar si la producción será solo para el consumo directo, si es conveniente comercializar o ambas.

Finalmente, el desarrollo y difusión de sistemas de riego por goteo en comunidades de agricultores de escasos recursos puede ser la pauta para beneficiar a miles de familias en estas condiciones, que por el hecho de no contar con suficientes ingresos no están en posibilidades de adquirir un sistema de riego tradicional y se atienen únicamente al temporal; ocasionando con esto que el resto del año tengan que emigrar hacia otras regiones con el objetivo de conseguir dinero para sobrevivir.

Las experiencias presentadas en diversos lugares del mundo como la India, Nepal y China dan la oportunidad de reafirmar el avance de las investigaciones que se realizan actualmente en México, y al mismo tiempo impulsan a seguir adelante en este proyecto puesto que en otros lugares ha dado el resultado esperado.

La búsqueda de nuevas y mejores alternativas técnicas con la premisa de que sean aceptadas por el agricultor que no dispone de grandes recursos, ha sido primordial.

Para el caso de México es conveniente mantener el impulso a los esfuerzos que realiza el FIRCO y el Banco Mundial para apoyar a los pequeños propietarios, por medio de instrumentos de ayuda económica, técnica y social.

Las diferentes actividades productivas que realiza el hombre son influenciadas, en gran medida, por diversos factores naturales y sociales. Los primeros condicionan, en muchas ocasiones, el grado de desarrollo de una determinada región con base en la actividad productiva predominante y la forma en que ésta se desarrolla.

Así por ejemplo, la influencia del relieve ofrece múltiples aspectos que comprenden desde la división en regiones naturales, hasta los obstáculos que presenta para la comunicación y la comercialización; además, los efectos que éste tiene sobre el clima, la vegetación, el suelo y la fauna, son esenciales, sin excluir diferencias locales en los valles, cañadas y vertientes.

Es en la agricultura, sin duda alguna, donde se advierte con mayor claridad la importancia del clima, el cual determina en gran parte el patrón general de cultivos, la clase de pastos naturales y los recursos forestales en una región.

La variación climática en muchos casos es desfavorable para el desarrollo de agricultura y, al mismo tiempo, define el tipo de agricultura posible de practicar, es decir, agricultura de riego o de temporal; como consecuencia de una distribución no uniforme en tiempo, cantidad y espacio de la precipitación, recurso natural indispensable en la agricultura.

El análisis de las diversas formas de actividad agrícola ocupa un sitio importante en los estudios geoeconómicos, no solo por la presencia de una gran variedad de cultivos y condiciones de trabajo; sino que, por un lado, la agricultura es un exponente preciso de la influencia de los factores naturales y por otro, define las características sociales de una región ya que a pesar de los adelantos tecnológicos, la agricultura es aún la más importante de cuantas actividades se realizan y que conserva procedimientos tradicionales.

Por lo anterior, una caracterización global de la agricultura y del grado de desarrollo sería errónea; ya que es necesario considerar, en primera instancia, las diferentes regiones geográficas y sus características principales.

2.5 Características y problemática de la agricultura en México

De acuerdo con los párrafos anteriores, es válido iniciar el análisis y la caracterización de la agricultura en México, con una clasificación general basada en el tipo de régimen de disponibilidad de agua para los cultivos. De esta forma, se distinguen dos modalidades principales, la agricultura de riego y la de temporal.

La agricultura de riego se caracteriza por ser altamente mecanizada, utiliza grandes cantidades de insumos y la producción que se obtiene se destina a la comercialización. Tiene gran importancia desde el punto de vista económico, por el valor de la producción, en cada región donde se practica este tipo de agricultura; no obstante que la superficie total nacional bajo riego es inferior a los 6.5 millones de hectáreas.

La agricultura de temporal, se desarrolla en lugares con topografías muy variadas, que van desde las partes planas de los valles hasta lugares con pendientes pronunciadas que forman parte de la sierra, así como en lomeríos y grandes llanos; además de lugares favorecidos por la humedad. Se encuentra bajo la influencia de diferentes tipos climáticos, desde templado húmedo con abundantes lluvias en verano hasta semiseco, semicálido con lluvias en verano y sobre una gran diversidad de suelos, donde la fertilidad es variable y la mayoría presenta altos rendimientos con aplicación de fertilizantes. Con los datos de la tabla 1 se puede tener un panorama general de la agricultura en sus dos modalidades, según la producción de cada cultivo.

Tabla 1.

Producción a nivel nacional por grupos de cultivos y modalidad (Año Agrícola 1998-1999)

Cultivo	Modalidad	Superficie Sembrada	Superficie Cosechada	Rendim. (Ton/ha)	Producción (Ton)	\$/Ton	Valor de la cosecha
Cítricos	Temporal	363	353	14.26	5,033	1,627	8,186.45
	Riego	51,791	47,711	15.88	757,758	1,649	1'249,466.37
Especias	Temporal	-	-	-	-	-	-
	Riego	266	250	1.75	437	4,849	2,119.14
Flores	Temporal	-	-	-	-	-	-
	Riego	1,659	1,610	11.33	18,242	4,995	91,113.14
Forrajes	Temporal	43,309	42,253	16.58	700,405	322	225,661.72
	Riego	228,045	225,680	30.54	6'893,315	493	3'400,235.59
Frutales	Temporal	3,483	3,445	15.78	54,369	2,071	112,593.98
	Riego	68,800	62,001	18.06	1'119,846	2,057	2'303,221.55
Granos	Temporal	139,423	130,138	2.35	305,623	1,366	417,591.03
	Riego	1'540,695	1'522,948	4.81	7'320,999	1,492	10'923,183.77
Hortalizas	Temporal	3,398	2,876	13.43	38,624	1,778	68,665.70
	Riego	204,717	199,488	19.97	3'982,940	2,725	10'852,479.87
Industriales	Temporal	3,102	2,830	7.99	22,603	1,803	40,747.86
	Riego	163,432	151,607	69.71	10'568,761	324	3'424,930.99
Oleaginosas	Temporal	27,587	14,763	1.10	16,287	2,696	43,913.32
	Riego	95,938	92,493	1.86	171,865	2,128	365,961.26
Textiles	Temporal	2,387	2,387	1.16	2,762	3,783	10,447.50
	Riego	98,363	97,806	2.98	291,119	3,558	1'035,701.53

Fuente: INEGI

2.6 Agricultura tecnificada

El primer paso es un estudio multi-disciplinario para determinar las condiciones necesarias y obtener el éxito. La información es recolectada de un agricultor y parcela típica, prácticas agrícolas y datos sobre el ingreso anual de los pequeños agricultores, la extensión disponible para riego y la disponibilidad de los mercados para cultivos rentables.

El proceso de generación y adaptación de tecnología, su aceptación y difusión, no es simple y requiere del conocimiento pleno de los elementos que definen el tipo y nivel de una agricultura regional.

Si la investigación sugiere que las condiciones son adecuadas para la implantación de un sistema de riego determinado, se procede al siguiente paso, que es la adaptación de la tecnología.

Después de que la tecnología ha sido modificada para las condiciones locales, se inicia la difusión. Esta fase comienza con la implantación de diversos sitios de demostración.

2.7 Desarrollos de tecnologías de riego

Se define al riego como la aplicación uniforme de agua al suelo, en la cantidad y frecuencia adecuadas y por el método más conveniente, con el fin de que el cultivo al que se aplicó, produzca el mayor rendimiento económico sin provocar desperdicios en el uso del agua y del suelo.

Existen tres grandes métodos de riego, el superficial, el riego por aspersión (aéreos) y el riego localizado o riego por goteo.

2.7.1 Riegos superficiales

El riego como tal, supone la aplicación artificial de agua a los cultivos, destinada a cubrir sus necesidades hídricas y hacer posible una agricultura productiva y rentable, mediante el restablecimiento del equilibrio entre la demanda de agua por las plantas y los recursos hídricos disponibles.

En este método de riego, el agua se deriva hacia la parcela desde el punto más alto de ésta y escurre por acción de la gravedad hacia las partes más bajas con un volumen que va disminuyendo conforme se mueve pendiente abajo debido a la infiltración en el suelo. Entonces, para obtener uniformidad en la distribución del agua, debe seleccionarse el tamaño y pendiente adecuada del área por irrigar, regulando el gasto de acuerdo al tipo de suelo y a la profundidad de raíces del cultivo que va a ser regado.

Los distintos sistemas de riego superficial son:

- Riego por desbordamiento.
- Riego por fajas o melgas.
- Riego por surcos.
- Método californiano
- Riego a manta.



Detalle de cultivo en riego a manta o por inundación (Foto: El Riego ed. Mundi prensa)

El método a emplear viene impuesto por tres factores principales: pendiente, caudal disponible y naturaleza de los cultivos.

Riego por desbordamiento

Se trata de regar de una forma uniforme por medio de regueras de nivel. El flujo del agua se limita en el sentido de la pendiente, obteniéndose un rectángulo que recibe el agua por uno de sus lados mayores. Es un sistema económico aunque de irregular distribución del agua, que exige un caudal entre 20 y 40 l/s y pendientes superiores al 20%.

Riego por fajas

Las fajas o tablares rectangulares reciben el agua por uno de sus lados menores, discurriendo suavemente durante todo el transcurso del riego, canalizada por medio de caballones o albardillas. Es uno de los métodos más recomendables en cultivos extensivos, pero con la limitación de la pendiente, que deberá estar comprendida entre 1.25 y 6%, requiriendo una cuidada técnica para la preparación del terreno.

Riego por surcos

El agua se reparte sobre un conjunto de regueras o surcos sin desbordarse, infiltrándose posteriormente de forma lateral. Los caudales que circulan por los surcos son relativamente débiles (de 0.5 a 2 l/s). La pendiente del terreno será superior al 2.5%, cifrándose el óptimo a partir del 6%. De uso obligado en cultivos en línea que precisan de aporcado; es un sistema sencillo que no asienta el suelo y disminuye el peligro de erosión (debido al uso de caudales reducidos). No apto para suelos y aguas salinos.



Manejo inadecuado de riego por surcos (Foto: El riego en la región de Murcia ed. mundi prensa)

Método californiano

Es un método que mejora el riego por surcos, al sustituir las acequias principales y de reparto por tuberías.

Riego a manta o por inundación

El riego a manta es el método en el que se realizan aplicaciones masivas de agua sobre la mayor superficie de suelo posible, con el fin de obtener una gran reserva de agua disponible, que estará en función de la textura, para que la planta pueda extraerla a lo largo del tiempo, realizándose el riego en función de la reserva de agua disponible.

El caudal empleado es superior a la permeabilidad del terreno, por lo que el agua permanece embalsada durante buena parte de la infiltración. Sistema recomendable para pendientes comprendidas entre 0.8 y 1.25 %.

Esta forma de riego nos origina un zigzag prácticamente continuo en el proceso de absorción del agua y elementos nutritivos, al no poder mantener la humedad del suelo estable, siendo muy difícil establecer los momentos oportunos de riego.

El mayor inconveniente que presenta este sistema es el elevado asentamiento del suelo y la gran diferencia entre el agua requerida y las cantidades aprovechadas por las plantas.

El actual sistema de tandeo o por tandas en el que la incertidumbre sobre el momento en que llegará el turno a la parcela lleva al agricultor a regar en un momento en que no es necesario e incluso a aplicar volúmenes desmesurados, retrasando aún más el turno para el resto de regantes.

2.7.2 Riegos por aspersión (aéreos)

Mediante los sistemas de riego aéreo, el agua se aplica sobre la superficie del suelo de forma similar a la lluvia, para lo cual o bien ésta es impulsada por medio de grupos motobombas o conducida mediante un sistema a presión haciéndola llegar a los elementos difusores: los aspersores; capaces de pulverizar el agua en mayor o menor medida, adaptando tal pulverización a las características del cultivo.

En estos sistemas de riego se suministra a las plantas el agua necesaria y también los abonos, herbicidas y productos fitosanitarios.

Para proyectar las instalaciones deben tenerse muy en cuenta los índices de evaporización y la fuerza o intensidad de los vientos dominantes.

Un equipo de riego por aspersión se compone básicamente de grupo o grupos de bombeo, tuberías principales para transporte de agua, tuberías secundarias de distribución, aspersores y elementos auxiliares.

Los grupos motobombas pueden ser fijos o móviles, montados éstos últimos sobre carros y bombas acoplables a la toma de fuerza de los tractores.



Cereales en riego por aspersión. Mejora de la producción (Foto:Apuntes para una historia reciente ed. mundi prensa)

Las tuberías principales se colocan normalmente enterradas y pueden ser de fibrocemento o de cemento, en donde van colocadas las bocas de riego.

Las tuberías secundarias pueden ser de acero, aluminio o plástico y permiten adaptarse a la topografía y a la superficie de la parcela. Normalmente se buscan procedimientos de acoplamiento rápido para armar y desarmar rápidamente el sistema.

El aspersor es el dispositivo destinado a distribuir el agua a presión, esparciéndola en forma de lluvia. Hay aspersores de baja, de media y de alta presión, pudiendo ser de un solo chorro o de chorros opuestos. Aunque habitualmente los aspersores más utilizados son de baja y media presión, que funcionan con presiones entre 2 y 3.5 atmósferas.



Progreso en las técnicas de aspersión. Riego Pivot (Foto: Caracterización de un suelo de olivar. Moreno, F, Vachaud.)

Las instalaciones de riego por aspersión pueden ser fundamentalmente de tres tipos:

- 1) Instalaciones fijas con cobertura del terreno.
- 2) Instalaciones semifijas con bocas de riego a las que se adaptan los equipos de tuberías móviles.
- 3) Instalaciones móviles en donde no hay tuberías enterradas y donde el agua se toma directamente de diversos puntos (pozos, acequias, etc.).

Para procurar una perfecta distribución del agua en toda la superficie regada, y teniendo en cuenta que los aspersores impulsan el agua a distancias variables según la presión de trabajo, pueden proyectarse distintas disposiciones: colocación de los aspersores en marco real, a tresbolillo o en rectángulo. Las características de cada aspersor en cuanto al caudal que es capaz de suministrar en litros por hora y el alcance del chorro en metros, son datos básicos para proyectar la disposición más adecuada, ya que un aspersor no hay que considerarlo aisladamente sino como perteneciente a un conjunto.

Las ventajas que tiene este sistema de riego son:

- Notable ahorro de mano de obra, sobre todo en instalaciones de cobertura total.
- Máximas posibilidades de mecanización de los cultivos.
- Ahorro de gastos de inversión al suprimirse las nivelaciones.
- Adaptación a tierras muy permeables.
- Dosificación casi perfecta del agua a aplicar y por consiguiente posibilidades de ahorro.
- Reparto de agua uniforme.

Este método se utiliza en casi todos los tipos de suelos. Este procedimiento puede ser la única manera de regar en forma satisfactoria suelos que tengan una velocidad de infiltración alta, fuertes pendientes y profundidad y topografía irregular.

Los factores que se consideran para el diseño de estos sistemas son los siguientes: el grado de aplicación, la lámina aplicada, la uniformidad de aplicación, las pérdidas de agua, el tamaño económico de la tubería y el daño a los cultivos.

2.7.3 Riegos localizados

El riego localizado constituye un sistema de aplicación de agua al suelo a través de unos emisores situados en las tuberías de riego. Mediante estos dispositivos se pone el agua a disposición de la planta, a bajo caudal y de forma frecuente, originando en el suelo una zona limitada conocida como bulbo, en la cual se mantiene la humedad constante.

En este sistema de riego, además del elemento agua, se suministran los fertilizantes y ciertos productos como pueden ser insecticidas, fungicidas, herbicidas, etc. disueltos todos ellos en el agua.

El agua es llevada de forma continua desde un embalse o tubería con presión a cada planta por una red de tuberías, previo filtrado hasta el elemento fundamental del sistema que es el emisor o gotero, donde se produce una descarga gota a gota.

Cualquier instalación de riego localizado debe reunir los siguientes componentes:

- Cabezal.
- Tuberías.
- Emisores.

El cabezal constituye sin lugar a dudas el elemento decisivo del sistema, pues a través de él podemos realizar las siguientes operaciones:

- Eliminar sólidos en suspensión (filtrado).
- Aplicar al agua los fertilizantes y productos químicos (inyectores).
- Controlar las dosis de agua aplicadas (contadores).
- Coordinar todas las operaciones (automatismos).



Bulbos de suelo húmedo en Riego Localizado (Foto:Fundamento teórico y métodos experimentales, Moreno, F, Vachaud)

Partiendo del cabezal y formando un entramado en toda la parcela, las tuberías distribuyen el agua y los fertilizantes hasta los emisores. Los materiales utilizados para su fabricación son el PVC y el polietileno (mangueras de alta densidad y alto intemperismo), normalmente el primero para tuberías principales y secundarias en tramos enterrados, y el segundo para tuberías portagoteros, aunque en algunos casos toda la instalación se realiza en mangueras de alta densidad y alto intemperismo.

Los emisores o goteros son el último eslabón y pieza clave del sistema, cuya misión es dosificar el agua aportada al cultivo.

Existen multitud de tipos de emisores y varían en función del dispositivo o sistema en que se basan para reducir la presión con que circula el agua en el interior de la instalación y como consecuencia directa según el régimen de funcionamiento.

Según el dispositivo de pérdida de carga:

- Laberinto.
- Autocompensante.
- Largo recorrido.
- Espiral.

Según el régimen de funcionamiento:

- Laminar.
- Turbulento.
- Parcialmente turbulento.

El riego localizado en general, presenta las siguientes ventajas:

- Mayor aprovechamiento por planta del agua aportada.
- Mantenimiento constante del nivel óptimo de humedad en el suelo.
- Reducción de las dosis de fertilizantes debido a su mayor eficiencia.
- Mayor uniformidad en el desarrollo vegetativo, aumento de la producción y mejora de la calidad.
- Posibilidad de utilización de aguas y suelos con índices de salinidad no aptos con otros sistemas de riego.
- Disminución del grado de afectación de malas hierbas al mojar menos superficie de suelo.
- No produce apelmazamiento del terreno al eliminar labores mecánicas.
- Buen acceso a la plantación en cualquier momento como consecuencia de permanecer las calles secas.
- Posibilidad de replantación.
- Ahorro de mano de obra.

Por el contrario, presenta los siguientes inconvenientes:

- Precisa una mayor especialización por parte del agricultor.
- Riesgo de salinización como consecuencia de un inadecuado manejo del riego.
- Necesidad de diseño y montaje de las instalaciones por personal altamente especializado.
- Control de calidad de los materiales que se instalan.

En este método el agua requiere una carga hidráulica que se suministra con equipo de bombeo o con un tanque elevado. Es recomendado para lugares en donde hay gran escasez de agua, ya que ésta solo se aplicará en las zonas de las raíces; también es útil en regiones donde no abunda la mano de obra o tiene un costo muy elevado.

Otra ventaja consiste en que la frecuencia de los riegos puede llegar a ser diaria, ya que basta poner en funcionamiento el equipo de bombeo o abrir una válvula para que el agua circule por las tuberías y se efectúe el riego. Las ventajas adicionales de este sistema son las siguientes: el

uso de gastos pequeños, el empleo de aguas con alta concentración de sales, la aplicación de láminas mínimas, el aumento de los rendimientos y la calidad de los frutos, la eliminación de la erosión en el suelo, y el ahorro de trabajos de acondicionamiento y preparación de tierras, labores agrícolas y de fertilizantes.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Dado el objetivo del estudio, se tomó como antecedente principal el sistema móvil de baja presión con mangueras perforadas propuesto por Polak et al. (1997), que puede regar áreas de 0.1 ha con costos menores a los del sistema tradicional de alta presión.

En México, se dispone de las experiencias obtenidas con el Sistema de Riego Presurizado de Baja Carga (RPBC) construido en la Comarca Lagunera (Echávez, 1998).

Se recopilaron varios artículos publicados en revistas internacionales, entre ellos, los de Bagarello (1995 y 1997) fueron útiles al considerar los coeficientes de resistencia al flujo en las mangueras de polietileno empleadas en el riego por goteo o localizado.

Una fuente importante de consulta fue la obra de Rodrigo et al. (1992), en la cual se consultaron las normas de aceptabilidad del coeficiente de variación y la sensibilidad de los emisores a las obturaciones.

Además de la información obtenida en las consultas bibliográficas, se hizo lo propio con un experto de la Universidad Autónoma Chapingo y se visitó el sistema de riego por goteo que existe en esa Universidad; asimismo, se recabó información en casas comerciales como Plásticos Rex, Plásticos Omega y Equipos y Accesorios para Riego Tecnificado.

Por último, no puede dejar de mencionarse el valioso intercambio de experiencias en la Reunión Técnica realizada el día 25 de agosto de 1999 en las oficinas de FIRCO de la Ciudad de México.

3.1 Conformación de paquetes

Para que el área aproximada del rectángulo sea de 0.1ha, se requiere que la banda tenga una longitud aproximada de 53 m, lo cual se consigue al instalar un cabezal con 24 laterales móviles para alimentar cada uno 3 surcos de plantas por lado (tomando como eje la manguera central de distribución conectada al cabezal), con separación también de 0.75 m, es decir, 72 surcos de plantas dan una longitud total de 53.25 m (hay un surco en cada extremo). De esta manera la alimentación al cabezal colocado en el centro se hará con una tubería (primaria) de PVC de 5.08cm (2 pulgadas). Del cabezal saldrán tuberías secundarias distribuidoras (llamadas subprincipales en la literatura especializada) de polietileno con negro de humo de baja densidad de 20mm de diámetro nominal externo (el diámetro interno es del orden de 16.5mm). A esta tubería se conectarán mediante unas “T”, para formar un “peine” o red abierta, los laterales de la misma tubería pero de 17mm de diámetro nominal externo (el diámetro interno es del orden de 13.4mm). Se introducen los difusores de plástico en la manguera con la misma equidistancia. Cuando ésta sea diferente a 0.75 m, debe considerarse que cada lateral incluye a doce emisores y que cada cabezal puede servir a 72 surcos de plantas por lado para determinar el área por regar. Dado que existe una interrelación entre el número de emisores por lateral y el número de laterales por cabezal (por el número de surcos que pueda servir cada uno, según sea el tiempo de riego), el arreglo puede modificarse con ayuda de un modelo numérico o las gráficas de diseño del estudio técnico en el capítulo 5 del inciso 5.5.

Con el fin de mejorar la operación del sistema y la durabilidad de la manguera, se recomienda colocar un filtro en la tubería de alimentación al cabezal. Además, conviene que la salida de las tuberías de 20 mm sea por la parte baja del mismo y se haga la conexión a los lados del cabezal con una “T”.

En atención a las recomendaciones del International Development Enterprises, la limpieza interior de las mangueras y cabezales es la mejor garantía para tener una buena operación, de preferencia una vez cada semana; además, el filtro se aconseja limpiarlo antes de cada riego. En caso de que durante la operación se obture un difusor se destapa con una aguja, puede quitarse, destaparse y volver a colocarse.

De acuerdo con el cultivo que se quiera regar y el tipo de suelo, se puede determinar la carga, el gasto de diseño y el tiempo de riego atendiendo a las curvas que se muestran en el estudio técnico.

El costo aproximado de un sistema móvil como el mostrado en el estudio técnico es de \$2000 (DOS MIL PESOS) para mangueras con difusores. En los sistemas móviles la inversión del agricultor es menor que si el sistema fuera fijo de alta carga; sin embargo, para las mangueras con difusores, a cambio de un incremento en el coeficiente de uniformidad del orden del 7%, que no deja de ser importante, el costo se eleva 1.5 veces, esta diferencia en el costo influye para que la posible elección de los agricultores de escasos recursos económicos sea el sistema de baja carga.

