

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**“FERTI-IRRIGACIÓN, SU DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN EN ALGUNOS  
CULTIVOS”**

**POR**

**WILFREDO SARABIA FLORES**

**MONOGRAFIA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

MONOGRAFIA QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN EL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN



M.C. ABEL ROMAN LOPEZ  
ASESOR PRINCIPAL



M.C. ALEJANDRO MORENO RESENDEZ  
COASESOR

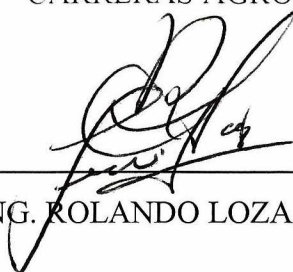


M.C FEDRICO VEGA SOTELO  
COASESOR

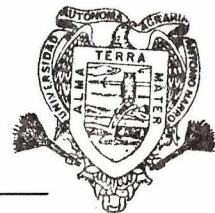


M.C. MARIO ALBERTO MARTINEZ DELGADO  
COASESOR

COORDINADOR DE LA DIVISI3N DE  
CARRERAS AGRON3MICAS



ING. ROLANDO LOZA RODRIGUEZ  
COORDINACION DE LA DIVISION  
DE CARRERAS AGRONOMICAS  
TAAAN III



MONOGRAFIA QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN EL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

## INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

### APROBADA POR:

PRESIDENTE:   
M.C. ABEL ROMAN LOPEZ

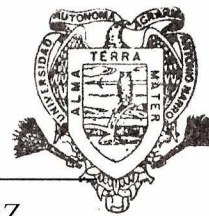
VOCAL:   
M.C. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

VOCAL:   
M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

VOCAL SUPLENTE:   
M.C MARIO ALBERTO MARTINEZ DELGADO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS

  
ING. ROLANDO LOZA RODRÍGUEZ



COORDINACION DE LA DIVISION  
DE CARRERAS AGRONOMICAS  
UJAAAN UL

## **DEDICATORIAS**

### **A DIOS**

**Porque por su amor fuimos creados para  
hacer manifiesta la gloria de él que yace  
en nosotros.**

### **A MIS PADRES**

**Roberto Sarabia y Antonia Flores  
Por el apoyo y amor incondicional que  
siempre encontré en ellos, pero sobre todo  
por haberme regalado la vida.....Gracias.**

### **A MIS HERMANOS**

**Claudia, Roberto y Alejandro  
Por el apoyo y cariño que siempre me han  
brindado.**

### **A MI ABUELA**

**Francisca Aldama Chairez  
Por su cariño, aliento y amor..... Gracias**

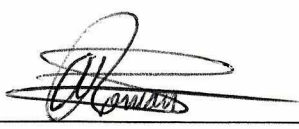
### **A MIS TIOS**

**Francisco, Avelino y Jose Carmen  
Por su cariño y aliento..... Gracias**



MONOGRAFIA QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN EL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN



M.C. ABEL ROMAN LOPEZ  
ASESOR PRINCIPAL



M.C. ALEJANDRO MORENO RESENDEZ  
COASESOR

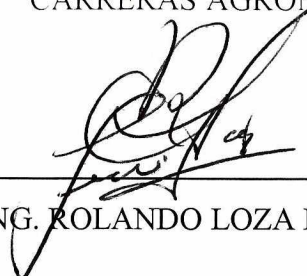


M.C FEDRICO VEGA SOTELO  
COASESOR

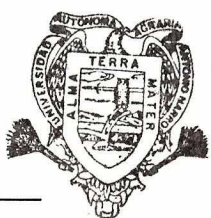


M.C. MARIO ALBERTO MARTINEZ DELGADO  
COASESOR

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS



ING. ROLANDO LOZA RODRÍGUEZ



COORDINACION DE LA DIVISION  
DE CARRERAS AGRONOMICAS  
TAAAN III

MONOGRAFIA QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN EL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**APROBADA POR:**

PRESIDENTE:   
M.C. ABEL ROMAN LOPEZ

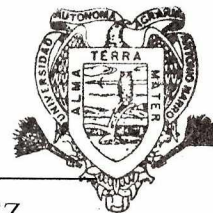
VOCAL:   
M.C. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

VOCAL:   
M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

VOCAL SUPLENTE:   
M.C MARIO ALBERTO MARTINEZ DELGADO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE  
CARRERAS AGRONÓMICAS

  
ING. ROLANDO LOZA RODRÍGUEZ



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
U.A.A.N. U.L.

## **DEDICATORIAS**

### **A DIOS**

**Porque por su amor fuimos creados para  
hacer manifiesta la gloria de él que yace  
en nosotros.**

### **A MIS PADRES**

**Roberto Sarabia y Antonia Flores  
Por el apoyo y amor incondicional que  
siempre encontré en ellos, pero sobre todo  
por haberme regalado la vida.....Gracias.**

### **A MIS HERMANOS**

**Claudia, Roberto y Alejandro  
Por el apoyo y cariño que siempre me han  
brindado.**

### **A MI ABUELA**

**Francisca Aldama Chairez  
Por su cariño, aliento y amor..... Gracias**

### **A MIS TIOS**

**Francisco, Avelino y Jose Carmen  
Por su cariño y aliento..... Gracias**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi ALMA MATER, por darme un presente lleno de conocimientos y un futuro promisorio en la realización de mi profesión.

Al M.C. Abel Roman Lopez. Por su amistad y apoyo brindado a lo largo de toda la realización de este trabajo profesional.

Al M.C. Alejandro Moreno Reséndez, por su orientación y contribución desinteresada de sus conocimientos para la realización de este trabajo.

Al M.C. Federico Vega Sotelo. Por su orientación y aplicación de sus conocimientos para la realización de este trabajo.

Al M.C. Mario Alberto Martinez Delgado. Por su orientación desinteresada para la realización de este trabajo

Al CENID-RASPA (Centro Nacional de Investigación Disciplinarias Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera), por su apoyo material al darme la oportunidad de participar en este proyecto.

A toda aquellas personas que de alguna u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo "Gracias".

## ÍNDICE GENERAL

Índice de cuadros

Índice de figuras

I-INTRODUCCION	1
II-REVISION DE LITERATURA	2
2.1-Ventajas y Desventajas de la Ferti-irrigación.	2
2.2-Descripción de sistemas de riego presurizados, con énfasis en ferti-irrigación	6
2.3-Componentes de un sistema de riego por goteo.	7
2.4-Inyectores de Fertilizantes.	14
Venturi inyector de fertilizantes	15
Bombas centrifugas con inyector Venturi	16
Bombas inyectoras de pistón o diafragma.	17
Inyectores Automatizados	18
2.5-Sistemas de filtrado	19
Sistema hidrociclón	20
Sistemas de arena.	20
Filtros de mallas.	21
2.6-Calidad del agua	23
2.7-Fertilizantes utilizados en Ferti-irrigación	25
2.8-El Suelo y Ferti-irrigación.	27
2.9-Recomendaciones para elaborar programas de Ferti-irrigación.	29
III-Resultados de Ferti-irrigación	30
IV-CONCLUSIONES	39
V-BIBLIOGRAFÍA.	40

## *INDICE DE CUADROS*

NUMERO	PAGINA
1.- Descripción de sistema de riego presurizados con énfasis en ferti-irrigación	6
2.- Tipo de filtrado de agua para riegos localizados en base a la fuente de agua	22
3.- Relación entre el pH y % de N que puede volatilizarse	25
4.- Ferti-irrigación en tomate	30
5.- Ferti-irrigación en tomate	31
6.- Ferti-irrigación en Papa	34
7.- Ferti-irrigación en melón	35
8.- Ferti-irrigación en limón	36
9.- Variables de respuesta en los tratamientos estudiados en algodón con riego subsuperficial (cintilla) y acolchado plástico.	37



## ÍNDICE DE FIGURAS

NUMERO	PAGINA
1.- Componentes de un sistema de riego por goteo	7
2.- Red de tubería de conducción	8
3.- Esquema de los componentes del cabezal de control	9
4.- Manómetro de Bourdón	10
5.- Medidor de gasto tipo rotámetro	10
6.- Planet (Regulador de gasto y presión)	11
7.- Tipos de válvulas en sistema de riego por goteo	12
8.- Componentes comunes de un sistema de riego por goteo-cintilla	13
9.- Dosificador de tapa hermética	14
10.- Dosificador de tanque abierto	14
11.- Venturi inyector de fertilizantes	15
12.- Bomba centrífuga con inyector Venturi	16
13.- Bombas inyectoras de pistón o diafragma	17
14.- Inyectores automatizados	18
15.- Sistemas de filtrado de hidrociclón y arena	20
16.- Filtro de mallas	21
17.- Absorción de micro y macro-nutrientes de ajo	33

# I.-INTRODUCCIÓN

La mayoría de los profesionistas en acción, en sus publicaciones mencionan la fertigación. Coinciden en describirla como la acción de inyectar nutrientes y/o mejoradores químicos ácidos simultáneamente con el agua bombeada a través del sistema de riego presurizado y básicamente, en localizados por goteo; Algunas personas utilizan en español el termino FERTI-IRRIGACIÓN y (Gurovich, 1990) sugiere emplear la palabra en ingles FERTIGACIÓN.

La importancia en el uso de sistemas de riego más complejos, como goteo o aspersión, en la producción agrícola no solo eleva la eficiencia en la conducción y aplicación del agua sino también impacta significativamente en la productividad y calidad de los productos, con ello se tiene también la posibilidad de manipular la fecha de nacencia, retardar o adelantar el proceso de maduración, y cosecha y en consecuencia entrar al mercado en mejores condiciones de precio.

Los sistemas de riego de precisión o localizados han demostrado sus bondades al aumentar los rendimientos productivos por metro cúbico de agua aplicada y por unidad de fertilizante utilizado. Estos sistemas están diseñados para asegurar una óptima conducción, aplicación y distribución del agua, lo cual es importante pero no suficiente para alcanzar a tener altas eficiencias si el sistema es operado en forma incorrecta.

Según los expertos, la ferti-irrigación se debe emplear en los invernaderos con soluciones hidropónicas, en riego por goteo, donde esta comprobado que se puede aumentar la respuesta de las cosechas y las ganancias, así como una reducción de hasta 30-50% del agua utilizada y evitar escurrimiento de agua y nutrientes (Roman, 1998 (2) ), en los sistemas de riego de micro-aspersión que es similar al goteo, en los sistemas de riego de lateral con ruedas y pivote central no se encuentran aplicaciones potenciales.