El costo del sistema NETAFIM de baja carga para regar la misma área de 0.1 ha (se requieren dos sistemas de 500m² c/u) es de \$8100 (OCHO MIL CIEN PESOS). Así, el costo del sistema móvil del Instituto resulta ser de 1/4 del primero, con la salvedad de que en el costo de este último no se incluye el costo del tinaco.

Cabe insistir en que la movilidad del sistema se refiere a que con ello es posible regar tres surcos de plantas por cada lateral; además, si el riego se aplica un día sí y tres no, con el mismo conjunto de materiales (cabezal, filtro, tubería de PVC y mangueras de polietileno con difusores) el costo se reduce un 25%. La flexibilidad y durabilidad de la manguera permiten esta operación.

3.2 Agricultura tecnificada para pequeños productores

En un esquema general, la mayoría de los pequeños agricultores se ubican en una agricultura de subsistencia, que se caracteriza por rendimientos bajos, empleo de una cantidad importante de mano de obra, carencia de infraestructura hidroagrícola.

Ante tal situación, a partir de 1996, la Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) puso en marcha el Programa Alianza para el Campo, que incluye el Subprograma de Ferti-irrigación mediante el cual se ha logrado la instalación de sistemas de riego tecnificados en cerca de 350,000ha.

Los resultados que se han obtenido hasta el momento son satisfactorios y por ello existe interés del Gobierno Federal en ampliar la participación de los agricultores minifundistas, quienes disponen de muy escasos recursos para invertir en los sistemas de riego existentes en el mercado, aun usando esquemas de costo compartido que son muy ventajosos para el agricultor.

La SAGAR solicitó que a través del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) se formule y ponga en operación un Subprograma de Microirrigación, del cual este estudio forma parte en sus primeras dos etapas.

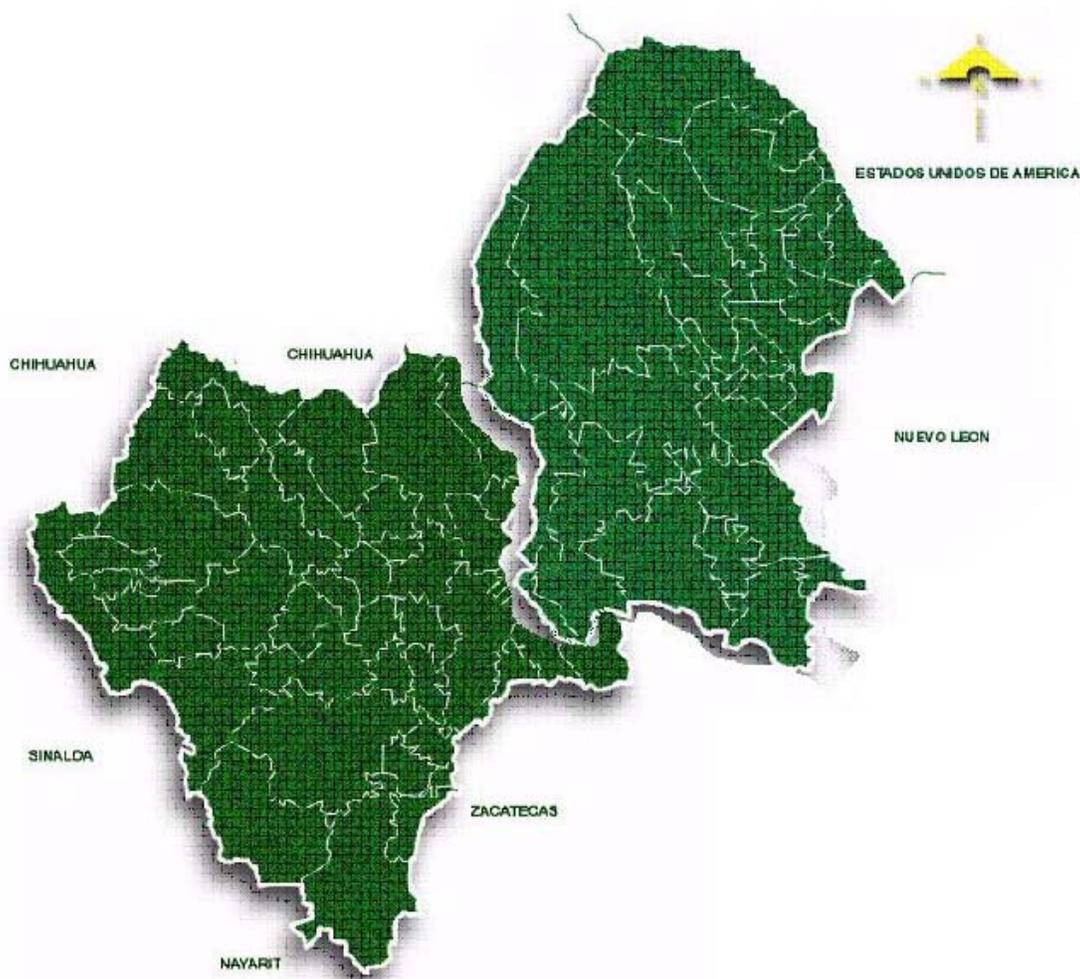
En el proyecto para el riego tecnificado que implantó el FIRCO, se definieron siete regiones de estudio en diferentes estados de la República (figura 4). El objetivo fue caracterizar cada región para justificar su consideración dentro de una región marginada y posteriormente evaluar el impacto de los sistemas de riego por goteo de baja carga.

Las regiones consideradas en el proyecto se dividieron en dos grupos, en el primero se incluyeron a la región de la Comarca Lagunera, el sureste del estado de México, la Mixteca Oaxaqueña y el estado de Yucatán; el segundo grupo contempló el análisis de regiones del sur del estado de Puebla, Tlaxcala, Morelos y el norte del estado de México.



Figura 4. Regiones de análisis

3.2.1 Comarca Lagunera



A continuación, con base en datos obtenidos de los censos de población, agrícolas y ganaderos y cartografía del INEGI, se presenta el análisis de las cuatro regiones de la primera etapa.

La región lagunera comprende la parte suroeste del estado de Coahuila y el extremo noreste del estado de Durango, en el norte de México.

El estado de Coahuila se localiza en la parte norte-centro de la República Mexicana. Su extensión territorial es de 149 982 Km² lo que representa el 7.6% del territorio nacional.

El clima depende esencialmente de la altitud. Las heladas son frecuentes en las regiones que se encuentran a más de 1000msnm; sin embargo, en la Comarca Lagunera se registran temperaturas muy altas en el verano. Las zonas por abajo de esta altitud, pueden calificarse como cálidas en el verano, sin dejar de registrarse en ellas inviernos rigurosos.

Los principales cultivos y volúmenes de producción en el estado, se presentan en la tabla 2.

Tabla 2 Volumen de la producción agrícola según principales cultivos del estado de Coahuila, 1999

Principales cultivos	Toneladas	% Respecto al total nacional	Lugar nacional
Cíclicos			
Sorgo forrajero	625,405	18.4	1° de 24
Avena forrajera	344,612	11.5	3° de 23
Maíz forrajero	188,970	3.7	8° de 22
Melón	88,157	13.7	2° de 25
Papa	43,730	3.0	11° de 23
Perennes			
Alfalfa verde	1,521,504	9.6	4° de 20
Zacate buffel	613,572	97.9	1° de 4
Pasto	143,976	0.5	15° de 26
Zacate	106,123	60.9	1° de 7
Manzana	37,224	8.3	4° de 23

Fuente: INEGI

El estado de Durango se localiza en la parte noroeste del centro de la República Mexicana. La superficie total es de 123,181 Km² que representa el 6.3% del territorio nacional.

Es un estado montañoso, pues la sierra Madre Occidental abarca gran parte del territorio, en un 70.64% y apenas un 5.39% corresponde a la meseta del centro. La altitud media del estado es de 1775msnm.

El clima es muy seco y semi-cálido, pero a medida que asciende a las sierras se hace menos seco y más fresco hasta llegar a semi-frío en las partes más altas. La temperatura promedio durante el año es de 18.5°C y una precipitación pluvial de 377mm anuales.

Actualmente el Estado de Durango está formado por 39 municipios que se agrupan en cinco regiones naturales, una de ellas es la región de la Laguna. Los cultivos más importantes por su rendimiento se incluyen en la tabla 3.

Tabla 3

Volumen de la producción agrícola según principales cultivos del estado de Durango, 1999

Principales cultivos	Toneladas	% Respecto al total nacional	Lugar nacional
Cíclicos			
Maíz forrajero	370,022	7.3	5° de 22
Sorgo forrajero	312,463	9.2	5° de 24
Maíz grano	190,861	1.0	18° de 32
Avena achicalada	142,344	67.7	1° de 3
Zacate bállico	128,749	76.6	1° de 2
Perennes			
Alfalfa verde	1,444,248	9.1	5° de 20
Manzana	38,343	8.5	3° de 23
Alfalfa achicalada	25,595	2.3	7° de 10
Pasto	22,995	0.1	19° de 26
Uva fruta	2,877	1.6	4° de 9

Fuente: INEGI

La región Laguna, también conocida como Comarca Lagunera, comprende la parte suroeste del Estado de Coahuila y el extremo noreste del Estado de Durango. Sus coordenadas geográficas son: 25° 20' y 25° 46' de latitud norte, 102° 48' y 103° 27' de longitud oeste, con una altitud promedio de 1110msnm. La superficie total de la Comarca Lagunera es de 48,000Km², con un plano redondeado por una cadena de montañas.

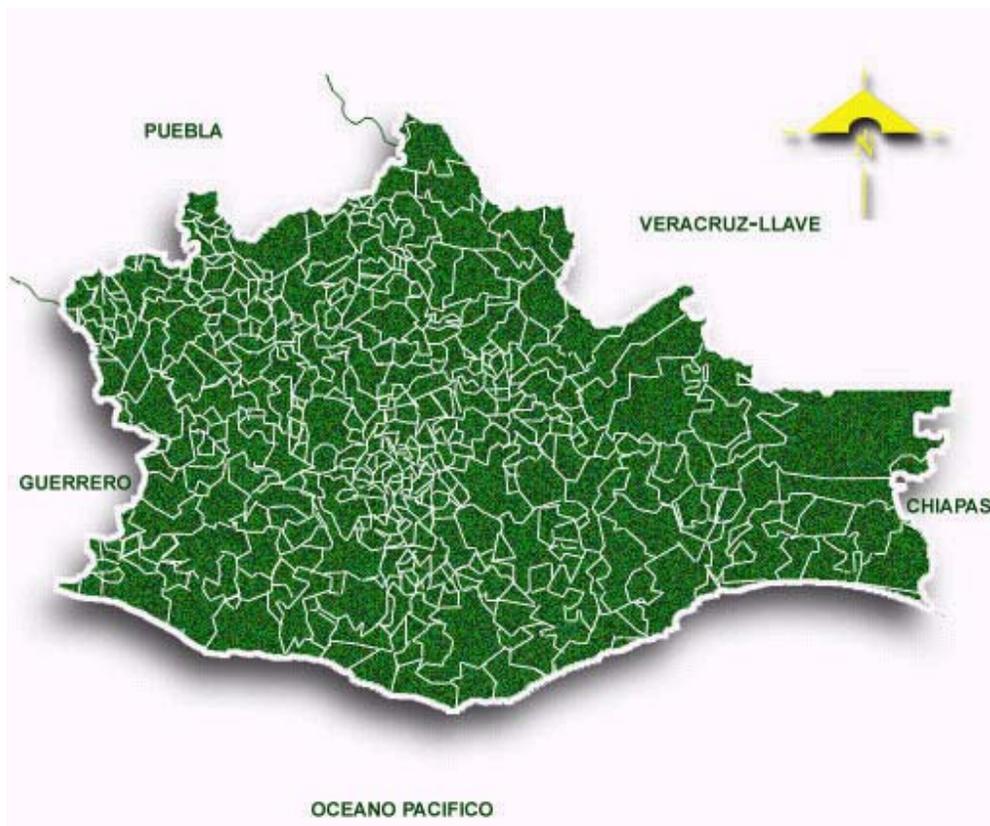
Esta región es una zona más bien desértica en la que el crecimiento importante inició con el cultivo del algodón alrededor de los años 40, y que en poco tiempo se convirtió en el principal productor de este cultivo en México. Para 1950, las exportaciones de algodón eran mayores que las de petróleo; sin embargo, como el algodón requiere de mucha agua (recurso muy escaso en la zona), los agricultores encontraron en la ganadería una actividad sustituta para la economía.

Las actividades económicas de la región son: Comercio y Servicios 35%; Industria de la Transformación 32%; Construcción 16%; Otros 9% y Agricultura 8%.

Es una región donde la topografía, prácticamente plana, permite el uso de maquinaria y sistemas de riego tecnificados. Sin embargo, la poca disponibilidad de agua y las altas evapotranspiraciones, demandan que los sistemas que se usen garanticen una alta eficiencia y un costo económico.

La Comarca Lagunera, de acuerdo con sus características de clima y vegetación, es una zona templada árida-semiárida con una evapotranspiración de **5 a 6mm/día**.

3.2.2 Mixteca Oaxaqueña



El Estado de Oaxaca se localiza en la región sureste del Pacífico Mexicano. La superficie territorial es de 95,364 Km², lo que representa el 4.8% del territorio nacional. La altitud media es de 1,558msnm.

La población total del Estado asciende a 3.3 millones de habitantes por lo que la densidad de población es del orden de 33.3 hab/Km². En la tabla 4 se observa cuales son los cultivos más sobresalientes en el estado, por su volumen de producción.

Tabla 4 Volumen de la producción agrícola según principales cultivos del estado, 1999

Principales cultivos	Toneladas	% Respecto al total nacional	Lugar nacional
Cíclicos			
Maíz grano	841,920	4.6	9° de 32
Sorgo grano	29,305	0.5	18° de 28
Trigo grano	28,070	0.9	10° de 24
Cacahuate	25,649	19.5	1° de 26
Fríjol	22,074	2.0	11° de 32
Perennes			
Pasto	5,420,229	16.8	2° de 26
Caña de azúcar	2,932,667	6.5	3° de 19
Café cereza	222,654	13.6	4° de 15
Agave mezcalero	217,200	100.0	1° de 1
Limón agrio	205,003	20.8	3° de 27

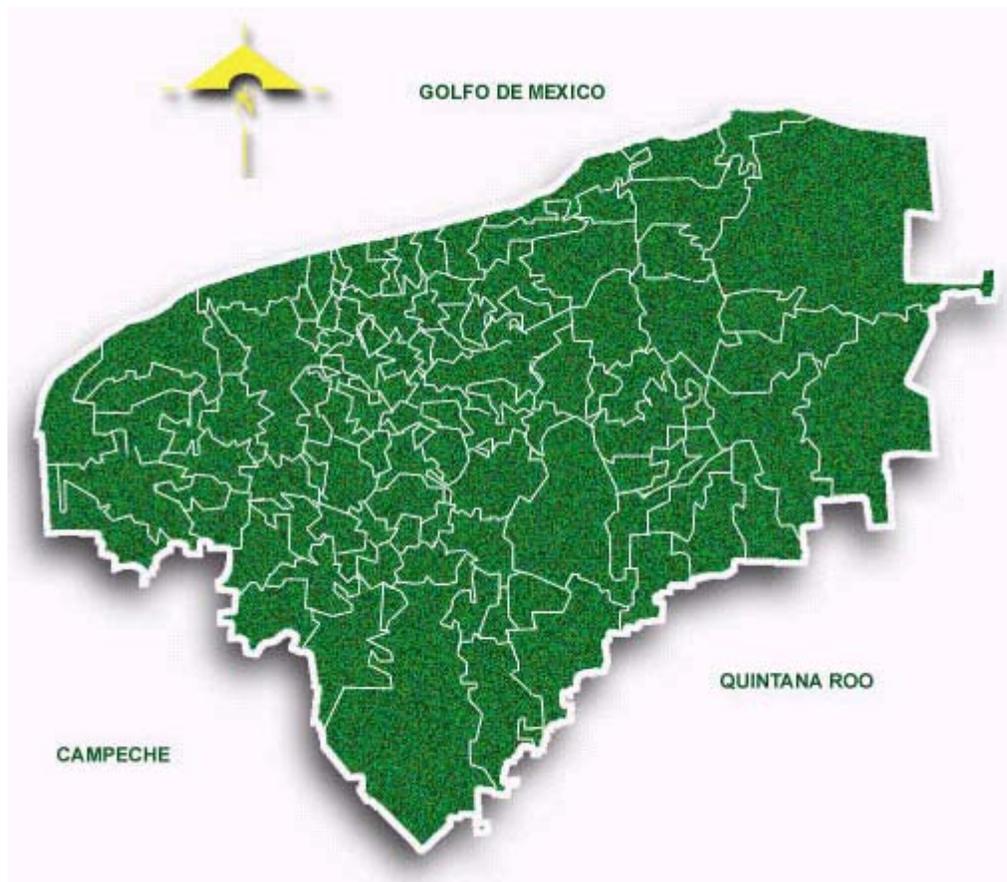
Por su conformación política, económica y social, Oaxaca cuenta con 8 regiones geoeconómicas: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles Centrales.

La Mixteca Oaxaqueña, se localiza en la parte noroccidental del Estado y se divide en la zona alta y la zona baja. La primera, al sur de la región, presenta altitudes desde 1800 hasta 3000 msnm; mientras que al norte, en la Mixteca Baja las altitudes varían de 800 a 2000 msnm. El clima predominante en la región es del tipo Acw (semicálido subhúmedo y templado subhúmedo, con lluvias en verano y seco en invierno). La mayor parte de la región tiene precipitaciones anuales menores a los 1000mm, mientras que en el 50% del área llueven menos de 800 mm. La temperatura media anual es del orden de 12° C a 18° C en la parte alta, y de 10° C a 25° C en la parte baja.

La región de la Mixteca se caracteriza por su agricultura tradicional de temporal, en la que el principal cultivo es el maíz, con un rendimiento promedio muy bajo (0.5 a 1.0 Ton/ha). Esta región es considerada como una zona de mediano potencial agrícola. Las condiciones sociales que han prevalecido por muchos años, contribuyen en gran medida al lento desarrollo de los diferentes sectores productivos; además, la topografía representa uno de los obstáculos naturales más fuertes para la tecnificación de la agricultura.

Las características agro climáticas y de vegetación, ubican a la Mixteca Oaxaqueña en la región templada húmeda-subhúmeda por lo que el valor de la evapotranspiración media es del orden de **5 a 6mm/día**. Las temperaturas medias en las partes altas y bajas, permiten la producción de gramíneas, oleaginosas, leguminosas y una variedad importante de hortalizas.

3.2.3 Estado de Yucatán



El estado de Yucatán se localiza al este de la República Mexicana, en la parte norte de la Península del mismo nombre. El Estado tiene una situación geográfica privilegiada, posee bosques tropicales, cenotes, cavernas, corrientes subterráneas, etc.

Su extensión territorial es de 43,379 km² que representa aproximadamente el 2.0% del territorio nacional. La altitud media del Estado es de 1000msnm y cuenta con una población de 1'555,733 habitantes y 106 municipios.

La superficie para Agricultura es de 805,821ha, para pastos de 1'073,213 ha, la de bosques y selvas de 43,971ha y sin vegetación de 23,072. La división por tenencia de la tierra se encuentra clasificada en privada por 1'301,096ha, en ejidal por 563,158ha y en mixta por 81,823ha.

Su clima es cálido; en realidad tiene dos tipos de clima, cálido subhúmedo Awo (Tropical lluvioso con lluvias en verano), que abarca el 90% de su territorio y el cálido semiseco BSh'w (seco estepario con lluvias en verano), que corresponde a la franja costera en el norte del Estado. La precipitación anual en la ciudad de Mérida es de 800 a 1200mm. En general, es una zona tropical lluviosa con temperatura media mensual superior a los 18° C. La evapotranspiración potencial media es de **6 a 7mm/día**.

Más del 90% de la superficie agrícola es de temporal. Los principales cultivos y su volumen de producción se muestran en la tabla 5.

Tabla 5 Volumen de la producción agrícola según principales cultivos del estado de Yucatán, 1999

Principales cultivos	Toneladas	% Respecto al total nacional	Lugar nacional
Cíclicos			
Maíz grano	159,788	0.9	21° de 32
Sandía	12,573	1.4	17° de 29
Calabacita	10,772	2.6	9° de 30
Yuca alimenticia	9,031	45.8	1° de 5
Pepino	5,896	1.2	9° de 27
Perennes			
Pasto	3,283,041	10.2	4° de 26
Naranja	187,657	7.2	5° de 27
Henequén	24,096	100.0	1° de 1
Limón persa	18,215	7.5	3° de 10
Papaya roja	13,940	14.8	3° de 8

Fuente: INEGI

3.2.4 Estado de México

El Estado de México se localiza en la porción centro sur de la República Mexicana. Tiene una extensión de 21,355 Km² que representan el 1.1% del territorio nacional.

El estado, políticamente se conforma por 122 municipios, y concentra una población aproximada de 11'707, 964, por lo que la densidad de población es de 545 hab/Km², aproximadamente.

Ubicado en una región climática templada (con heladas en invierno), el régimen de lluvia anual es alrededor de 800mm, que garantiza una agricultura de temporal próspera. La evapotranspiración potencial media es de **3 a 4mm/día**. La temperatura máxima y mínima son de 30°C y 5°C, respectivamente, y la temperatura media es del orden de 15°C. La precipitación máxima en 24 h es de 46.2mm y la primera helada se presenta en noviembre y la última en marzo.

Tabla 6 Volumen de la producción agrícola según principales cultivos del estado de México, 1999

Principales cultivos	Toneladas	% Respecto al total nacional	Lugar nacional
Cíclicos			
Clavel	9,125,025 b/	100.0	1° de 1
Crisantemo	5,473,914 b/	100.0	1° de 1
Maíz grano	2,193,507	12.0	2° de 32
Maíz forrajero	1,163,929	22.9	2° de 22
Avena forrajera	779,625	25.9	1° de 23
Perennes			
Pasto	3,260,853	10.1	5° de 26
Rosa	1,750,000 b/	99.1	1° de 2
Alfalfa verde	1,102,966	6.9	6° de 20
Gerbera	225,036 b/	100.0	1° de 1
Tuna	147,596	56.2	1° de 15
b/	Gruesa. Unidad de medida utilizada en algunos casos para cuantificar la producción de plantas ornamentales. Equivale a 144 tallos (12 docenas).		

Fuente: INEGI

Se eligieron dos municipios localizados al suroeste del estado, Tejupilco y Villa Guerrero.

Tejupilco, es un municipio de grandes contrastes geográficos, presenta desde profundas barrancas y cañadas hasta elevadas cordilleras, lo que origina valles, llanuras y planicies. La cabecera municipal se localiza a 100 Km al suroeste de la ciudad de Toluca.

Su altitud es de 1,340msnm. El clima, cálido subhúmedo con lluvias en el verano, es apropiado para el cultivo de algunos frutales de clima subtropical como el limón y la papaya, entre otros.

El municipio de Villa Guerrero, aproximadamente a 60Km al sur de Toluca, es de clima templado subhúmedo con lluvias en el verano. La condición climática permite el desarrollo de varios cultivos básicos en el temporal; sin embargo, la producción de flor bajo condiciones de invernadero es una actividad que, por los altos ingresos económicos que genera a los productores, ha desplazado poco a poco a la agricultura tradicional.