Los sistemas de riego localizados han obtenido una aplicación con éxito en cultivos como algodouero, tomate, sandia, melón y Chile en la Comarca Lagunera y Ajo en el estado de Guanajuato.

## II.-REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FERTI-IRRIGACIÓN

La ferti-irrigación presenta una serie de ventajas a comparación de los métodos tradicionales de aplicación de fertilizantes, sin embargo, existen también algunas limitaciones (ITAL, 1999). A continuación se presentan las ventajas y limitaciones más importantes.

#### Ventajas

- a) Incremento en la eficiencia de aplicación.
  - ❖ El fertilizante es distribuido mas uniformemente debido que es aplicado en forma disuelta en el agua de riego. Cada planta regada recibe un volumen exacto de elementos nutritivos junto con el agua de riego.
  - ❖ Se logra una mejor penetración de los elementos al suelo dado que se puede dividir la dosis de fertilizante en muchas porciones, lo que incrementa la disponibilidad de los elementos nutritivos.
  - ❖ Se reduce las perdidas de fertilizante de la superficie del suelo por ejemplo: la volatilización de nitrógeno.
  - ❖ Existe la posibilidad de ajustar la fertilización a las distintas fases del ciclo de crecimiento del cultivo, como el vegetativo, floración, cuajado, etc. La ferti-irrigación permite aplicar los elementos nutritivos según los requerimientos del cultivo, como la posibilidad de cambiar las relaciones entre los mismos durante el ciclo del cultivo.
  - ❖ En algunos casos, el solo hecho de dividir la dosis de fertilizante recomendada en pequeñas porciones reduce a un tercio el volumen total de fertilizante aplicado.
  - ❖ En el riego por goteo, el fertilizante puede ser aplicado en forma eficiente, debido a que el método moja un volumen de suelo reducido, es imperativo que los elementos aplicados lleguen al área humedecida únicamente en donde se encuentra el sistema radical activo.



b) Control y dosificación.

- ❖ Los volúmenes exactos de fertilizante aplicados pueden ser regulados de tal manera que pueden ser inyectados al sistema por medio de sistemas de control automáticos según programas preestablecidos. La posibilidad de controlar en forma total el proceso, permite la aplicación de micronutrientes a través del sistema de riego. Estos son productos caros y la posibilidad de aplicarlos en pequeñas dosis durante un periodo de tiempo extenso, incrementa su disponibilidad en forma significativa, eliminando en muchos casos su aplicación foliar.
- ❖ La ferti-irrigación se ajusta fácilmente a los sistemas modernos de control automático de riego, lo que incrementa la exactitud de aplicación.
- ❖ La fertilización se aprovecha más en suelos arenosos que en los arcillosos, debido a riegos frecuentes y láminas pequeñas (Godoy.2002).
- ❖ La lixiviación es menor en el uso de la ferti-irrigación en virtud de que no existe la necesidad de aplicar altas dosis de fertilizantes, razón por la que nunca existirán grandes cantidades de nutrientes en el suelo que se puedan lixiviar. (Godoy. 2002).

c) Control de la profundidad y el tiempo de aplicación.

- ❖ Las aplicaciones frecuentes y en dosis bajas evitan la percolación. Las pérdidas producidas por lluvias y riegos frecuentes que lavan los elementos nutritivos por debajo de la zona radical pueden ser evitadas. Existen casos en los que es necesario aplicar el fertilizante al final del turno de riego, por ejemplo la urea, con el fin de evitar su lavado por debajo del sistema radical.
- ❖ La ferti-irrigación permite el mantenimiento de un nivel nutritivo apropiado en suelos de baja fertilidad, con una baja capacidad de retención de elementos nutritivos, lo que permite cultivar suelos marginales.

d) Ahorro de trabajo y mayor comodidad.

- ❖ La operación de los accesorios es rápida y cómoda.
- ❖ Se ahorra en mano de obra y combustible. No se necesitan tractores para distribuir el fertilizante. Se evitan la compactación del suelo y el daño a las plantas.
- ❖ Se evita la necesidad de dispersar el fertilizante. La distribución manual es complicada e inexacta. La distribución mecánica es cara y a veces dañina para el suelo debido a su compactación.

e) Posibilidad de usar fertilizante líquidos

- ❖ El uso de fertilizante líquidos evita el uso de grandes bolsas de los fertilizantes, disolución, filtración, etc.

- ❖ El uso de soluciones de fertilizantes compuestas en una sola formulación está en constante incremento. En las mismas aparecen todos los elementos que la planta requiere. Estas formulaciones son preparadas en fábrica y son más concentradas que las que pueden preparar el productor disolviendo fertilizantes sólidos en el campo.
- f) Deterioro de la calidad de las aguas subterráneas.
- ❖ En los últimos años la calidad de las aguas subterráneas se está deteriorando debido al uso intensivo de productos químicos. El incremento en la conciencia colectiva de la importancia de la conservación de las aguas subterráneas, enfatiza la necesidad de aumentar la eficiencia de aplicación de los fertilizantes, con el objetivo de evitar la contaminación de esta agua. Esto puede ser logrado por medio de la ferti-irrigación, que posibilita un control más exacto de la aplicación evitando que estos contaminen las aguas subterráneas.
- g) Aplicaciones adicionales.
- ❖ La posibilidad de aplicar una gran variedad de productos químicos a través del sistema de riego constituye una de las grandes ventajas del método. Por ejemplo, el uso del ácido clorhídrico que se usa para disolver los precipitados en el riego por goteo, herbicidas, pesticidas, etc.