3.3 Segunda etapa

Con el objetivo de difundir el sistema de riego por goteo de baja carga con el nuevo diseño, sustentado en los resultados del funcionamiento hidráulico en campo durante la primera etapa del proyecto, se procedió a trabajar bajo un esquema de parcelas demostrativas y la instalación de un centro de demostración y difusión, en las regiones de estudio restantes.

Para la implantación de las parcelas, se realizó el análisis general agroclimático y socioeconómico de los estados de Puebla, Norte de estado de México, Tlaxcala y Morelos.

3.3.1 Estado de Puebla



El estado de Puebla se localiza en la parte centro-este de la República Mexicana, entre los paralelos 17° 52' y 20° 51' de latitud norte y entre los meridianos 96° 44' y 99° 04' de longitud oeste.

Tiene una superficie de 34 072Km², que representan el 1.7% de la superficie total del país. La población del estado asciende a 5'070,346 habitantes.

La peculiar forma del estado da lugar a extensiones muy variadas del territorio, de norte a sur tiene 3258Km. de longitud y en la parte más angosta sólo 32Km.

Políticamente se encuentra dividida en 217 municipios agrupados en siete regiones socioeconómicas.

La agricultura en el estado de Puebla se presenta en una variedad altitudinal que va desde los 500 a más de 2700msnm, y en muy diversas condiciones climáticas; al norte del estado se desarrolla en climas templados húmedos, en la parte central del estado y en las cercanías de la Sierra Nevada, volcán de la Malinche y Pico de Orizaba se lleva a cabo bajo condiciones frías con frecuentes heladas que causan severos daños a los cultivos; por último, en la zona sur, conformada por las cadenas montañosas de la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico, se realiza bajo la influencia de una variedad de tipos climáticos, que van desde los cálidos húmedos hasta los semisecos y secos, estos últimos con escasas lluvias que limitan la disponibilidad de agua, tanto para la producción agrícola como para la realización de otras actividades.

Se puede considerar que en el territorio del estado la mayoría de los suelos son apropiados para las actividades agropecuarias, sin embargo bajo la limitante de disponibilidad de agua los dos tipos de agricultura más importantes son la de temporal y la de riego.

La agricultura de riego predomina en toda la parte central del estado y se extiende hacia los extremos norte y sur. Este tipo de agricultura cubre 14.92% de la superficie cosechada y genera 51.22% del valor de la cosecha.

Se presenta además, una agricultura nómada que se practica en terrenos poco propicios para la agricultura, con fuertes pendientes, suelos pedregosos y poco profundos; esta actividad es básicamente una agricultura de subsistencia, donde se tumba y se quema la vegetación natural para dedicar el terreno a la siembra durante algunas temporadas, hasta que se agota el suelo y los rendimientos son exiguos, para luego abandonarlo por muchos años y después repetir el proceso.

Los aspectos económicos de Puebla son fuertemente determinados por los cultivos y volúmenes de producción en el estado, los cuales se resumen en la tabla 7.

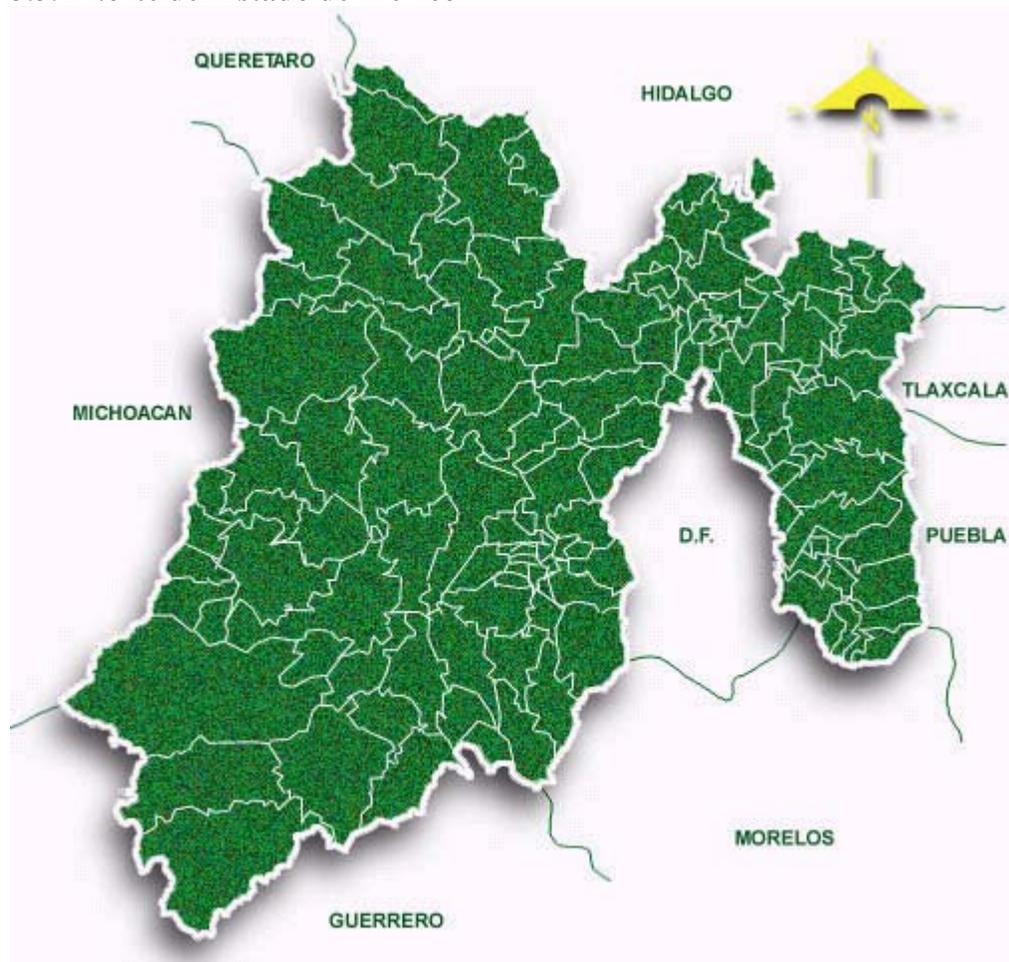
Tabla 7

Volumen de la producción agrícola según principales cultivos del estado de Puebla, 1999

Principales cultivos	Toneladas	% Respecto al total nacional	Lugar nacional
Cíclicos			
Maíz grano	951,374	5.2	8° de 32
Col (repollo)	116,191	45.7	1° de 26
Zanahoria	78,480	21.6	2° de 20
Papa	70,667	4.8	9° de 23
Lechuga	60,697	28.1	1° de 25
Perennes			
Caña de azúcar	1,465,187	3.3	12° de 19
Alfalfa verde	976,853	6.1	7° de 20
Café cereza	446,717	27.3	1° de 15
Naranja	105,110	4.0	8° de 27
Tuna	50,509	19.2	2° de 15

Fuente: INEGI

3.3.2 Norte del Estado de México



En el norte de la entidad, abunda el pastizal natural e inducido. En ésta área la agricultura de riego tiene como principales cultivos al maíz, fríjol, alfalfa, cebada, trébol y trigo; por otra parte, la de temporal produce maíz, fríjol, chícharo, cebada, haba y trigo.

Del área cultivable, la mayor parte se dedica a la agricultura de temporal, la cual se destina al comercio regional y local.

En el municipio de Hueypoxtla se dispone de parcelas y la disponibilidad del agua de un pozo cercano, que provee de agua potable a tres poblaciones.

El clima en esta región es cálido semiseco con lluvias escasas en verano, lo que provoca una agricultura de temporal con bajos rendimientos.

Es la única localidad donde se instalaron tres sistemas: REX, NETAFIM e Instituto de Ingeniería, y se cubrió un área de 6565m².

Tabla 8

Ejidos y comunidades agrícolas del municipio de Hueypoxtla.

	Municipio	Hueypoxtla
Ejidos y comunidades agrarias	Ejidos y comunidades agrarias	13
	Ejidatarios y comuneros	4,132
Superficies de las unidades de proa. rural	Superficie ejidal Ha	22,008
	Superficie total Ha	11,609.4
	Régimen ejidal %	
	Superficie de labor %	88.5
	Con actividad agropecuaria y forestal %	86.9

Fuente: INEGI

3.3.3 Estado de Tlaxcala



El estado de Tlaxcala se localiza geográficamente en la región centro-oriental de la República Mexicana entre los 97° 37' 07" y los 98° 42' 51" de longitud oeste y los 19° 05' 43" y los 19° 44' 07" de latitud norte, situado en las tierras altas del eje Neovolcánico.

Su extensión territorial es de 4060.93Km², que representan el 0.2% del territorio nacional. Políticamente se encuentra dividido en 60 municipios. El estado tiene aproximadamente 961,912 habitantes. La densidad de población es del orden de 237hab/Km².

Su altitud media es de 2230 msnm y el clima es templado-subhúmedo, semifrío-subhúmedo y frío, con una temperatura media anual en el estado de 16 °C. Las precipitaciones medias anuales son mayores en el centro y sur del estado, con 600 a 1200mm, en tanto que en el noroeste y oriente las lluvias son menores de 500 mm anuales.

El total de la superficie es de 406,092ha de las cuales para uso agrícola se tienen 59.48%, (de donde el 53.25% es de temporal, el 6.23% es de riego), el 5.81% es pecuario, el 14.53% es forestal y el 20.18% es para otros usos (año 1995).

La agricultura se practica en 2 modalidades: de temporal y de riego; la primera ocupa la mayor área agrícola con un 89% de la superficie total sembrada. La agricultura de riego abarca el 11% restante. La agricultura de temporal abarca prácticamente la mayor parte de la superficie del estado hacia todos los puntos. La agricultura de riego se practica en la parte sur y sureste.

Los cultivos de mayor importancia son gramíneas y algunos cultivos perennes para la producción de forrajes o algunos frutales (tabla 9).

Tabla 9
Volumen de la producción agrícola según principales cultivos del estado de Tlaxcala, 1999

Principales cultivos	Toneladas	% Respecto al total nacional	Lugar nacional
Cíclicos			
Maíz forrajero	262,101	5.2	6° de 22
Maíz grano	174,790	1.0	19° de 32
Trigo grano	94,967	3.1	7° de 24
Cebada grano	77,629	16.2	3° de 19
Avena forrajera	53,175	1.8	12° de 23
Perennes			
Alfalfa verde	230,540	1.5	15° de 20
Durazno	1,778	1.4	12° de 24
Pasto	1,352	NS	24° de 26
Manzana	229	0.1	16° de 23
Hierbabuena	60	100.0	1° de 1

Fuente: INEGI

3.3.4 Estado de Morelos



El estado de Morelos se localiza en la porción central del país. Su extensión territorial es de 4,941 Km² que representa el 0.2 % del territorio nacional. Geográficamente está localizado entre los paralelos 18° 20' y 19° 08' norte y los meridianos 98° 38' y 99° 30' oeste.

El estado de Morelos tiene una población de 1'552,878 habitantes, distribuidos en 33 municipios; el 21.77% de ellos se encuentra en el municipio de Cuernavaca; la densidad de población es de 313hab/Km².

La fisiografía del estado se caracteriza por el Eje Neovolcánico que ocupa el 45.06% de la superficie del estado, la subprovincia del sur de Puebla que ocupa el 11.63% y la sierra Madre del Sur con el 43.31%.

La agricultura de riego domina la parte central del estado y al sureste. La agricultura de temporal se practica en la parte este y principalmente al oeste hasta los límites con Puebla.

El pastizal inducido, que es también abundante en la zona, tiene una altitud promedio de 1,750 msnm. El último tipo de vegetación presente en la subprovincia es la selva baja caducifolia.

El 63.4% de la subprovincia del sur está dedicado a la agricultura, presenta primordialmente dos tipos de vegetación: selva baja caducifolia y pastizal inducido. Predomina la selva, la cual se encuentra distribuida entre los 1,000 y los 1,300msnm en clima cálido subhúmedo. La producción se destina al autoconsumo y en una mínima parte al comercio regional.

En la tabla 10 se incluyen los principales cultivos y los volúmenes de producción.

Tabla 10

Volumen de la producción agrícola según principales cultivos del estado de Morelos, 1999

Principales cultivos	Toneladas	% Respecto al total nacional	Lugar nacional
Cíclicos			
Sorgo grano	129,234	2.1	7° de 28
Maíz grano	90,723	0.5	24° de 32
Cebolla	88,443	7.2	6° de 25
Tomate rojo (jitomate)	67,021	2.8	7° de 30
Tomate verde	30,055	5.7	8° de 27
Perennes			
Viveros	4,832,000 b/	100.0	1° de 1
Caña de azúcar	1,653,769	3.7	8° de 19
Nopalitos	21,833	6.9	2° de 19
Aguacate	16,393	1.9	2° de 29
Mango	8,055	0.6	11° de 23
b/	Gruesa. Unidad de medida utilizada en algunos casos para cuantificar la producción de plantas ornamentales. Equivale a 144 tallos (12 docenas).		

Fuente: INEGI

3.4 Programas de apoyo y transferencia

3.4.1 Alianza para el campo – SAGAR.

En octubre de 1995, se anunció la formación de la Alianza para el Campo como el resultado del trabajo de las mesas de la Comisión Intersecretarial del Gabinete Agropecuario y las principales organizaciones de productores y campesinos.

Esta Alianza es un programa integral para la producción agropecuaria y el desarrollo rural que contempla orientar el mercado; elevar la productividad; modernizar los sistemas de comercialización; promover un sistema financiero oportuno y competitivo; terminar con el rezago agrario; y cuidar el medio ambiente.

Con programas y acciones precisos para elevar el nivel de vida de los campesinos, la Alianza para el Campo tiene como objetivos principales aumentar progresivamente el ingreso de los productores; incrementar la producción agropecuaria a una tasa superior a la del crecimiento demográfico; producir suficientes alimentos básicos para la población y fomentar las exportaciones de productos del campo.

Para alcanzar estos objetivos a partir de las libres decisiones de los productores agropecuarios se establecen medios claros como: facilitar el acceso a nuevas tecnologías, fomentar la capitalización del campo y elevar la calidad de los recursos humanos a través de la capacitación.

Esta Alianza parte de la base de que no puede haber pleno desarrollo nacional si no se hace del campo un espacio de progreso permanente. En este contexto, la SAGAR le otorgó a FIRCO las atribuciones necesarias, como su agente técnico, para poner en marcha y dar seguimiento a los Programas de Ferti-irrigación. Además, FIRCO brinda asesoramiento técnico para la formulación de proyectos y participa en la promoción e instrumentación de los programas, cuando lo solicitan los productores o los gobiernos de los estados.

3.4.1.1 Ferti-irrigación

El programa de Ferti-irrigación tiene como objetivo incrementar la productividad de las superficies bajo riego mediante la utilización de sistemas de irrigación y fertilización que permitan hacer un uso más eficiente del agua, reducir los costos de energía y fertilizantes e incrementar los rendimientos.

De manera adicional, los gobiernos estatales aportan un porcentaje que varía de un estado a otro, pero que no puede ser inferior al 10% del costo total del proyecto.

Los apoyos se otorgan para:

- La adquisición e instalación de materiales para riego (tubería de conducción y drenaje).
- La compra de equipos y sistemas de riego de alta y baja presión y de Ferti-irrigación (tanques, filtros, inyectoros y mezcladoras).
- Equipos de bombeo, filtros, medidores y estructuras de aforo; así como para sufragar gastos por concepto de la elaboración de diseños y proyectos e integración de expedientes. Estos apoyos no podrán destinarse a la compra o instalación de materiales, equipos y/o sistemas reconstruidos o de reuso.

Tecnificación del riego

Los apoyos se destinan considerando dos modalidades:

- i) Modalidad Normal, dirigida a los productores u organizaciones que cumplan con los requisitos de elegibilidad del Programa;
- ii) Modalidad PADER, dirigida a los productores individuales y a organizaciones que se consideran en la atención de regiones y municipios prioritarios, de acuerdo al Programa de Apoyo al Desarrollo Rural (PADER).

Tabla 11
Apoyos que se otorgan

Concepto	Aportación Federal	Aportación Estatal
Modalidad Normal		
Para la adquisición e instalación de equipos y sistemas de ferti-irrigación	Será del 35% del costo del equipo o sistema, hasta un máximo de \$4,290.00 por hectárea.	Para ambas modalidades, podrá otorgar apoyos de acuerdo a su disponibilidad presupuestal
Para la adquisición de equipos de bombeo, incluidos los aprovechamientos de fuentes de energía alternativa (solar o eólica), así como la rehabilitación y la reposición de equipos de bombeo para la rehabilitación de pozos.	Será del 40% del costo, hasta un máximo de \$102,300.00 por pozo.	
Modalidad PADER		
Para la adquisición e instalación de equipos y sistemas de riego de alta y baja presión nuevos y de ferti-irrigación para productores organizados	Será de 50% del costo del equipo o sistema hasta \$5,500.00 por hectárea	
Para productores individuales	Será de 40% del costo del equipo o sistema hasta \$4,900.00 por hectárea.	

Fuente: SAGAR

En ambas modalidades se apoya, siempre que lo soliciten los beneficiarios, la elaboración del proyecto y asistencia técnica especializada, para lo cual se otorgan apoyos por única vez equivalentes al 10% del monto gubernamental Federación-Estado otorgado por sistema o unidad de producción, hasta un máximo de \$16,500.00 y para superficies menores a 30ha.

Las experiencias presentadas en diversos lugares del mundo como la India, Nepal y China dan la oportunidad de reafirmar el avance de las investigaciones que se realizan actualmente en México, y al mismo tiempo impulsan a seguir adelante en este proyecto puesto que en otros lugares ha dado el resultado esperado.

4. ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado tiene como finalidad medir el número de individuos, empresas u otras entidades económicas que, dadas ciertas condiciones, presentan una demanda que justifica la puesta en marcha de un determinado programa de producción de productos o servicios, en un período determinado; sus especificaciones y el precio que los consumidores están dispuestos a pagar.

Antes de estudiar con detalle cualquier proyecto, es necesario tener al menos una idea aproximada del tamaño de mercado en cuestión; un proyecto no puede funcionar al menos que se haya creado para un mercado específico, y una vez establecido, no puede continuar su actividad si no se adapta continuamente a los cambios de aquél. De acuerdo con lo anterior, los objetivos de esta fase de la evaluación son los siguientes:

- Determinar la cuantía del sistema que, en cierta área geográfica y, en determinadas condiciones, el mercado estaría dispuesto a adquirir.
- Argumentar que existe un número de individuos o empresas que en ciertas condiciones presentan una demanda tal que el proyecto se justifica.

Los factores a determinar en el estudio de mercado son:

- Producto (en este caso el sistema de baja carga).
- Demanda.
- Precio.
- Distribución.

4.1 Descripción del sistema de riego

Con respecto a los materiales empleados para la instalación de los sistemas se ha recabado información referente a la ubicación de los establecimientos donde se podrán adquirir los accesorios tales como manguera o tubo de polietileno resistente al alto intemperismo de baja densidad, “T” de inserción, coples, anillos terminales para doblar la manguera, válvulas, goteros y tinaco. En las figuras 7 y 8 se muestran los sistemas de la 1ª y 2ª etapa.

4.1.1 Instalación y costos de los sistemas

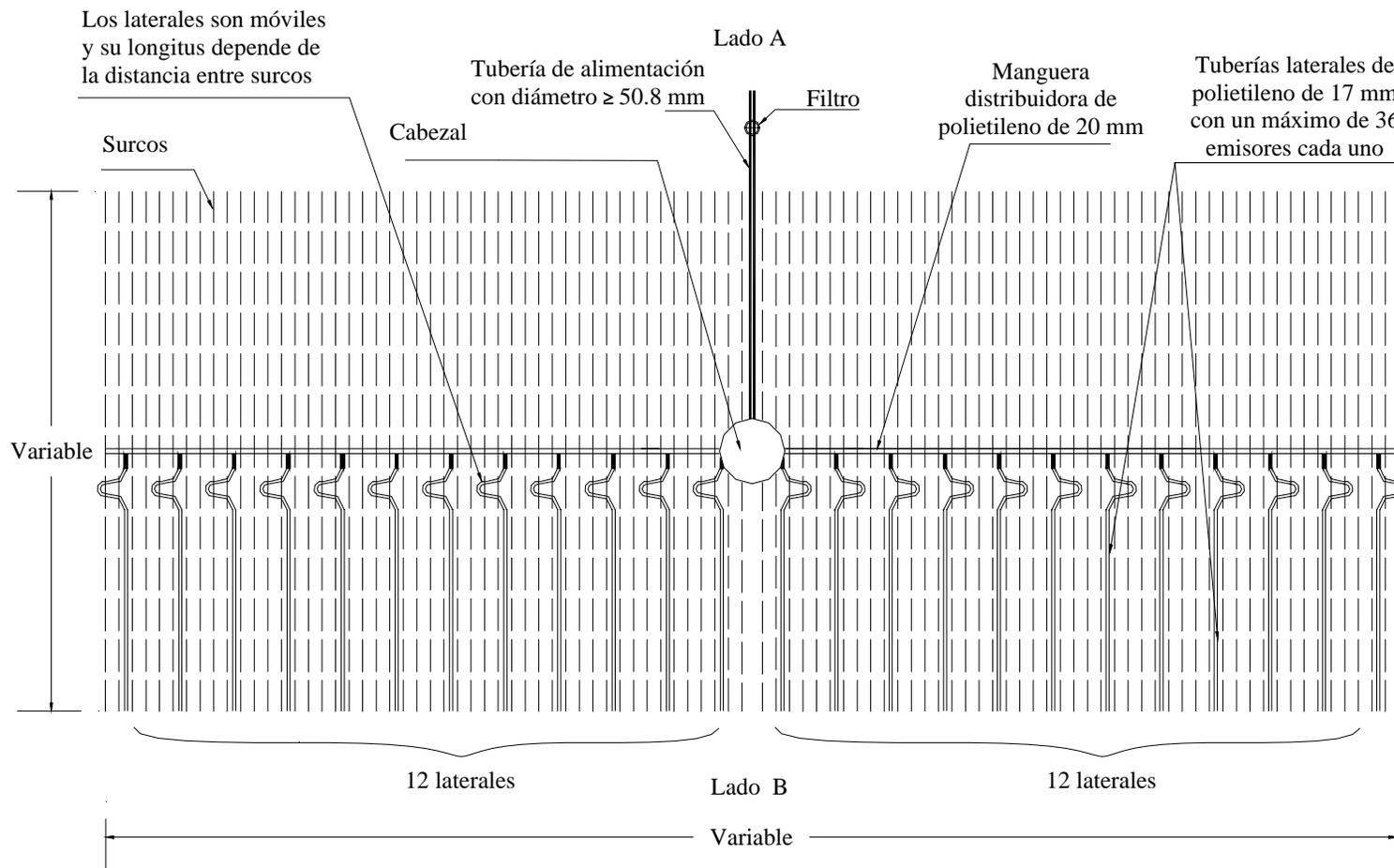
El sistema de riego diseñado en el Instituto de Ingeniería requiere para su instalación materiales que son muy comunes y de fácil adquisición en el mercado. En las tablas 12 y 13 se presentan la lista de los materiales a usar y los costos, respectivamente.

Tabla 12 Lista de materiales y accesorios

ELEMENTOS DEL CABEZAL	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none"> - Cubeta 19.35 litros o un tinaco - Conector espiga con rosca exterior de ¾” exterior - Tuerca plana de ¾” - Rondana de ¾” 	Es una cubeta vacía de pintura El conector, la tuerca y la rondana pueden ser de fierro o de plástico, se recomienda que todos sean del mismo material y sellar con silicón para evitar posibles fugas.
ELEMENTOS DE LA RED	CARACTERÍSTICAS
<ul style="list-style-type: none"> - Manguera negra de 20 mm exterior - Manguera negra de 17 mm exterior - “T” de inserción de 20x20x20 mm - “T” de inserción de 20x17x20 mm - Terminales de 20 mm - Terminales de 17 mm 	La manguera es para riego, de alta densidad y alto intemperismo, las “T” se introducen a presión. Las terminales son “aros de plástico”, también se pueden construir manualmente cortando trozos de manguera de 1”.