### **Limitaciones y precauciones**

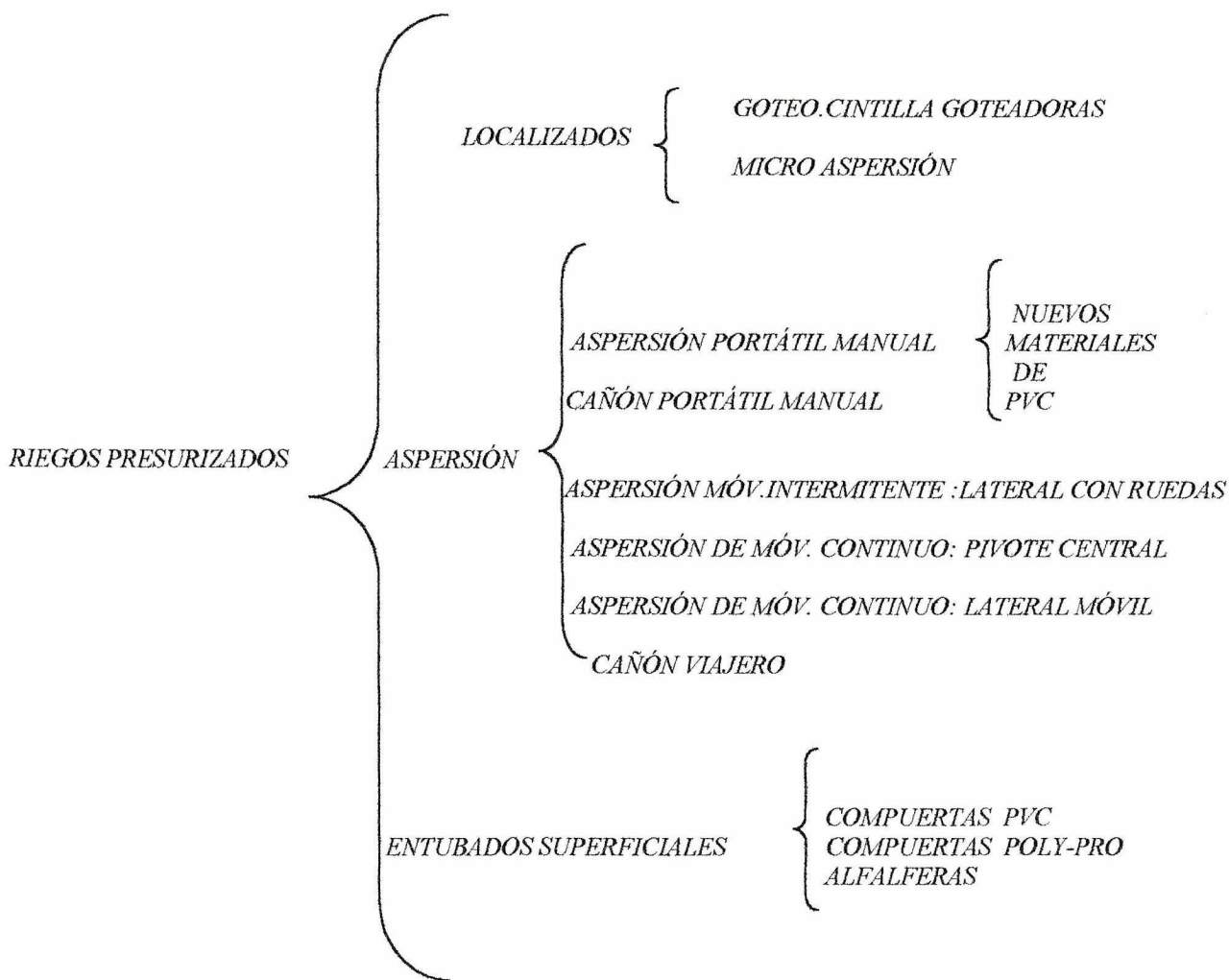
- a) Toxicidad.
- ❖ Muchos sistemas de riego están ligados al suministro de agua potable. El agua de la ferti-irrigación contiene productos químicos por lo que no puede ser usada para consumo humano. Todos los operarios, al igual que transeúntes, deben ser advertidos por medio de carteles visibles con respecto al riesgo involucrado con el consumo de agua. Paralelamente, debe existir una fuente de agua potable, no para beber solamente, sino para la preparación de soluciones de pesticidas, etc.
- b) Contaminación de aguas subterráneas.
- ❖ Lo que fue mencionado como una ventaja, pueden constituirse en una limitación si no se riega en forma exacta con el debido monitoreo, ya que los distintos productos químicos aplicados en el agua de riego pueden llegar a las aguas subterráneas de no ser aplicadas en forma exacta y provocar la contaminación de las aguas subterráneas.

- c) Adaptación de fertilizantes.
- ❖ La ferti-irrigación se adapta a fertilizantes solubles o líquidos. Muchos fertilizantes que no son completamente solubles en agua y que son muy utilizados, no son aplicables a la ferti-irrigación.
- d) Peligro de corrosión.
- ❖ Todos los componentes del sistema que están en contacto con los materiales inyectados deben ser resistentes para reducir la corrosión al mínimo.
- e) Interacción entre los productos inyectados y el agua de riego.
- ❖ Todos los materiales inyectados deben ser evaluados para determinar si reaccionan con el agua de riego. Las fuentes de cloruros que comúnmente se utilizan en los sistemas de ferti-irrigación son oxidantes, provocando la precipitación de carbonatos de calcio y magnesio, óxidos de hierro (herrumbre), etc. Fertilizantes que contienen fósforo, como el súper-fosfato y el fosfato de calcio amoniacal pueden causar reacciones similares o reaccionar entre ellos.
  - ❖ Existen varios fertilizantes que elevan el pH del agua, incrementando el peligro de precipitación.
- f) Mayores requerimientos de seguridad.
- ❖ Muchos fertilizantes presentan una fuerte reacción ácida, esto exige que se deban tomar medidas de seguridad en su manejo, como puede ser el uso de guantes y lentes protectores, cubrir todo el cuerpo con ropa adecuada, etc.
- g) Elevado costo inicial.
- ❖ Se requiere muchos accesorios para poder llevar a cabo la ferti-irrigación, lo que eleva el costo inicial del sistema.
  - ❖ Se necesita personal calificado, los fertilizantes solubles son caros, defectos de fertilización en equipos mal diseñados, se pueden contaminar corrientes superficiales (Godoy . 2002).
- h) Dependencia de una correcta operación del sistema
- ❖ Si un componente del sistema no opera correctamente, la ferti-irrigación no puede llevarse a cabo. Existe la posibilidad de crecimiento biológico (algas y bacterias) dentro del sistema y provocar el taponamiento de los emisores si no se hace el lavado del sistema después de la aplicación de los compuestos químicos.



## 2.2-DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADOS, CON ÉNFASIS EN FERTI-IRRIGACIÓN.

A través de este documento, específicamente en el apartado Introducción, se ha manifestado que la ferti-irrigación en su aplicación real y potencial se ha llevado a cabo en los métodos de riego por goteo o localizado o de precisión como se conoce comúnmente, los cuales forman parte de las variantes de los sistemas de riego presurizados, para ubicar su posición o clasificación dentro de los mismo, a continuación se presenta en cuadro sinóptico por (Roman 1998 (1) ) para posteriormente mencionar los componentes primordiales para el manejo de la ferti-irrigación en los sistemas de riego localizados.



Cuadro 1.- Descripción de sistemas de riego presurizados.

## 2.3-COMPONENTES DE UN SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO.

### *Fundamentales:*

- Unidades de riego
- Tuberías de conducción
- Cabezal de control

### *Auxiliares:*

- Dispositivos de control.

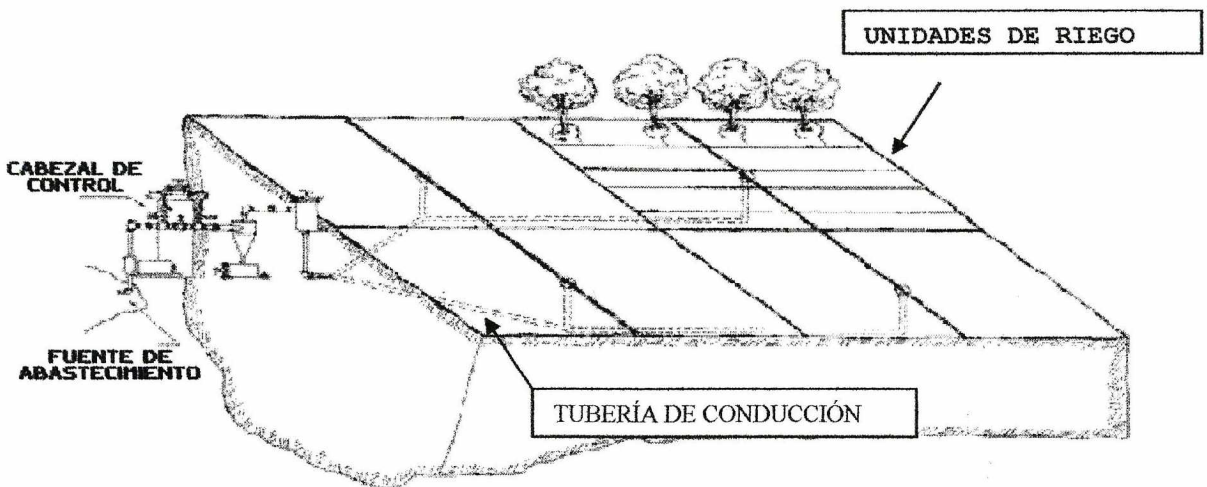


Figura 1. Componentes de un sistema de riego localizado (Roman, 1997).