Tabla 13 Costos aproximados de los materiales

ELEMENTOS DEL CABEZAL	COSTOS		
	P.U.	No. piezas	Costo
Cubeta 19.35 litros	\$ 25.00	1	\$ 25.00
Conector espiga con rosca exterior de ¾” exterior	\$ 8.50	2	\$ 17.00
Tuerca plana de ¾”	\$ 7.00	2	\$ 14.00
Rondana de ¾”	\$ 2.50	1	\$ 2.50
Filtro de malla, 150 mesh,	\$150.00	1	\$150.00
ELEMENTOS DE LA RED			
Manguera negra de 20 mm exterior	\$420.00	1 rollo	\$420.00
Manguera negra de 17 mm exterior	\$320.00	1 rollo	\$320.00
“T” de inserción de 20x20x20 mm	\$5.50	2	\$ 11.00
“T” de inserción de 20x17x20 mm	\$5.50	26	\$143.00
Terminales de 20 mm	\$1.50	2	\$ 3.00
Terminales de 17 mm	\$1.50	26	\$ 39.00



Nota: El módulo cubrirá aproximadamente 1000 m². La longitud máxima de los laterales será de 15 m.
 El lado A se regará el primer día y el lado B se regará el segundo.

Figura 7. Sistema móvil con microaspersores, difusores o goteros, para la primera etapa

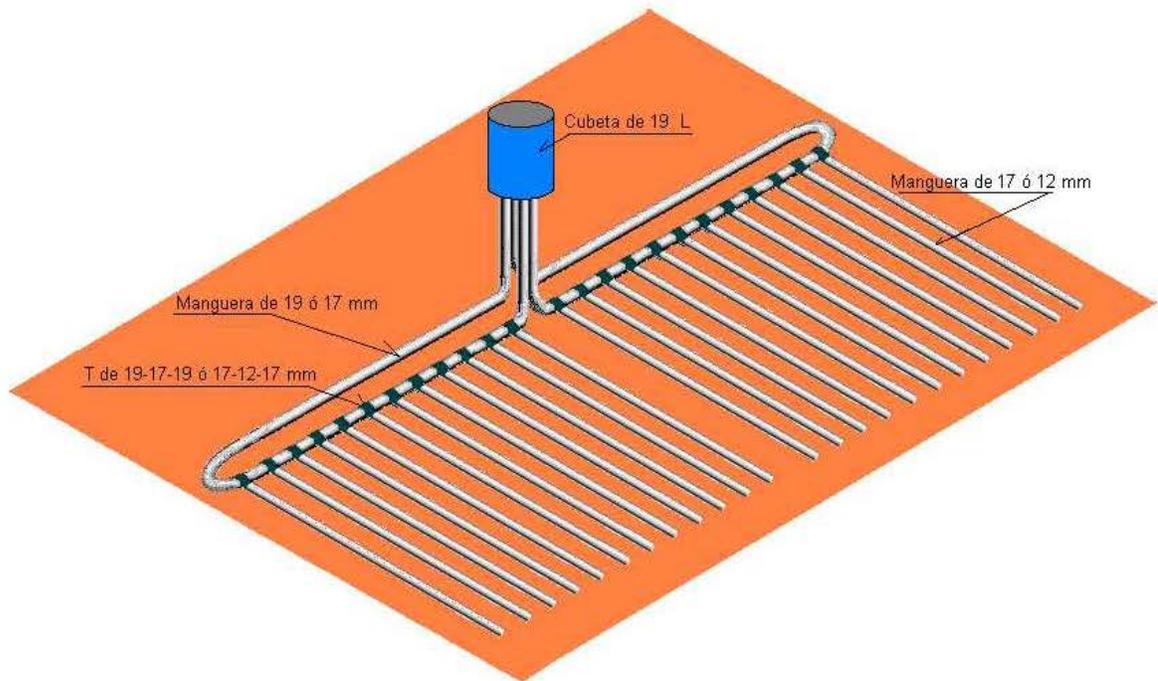


Figura 8. Tendido de las mangueras para la segunda etapa

4.1.2 Almacenaje

Para el caso de una parcela pequeña, un módulo básico del sistema de baja carga, no necesita almacenaje, es necesario definir las dimensiones, con las curvas de diseño que se presentan en el estudio técnico y adquirir los materiales de acuerdo a los costos locales, sin embargo tal vez es prudente para el agricultor conservar en almacén piezas como difusores y tes.

4.1.3 Transporte

La transportación de los materiales depende de la localidad, si ésta se encuentra muy apartada de la parcela el costo se incrementa, generalmente el agricultor realiza esta compra y no supera por lo general un flete.

4.2 Análisis y determinación de la demanda

4.2.1 Clasificación de la demanda

En esta parte del estudio serán identificadas las variables que afectan los requerimientos del mercado, así como la posibilidad de participación de los productos del presente proyecto en la satisfacción de la demanda. Para llevar a cabo lo anterior, se tipifica la demanda actual de producción en el mercado de la zona.

Para obtener información, se tienen dos opciones en principio: fuentes de información primaria y secundaria. La primera se refiere a realizar investigación a través de observación, experimentación o mediante encuestas; la segunda se refiere a trabajos de consulta. Cabe señalar que para llevar a cabo los análisis de demanda, oferta y precio de los sistemas de riego por goteo, se consultaron bancos de información de entidades como INEGI, CANACINTRA, SAGAR, FIRCO, IDE, básicamente.

Como parte de la fuente de información primaria se hicieron diversas visitas a las empresas que se dedican a la venta de materiales para irrigación.

Se visitaron de acuerdo a las regiones donde se instalaron los sistemas (Comarca Lagunera, Mixteca Oaxaqueña, Península de Yucatán y Estado de México), los domicilios donde pueden comprarse los materiales son los siguientes:

En la comarca Lagunera la empresa donde el personal de FIRCO consiguió los precios más baratos fue REX Irrigación de Torreón, en Av. Morelos 2567 Ote., Torreón, Coahuila.

En Oaxaca, Oax. Calle Leandro Valle no. 4222 col. Centro. También existen otras empresas donde se pueden adquirir materiales para sistemas de riego, por ejemplo en la empresa Maquinaria y Refacciones de Oaxaca., ubicada en la carretera Oaxaca-México y la empresa Maquinaria, Bombas y Accesorios que se encuentran en Puente Valerio Trujano. Ambas empresas son muy conocidas por los técnicos agrícolas y productores de la región.

En Mérida Yucatán., la sucursal de Plásticos Rex se encuentra en periférico Km. 26 (entre carretera Cholula y Santa Gertrud Copo).

En Toluca, Estado de México, en la calle Isidro Fabela no. 111, col Reforma ferrocarriles.

En Puebla existe una sucursal de “Plásticos Rex” en calzada Ignacio Zaragoza no 286 col. Los Pinos C.P. 72240 tel. 01 22 21 23 95; también se encuentra la casa matriz de la empresa “Materiales y Servicios para Riego S, A de C. V.” en la cual se comercializan productos de plásticos Rex, se ubica en Diagonal defensores de la República no. 406 Col. Lázaro Cárdenas, Puebla tel. y fax 01 (22) 32 89 46, 46 25 22 e-mail maser@rpc.com.mx .

Otra sucursal de plásticos Rex denominada “Rex Irrigación y control de Puebla” se ubica en calle 26 B poniente 3119 ente 36 y 35 norte C.P. 7270. Tel. 01 22 49 78 93.

Se ha visto que en los lugares donde se instalaron los sistemas del Instituto como en Totoltepec, San Pedro Yaloixtlauaca y San Juan Ixcaquixtla no existe una empresa que comercialice productos como goteros y “T” de inserción como las que se emplean en el sistema del Instituto, las pequeñas tiendas que se encuentran en las comunidades generalmente se dedican a proveer de productos agroquímicos y otros insumos para el campo, pero no cuentan con todos los accesorios para un sistema de riego.



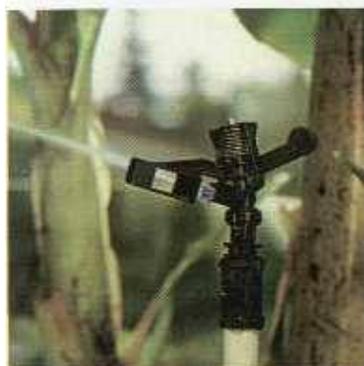
Riego por goteo REX



Riego por gotero en frutales.



Microaspersión para frutales.



Microaspersión en plátano.



Aspersión por cañon en pastizales.



Riego por aspersión.

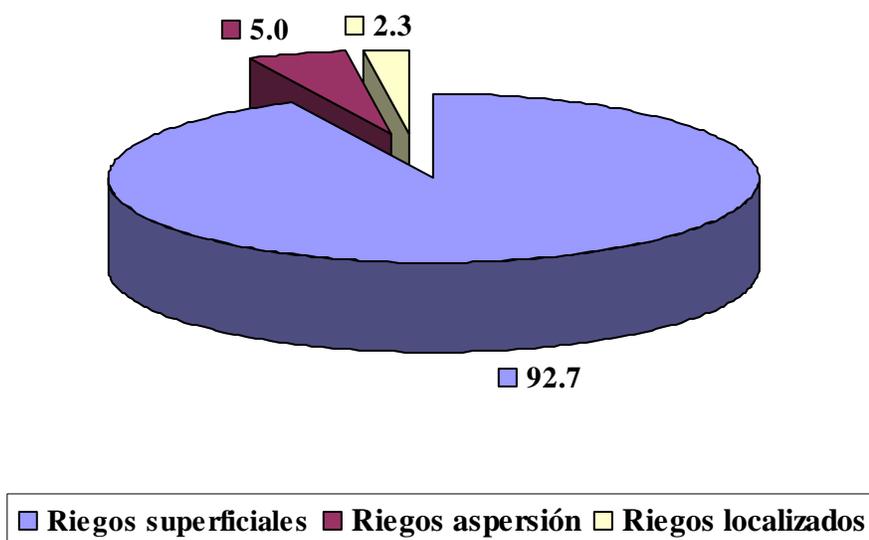
En el Estado de Tlaxcala se encuentra una sucursal de la empresa “Materiales y Servicios para Riego S, A de C. V.” ubicada en Boulevard Revolución no. 37, local 2 Col. Atempa, Tlaxcala. C. P. 90010 tel. y fax 01 246 2 98 77.

En el Estado de Morelos se encuentra la sucursal de Plásticos Rex, en Calle Mirasol no.112 Col. Satélite C.P: 62460 Cuernavaca Morelos.

Se ha visto que únicamente en la capital de los Estados se encuentran proveedores que puedan proporcionar todos los materiales para un sistema de riego por goteo, también se ha visto que los filtros de malla que proveen estas empresas son más caros que los filtros que se han venido usando en los sistemas del Instituto que se encuentran en el catálogo de los productos de la marca TORO (Agricultural Irrigation) de Estados Unidos, aunque esto podría decirse que no encarece muy significativamente el costo del sistema del Instituto.

De la gran mayoría de las empresas que se visitaron, se observó que las ventas se realizan con la siguiente proporción de acuerdo a los tipos de riego tecnificado mencionados anteriormente (figura 9).

Porcentajes de tipo de riego empleados en la agricultura en México



Fuente: F.A.O.

Figura 9.

El 92.7% del riego es superficial con una superficie de 5'802,182ha, el 5% es de riego por aspersión con una superficie de 310,800ha y únicamente el 2.3% representa el riego localizado con un área de 143,050ha.

Los riegos por aspersión representan un porcentaje de los costos de instalación, no así el riego superficial que es el que la mayoría de los agricultores acostumbra y tiene algunas limitaciones como la necesidad del empleo de grandes cantidades de agua.

El empleo de riego localizado, que reduce en un 80% el empleo de mano de obra en la etapa de riego, repercute en costos de instalaciones, transporte, equipo, etc. de los empleados, los cuales, por no ser utilizados inciden en los costos indirectos del proyecto.

Si comparamos únicamente los riegos superficiales con los localizados y descartamos los riegos por aspersión (debido al costo), tenemos que invariablemente para los riegos localizados existe un gran ahorro de agua, una gran durabilidad y bajo mantenimiento requerido.

De acuerdo con los datos recabados en las visitas a las zonas se observa una tendencia a la alza en el empleo de riego localizado en relación con años anteriores, debido a la difusión. Así mismo como resultado de encuestas realizadas a diversos agricultores, el 85% manifiesta un gran interés por contar con este tipo de riego.

4.2.2 Proyección de la demanda

Se visitaron en total 47 agricultores; 20 cosechas en el periodo 2000 a 2002 y 27 en proceso. Así mismo se visitaron 20 agricultores sin experiencia en riego localizado, 20 con 11 a 20 años con experiencia en este tipo de riego y 7 con más de 20 años de experiencia en riego tecnificado, y sobre usar o no el riego tecnificado resulta la figura 10.

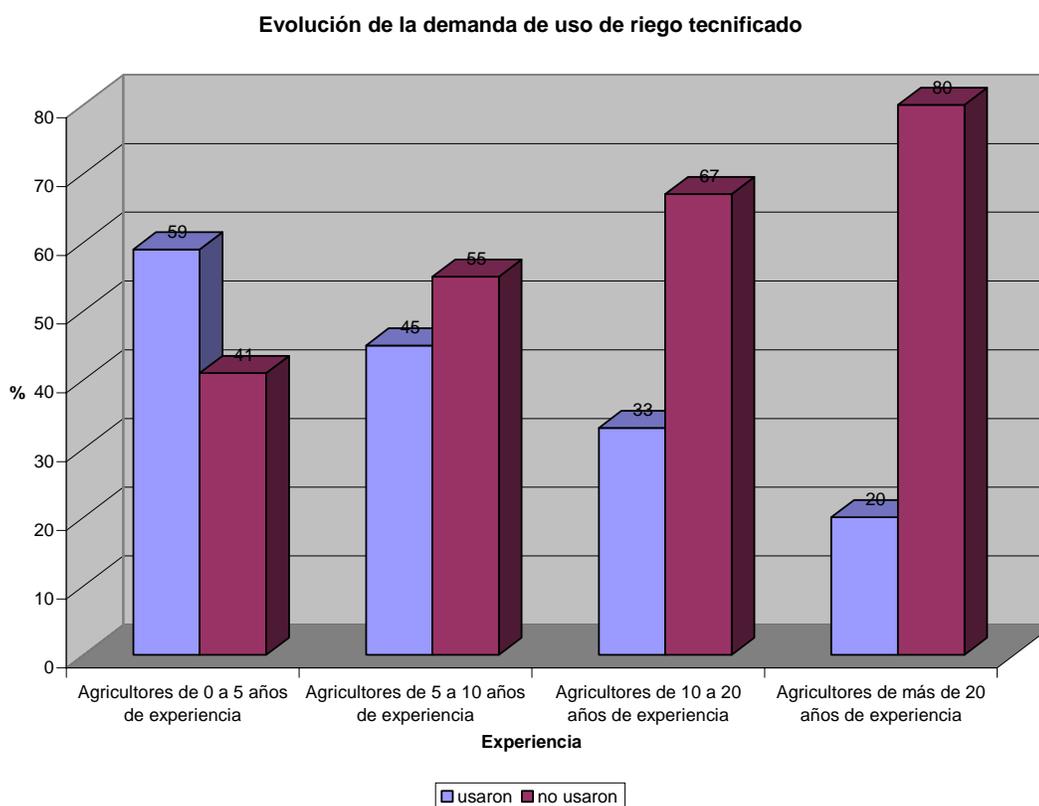


Figura 10

- De los agricultores entre 0 y 5 años de experiencia el 59% emplearon sistemas de riego tecnificado.
- De los agricultores entre 5 y 10 años de experiencia el 45% emplearon sistemas de riego tecnificado.
- De los agricultores entre 10 a 20 años o más de experiencia el 33% emplearon sistemas de riego tecnificado.
- De los agricultores con más de 20 años de experiencia el 20% emplearon sistemas de riego tecnificado.

Proyectando la demanda de cosechas en dos periodos; del 2001 al 2005 y del 2006 al 2010 obtenemos los resultados siguientes:

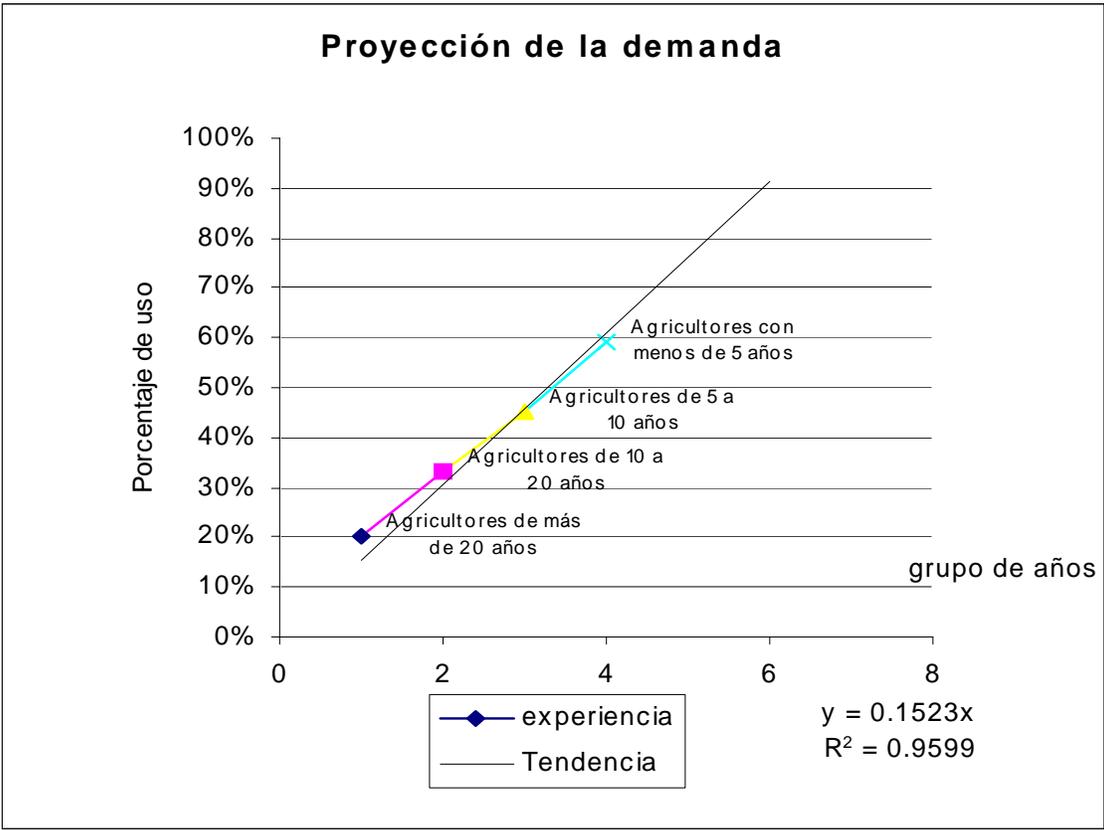


Figura 11

Sin embargo, sabemos que sería imposible lograr que el porcentaje proyectado de uso de riego tecnificado se obtenga en la realidad por lo cual para fines de la evaluación y como meta del proyecto se pretende llegar a captar gradualmente el 75% de la demanda.

De acuerdo con datos obtenidos en CNA, el INEGI y el FIRCO, se espera que la demanda de sistemas de riego tecnificado, continuará parecida a la actual en los próximos 10 años, posteriormente esta demanda se reducirá en 50% en los cinco años subsecuentes hasta llegar a 10% de la demanda actual en el 2010, en donde será necesario adquirir nuevos equipos.

Atendiendo a lo anterior la demanda proyectada de sistemas para los próximos años quedaría de la siguiente manera:

Año	Cosechas programadas	% de uso de sistemas de riego	Demanda proyectada de sistemas en la zona	% a captar por el proyecto	Demanda proyectada de sistemas captadas por el proyecto
2000	20	56%	11	30%	3
2001	21	56%	12	35%	4
2002	20	65%	13	40%	5
2003	19	70%	13	45%	6
2004	21	72%	15	50%	8
2005	20	73%	15	50%	7
2006	21	75%	16	50%	8
2007	20	75%	15	50%	8
2008	19	75%	14	50%	7
2009	18	75%	14	50%	7
2010	15	75%	11	45%	5

Tabla 14

4.2.3 Ciclo de vida del producto

Como se menciona anteriormente, debido a las ventajas considerables que ofrecen los materiales empleados en el sistema de riego como mangueras de alto intemperismo, se espera que estos productos duren los próximos 10 años (como lo marca el fabricante), que es el periodo de evaluación del proyecto, y más aún, actualmente se encuentran en fase experimental nuevos productos que tal vez logren mantener o aumentar el tiempo de uso de los sistemas.

4.3 Análisis y determinación de la oferta.

Clasificación: los productos del sistema se encuentran clasificados como de uso agrícola dentro del conjunto del tipo de sistemas para riego.

4.3.1 Análisis de la competencia

Actualmente las empresas que atienden al mercado de la zona son básicamente dos que se encuentran localizadas como a continuación se muestra en la tabla 15.

	Morelos	Tlaxcala	Puebla	Edo. de México
Empresa	Cryplan	Ingeniería Hidroagrícola	Ingeniería Hidroagrícola	Aspersa
Responsable	Ing. José Ramón Sánchez Cerezuela	Ing. José Barragán	Ing. José Barragán	Ing. Francisco Alanís
Teléfono	0173125048	0122205500		0173111022
Empresa	Ingeniería. En conexiones Hidráulicas S.A. de C.V.	Materiales y Servicios para Riego	Materiales y Servicios para Riego	
Responsable	Ing. Efraín Panamá Tirado	Sra. Ester Cárdenas Olvera		
Teléfono	6417272	0122328946		

Tabla 15 Fuente: FIRCO

Otros: existen diversos proveedores de sistemas de riego de menor capacidad que los anteriores que cubren el porcentaje restante de la demanda.

De acuerdo con la información obtenida en el estudio de mercado de la oferta, podemos concluir que existe una gran posibilidad de captar un alto porcentaje de la demanda debido a los pocos oferentes que existen en el país para cubrir necesidades como las del sistema. Así mismo es importante señalar que los costos de transporte de los componentes del sistema aumentan considerablemente el precio del producto si no se consiguen localmente. El costo por envío de la ciudad de México llega a ser de \$300 a \$600.

4.4 Análisis y determinación del precio

El precio de un producto afecta la posición competitiva de una empresa y su participación en el mercado, por lo que tiene gran influencia sobre la evaluación del proyecto. El precio fijado será orientado hacia lograr posicionarse de inmediato en el mercado y captar la demanda prevista en el estudio.

Para ello se pretende brindar un precio de cada sistema ofrecido 20% por debajo de la competencia y con una mejor calidad de diseño, durabilidad, funcionalidad y economía

Posteriormente en el estudio técnico se determinará el costo de producción y venta de los productos a ofrecer.

4.5 Distribución

Inicialmente se pretende que esta distribución se realice por medio de las gerencias regionales del FIRCO a través de la asesoría del Instituto de Ingeniería posteriormente el agricultor deberá ser capaz de adquirir el sistema solo con asesoramiento técnico.