- **Unidades de Riego.**

La unidad de riego esta formada por:

- a. Un distribuidor
- b. Líneas regantes
- c. Emisores (Goteros o micro-aspersión)
- d. Conexiones
- e. Tapones

- **Tuberías de Conducción.**

Son aquellas que se utiliza para llevar el agua desde el cabezal de control general hasta los "puntos de control" ( Figura 2). Estas tuberías pueden ser de asbesto-cemento, PVC o polietileno; los dos últimos tienen más aceptación porque no son afectadas por sustancias corrosivas como ácidos y fertilizantes.

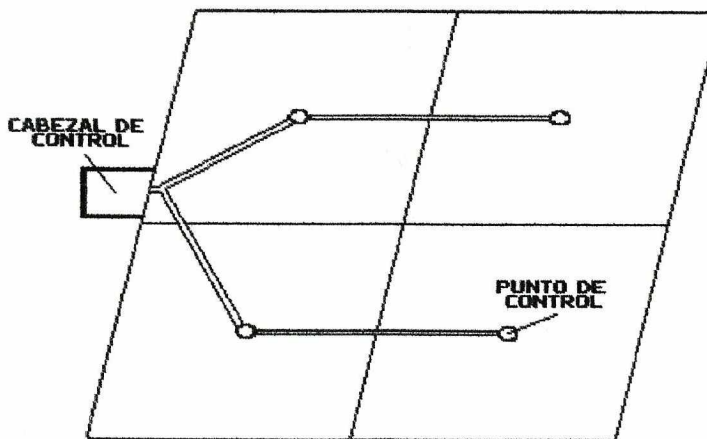


Figura 2. Red de la tubería de conducción (Roman, 1997).

El PVC tiene las siguientes ventajas sobre el polietileno.

- En diámetros de 50 mm o mayores es más barato que el polietileno.
- Es de fácil instalación, sobre todo si es de unión con campana, además de que con el PVC se evitan las fugas y se reduce el costo de mano de obra.
- No es dañado por los roedores, como es el caso del polietileno.
- Las áreas hidráulicas de conducción del PVC son mayores que los del polietileno, asbesto-cemento o acero, logrando con ello disminuir la potencia de bombeo requerida en el suministro y, por consecuencia, menor costo de inversión y operación en la fuente de poder.

- **Cabezal de Control.**

En el cabezal se utiliza el agua de la fuente de abastecimiento (pozo profundo y/o depósito de agua) mezclándose con la solución nutritiva que está en el tanque dosificador, se filtra y se inyecta en la tubería de conducción (Figura. 3 ).

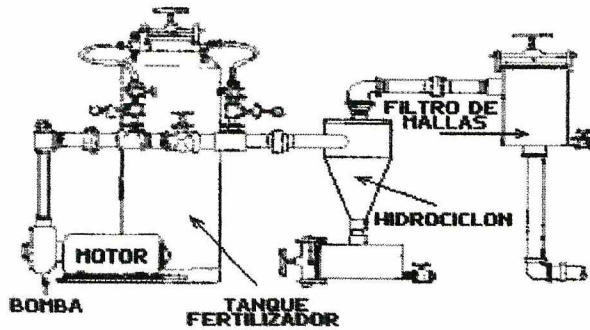


Figura 3. Esquema de los componentes del cabezal de control (Roman. 1997).

Conforme a la Figura 3, consta de electro bomba, inyector de fertilizante y filtros, estos dos últimos, se explican mas adelante debido a la variedad existente, tanto en cabezal de control como en la unidad de riego se emplean dispositivos para el control, de flujo, presión e inyección de elementos nutritivos.

- **Dispositivos de Control.**

- a). Manómetros.

Su función es indicar la presión con la que el agua es conducida dentro de la tubería en: puntos de control de unidad de riego, en la descarga de la bomba (antes y después de los filtros) se utilizan comúnmente los manómetros de Bourdon, (Figura. 4).

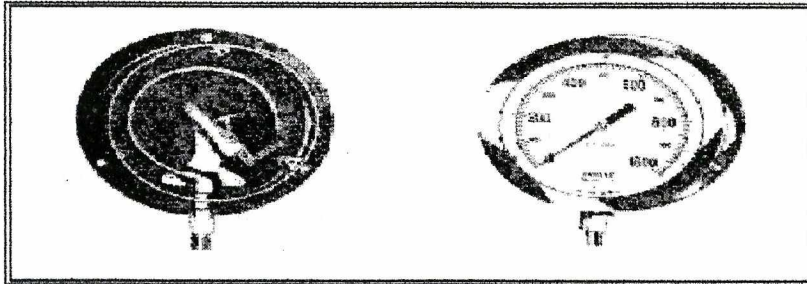


Figura 4. Manómetro de Bourdón.

b). Medidores de gasto.

- Cuando el gotero no es hidráulicamente controlable (laminar o transicional) se utiliza este aditamento para conocer el gasto consumido por el sistema en un momento determinado medidor de disco, así como para acumular el volumen aplicado.

- Para determinar el tiempo de aplicación de nutrientes del dosificador, se utiliza un medidor de gasto tipo rotámetro como el de la Figura 5.



Figura 5. Medidor de gasto tipo rotámetro.



c). Planet (Válvula reguladoras de presión)

Dispositivos que en base a originar pérdidas de carga controlan la presión y el gasto; se basa en un resorte y en un seguidor que obstruye el área de paso (Figura. 6 ).

d). Válvulas de control general.

Son tres los tipos de válvulas utilizadas comúnmente en ferti-irrigación preferentemente de plástico (Figura 7), también son importantes las de alivio de presión y admisión y expulsión de aire se esquematiza en figura 8.

- De Globo
- Macho o de cuadro
- De compuerta.

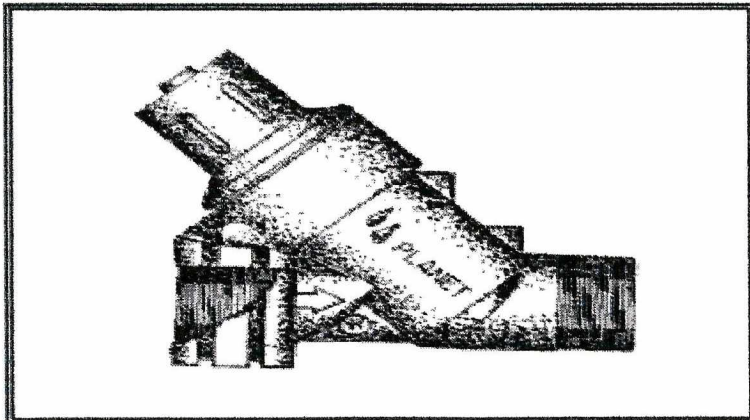


Figura 6. Planet (regulador de gasto y presión)



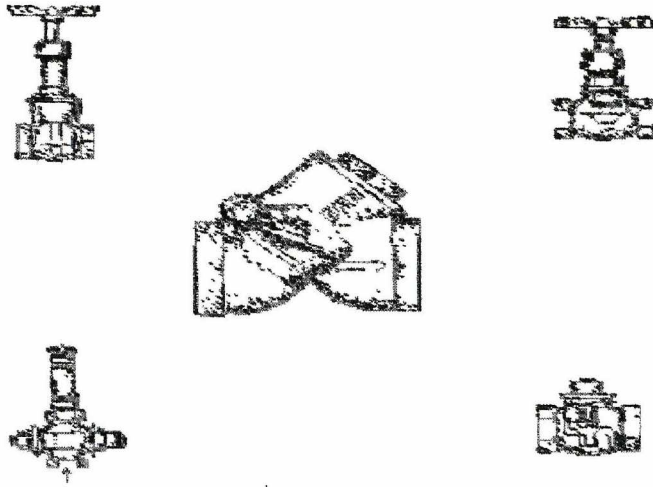


Figura 7 . Tipos de válvulas que se usan en el sistema de riego por goteo.

Después de haber señalado los componentes principales de riego localizado para ferti-irrigación, a continuación se centrará la atención en el riego por goteo, ya que existen evidencias de trabajos realizados en varios cultivos a nivel nacional con este tipo de riego,

Es importante comentar que la ferti-irrigación a través de los sistemas de riego por goteo se ha venido practicando desde la forma más simple desde antes y después de la década de los 80<sup>as</sup> tal y como lo menciona Gurovich (1990); en el *CENID-RASPA* por ejemplo, se tienen experiencias de aplicaciones de dosis de fertilización en dosis fraccionadas durante el ciclo de cultivo y con fertilizantes sólidos diseñados para riego por superficie y que por pre-tratamiento son diluidos en el agua de riego e inyectados posteriormente.

A continuación se presenta el esquema de un sistema de riego por goteo y sus principales componentes (Roman, 1998):

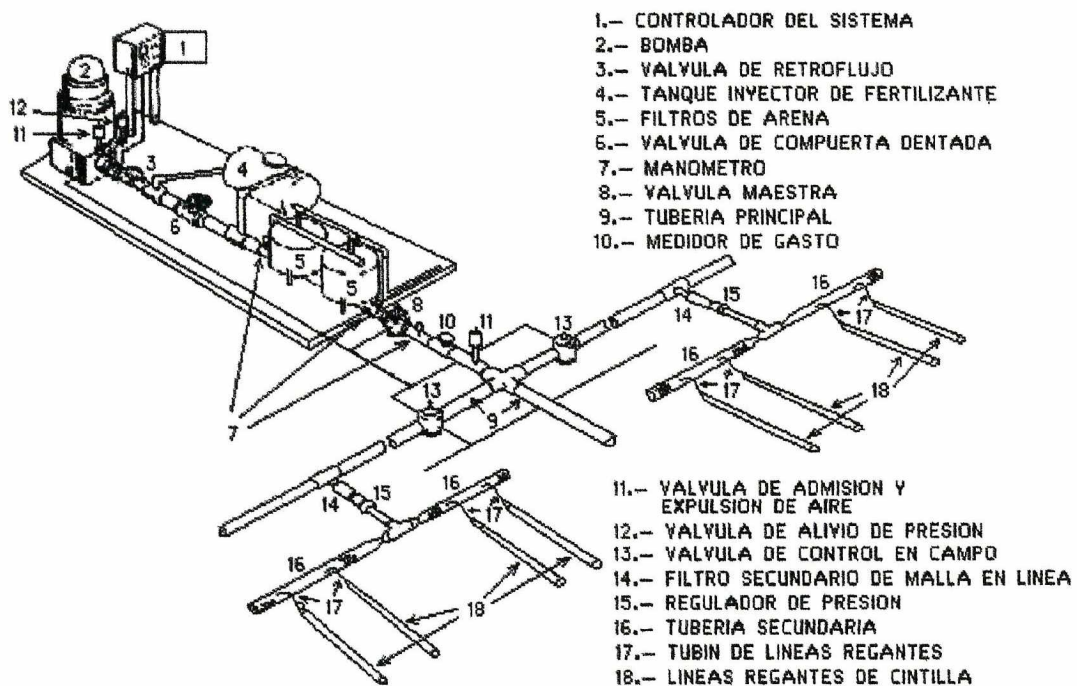


Figura 8.-Componentes comunes de un sistema de riego por goteo-cintilla.