4.6 Publicidad y promoción

Se deberá realizar una campaña publicitaria a base de catálogos y folletos que indiquen todas las cualidades y ventajas del sistema, los cuales podrán ser instalados en la zona a fin de que conozcan el proyecto y se logre captar de inmediato la demanda planteada.

Para ello se deberá de contratar un grupo de especialistas en mercadotecnia para realizar la difusión y convencimiento.

Adicionalmente se sugiere contratar publicidad a través de la radio local. Así como el desarrollo de las parcelas demostrativas en las que el agricultor podrá corroborar físicamente como son los sistemas.

5. ESTUDIO TÉCNICO

5.1 Diseño hidráulico

Un diseño hidráulico eficiente en sistemas de baja carga considera el empleo de emisores de gasto pequeño, con el fin de lograr que la alimentación de agua tenga el mayor alcance posible a lo largo de las tuberías regantes o laterales, ya que deben vencerse las pérdidas por fricción y locales en estas tuberías y en las de distribución, sin reducir demasiado la uniformidad de los gastos. Si se cumple este objetivo, el área de riego aumenta y la relación costo/área disminuye. Por tanto, los criterios de diseño que se deben cumplir son:

- Satisfacer una uniformidad de emisión mínima aceptable.
- Regar la mayor área posible.
- Buscar que el costo del sistema sea bajo.

En el modelo matemático se identifican dos parámetros principales que son los coeficientes de pérdida de carga (por fricción y local); sin embargo, habría que agregar que el tipo de mangueras, con sus diámetros respectivos, están implícitos en ellos porque son las más empleadas en el riego tecnificado. Las investigaciones de Bagarello et al. (1995, 1997) se realizaron con mangueras de polietileno de 20 y 16mm (en México 17mm) de diámetro comercial externo. Así, en orden de importancia, las variables de diseño se reducen al tipo de emisores con la ecuación cargas-gastos, la separación entre ellos y la carga en el cabezal. En cuanto al tiempo de riego, éste puede modificarse de acuerdo con el gasto promedio de los emisores que, además, depende del tipo de suelo; así por ejemplo, un gasto grande en un suelo arcilloso no es conveniente porque puede producir encharcamientos. Con respecto a la temperatura, no se considera como variable ya que, de acuerdo con las pruebas de laboratorio y las mediciones de campo, por la corta longitud de los laterales su influencia es mínima.

La bondad del diseño se determina con indicadores como el de uniformidad de emisión definido como (Rodrigo et al., 1992).

$$EU = \left[1 - \frac{1.27(CV)}{e} \right] \frac{Q_n}{Q} \quad (1)$$

donde EU es la uniformidad de emisión; e el número de emisores por planta; CV el coeficiente de variación del emisor; Q_n el gasto mínimo de emisión, en l/h; Q el gasto medio de emisión, en l/h. En la práctica, si no se conoce el valor de CV propio de los emisores, se emplea el CV de los gastos medidos en campo. O bien el coeficiente de uniformidad de Christiansen como sigue:

$$CU = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q)}{nQ} \quad (2)$$

Donde Q_i es el gasto de emisión en el gotero i , en l/h; n el número total de goteros; Q es el gasto medio de emisión, en l/s.

Rodrigo et al. (1992) clasifican los emisores según los valores de CV indicados en la tabla 16

$CV \leq 0.05$	Excelentes
$0.05 < CV \leq 0.07$	Normales
$0.07 < CV \leq 0.11$	Marginales
$0.11 < CV \leq 0.15$	Deficientes
$0.15 < CV$	Inaceptables

Tabla 16. Clasificación de los emisores según el valor de CV

Según esta clasificación, es conveniente que los emisores tengan un valor máximo de $CV=0.15$. Cuando se empleen mangueras perforadas con el fin de evitar el costo de algún emisor industrializado, la perforación ha de hacerse de manera muy cuidadosa. El instituto de Ingeniería fabricó un sacabocado de 1.19mm de diámetro (3/64") que produce un valor de CV próximo a 0.12 (FIRCO, 2000).

Existe un emisor de bajo costo y gasto pequeño con el cual se consigue regar un área mayor a la obtenida con mangueras perforadas y, no obstante el costo del emisor, se logra un costo unitario (\$/ha) del sistema aún más bajo que el del anterior. Estos goteros son del tipo O-tif color negro con curva cargas-gastos (obtenida en el laboratorio del Instituto de Ingeniería).

$$Q = 1.36h^{0.53} \quad (3)$$

donde Q es el gasto de emisión, en l/h; h es la carga de presión sobre el emisor, en m.

5.2 Pruebas de laboratorio

Se realizaron pruebas de laboratorio durante la primera etapa en las que se obtuvo en mangueras con tubines un coeficiente de variación promedio de 0.12 y coeficientes de uniformidad en promedio superiores a 0.90. Para manguera perforada se obtuvieron coeficientes de uniformidad en promedio de 0.923 y CV de 0.0985 en promedio.

Para la segunda etapa se realizaron pruebas con goteros O-tif (de laberinto) obteniendo uniformidades de emisión en promedio de 0.90, para goteros hydrogol la uniformidad fue de 0.90 y para goteros autocompensantes similar pero con gastos mayores por lo que no fue recomendable utilizarlos.

5.3 Pruebas de campo

Las pruebas de campo se han limitado a la medición de gastos en los emisores para verificar el funcionamiento hidráulico y la uniformidad. Comprobando que el sistema es aceptable para condiciones reales.



Foto: Instituto de Ingeniería

El nuevo diseño del Instituto de Ingeniería se muestra en la figura 12, en ésta se observa una doble manguera distribuidora que reparte mejor la carga hidráulica del cabezal a cada lateral. Esta modificación y el empleo de los goteros de bajo gasto tipo O-tif permiten ampliar el área de riego y, en caso de emplear laterales de menor diámetro, reducir los costos.

La instalación de sistemas móviles de riego por goteo, es decir, aquellos que riegan dos o más líneas de plantas, como se acostumbra en la India y el sudeste asiático (Polak et al., 1997), a diferencia de los sistemas fijos que solo riegan una, los hace más económicos a cambio de incrementar el tiempo de labor y, en algunos casos, el pago de mayores jornales de trabajo. En todos ellos, ha sido posible incrementar el área de riego gracias al empleo de una doble manguera distribuidora conectada en "U" directamente al cabezal, como se muestra en la figura 12 (Vázquez et al., 2000), reduciendo aún más el costo por unidad de área, por lo que son muy redituables económicamente (FIRCO, 2000).

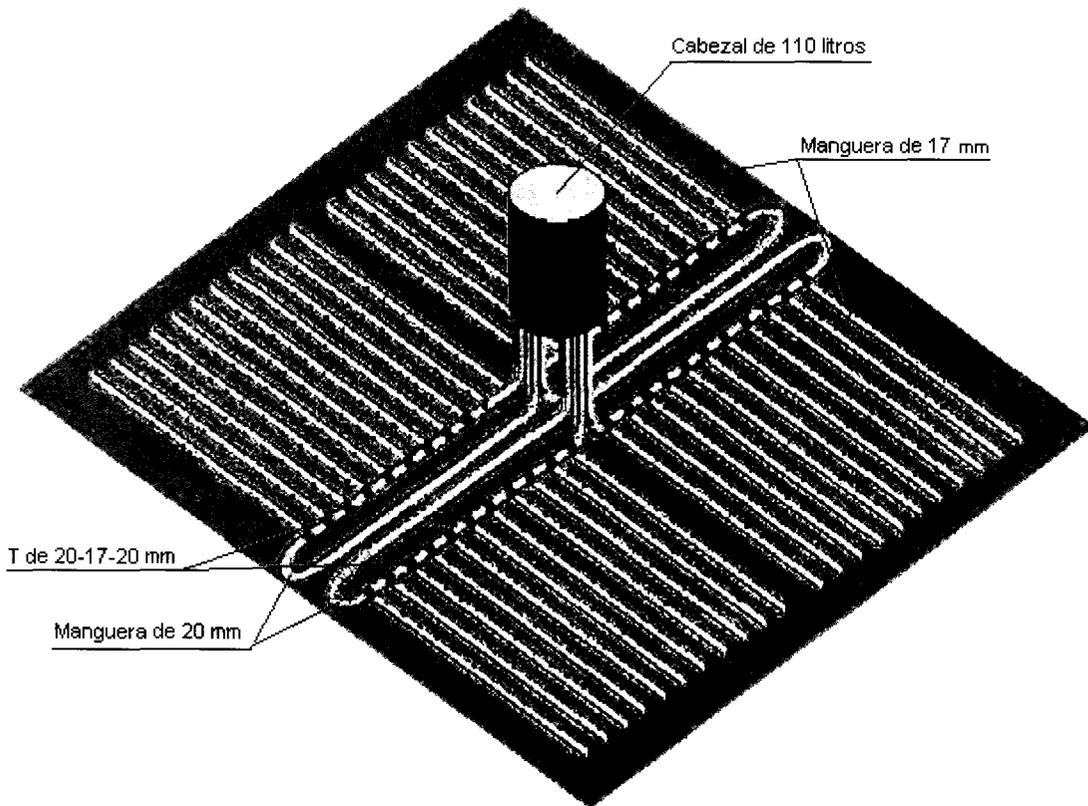


Figura 12. Sistema de riego por goteo de baja carga con doble manguera distribuidora

El uso de los goteros de laberinto en este tipo de sistemas se debe a la emisión de gastos pequeños con buena uniformidad, que permite regar áreas aproximadas en terreno plano hasta de 1.25ha con una carga en el cabezal de 1.5m, si es que la separación entre emisores es de 0.8m y de 3.2m entre laterales. Los goteros son desmontables, es decir, puede quitarse la parte externa de emisión sin necesidad de desprenderlos de la manguera, y tienen la ventaja de que no se obstruyen con facilidad. Su desventaja es un mayor costo que, si se agrega el de la

manguera ciega, es mayor al de las mangueras con gotero integrado; sin embargo, éstos son más fáciles de obstruirse.

En el sudeste asiático se emplean mangueras perforadas con agujas de 0.7mm (Polak et al., 1997); aun así siendo muy bajo el costo de estos sistemas, en México no tuvo buena aceptación por parte de los agricultores de hortalizas. Los caudales son mayores que los de los goteros de fábrica, lo cual reduce el área de riego para conservar un cierto valor de la uniformidad de emisión, y esta última no llega a ser mayor del 80% porque la perforación se hace a mano con sacabocados de 1.19 mm. Sin embargo son convenientes para regar árboles por la mayor separación entre emisores y laterales.

5.4 Costos unitarios de las mangueras y goteros

En la figura 13 se muestran los costos unitarios de los sistemas con laterales de 17mm de diámetro externo con goteros O-Tif. Se incluyen mangueras (distribuidoras y laterales), conexiones "T", anillos terminales y goteros de color negro (gasto promedio $Q_m=1.39$ l/h, carga en el cabezal $h = 1.5$ m) y de color café (gasto promedio $Q_m=0.66$ l/h, carga en el cabezal $h = 1.5$ m). En el mercado también existen mangueras de 12mm; sin embargo Vázquez et al. (2001) mostraron que es preferible el empleo de los laterales de 17mm porque se riega mayor área con el mismo costo unitario. El diámetro interno empleado en el cálculo numérico para la manguera de 17mm es 13.6mm. Los laterales de los sistemas de 17mm de diámetro exterior tienen un valor aproximado de 0.14 USD/m, y el de las mangueras distribuidoras de 20mm de diámetro exterior, es de 0.26 USD/m. Los goteros, sean de color negro o café, tienen un costo de 0.16 USD/pieza. Las conexiones "T" de 0.49 USD/pieza y los anillos terminales de 0.11 USD/pieza.

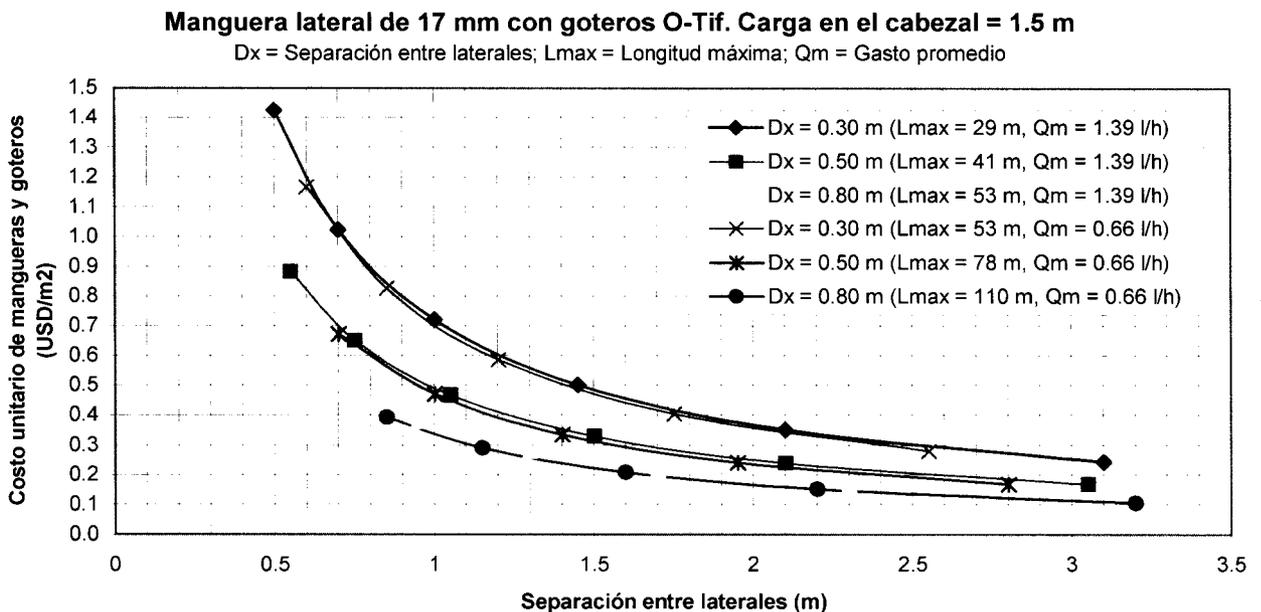


Figura 13. Costo unitario con manguera de 17mm de diámetro exterior

5.5 Gráficas de diseño

El objetivo de las gráficas es proporcionar una herramienta práctica de diseño hidráulico, útil para el técnico agrícola y los pequeños propietarios que deseen instalar sistemas económicos de riego por goteo de baja carga sobre terrenos planos con goteros O-Tif.

Los sistemas fijos o móviles que se pueden diseñar con las gráficas sirven para regar cultivos como hortalizas o de otro tipo que tengan una separación entre plantas de 30 a 80cm.

En las figuras 13 y 14 se muestran las gráficas de diseño con mangueras de 17mm para separaciones entre emisores de 0.3, 0.5 y 0.8m, con longitudes máximas de lateral de goteo de 29, 41 y 53m para goteros de color negro y de 53, 78 y 110m para goteros de color café, respectivamente. Estas longitudes se miden a cada lado de las mangueras distribuidoras. La uniformidad de emisión para el sistema es de 0.90. En la hoja técnica del fabricante (Cydsa Plásticos Rex-Plastro) las longitudes máximas son de 39, 56 y 78m (goteros de color negro) y 60, 89 y 125m (goteros de color café) para la misma uniformidad de emisión, pero se refiere sólo a un lateral, por ello es que la longitud es mayor.

Tanto en la figura 13 como en la 14 el parámetro de entrada en el eje horizontal es la separación entre laterales. Con la gráfica de la figura 13 se obtiene el número óptimo de laterales y con la de la figura 14 el área máxima de riego. Para una carga en el cabezal de 1.5m, los goteros de color negro tienen un gasto promedio $Q_m = 1.39$ l/h y los de color café $Q_m = 0.66$ l/h.

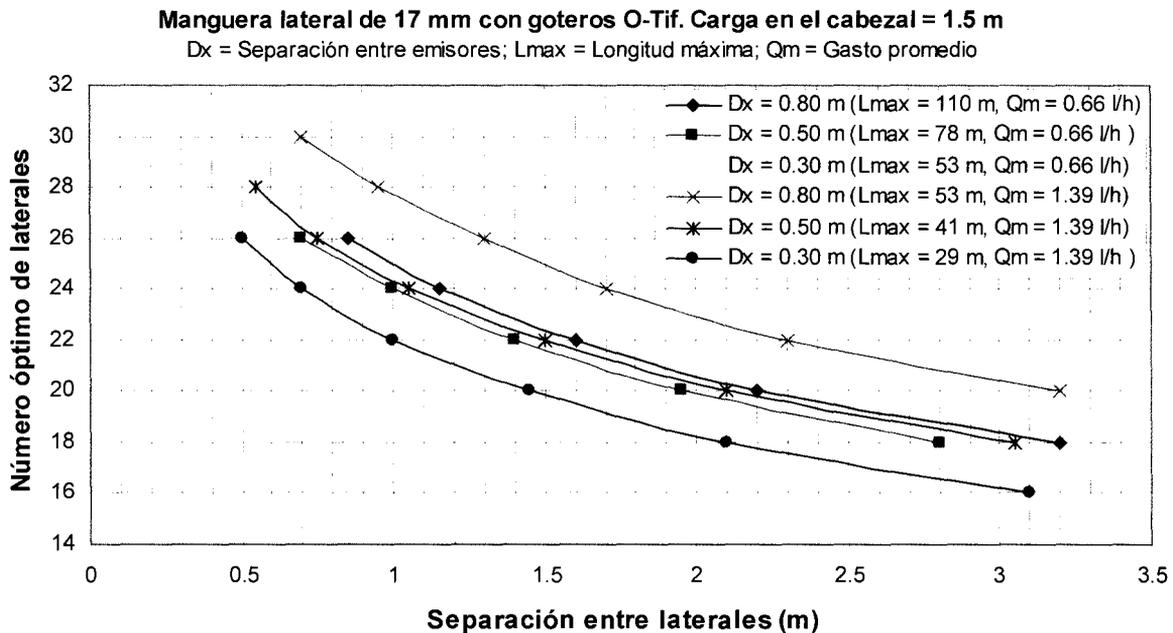


Figura 14. Gráfica para el diseño de los laterales

El procedimiento de diseño consiste en emplear la gráfica de la figura 13 una vez conocidas las separaciones entre laterales y emisores, la primera depende de la cantidad de líneas de plantas que se desea regar cada cierto número de días, para determinar el número óptimo de laterales. Con este último y la longitud máxima de los laterales es posible calcular el área exacta de riego con la ecuación 4.

$$A_{\max} = 2(N Dx)(N_l S_l) \quad (4)$$

donde A_{\max} es el área máxima de riego, en m^2 ; N el número de emisores por lateral, adimensional; Dx la separación entre emisores, en m; N_l el número óptimo de laterales, adimensional; S_l la separación entre laterales, en m.

Para una primera aproximación del área máxima de riego se puede emplear la gráfica de la figura 15 en vez de la ecuación 4.

En el cálculo de la uniformidad de emisión (EU) se empleó la ecuación dada por Cuenca (1989) para un sólo gotero por planta

$$EU = (1 - 1.27CV) \frac{Q_{\min}}{Q_m} \quad (5)$$

donde CV es el coeficiente de variación de fábrica del emisor; Q_{\min} el gasto mínimo en el sistema; Q_m el gasto promedio. Dado que se desconoce el CV del fabricante, se usó el estadístico resultante de los gastos de emisión calculados con el modelo matemático, esto es, $CV = \sigma/Q_m$, donde σ es la desviación estándar de los gastos calculados con un programa para computadora.

Por otra parte, la curva cargas-gastos hallada en el laboratorio para los goteros O-Tif de color negro, en un intervalo de cargas de 0.3 a 2m es

$$Q = 1.36h^{0.53} \quad (6)$$

donde Q es el gasto de emisión, en l/h; h es la carga sobre el gotero, en m.

La curva cargas-gastos par los goteros O-Tif de color café, en el mismo intervalo de cargas es

$$Q = 0.64h^{0.51} \quad (7)$$

Manguera lateral de 17 mm con goteros O-Tif. Carga en el cabezal = 1.5 m

Dx = Separación entre laterales; Lmax = Longitud máxima; Qm = Gasto promedio

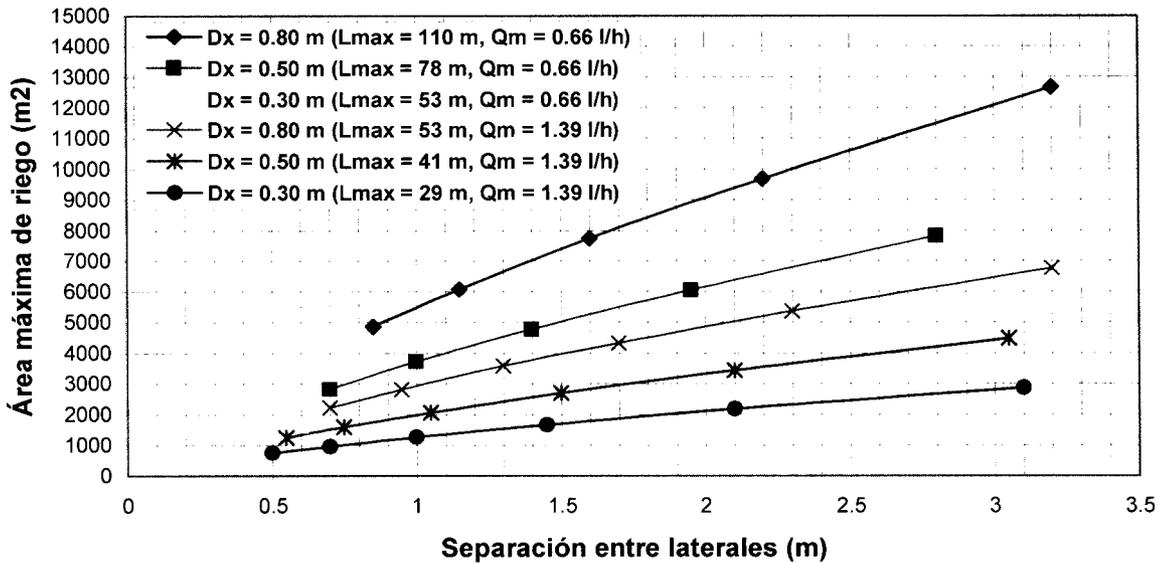


Figura 15. Áreas máximas de riego

5.6 Consideraciones teóricas

El modelo numérico (Vázquez, 2001), que fue evaluado de manera muy aceptable con mediciones en el campo, emplea las ecuaciones 5, 6 y 7, así como datos variables del coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach, según el régimen del flujo.

Si el flujo es laminar ($Re < 2300$), el cual ocurre en el 90% de los tramos entre goteros o cruceros de los sistemas, se emplea la recta de Poiseuille (Sotelo, 1974)

$$f = \frac{64}{Re} \quad (8)$$

donde f es el coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach; Re es el número de Reynolds. Para el cálculo de éste se empleó una viscosidad cinemática $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, que corresponde a una temperatura del agua de $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Si el flujo es turbulento ($Re \geq 3000$) se emplea la ecuación propuesta por Bagarello et al. (1995) para tubos de polietileno de 16, 20 y 25mm, ésta es

$$f = \frac{0.302}{Re^{0.25}} \quad (9)$$

Para la zona crítica ($2300 < Re < 3000$) se empleó un coeficiente $f = 0.04$, que es el valor más alto dentro del intervalo.

Con respecto al coeficiente de pérdida local en el gotero, se emplea el valor $\alpha = 0.6$, obtenido por Bagarello et al. (1997) para goteros de inserción poco penetrantes, como los O-Tif.

Ya se ha dicho que el gasto promedio obtenido para cualesquier separación entre emisores y laterales de la figura 14, si la carga en el cabezal es de 1.5m, es de 1.39 l/h para los goteros de color negro y de 0.66 l/h para los de color café. Con ellos es posible estimar el tiempo de riego mediante la ecuación

$$T_r = \frac{D(A_p)}{Q_e} \quad (10)$$

donde T_r es el tiempo de riego, en h; D la dosis por infiltrar, en mm; A_p el área a humedecer, en m^2 ; Q_e el gasto del emisor, en l/h. Para parcelas pequeñas $Q_e = Q_m$. Con el fin de estimar el tiempo de riego máximo, supóngase que la dosis corresponde a los días de máxima evaporación durante el ciclo vegetativo para humedecer el suelo a capacidad de campo.

No obstante que en el 90% de los tramos empleados en el cálculo el flujo de agua en las mangueras es laminar, se ha visto en el campo que el funcionamiento hidráulico es muy aceptable, con uniformidades de emisión próximas al 80%, que aún son admisibles para parcelas pequeñas.

Con respecto a los primeros sistemas instalados de $1000m^2$ de área de riego en el estado de México; se ha logrado incrementar ésta gracias a la inclusión de las mangueras distribuidoras conectadas directamente al cabezal en "U" (Vázquez et al., 2000), y al uso de mangueras laterales de mayor diámetro (Vázquez et al., 2001).

5.7 Recomendaciones para la operación del sistema

Es conveniente atender a las siguientes instrucciones para garantizar que el sistema funcione de manera adecuada en cada riego. Con un buen cuidado de las mangueras de polietileno, el fabricante estima una vida útil de diez años.

- a) Emplear un filtro para eliminar los sólidos del agua antes de la entrada al tanque o cabezal, el cual debe limpiarse previamente a la aplicación de cada riego. Existen filtros económicos de 100 a 150 mesh que han demostrado su utilidad en algunos sitios.
- b) Instalar una válvula de flotador en el tanque para evitar derrames.
- c) Realizar un lavado del interior de las mangueras antes del primer riego para eliminar el material sólido que se haya introducido durante la instalación del sistema.

- d) En los riegos posteriores, eliminar el aire atrapado en las mangueras abriendo los extremos para que salga el agua, junto con el aire, durante un tiempo breve. Al terminar el riego, evítese que el tanque se vacíe completamente para que no se introduzca el aire. Asimismo, conviene colocar un pequeño tubo a manera de jarro de agua a la salida del tanque.
- e) Colocar las mangueras con los goteros hacia arriba para evitar que se ensucien de lodo y se obturen.
- f) Verificar que los goteros funcionen adecuadamente durante el riego.
- g) Mover con el suficiente cuidado las mangueras en los sistemas móviles para evitar el maltrato de las plantas y el desprendimiento de los goteros. En caso de que esto último suceda, es conveniente tener al menos un 2% del número total de goteros en reserva.
- h) Retirar con cuidado las mangueras después de cada ciclo vegetativo para volver a colocarlas inmediatamente después de la siguiente siembra.

5.8. Diseño agronómico

El diseño agronómico es fundamental en todo proyecto de riego, de tal manera que los cálculos hidráulicos sólo complementan el diseño del sistema de riego, para garantizar una buena producción.

Las consecuencias de un mal diseño agronómico pueden ser graves, entre las más comunes están la falta de humedecimiento del perfil del suelo ocasionada por los errores cometidos en el cálculo de las necesidades de agua o los tiempos de riego, y en ocasiones, gastos excesivos por sobredimensionamiento.

En términos generales el diseño agronómico se desarrolla en dos fases:

- A) El cálculo de las necesidades de agua y
- B) La determinación de la dosis, el tiempo de riego y la frecuencia que definen el número de emisores por planta y el gasto por emisor. Si el gasto por emisor es dato, como es el caso de los sistemas móviles que se tratan en este trabajo, sólo deben determinarse las tres primeras variables.

A) Necesidades de agua

El cálculo de las necesidades de agua de los cultivos es el inicio para determinar los volúmenes que se van a requerir.

Es común que para efectos de diseño solo interese la demanda total para el ciclo de cultivo y la demanda máxima. El cálculo se puede hacer a partir de los datos que suministra la experiencia local o por medio de métodos empíricos que, en general, evalúan la **evapotranspiración** a partir de registros climáticos y otros factores.

La evapotranspiración o uso consuntivo se define como la cantidad de agua expresada en forma de lámina en mm, que es transferida del suelo a la atmósfera en un terreno con cultivo,

en dos formas diferentes: *la evaporación directa desde el suelo a la atmósfera y la transpiración, es decir, el agua evaporada por las plantas a través de los estomas.*

La cantidad de agua que evapotranspira un cultivo depende de varios factores, por una parte, los atmosféricos como la radiación solar, la temperatura del aire, contenido de vapor de agua y la velocidad del viento, que en general determinan la demanda de agua. Por otra, de las características morfológicas y fisiológicas de las plantas, del contenido de humedad en el suelo y las características físicas de éste, que en conjunto representan la oferta de agua.

Los métodos empíricos estiman la evapotranspiración potencial o de referencia (ET_p), definida como “la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa y uniforme de gramíneas verdes que cubren totalmente el suelo, de 8 a 15cm de altura, con crecimiento activo y que disponen de agua suficiente”. A partir de la ET_p se calcula la evapotranspiración real (ET_{real}) que es la que se produciría en un momento dado para condiciones reales, generalmente aplicando coeficientes obtenidos experimentalmente (Doorenbos y Pruitt, FAO Roma, 1976).

El procedimiento general para calcular la ET_{real} incluye los pasos siguientes.

- 1) De acuerdo con la información que se disponga, se elige un método para calcular la ET_p .
- 2) Se selecciona un coeficiente de cultivo K_c y se determina la evapotranspiración del cultivo o evapotranspiración máxima ET_c , la cual no es aún la ET_{real}

$$ET_c = K_c(ET_p) \quad (11)$$

El coeficiente K_c representa el efecto de las relaciones agua-suelo-planta. Es diferente para cada especie, afectado por la etapa de crecimiento del cultivo y las condiciones de desarrollo.

- 3) Se calcula la lluvia efectiva (Pe), definida como la cantidad de agua precipitada y que queda disponible en el suelo para la planta.
- 4) Determinar las aportaciones de humedad por capilaridad (H_c), si existe una capa freática próxima a la zona de raíces.
- 5) La ET_{real} finalmente se estima por el balance de los factores antes mencionados y la ET_c como

$$ET_{real} = ET_c - Pe - H_c \quad (12)$$

Los procedimientos para estimar el consumo de agua por las plantas (evapotranspiración), pueden clasificarse en *métodos directos* y *métodos indirectos*.

Métodos directos

Proporcionan en forma directa el consumo total de agua requerida y utilizan aparatos e instrumentos.

Los más comunes de estos métodos son el gravimétrico, el lisimétrico y el evapotranspirómetro de Thornthwaite. El primero es el más empleados; sin embargo, se

vuelve poco práctico si los intervalos de riego son muy cortos, como es el caso de los riegos de alta frecuencia, por lo que no es necesario describir éste ni los demás.

Métodos indirectos

Estiman una cantidad de agua en forma indirecta, a través de todo el ciclo vegetativo, mediante la utilización de fórmulas empíricas. Se clasifican en dos grupos.

1. Métodos basados en dispositivos evaporométricos.

El más común de estos dispositivos es el **tanque evaporímetro tipo A**, que generalmente está instalado en toda estación meteorológica y mide la evaporación realmente ocurrida en la superficie libre del tanque.

Las lecturas tomadas directamente del tanque integran los efectos de los diferentes factores meteorológicos que influyen en la evapotranspiración (radiación solar, temperatura, velocidad del viento y humedad relativa), por lo tanto, la ETp puede ser estimada con más precisión por los métodos que consideran la evaporación medida en el tanque, mediante un coeficiente y la ecuación

$$ETp = Kt * Ev_{tanque} \quad (13)$$

donde ETp es la evapotranspiración potencial o de referencia, en mm/día; Kt es el coeficiente de tanque; Ev_{tanque} , la evaporación observada en el tanque, en mm/día.

Además de los ajustes por precipitación, la estimación del Kt no es sencilla pues depende de la ubicación del tanque y el medio natural que lo rodea.

2. Métodos empíricos basados en datos climáticos

Como resultado del trabajo de varios investigadores que han tratado de relacionar los diferentes datos climáticos con la evapotranspiración, se tienen fórmulas empíricas que permiten estimarla con distintas aproximaciones; sin embargo, algunas son válidas únicamente para condiciones particulares en las que fueron elaboradas.

Una de las condiciones que determinan el método o fórmula que se puede utilizar, es la información climática que se tenga, ya que cada método requiere de diferentes datos para poder aplicarse.

En México, un método de gran aceptación por su carácter práctico y la facilidad para obtener la información climática que requiere, es el de Blaney-Criddle (BC), citado en el manual 24 de la FAO. Los pasos que integran el procedimiento para calcular la evapotranspiración por este método, son los siguientes:

Cálculo de la evapotranspiración por el método de BC

La ecuación original propuesta en este método determina la evapotranspiración en períodos mensuales basándose en los datos de temperatura media mensual, el porcentaje mensual de horas luz y el tipo de cultivo (por medio del coeficiente de cultivo Kc).

La temperatura depende solamente de las características regionales y se obtiene de registros en el sitio. Las horas luz generalmente se manejan como un porcentaje y dependen de la latitud del sitio.

La ecuación que se utiliza en este método es la siguiente

$$ETc = \sum_{i=1}^n Kc_i (P_i) \left[\frac{T + 17.8}{21.8} \right]_i (Kt_i) \quad (14)$$

donde UC es la evapotranspiración mensual, en cm; Kc es el coeficiente de cultivo, mensual; P_i el porcentaje mensual de horas luz; T la temperatura media mensual, en °C; i es el índice para cada uno de los meses del ciclo vegetativo (1 para la siembra y n para la cosecha); Kt_i es el factor de corrección para zonas áridas o semi-áridas, definida como

$$Kt_i = 0.03114(T_i) + 0.2396 \quad (15)$$

Obsérvese que aunque la ecuación 14 es el uso consuntivo de todo el período vegetativo, si no se considera la sumatoria, la misma ecuación permite calcular el uso mensual. Además, conviene señalar que el Kc también se presenta comúnmente como un coeficiente global Kcg , en referencia a un promedio del valor de Kc a lo largo de todo el período vegetativo. Este valor también se puede aplicar en la ecuación 14 pero considerándolo fuera de la sumatoria (para el cálculo mensual).

Posterior al cálculo de la ETc , se determina el valor de la ET_{real} . De acuerdo con la ecuación 12 es necesario conocer el porcentaje de agua precipitada que puede ser aprovechada por las plantas, y las aportaciones por humedad capilar.

Oliver (1963), define la lluvia efectiva como la porción de la precipitación que puede llegar a estar disponible en la zona ocupada por las raíces de las plantas, y opina que, precipitaciones menores de 5mm/día o 25mm/mes deben considerarse sin efecto ya que todo se perdería por evaporación.

Varias investigaciones se han realizado para encontrar métodos que permitan hacer una estimación aceptable del agua de lluvia aprovechable o efectiva.

Para una primera estimación, puede utilizarse un método empírico propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Ogrosky y Mockus, 1964). Consiste en utilizar los coeficientes Cp que se derivan de la

relación entre la evapotranspiración y la precipitación observada (ET_c/P). También se encontró que estos coeficientes pueden ajustarse a una función empírica que se expresa como

$$Cp = \frac{ET_c}{1.53 + 0.8 \frac{ET_c}{P}} \quad (16)$$

donde Cp es el coeficiente de corrección de la lluvia precipitada a lluvia aprovechable; ET_c la evapotranspiración de cultivo; P la precipitación observada; además, se recomienda que $ET_c/P \leq 8$. Finalmente se utiliza la ecuación

$$Pe = Cp(P) \quad (17)$$

En cuanto a las aportaciones por humedad capilar, generalmente se desprecian, a menos que en la zona agrícola considerada el nivel freático sea poco profundo e incluso se tengan problemas de drenaje subsuperficial.

Por último, se hace el balance de los factores según lo indica la ecuación 12.

Después del cálculo de la ET_{real} se determinan, independientemente del método que se haya utilizado para calcular la ET_c , los demás elementos que intervienen en el cálculo de los volúmenes reales de agua a utilizar

El siguiente paso consiste en determinar las necesidades de agua reales (NA_{real}), que se obtienen a partir de la ET_{real} afectada por la eficiencia de aplicación Ea (relación entre el volumen de agua aprovechable y el volumen total suministrado a la parcela), mediante la ecuación

$$NA_{real} = \frac{ET_{real}}{Ea} \quad (18)$$

Cabe mencionar que en aquellas zonas donde el contenido de sales en el suelo o en el agua sea tal que pueda causar problemas de salinidad, es conveniente que a partir de los resultados del análisis químico se determine si es necesario aplicar agua para el lavado de sales.

B) Dosis, tiempo de riego y frecuencia

Los elementos de esta etapa del diseño agronómico mantienen una relación entre sí tal que, la variación de uno de ellos modifica a los demás.

El inicio de esta fase del diseño requiere que se tengan presentes las características propias de los sistemas de riego localizado de alta frecuencia. Esto es, la localización y el corto intervalo entre un riego y otro.

La localización implica, en principio, establecer un mínimo de volumen de suelo a humedecer, suficiente para que las raíces obtengan el agua y los nutrientes que necesitan.

El efecto de localización tiene consecuencias directas sobre los volúmenes de agua a utilizar, la evaporación directa, la transpiración y la distribución de las raíces en el suelo.

Puesto que el volumen de suelo que se humedece es reducido, las variaciones de la humedad disponible para la planta son de mayor consideración, lo que obliga a aplicar dosis pequeñas con mucha frecuencia para mantener un régimen de humedad alto y constante, y así facilitar a las raíces la absorción de agua.

El ahorro de agua es importante al mojar solo una parte de la superficie del suelo y también al evitar las pérdidas por infiltración y evaporación en la conducción.

Diversas expresiones se pueden utilizar para determinar los elementos de esta parte del diseño. Al considerar que en la primera etapa se calcularon las necesidades de agua del cultivo, y si se define un intervalo de riego, la dosis de aplicación se calcula con la fórmula

$$D = I(NAr) \quad (19)$$

donde D es la dosis, en mm; I el intervalo de riego, en días; NAr las necesidades de agua, en mm/día.

Para determinar el volumen de suelo a humedecer se utiliza el total o un porcentaje del área sombreada sobre el suelo por el cultivo al alcanzar su máximo desarrollo, y la profundidad de raíces para ese período. En la práctica es común manejar el concepto de “porcentaje de superficie mojada P ” (Keller y Karmeli, en Pizarro, 1986), que para fines de diseño se aceptan valores de 33% para árboles y de 60 a 70% para cultivos herbáceos.

El área mojada por emisor se obtiene a partir de la información de tablas que reportan los diámetros de mojado por emisor para diferentes texturas de suelo, o bien, se determina a partir de pruebas de campo. El número de emisores por planta (Nep) se calcula con la ecuación

$$Nep = \frac{P(Sp)}{100(Ae)} \quad (20)$$

donde Sp es el área ocupada por la planta, en m^2 ; P un porcentaje de Sp ; Ae el área mojada por emisor, en m^2 .

Como el área de mojado del emisor es función del gasto del mismo, el tiempo de riego se puede estimar por

$$Tr = \frac{D(Ap)}{Qe} \quad (21)$$

donde Tr es el tiempo de riego, en h; D es la dosis, en mm; Ap es el área a humedecer, en m^2 ; Qe el gasto por emisor, en l/h.

6. EVALUACIÓN FINANCIERA

El objetivo de la evaluación es el de proveer información de los montos de inversiones y costos de operación del proyecto.

6.1 Estudio para un sistema Instituto

En el estado de Coahuila, en la región conocida como Comarca Lagunera, se llevó a cabo el estudio de un sistema de riego a nivel huerto familiar en una superficie de 900m^2 para el que se presenta la evaluación financiera de un cultivo de cebolla.

El sistema modular quedó integrado de la siguiente forma: se utilizó un distribuidor alimentado por el centro, con longitud a cada lado de 21.37m y 10 salidas, espaciadas a 2.25m una de otra, esto permite tener 6 posiciones de riego, es decir, el sistema regará tres posiciones a un lado y tres posiciones al lado contrario, siendo esto factible en cultivos de hilera, la línea regante mide 10.37m de longitud, contando con 13 emisores con diámetro del orificio de 0.89mm. La unidad de control a la entrada de la sección se regula mediante una válvula de paso de pvc de 25.4mm de diámetro y un piezómetro del mismo material, lográndose con ambos accesorios el control de la carga de operación de la sección de riego.

Una vez instalado el sistema se realizaron aforos en campo, obteniéndose lo siguiente: gasto medio 3.80 l/s, uniformidad de emisión (Christiansen) 89.16%, carga de operación en el piezómetro de 76cm.

Los cultivos beneficiados fueron: cebolla de manojo y zanahoria, sembrándose 450m² de cada una de estas hortalizas.

	Cebolla de manojo	Zanahoria
Fecha de siembra	9 de diciembre	10 de diciembre
Espacio entre hileras	25cm	25cm
Espacio entre plantas	De 5 a 7cm	De 5 a 7cm
Volumen de agua aplicado en m³		
Sistema	119	193.5
Testigo	151.6	246.6
Diferencia	32.6	53.1
Producción		
Sistema	2,362 manojos	1,355 Kg.
Testigo	1,026 manojos	805 Kg.
Diferencia	1336 manojos	550 Kg.

Tabla 17 Resultados de la cosecha de cebolla y zanahoria

El costo del sistema queda comprendido de la siguiente forma:

Conducción: \$ 3,606.65

Unidad de riego: \$ 1,995.90

Inversión Total: \$ 5,602.55



Foto:Cultivo de cebolla en Viesca Coahuila



Foto: Cultivo de cebolla

Producción: 2362 Manojos c/sistema;
 1026 Manojos c/surcos

6.1.1 Valoración de las inversiones en maquinaria y equipo, así como la valoración de las inversiones de obras físicas.

Con la definición del proceso productivo en el estudio técnico, se obtienen los listados de maquinaria y equipo principal, así como de los equipos y servicios auxiliares, los cuales sirven de base para solicitar cotización a los diferentes proveedores que se encargarán de la fabricación y suministro.

COSTOS DE OPERACIÓN			
COSTOS FIJOS			
1. SUELDOS Y SALARIOS	CANTIDAD	\$/MES	TOTAL
AGRICULTOR	3	\$48	\$145
		TOTAL	\$145
2. HERRAMIENTAS Y MATERIALES PARA MANTENIMIENTO			\$200
3. ENERGIA ELECTRICA			\$0
4. AGUA			\$250
		Mes	\$595
TOTAL COSTOS FIJOS		Año	\$7,137

COSTOS VARIABLES			
1. MATERIA PRIMA	X Kg	\$/Kg	
SEMILLA	0.1	\$90	\$9.00
SULFATO DE AMONIO	58.5	\$28	\$1,638.00
SUPERFOSFATO Ca TPLE.	17.4	\$26	\$445.44
SUPERFOSFATO DE K	24.2	\$36	\$871.20
MANZATE 200	1	\$60	\$60.00
MANEB	1	\$60	\$60.00
DACONIL	0.2	\$25	\$5.00
LANNATE90	0.2	\$60	\$12.00
FOLIMAT1000	0.2	\$15	\$3.00
TAMARON600	0.1	\$9	\$0.90
PARATHION METILICO 50%	0.4	\$16	\$6.40
SEVIN 80%	0.2	\$12	\$2.40
BAYFOLAN	0.3	\$45	\$13.50
		Por Kg- producción	\$3,127.00
2. VAPOR			\$0.00
3. ENERGIA ELECTRICA			\$0.00
4. AGUA			\$0.00
TOTAL COSTOS VARIABLES POR PRODUCTO			\$3,127.00

Tabla 18 Costos

INVERSIONES											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TERRENOS	\$0										
EDIFICIOS	\$0										
MAQUINARIA Y EQUIPOS	\$5,603										
EQUIPO DE TRANSPORTE	\$0	\$0			\$0			\$0			\$0
COMPUTADORAS	\$0	\$0			\$0			\$0			\$0
TOTAL	\$5,603	\$0									
VALOR DE RESCATE											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TERRENOS											\$0
EDIFICIOS											\$0
MAQUINARIA Y EQUIPOS											\$0
EQUIPO DE TRANSPORTE					\$0			\$0			\$0
COMPUTADORAS					\$0			\$0			\$0
TOTAL	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0

DEPRECIACION											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TERRENOS	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
EDIFICIOS	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
MAQUINARIA Y EQUIPO	\$0	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560
EQUIPO DE TRANSPORTE	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
COMPUTADORAS	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
TOTAL	\$0	\$560									

Tabla 19

Fuente: Análisis financiero

No es necesaria la valoración de las inversiones en mobiliario y equipo de oficina puesto que no se cuenta con estos, pero sí, la valoración de la vida útil y valor de rescate de la maquinaria y equipo.

INGRESOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAPACIDAD DE PRODUCCION	-	2,362	2,370	2,380	2,390	2,400	2,410	2,400	2,390	2,380	2,370
RAMP UP	0	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8
VENTAS	-	2,362	2,370	2,380	2,390	2,400	2,410	2,400	2,390	2,380	2,370
PRECIO POR UNIDAD	\$7	\$7	\$7	\$7	\$7	\$7	\$7	\$7	\$7	\$7	\$7
INGRESOS TOTALES	\$0	\$16,534	\$16,590	\$16,660	\$16,730	\$16,800	\$16,870	\$16,800	\$16,730	\$16,660	\$16,590

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVERSION INICIAL		\$5,603	\$0									
	%											
CAPITAL DE RIESGO	0.55	\$3,081	\$0									
CREDITO ESTATAL	0.45	\$2,521	\$0									
		TOTAL	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
AMORTIZACION DEL CREDITO		\$2,521	\$504	\$504	\$504	\$504	\$504	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
NUMERO DE AÑOS =	5	\$2,521	\$504	\$504	\$504	\$504	\$504	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
NUMERO DE AÑOS =	5	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
GASTOS FINANCIEROS		0	504	403	303	202	101	0	0	0	0	0
INTERES =	20.00%											
INTERESES		\$0	504	403	303	202	101	0	0	0	0	0
INTERESES		\$0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

VALOR PRESENTE NETO	\$17,270
TASA INTERNA DE RETORNO	116.51%
TASA VERDADERA DE RENTABILIDAD	47.88%

El precio promedio de venta de los sistemas señalados de las tres empresas es de \$4,050.00. Comparado con los costos de producción de los sistemas del instituto, (como promedio es de \$ 2,000), podemos considerar una utilidad del 50% y vender el producto en un 35% por debajo de la competencia y seguir estando por debajo del precio de mercado de los sistemas presurizados. Con esta estrategia se pretende captar de inmediato un alto porcentaje del mercado y, a través de la campaña de publicidad y de la calidad de los productos, dominar el mercado regional a partir del tercer año.

6.2 Localización y tamaño

La localización de la utilización del sistema, obedece básicamente al crecimiento agrícola que tenga la zona y la que tendrá en los próximos 10 años.

Actualmente no existe un sistema de riego tecnificado de las características del sistema del Instituto en el mercado. Los sistemas que podrían competir con este sistema, son los de riego tecnificado presurizado en los que es preciso contar con cierta carga hidráulica para poder hacerlos funcionar o bien contar con un equipo de bomba y conducción especiales para tales efectos haciendo que se eleven los costos de infraestructura muy difícil o imposibles de amortizar en un solo proyecto.

Se ha escogido la ubicación en el municipio de Biesca Coahuila por las razones siguientes:

- El costo de los fletes y tiempos de entrega del producto disminuye considerablemente
- En el municipio se encuentra mano de obra disponible sin tener que importarla de alguna otra zona
- Coahuila cuenta con una infraestructura de servicios importante
- El costo del terreno es económico comparado con otras alternativas de terrenos en la zona

El tamaño del sistema de riego corresponde al terreno de que dispone el agricultor y que satisface las necesidades de espacio para la producción demandada.

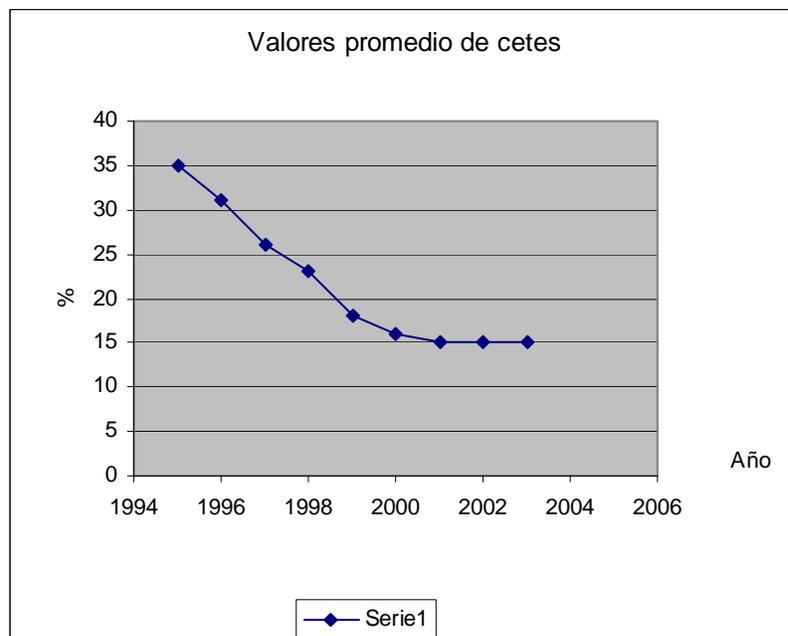


Figura 16. Valores promedio de cetes

Para el periodo de los 10 años de análisis del proyecto, el tamaño del sistema cumple con los requerimientos de producción. Después del año 10 se podrá evaluar el funcionamiento, y en caso de ser necesario reevaluar la permanencia o la renovación del sistema.

6.3. Metodología

Como se mencionó en un principio, la evaluación financiera consistirá en determinar el valor presente neto y la tasa interna de retorno de cada modelo desarrollado;

- Modelo a precios constantes sin financiamiento
- Modelo a precios constantes con financiamiento
- Modelo a precios corrientes sin financiamiento
- Modelo a precios corrientes con financiamiento

Cabe señalar que en el caso de utilizar financiamiento, se considera una aportación propia de 40% sobre la inversión inicial; el 60% restante corresponde al préstamo.

6.3.1. Determinación de las tasas para precios constantes

La tasa de descuento por lo general se calcula como la suma de una tasa libre de riesgo más una prima por riesgo, pero como esta última depende de un factor beta el cual es difícil de obtener para el caso de nuestro proyecto, se optó por calcular la tasa como sigue:

$$\text{Tasa de descuento} = \text{tasa libre de riesgo} + 12\%$$

Para nuestro caso, la tasa libre de riesgo corresponde a la tasa promedio de cetes reales en el año (la tasa de cetes está por arriba de la inflación, por lo cual el capital no pierde valor).

El riesgo se estableció en 15% debido a que se considera una fuerte inversión que dependerá de numerosos factores económicos, políticos y sociales.

$$\text{Tasa de descuento} = 18\% + 12\% = 30\%$$

En la tasa de interés de oportunidad se establece al igual que la tasa libre de riesgo; es decir, la tasa promedio de cetes reales. Esta tasa sólo tiene sentido para el cálculo de la tasa verdadera de retorno, la cual requiere la tasa de interés a la cual se reinvierten los flujos que salen del proyecto.

$$t_o = 18\%$$

Para la tasa de interés bancario, el valor de la TIIP (tasa de interés interbancaria promedio) en estos momentos es de 18.80% y se espera que durante el año próximo no tenga fluctuaciones significativas. Por ello se respetarán los valores actuales:

Cetes	18.05 %
TIIP	18.80 %

1.3.1 Determinación de las tasas para precios corrientes

En el caso de la determinación de las tasas para precios corrientes, es muy importante hacer un análisis del comportamiento de la inflación en nuestro país en los últimos años. La gráfica siguiente nos muestra la variación de la inflación y un posible pronóstico para los próximos años.

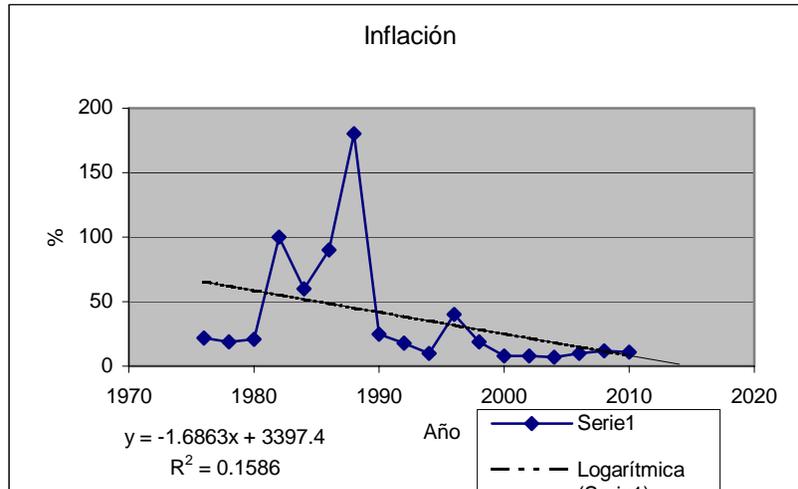


Figura 17. Inflación

Al igual que en el caso de precios constantes, la tasa de descuento se determinará por la suma de la tasa de cetes considerando la inflación y el riesgo establecido.

Se establecerá una **tasa de inflación promedio de 10%** considerando la tendencia que ha mostrado esta en los últimos años y de acuerdo con las políticas gubernamentales que al parecer se mantendrán.

$$\text{Tasa de descuento} = 18.80\% + 12\% + 10\% = 40\%$$

La tasa de interés de oportunidad, consiste en la tasa promedio de Cetes en su valor nominal más la inflación.

$$t_0 = 1.18 * 1.10 = 1.30$$

En la tasa de interés bancario, se considera la TIIP actual y promedio esperado de los próximos años más la tasa de riesgo

$$\text{Tasa bancaria} = 28.80\% + 10\% = 38.80\%$$

+ DEPRECIACION	\$0	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560
- INVERSIONES	\$5,603	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
- AMORTIZACION DEL CREDITO	\$0	\$504	\$504	\$504	\$504	\$504	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
+ VALOR DE RESCATE	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
+ CAPITAL DE TRABAJO	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
+ CREDITO BANCARIO	\$2,521	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
	\$0										
=FLUJO DE EFECTIVO NETO	(\$3,081)	\$3,492	\$3,595	\$3,708	\$3,821	\$3,934	\$4,551	\$4,504	\$4,458	\$4,412	\$4,366
=FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO	(\$3,081)	\$410	\$4,006	\$7,714	\$11,535	\$15,468	\$20,019	\$24,523	\$28,981	\$33,393	\$37,759

TASA DE DESCUENTO	12.00%
TASA DE INTERES DE OPORTUNIDAD	28.80%

VALOR PRESENTE NETO	\$17,270
TASA INTERNA DE RETORNO	116.51%
TASA VERDADERA DE RENTABILIDAD	47.88%

ESTADO DE ORIGEN Y APLICACIÓN											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. ORIGENES (2+3)	\$5,603	\$3,996	\$4,100	\$4,212	\$4,325	\$4,438	\$4,551	\$4,504	\$4,458	\$4,412	\$4,366
2. GENERACION INTERNA	\$0	\$3,996	\$4,100	\$4,212	\$4,325	\$4,438	\$4,551	\$4,504	\$4,458	\$4,412	\$4,366
UTILIDAD NETA	\$0	\$3,436	\$3,539	\$3,652	\$3,765	\$3,878	\$3,990	\$3,944	\$3,898	\$3,852	\$3,805
DEPRECIACION	\$0	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560	\$560
3. RECURSOS APORTADOS	\$5,603	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
CAPITAL SOCIAL	\$3,081	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
CREDITO BANCARIO	\$2,521	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
PROVEEDORES	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
OTROS	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
4. APLICACIONES (5+6)	\$5,603	\$504	\$504	\$504	\$504	\$504	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
5. ADQUISICIONES DE ACTIVOS	\$5,603	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
CIRCULANTES	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
FIJOS	\$5,603	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
6. REDUCCION DE PASIVOS	\$0	\$504	\$504	\$504	\$504	\$504	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
LARGO PLAZO	\$0	\$504	\$504	\$504	\$504	\$504	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
CORTO PLAZO	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
7. CAJA AL INICIO	\$0	\$0	\$3,492	\$7,087	\$10,795	\$14,616	\$18,549	\$23,100	\$27,604	\$32,063	\$36,474
8. SUPERAVIT O DEFICIT (1-4)	\$0	\$3,492	\$3,595	\$3,708	\$3,821	\$3,934	\$4,551	\$4,504	\$4,458	\$4,412	\$4,366
9. CAJA AL FINAL (7+8)	\$0	\$3,492	\$7,087	\$10,795	\$14,616	\$18,549	\$23,100	\$27,604	\$32,063	\$36,474	\$40,840

CAPITAL CONTABLE	\$3,081	\$6,517	\$10,056	\$13,708	\$17,473	\$21,351	\$25,341	\$29,285	\$33,183	\$37,035	\$40,840
CAPITAL SOCIAL	\$3,081	\$3,081	\$3,081	\$3,081	\$3,081	\$3,081	\$3,081	\$3,081	\$3,081	\$3,081	\$3,081
RESULTADOS EJERCICIOS ANTERIORES	\$0	\$0	\$3,436	\$6,975	\$10,627	\$14,392	\$18,269	\$22,260	\$26,204	\$30,102	\$33,953
RESULTADOS DEL EJERCICIO	\$0	\$3,436	\$3,539	\$3,652	\$3,765	\$3,878	\$3,990	\$3,944	\$3,898	\$3,852	\$3,805
PASIVO Y CAPITAL	\$5,603	\$8,534	\$11,569	\$14,717	\$17,977	\$21,351	\$25,341	\$29,285	\$33,183	\$37,035	\$40,840

**ACTIVO - PASIVO +
CAPITAL = 0**

\$0 \$0 \$0 \$0 \$0 \$0 \$0 \$0 \$0 \$0 \$0 \$0

Tabla 20 Inversiones.

En lugares donde se instalaron los sistemas de riego de Oaxaca, Yucatán y el Estado de México, no se realizó análisis financiero, pero se presentan algunas fotos y resultados.

Otros fueron los siguientes:



Foto: Cultivo de jitomate Suchixtlahuaca, Oaxaca



Foto: Sistema de riego del Instituto de Ingeniería en Santiago Tilantongo, Oaxaca



Foto: Sistema móvil para el cultivo de tomate de cáscara en Kacalchén, Yucatán



Foto: Sistema de riego en huerto de limones Tejupilco, Edo. de México



Foto: Cultivo de microclavel en invernadero Tololmajac, Edo. de México

6.5 Análisis de los módulos de la mixteca oaxaqueña.

Ante la problemática de la sequía en el agro de la Mixteca, el Gobierno ha realizado fuertes inversiones para que tierras de temporal sean incorporadas al riego, en la actualidad en esta región, existen 15,000ha de riego de las que dependen directamente 11,000 familias. Sin embargo, el auge que se esperaba con el riego no ha sido tal, debido principalmente a los altos costos de extracción del agua, y que es aplicada a cultivos poco rentables como maíz y trigo.

Por otro lado, existen pequeñas áreas de riego que aprovechan los escurrimientos de las montañas, pequeños arroyos, ríos, manantiales, etc. en donde estos pequeños productores con grandes esfuerzos han podido aprovechar rústicamente estos escurrimientos.

Por esto se plantea una alternativa viable para conservar el recurso agua, utilizándola de una manera óptima y empleando una infraestructura al alcance de pequeños productores. Para tal fin se establecieron tres módulos de sistemas de riego de baja presión en las poblaciones de Yanhuitlan, Suchixtlauaca y Tilantongo en la Mixteca alta.

Se evaluarán la viabilidad económica de los sistemas de ferti-irrigación comparándolos con la tecnología regional.

En la Mixteca se cultivan aproximadamente 487ha de alfalfa (INEGI 1999) siendo ésta un forraje de gran importancia por su utilización para la alimentación del ganado y su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo, contribuyendo al mejoramiento del mismo.

El cultivo de hortalizas en la región es de 600ha, predominando la calabacita, jitomate, tomate, ejote y Chile, la problemática a la que se enfrentan estos cultivos es principalmente el desconocimiento del manejo del agua, nutrición, y control de plagas, siendo la principal la mosquita blanca.

Con el establecimiento de los sistemas de riego de UNAM y NETAFIN se busca la distribución eficiente del agua y al mismo tiempo la nutrición de los cultivos, ya que el fertilizante se puede adicionar al agua de riego, teniendo así un ahorro en el consumo de agua y fertilizantes.

6.5.1 Información general de los proyectos.

Sitio No. 1

Ubicación: Parcela escolar del mun. de Santiago Tilantongo, Nochixtlán, Oaxaca.
Representante: C. Fidel Cruz Pablo, regidor de Ecología Municipal.

Sitio No. 2

Ubicación: Santo Domingo Yanhuitlán, Nochixtlán, Oaxaca.
Representante: C. Eleuterio Hernández Miguel

Sitio No. 3

Ubicación: San Cristobal Suchixtlahuaca, Coixtlahuaca, Oaxaca.
Representante: C. Rosalino Garcia Rivera, Presidente Municipal.

Proyecto	Tem. °C	Prec. mm/año	Clima	Altitud m.s.n.m.	Latitud Norte	Longitud Oeste
Santiago Tilantongo	15.0	850.0	BS1h	2,220.0	17° 17'	97° 20'
Yanhuitlan	15.2	590.1	ACw	2,140.0	17° 31'	97° 20'
Suchixtlahuaca	16.4	663.7	BS1k	2,080.0	17° 43'	97° 22'

Tabla 21. Información de Santiago Tilantongo, Yanhuitlan y Suchixtlahuaca

BS1h: semiseco semicálido

ACw: semicálido subhúmedo con lluvias en verano

BS1k: semiseco templado

Tenencia: El proyecto de Santiago Tilantongo es de tipo comunal y en los casos de Yanhuitlán y San Cristobal Suchixtlahuaca son pequeña propiedad.

6.5.2 Cultivos establecidos.

En los tres sitios seleccionados, se instaló un módulo de baja carga, con una cobertura de 1,000m² como testigo, se instalaron dos módulos de NETAFIM con una cobertura de 500m² cada uno y otro del riego que tradicionalmente tenía en cada sitio, con una cobertura también de 1,000m² siendo este para el caso de Tilantongo y Suchixtlahuaca riego rodado y en Yanhuitlán aspersión.

Proyecto	Tipo de cultivo	Fuente de abastecimiento
Santiago Tilantongo	Calabacita y chícharo	Río
Yanhuitlán	Alfalfa	Manantial
Suchixtlahuaca	Jitomate	Olla de agua

Tabla 22. Cultivos establecidos

Todos los sistemas de riego se alimentan de dos tinacos de 1,100 l c/u en donde se capta el agua provistos a la descarga de un filtro, así mismo para la conducción cuentan con tubería de PVC de acuerdo a las características hidráulicas de cada sistema.

El sistema de baja carga está compuesto por un lateral central que alimenta a 24 líneas regantes de polietileno de alto intemperismo, en las líneas regantes, de acuerdo a las recomendaciones del personal del Instituto, se le hicieron perforaciones a cada 70 cm. El gasto y la carga se regulan con una cubeta de 20 l. instalada al centro de terreno la cual se calibra para obtener uniformidad en todos los goteros.

Sistema Netafin. Cada módulo consta de tubería principal de PVC de 2", las líneas regantes son manguera de goteo de 6mm. "Micro Drip" gotero "Typhoon" de 0.65 l/hr cada 0.30m de larga duración.

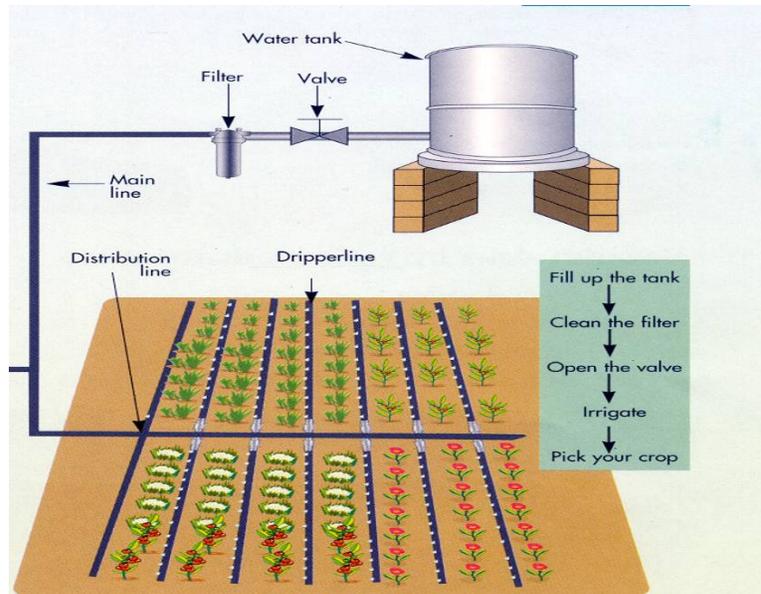


Figura 18. Fuente: NETAFIN

Yanhuitlán.- Se estableció alfalfa en el paraje denominado el Jazmín, ya que estos productores se dedican a la cría de borregos y les es muy costoso el forraje en la región.

En la preparación del terreno se realizó un barbecho, posteriormente un rastreo y por último un surcado con una separación entre surcos de 0.30m.

Fertilización. Previo al rastreo se aplicó la dosis de fertilización 31-80-00 utilizando como fuente el fosfato diamónico (18-46-00). Al mismo tiempo se aplicó el insecticida Carbofurán a una dosis de 20Kg/ha

La Siembra se realizó el 13 de marzo, se utilizaron dos variedades de alfalfa, Oaxaqueña y Maya, con una densidad de 30Kg de semilla por ha, en los sistemas Netafim, Instituto y Rodado.

Tabla 23. Características de los sistemas empleados

	Netafim	Instituto	Rodado
Área	952m ²	920m ²	639m ²
Gasto por gotero	455ml	418ml	
Presión necesaria	1 m	1 m	
Agua aplicada hasta 1^{er} corte 15 de mayo.	71.63mm	58.58mm	
Precipitación durante el periodo.	400.2	400.2	400.2
Distancia entre líneas	1.25m	3.7m	
Distancia entre goteros	0.30m	0.70m	

Se han realizado dos cortes a la fecha y no se han detectado diferencias entre variedades, lo que se ha observado es que la alfalfa oaxaqueña es más tolerante a la roya del follaje, posteriormente se efectuarán evaluaciones de rendimiento, hasta el momento no se ha visto diferencia entre los sistemas de riego.

Suchixtlahuaca.- Se estableció jitomate, las actividades que se efectuaron son las siguientes.

Para la preparación del terreno, se realizó un barbecho a una profundidad de 20cm, posteriormente se pasó la rastra con la finalidad de desmoronar los terrones existentes, marcado de camas a 1.60m entre el centro de cada cama.

Trasplante. Los híbridos utilizados fueron Yaqui y estela, como fertilización de fondo se aplicó la fórmula 78-200-00. El trasplante se realizó el 18 de abril, las plantas se colocaron sobre la cama a una distancia de 45cm entre ellas y a doble hilera.

Manejo del cultivo. Cuando el cultivo tenía 30 días después del trasplante se colocaron estacas y alambre para guiar a las plantas y evitar el contacto con el suelo, durante el ciclo de cultivo se presentaron plagas como pulgones, diabrotica, gusano del fruto, pulga saltona y mosquita blanca. En lo que se refiere a enfermedades se presentaron pudrición de raíz y tallo, rizothonnia, phythium, alternaria solani.

Cada sistema esta compuesto por 3 camas con un área de 950m² por sistema.

Tabla 24. Productos que se aplicaron.

Producto	Cantidad aplicada
Insecticidas.	
Monitor 600	4 L
Furadan	160gr
Tecto	500gr
Fungicidas	
Mix Cu	1 kg
Bala	0.5kg
Ridomil	850gr
Arrivo	1L
Bravo 700	1kg
Ridomil gold	300gr
Foliares	
Nitrofoska	2.5kg
Fertiquel combi	550gr
Nutriplant	2kg
Biocrop	0.5 L
Acidificantes	
Dap-plus	2 L
Penetrador	300ml
Induce	1 L
Poly Ram	0.5 L

Tabla 25. Fertilizantes aplicados por sistema.

Fertilizante	Instituto	Netafin	Rodado
Nitrato de potasio	47 kg	47 kg	41 kg
Sulfato de potasio	23 kg	23 kg	22 kg
Nitrato de amonio	8 kg	8 kg	8 kg

Tabla 26. Numero de jornales por sistema

Instituto	Netafin	Rodado
94 jornales	89 jornales	94 jornales

Se instalaron micro-aspersores por taponamientos en los orificios, debido a que en la región el agua contiene una gran cantidad de sales y sedimentos pequeños.

En el módulo de NETAFIN, se observó que es muy práctico y siempre mantiene una humedad uniforme, el inconveniente es el gasto de energía.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios pues se obtuvo en todo el ciclo 8 cortes agrícolas que dio como resultado una producción de 7,200kg, de tomate en los 3,000m² los cuales se vendieron en los mercados de la localidad con un precio que fluctuó entre 5 y 9 pesos el kilo.

Para Tilantongo, se sembraron dos variedades de calabacita y chícharo, el período del cultivo fue del 8 de mayo al 2 de septiembre, se utilizaron 6Kg de semilla de chícharo y 2Kg de calabacita, se aplicó fertilizante a través del agua de riego 18-46-00, 14-0-40, nitrato de potasio, sulfato de amonio.

Se sembraron dos variedades de calabacita de las cuales dio mejor resultado la alargada (cuarentena) y la redonda (criolla) no resultó favorable, así como chícharo. Se fumigó una vez para combatir el pulgón, sobre todo en el chícharo.

Se ahorro agua con el riego por goteo en ambos módulos de riego ya que se aplicaron 6 riegos utilizando 4 tinacos o sea 26,400 l, de agua entre los dos sistemas de goteo y en el sistema rodado se dieron 2 riegos durante una hora cada uno, o sea, 14000 l, lo que quiere decir que en los sistemas de goteo se utilizaron 13.2 l/m² y en el rodado 28 l/m².

Otra característica de estos módulos es que las plantas eran más vigorosas que en el rodado ya que la tierra se apretó y las plantas en el rodado se pusieron amarillas.

El rendimiento en la calabacita fue de 595kg y en el chícharo 135kg los cuales se repartieron para autoconsumo. Esto ha motivado a los productores involucrados a tecnificar el riego.

El módulo del instituto de ingeniería representa una excelente alternativa para los pequeños productores, ya que los impactos de producción con respecto a los del sistema de NETAFIM fueron similares pero a **menor costo** lo que representa una mayor utilidad para los productores.

Tomando en cuenta que para los productores fue una tecnología nueva, al inicio hubo un proceso de adaptación y aprendizaje, sin embargo, Los productores participantes comprendieron la importancia de hacer un uso eficiente del agua que acompañada con paquetes tecnológicos adecuados se transforma en un incremento en la producción y por consiguiente en sus ingresos.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones Técnicas

El empleo de las gráficas para el diseño hidráulico de sistemas de riego por goteo de baja carga sobre terreno plano es simple, por lo que son una herramienta útil para los técnicos en riego y pequeños propietarios, quienes de acuerdo con las extensiones de tierra y recursos económicos disponibles podrán realizar los diseños. Además, en general, los distribuidores de materiales para riego por goteo acuden al departamento técnico de los fabricantes para diseñar sistemas semejantes a los descritos; sin embargo, dichos distribuidores no disponen de una herramienta práctica como las gráficas aquí presentadas, por lo que también podrían emplearlas.

Las gráficas permiten diseñar sistemas fijos o móviles. En estos últimos, la separación entre laterales depende del número de líneas de plantas que deseen regarse por lateral.

Si se diseñan sistemas móviles los costos se reducen, lo cual es muy atractivo para los agricultores de escasos recursos económicos, pero debe evaluarse que se ocupa mayor tiempo total de riego.

Se encontró que los gastos totales para regar áreas del orden de 1000 m² con riegos cada dos días, resultan ser menores de 2 l/s si el sistema es fijo. En cambio, en los sistemas móviles, conforme cada lateral riegue mayor número de líneas de plantas, el gasto de alimentación se reduce, llegando a ser menor de 1 l/s, pero se requiere que el riego sea diario. Este resultado, no obstante que el tiempo de riego pueda aumentar, favorece el empleo de los sistemas móviles en zonas con poca disponibilidad de agua.

La principal aportación al diseño de los sistemas riego por goteo de baja carga es la incorporación de la doble manguera distribuidora (diseño en U).

7.2 Experiencias y resultados

En las tablas 27 a 31 se muestran en forma resumida las características físicas y agronómicas, los tipos de sistemas instalados en sus diferentes modalidades y las comunidades donde se implantaron tanto las parcelas piloto como las demostrativas.

Tabla 27.
Características de las parcelas piloto

Poblado	Características de las Parcelas
Alto de Palomillo, Coahuila	Terreno con ligera pendiente Textura franca Abastecimiento desde una pila con agua de manantial
Viesca, Coahuila	Terreno plano Textura franco-arenosa Abastecimiento desde un tanque elevado
Santiago Tilantongo, Oaxaca	Terreno plano Textura arcillosa Abastecimiento desde un tanque elevado con agua de un arroyo
Sn Cristobal Suchixtlahuaca, Oax	Terreno semiplano Textura arcillosa Abastecimiento desde un tanque elevado
Ri3 Grande Yanhuatl3n, Oaxaca	Terreno plano Textura arcillosa Abastecimiento desde un manantial y conducci3n con manguera flexible de 2"
San Isidro, Yucat3n	Terreno plano, pedregoso y suelo poco profundo Texturas franco-arenosas y franco-arcillosas Abastecimiento desde un pozo, bombeo y tanque de almacenamiento
Tejupilco, M3xico	Terreno semiplano y suelo profundo Textura franca Abastecimiento desde un pozo, bombeo y tanque de almacenamiento
Villa Guerrero, M3xico	Terreno plano y suelo profundo Textura franca y franco-arcillosa Abastecimiento desde un pozo, bombeo y tanque de almacenamiento

Tabla 28.
Sistemas instalados en las parcelas piloto

Gerencia	Comunidad	Cultivo	Separación / emisores (cm)	Movilidad y Sistema	Área de Riego (m²)
Coahuila	Alto de Palomillo	Zanahoria y cebolla	75	Móvil II con difusores y RPBC	1000
	Viesca	Ajo	75	IDEM	1000
Oaxaca	Santiago Tilantongo	Chícharo y calabacita	75	Móvil II con mangueras perforadas y Netafim	1000
	Suchixtlahuaca	Jitomate	75	IDEM	1000
	Yanhuitlán	Alfalfa	75	IDEM	1000
Yucatán	San Isidro Cacalchén	Tomate de cáscara	75	Móvil con difusores y RPBC con diseño local	1000
Edo. de México	Tejupilco	Limonos	75	Fijo II con mangueras perforadas y fijo II con tubines	1000
	Totolmajac	Flores	75	IDEM	1000

Tabla 29. Características de las parcelas demostrativas

Localidad	Características físicas y agronómicas
Totoltepec, Puebla	Terreno plano con pendiente promedio de 0.9 %, textura arenosa. El abastecimiento de agua es de una presa que se encuentra aproximadamente a 400 m de la parcela.
San José Álamo Yeloixtlahuaca, Puebla	Terreno plano con pendiente menor a 2.5 % con textura areno-limosa. El abastecimiento de agua es de una presa.
San Juan Ixcaquixtla, Puebla	Terreno plano con pendiente menor a 2 %, textura areno-limosa. El abastecimiento es de un pozo noria de donde se bombea el agua y se almacena en un tanque de aproximadamente 25 m ³ .
Laguna seca, Villa Victoria, Edo. de México	Terrenos planos con pendientes menores a 2 %. La textura es franco-limosa. El abastecimiento de agua es por bordos que almacenan escurrimientos superficiales, y tramos de cortos de tubería para la conducción.
Tianguistongo, Hueyopxtla, Edo. de México	Terrenos planos con pendiente menor a 1%. La textura es franco-arcillo-arenosa. El abastecimiento es un pozo profundo.
Emiliano Zapata, Tlaxcala	Terreno plano con pendiente menor a 2 %. Textura franco-arenosa. El abastecimiento es un manantial ubicado a menos de 200 metros.
Yauhquemecan, Atlihuetzia, Tlaxcala	Terrenos sobre la ladera de la barranca, en pequeñas terrazas y pendientes menores a 1 %. La textura del suelo es Franco –arcillosa. La fuente de abastecimiento es un manantial localizado a menos de 50 metros.
San Lucas C., Tlaxcala	Terreno plano, pendiente menores a 1 %. Textura arcillo-limosa. La fuente de abastecimiento es un pozo profundo.
Yautepec, Morelos	Terrenos planos con pendiente menor al 2 %. Textura arcillosa, suelos fértiles. Abastecimiento de un bordo de almacenamiento y línea de conducción ya instalada.
Temoac, Morelos	Terreno plano con pendiente próxima al 2 %. Textura arcillosa, suelos fértiles. Abastecimiento de un pozo profundo, bombeo y tanque de almacenamiento tipo australiano.

Tabla 30. Sistemas instalados en las parcelas demostrativas

Gerencia	Comunidad	Cultivo	Separación entre emisores (cm)	Movilidad	Sistema	Área de riego (m ²)
Puebla	Totaltepec	Frutales	Variable	Fijo	O-tif	1100
		Frutales	Variable	Fijo	Rex Com.	2500
		Frutales	Variable	Fijo	O-tif	2500
		Frutales	Variable	Fijo	Rex Com.	2500
		Hortalizas	45	Móvil (4 posic. c/lat)	Hydrogol	2500
		Frutales	Variable	Fijo	O-tif	2500
	San José Álamo	Frutales	Variable	Fijo	O-tif	2500
		Frutales	Variable	Fijo	Rex Com.	2500
		Hortalizas	45	Semi-fijo (2 posic. c/lat)	Hydrogol	1400
		Hortalizas	45	Semi-fijo	Hydrogol	1400
	San Juan Ixcaquixtla	Hortalizas	45	Fijo	Rex Com.	2500
		Hortalizas	45	Móvil	Hydrogol	2500
Hortalizas		45	Móvil	Hydrogol	2500	
Tlaxcala	Emiliano Z.	Brócoli	45	Fijo	Rex Com.	2000
	Atlihuetzia	Cebolla	30	Móvil	O-tif	945
		Cebolla	30	Semi-fijo	Hydrogol	431
		Cebolla	30	Móvil	Hydrogol	1375
		Cebolla	30	Semi-fijo	Hydrogol	660
	San. Lucas C.	Tomate cásc.	45	Semi-fijo	Hydrogol	1400
		Tomate cásc.	45	Móvil	Hydrogol	2500
		Tomate cásc.	45	Fijo	Netafim	1000
Morelos	Yautepec	Maracuyá	80	Fijo	O-tif	5000
	Temoac	Pasto Taiwan	45	Fijo	Hydrogol	2500
Estado de México	Villa Victoria	Tomate c. – Chícharo	45	Móvil	Hydrogol	2500
		Tomate c.- Chícharo	45	Móvil	O-tif	1000
		Tomate c.- Chícharo	45	Móvil	O-tif	1000

Todos los sistemas fueron diseñados por el Instituto de Ingeniería, excepto Rex Comercial y Netafin Familiar. En los sistemas semi-fijos cada lateral riega a dos líneas de surcos (dos posiciones), y los sistemas móviles a cuatro (cuatro posiciones).

Centro demostrativo.-Las características principales de los sistemas instalados en el centro demostrativo, se muestran en la tabla 31.

Tabla 31. Centro Demostrativo en Riego Hueyoptla, estado de México

Municipio	Comunidad	Productor	Cultivo	Movilidad	Sistema	Área (m ²)	Costo (\$).
Hueyoptla	Tianguistongo	Centro Demostrativo	Rábano y Cilantro	Semi-fijo (2 posic. c/lat)	Hydrogol	2500	7600
		En riego	Lechuga	Fijo	Hydrogol	565	3000
			Lechuga	Fijo	Netafim	1000	9000
			Rábano y Cilantro	Móvil (4 posic. c/lat)	O-tif	2500	7800

En cuanto a los requerimientos constructivos, fue necesario instalar una toma en la tubería de alimentación del agua potable que pasa por el predio, después llevar el agua mediante una tubería de PVC de 2" a un tanque general el cual, a su vez, alimentó a un cabezal que abastece a todos los sistemas.

Cabe hacer notar que las mangueras de goteo del sistema de NETAFIN no se conectaron a la tubería distribuidora de 2.5" de PVC, sino a una doble manguera distribuidora de polietileno de 20mm de diámetro externo, al igual que los sistemas del Instituto de Ingeniería. Esta modificación permitió abaratar el costo del sistema. Aunque la doble manguera distribuidora no iguala al área de la tubería de 2.5", la mejor repartición de la carga hidráulica del cabezal en la doble manguera distribuidora permitió que se riegue la misma área (1000m²) sin pérdida importante de la uniformidad. En cuanto al sistema fijo de Rex con manguera hydrogol, fue diseñado por el Instituto de Ingeniería y tampoco se conectó a una tubería distribuidora de PVC.

7.3 Conclusiones Financieras

La producción de cebolla fue de 2362 manojos con sistema del instituto y 1026 manojos con riego por surcos. Los beneficios obtenidos fueron: \$ 3543.00 con sistema del instituto y \$ 1539.00 con riego por surcos. Con una diferencia de: \$ 2004.00 (costo del sistema).

La producción de zanahoria fue de: 1355Kg con sistema del instituto y 805Kg con riego por surcos. Los beneficios obtenidos fueron: \$3726.25 con sistema del instituto y \$2213.75 con riego por surcos. Con una diferencia de: \$1512.50

La siguiente tabla muestra el desempeño de los sistemas instalados en la primera etapa, para diferentes áreas de riego y el costo de los mismos

Tabla 32 Desempeño de los sistemas

Sistema	Desempeño	Área de riego (m ²)	Costo Aproximado (\$)
Móvil con difusores del Instituto. Cada lateral de 17 mm (diámetro externo) riega a tres líneas de plantas. Separación entre emisores a cada 75 cm	Muy aceptable. Se obtuvieron buenas producciones y el sistema es muy redituable	1000	2070
Móvil del Instituto con tubines de 3 mm sobre el suelo. Cada tubín riega a dos plantas. Separación entre tubines a cada 75 cm	Poco aceptable por falta de mano de obra en la región. La operación del único instalado en el Edo. de México fue mínima	1000	3020
Móvil del Instituto con mangueras perforadas de 17 mm de diámetro. Cada lateral riega a tres líneas de plantas. Separación entre emisores a cada 75 cm	Poco aceptable por falta de control en el chorro al no usar abrazadera. A tres instalados en Oaxaca se les adaptaron difusores y goteros posteriormente, con buenos resultados, pero mayor costo (\$2070)	1000	1350
Fijo del Instituto con mangueras perforadas de 17 mm de diámetro. Separación entre emisores variable, mayor de 1 m	Muy aceptable. Conveniente para el riego de huertos frutales. El funcionamiento puede mejorarse con la abrazadera recomendada por el IDE para que el chorro no salga directo	1000	1350
Riego presurizado de baja carga (RPBC). Fijo con laterales de 17 mm y tubines de 3 mm. Separación entre tubines, 75 cm	Poco aceptable por la dificultad en la nivelación de los tubines elevados. Se recomendó el funcionamiento con los tubines sobre el suelo	1000	3500
NETAFIM. Fijo con gotero integrado a cada 30 cm. Laterales de 6 mm (diámetro interno) y manguera distribuidora de 2.5" de PVC	Aceptable. Se humedece el suelo en cada línea de plantas. Introduce aire a los laterales si la conexión al tubo de PVC no es adecuada al formar un cuello de ganso. Se pierde tiempo y se desperdicia agua en la purga de los laterales. Se tapan los goteros al regar con días soleados; es recomendable regar de noche.	500	4050 (incluye tinaco)

Del análisis financiero se obtienen los siguientes resultados:

El VPN = \$17,270

La TIR = 116.51%

La TVR = 47.88%

Tasa de descuento 12%

Tasa de Interés de Oportunidad = 28.80%

Obteniendo una utilidad después de impuestos de \$3,436 por haber sembrado una vez en el año, pero el sistema les permite perfectamente sembrar dos veces al año y si se emplea el mejoramiento hidráulico de la manguera en “U” puede sembrarse mayor área, lo que duplicaría la ganancia.

7.4 Aceptación por los productores

En la Mixteca Oaxaqueña se establecieron tres módulos de sistemas de riego de baja presión en las poblaciones de Yanhuitlan, Suchixtlauaca y Tilantongo en la Mixteca alta.

En esta región se cultivan aproximadamente 487ha de alfalfa (INEGI 1999) siendo ésta un forraje de gran importancia por su utilización para la alimentación del ganado y su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo, contribuyendo al mejoramiento del mismo.

El cultivo de hortalizas en la región es de 600ha., predominando la calabacita, jitomate, tomate, ejote y chile, la problemática a la que se enfrentan estos cultivos es principalmente el desconocimiento del manejo del agua, nutrición, y control de plagas, siendo la principal la mosquita blanca.

Tabla 33 Información general de los Proyectos.

Proyecto	Tem. °C	Precip. mm/año	Clima	Altitud m.s.n.m.	Latitud Norte	Longitud Oeste
Santiago Tilantongo	15.0	850.0	BS1h	2,220.0	17° 17'	97° 20'
Yanhuitlan	15.2	590.1	ACw	2,140.0	17° 31'	97° 20'
Suchixtlahuaca	16.4	663.7	BS1k	2,080.0	17° 43'	97° 22'

BS1h: semiseco semicálido

ACw: semicálido subhúmedo con lluvias en verano

BS1k: semiseco templado

El proyecto de Santiago Tilantongo es de tipo comunal y en los casos de Yanhuitlán y San Cristóbal Suchixtlahuaca son pequeña propiedad.

Tabla 34 Cultivos establecidos.

Proyecto	Tipo de cultivo	Fuente de abastecimiento
Santiago Tilantongo	Calabacita y chícharo	Río
Yanhuitlán	Alfalfa	Manantial
Suchixtlahuaca	Jitomate	Olla de agua

En los tres sitios seleccionados, se instaló un módulo de los propuestos por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, con una cobertura de 1,000m² como testigo, se instalaron dos módulos de NETAFIM con una cobertura de 500m² cada uno y otro del riego que tradicionalmente tenía en cada sitio, con una cobertura también de 1,000m² siendo este para el caso de Tilantongo y Suchixtlahuaca riego rodado y en Yanhuitlán aspersión.

Todos los sistemas de riego se alimentan de dos tinacos de 1,100 l c/u en donde se capta el agua provistos a la descarga de un filtro, así mismo para la conducción cuentan con tubería de PVC de acuerdo a las características hidráulicas de cada sistema.

En Yanhuitlán se estableció alfalfa en el paraje denominado el Jazmín, ya que estos productores se dedican a la cría de borregos y les es muy costoso el forraje en la región.

La siembra se realizó el 13 de marzo del 2000, se utilizaron dos variedades de alfalfa, Oaxaqueña y Maya, con una densidad de 30Kg de semilla por ha en los sistemas Netafin, Instituto y Rodado.

Tabla 35. Características de los sistemas empleados

	Netafin	Instituto	Rodado
Área	952m ²	920m ²	639m ²
Gasto por gotero	455ml	418ml	
Presión necesaria	1 m	1 m	
Agua aplicada hasta 1^{er} corte 15 de mayo.	71.63mm	58.58mm	
Precipitación durante el periodo.	400.2	400.2	400.2
Distancia entre líneas	1.25m	3.7m	
Distancia entre goteros	0.30m	0.70m	

En Suchixtlahuaca se estableció jitomate, las actividades que se efectuaron son las siguientes.

La preparación del terreno. Se realizó un barbecho a una profundidad de 20cm, posteriormente se paso la rastra con la finalidad de desmoronar los terrones existentes, marcado de camas a 1.60m entre el centro de cada cama.

Cada sistema está compuesto por 3 camas con un área de 950m² por sistema. El número de jornales por ciclo de cultivo, que requiere cada uno de los sistemas para su operación son: 94 jornales (Instituto), 89 jornales (Netafin) y 94 jornales para riego rodado.

En Tilantongo se sembraron dos variedades de calabacita y chícharo, el período del cultivo fue del 8 de mayo al 2 de septiembre de 2000, se utilizaron 6Kg. de semilla de chícharo y 2 Lbs. de Calabacita, se aplicó fertilizante a través del agua de riego 18-46-00, 14-0-40, nitrato de potasio, sulfato de amonio.

7.5 Conclusiones Globales

El beneficio por la venta del producto cosechado o por el consumo propio que pueden recibir los pequeños agricultores en zonas áridas de escaso crecimiento económico, al emplear sistemas móviles de riego tecnificado en pequeñas parcelas es muy importante para ellos, por lo que el funcionamiento hidráulico debe ser satisfactorio. Asimismo, con el fin de que recupere lo más pronto su inversión, en la instalación es conveniente el uso de los materiales y accesorios más económicos y, por último, debe atender las recomendaciones de los extensionistas agrícolas para obtener una buena producción.

El ahorro de agua que se produce con este tipo de riego, en comparación con la forma convencional por inundación o surcos, es del orden o superior al 50%, por lo que el agua ahorrada puede emplearse en otras actividades, o bien, en el aprovechamiento de una mayor extensión de tierra para el cultivo.

Una diferencia notable con respecto al diseño original es que ahora la separación entre emisores es variable y no fija. Este aspecto hace al sistema más adaptable a cualquier tipo de cultivo. Sin embargo, la movilidad sigue siendo semejante porque esta característica es lo que lo hace más económico, de tal manera que, en comparación con el sistema fijo de NETAFIM los costos son del orden del 35%.

Es conveniente insistir que debe realizarse la limpieza de los filtros antes de cada riego, pues de no llevar a cabo esta operación los goteros pueden taparse, sobre todo el gotero Hydrogol integrado a la manguera.

Otras conclusiones relevantes se indican a continuación.

1. Es necesario constituir y fortalecer la Red Global de apoyo en Riego para Pequeños Productores.
2. Se deberá brindar asistencia técnica en riego, empezando por las parcelas demostrativas.
3. Es conveniente incorporar a los industriales y empresas de riego, para fomentar la fabricación de sistemas de riego de bajo costo.
4. Desarrollar un Programa de Capacitación y Adiestramiento, a partir de la capacidad de los técnicos de FIRCO, hasta llegar a la capacitación de los agricultores usuarios del riego.
5. Es recomendable promover el riego de pequeñas parcelas entre las autoridades del Gobierno Estatal, para propiciar la asignación de estímulos a la replicabilidad de los sistemas de riego.

BIBLIOGRAFÍA

- Bagarello, V., V. Ferro, G. Provenzano y D. Pumo (1995). Experimental Study on Flow-Resistance Law for Small-Diameter Plastic Pipes. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 121, No. 5.
- Bagarello, V., V. Ferro, G. Provenzano y D. Pumo (1997). Evaluating Pressure Losses in Drip-Irrigation Lines. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 123, No. 1.
- Comisión Nacional del Agua (2000). Subdirección General de Operación Gerencia de Distritos y Unidades de Riego. Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. Año Agrícola 1998-1999, Informe Estadístico 2, México D.F.
- Del Amor, F., León, A., Torrecillas, A. 1985. Principios del Riego Localizado. Componentes, ventajas e inconvenientes. *Rev. Agrishell*, núm. 25.
- Deloye, M, Rebour, h 1967. *El Riego*. ed.mundi prensa. Leon, A., Del amor, F., Torrecillas, A. 1986. *El Riego en la Región de Murcia*. Apuntes para una historia reciente.
- Echávez, G. (1998). Comportamiento del Riego Presurizado de Baja Carga en Condiciones de Campo y Pequeño Invernadero. Universidad Autónoma de la Laguna. Informe Final, Convenio FIRCO-UAL.
- García, V. N., C. Patiño y J. N. Barrios. Tanque de descarga de fondo para huertos familiares. Manual Práctico. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- IDE. Report on Feasibility of IDE's Affordable Micro Irrigation Systems in SDC's Watershed Project Areas. Submitted by IDE to Swiss Agency for Development and Cooperation. International Development Enterprises, New Delhi.
- Martínez-Austria, P. y A. Aldama (1998). Fluid Device for Surge Flow Irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 124, No. 5.
- Mateos José M^a. El riego por aspersión en fruticultura. M^o Agricultura. Pedro Gómez. Riegos a presión, aspersión y goteo. Aedos. De Loye, M., Rebour,H. 1967. *El Riego*. Ed. Mundi Prensa. Riego Por Aspersión. Colec: Ingeniería de suelos. Diana.
- Medina San Juan, J.A. 1979. Riego por Goteo, Teoría y Práctica. Ediciones Mundi&SHY;Prensa. Madrid&SHY;1.
- Moreno, F., Vachaud, G, Martin, J 1983 Caracterización hidrodinámica de un suelo de olivar. Fundamento teórico y métodos experimentales. *Anal. Edaf. Agrob.*, 42, 695&SHY;723.

- Ortiz, L. A. (1997). Enfoque Experimental para la Implantación de un Sistema de Riego Presurizado de Baja Presión. Tesis de maestría, División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Polak, P., B. Nanes y D. Adhikari (1997). A Low Cost Drip Irrigation System for Small Farmers in Developing Countries. Journal of the American Water Resources Association, Vo. 33, No. 1.
- Purcell Dennis L. & Anderson Jock R. Agricultural Extension and Research; Achievements and Problems in National Systems OED, A World Bank Operations Evaluation Study
- Rodrigo, J., J. M. Hernández, A. Pérez y J. F. González (1992). Riego Localizado. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos, España (pp 20-41).
- Vázquez, E., L. Vélez, R. de la Cruz y P. Tellez (2000). Diseño alternativo para riego tecnificado en pequeñas parcelas. Memoria del 5º Simposium Internacional de Fertilización. Mérida, Yucatán.