## 2.4-INYECTORES DE FERTILIZANTES

### Tanque Dosificador De Fertilizantes.

Es el aditamento mediante el cual se introduce la solución de fertilizantes o ácidos al sistema y se puede seleccionar de las dos formas siguientes:

- Dosificador(es) de tanque con tapa hermética. Para este caso se aprovecha la presión proporcionada por la fuente de poder del sistema de riego por goteo, estableciendo un gradiente de presiones por medio de un "By - pass" (Figura 9).
- Dosificadores de tanque abierto. Cuando se opta por esta alternativa es necesario una inversión adicional a la fuente de poder de una motobomba generadora de presión (bomba de paletas o de engranes, o de pistones y motor) que de una presión mayor o igual a la que está trabajando el sistema, (Figura 10).

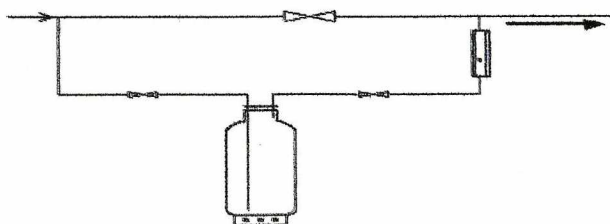


Figura 9 . Dosificador de tapa hermética.

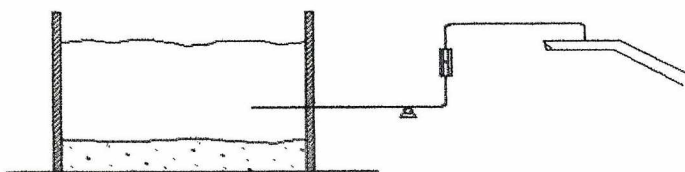


Figura 10. Dosificador de tanque abierto.

### Venturi inyector de fertilizantes con válvula

Estos inyectores se instalan para derivar un caudal de la tubería principal del sistema de riego, aguas arriba de la válvula. El agua derivada entra en un ramal de menor diámetro, en el cual se coloca un dispositivo conocido como "Venturi" que consiste en una reducción de área de paso del agua, de manera que al pasar el agua aumenta de velocidad en el estrechamiento al iniciar las aplicaciones se conecta una entrada de agua o solución, debido a que en este punto se genera una succión que se aprovecha para aplicar soluciones de agroquímicos.

Al cerrar parcialmente la válvula de la tubería principal y estando abiertas las dos válvulas de derivación, se obliga al flujo a pasar por el ramal desde el punto a hasta b, entre mas cerrada este la válvula de la tubería principal, mayor será el caudal que pasara por el vénturi, y mayor es la succión en el tanque fertilizador ( Figura 11).

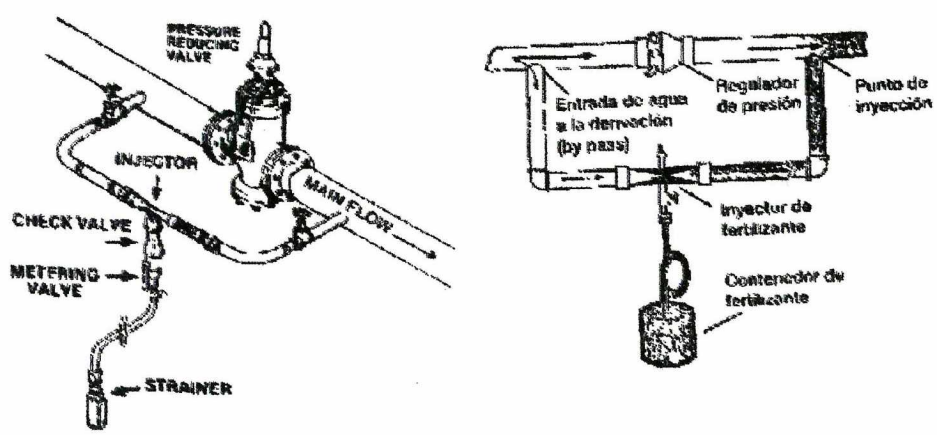


Figura 11. Venturi inyector de fertilizantes.

## Bombas centrífugas con inyector venturi

Se usa la bomba centrífuga para generar una diferencia de presiones entre dos puntos de la tubería principal del sistema de riego, que permita la inyección de la solución fertilizadora. La succión de la bomba, se instala en la tubería principal y a la descarga se conecta al fertilizador Vénturi, de manera que al funcionar, este bombea un gasto adecuado para que pase por el cuerpo del Vénturi generando la succión de la solución fertilizadora que se incorpora a la tubería y es conducida hasta la tubería principal para ser distribuida en el sistema de riego.

Las bombas inyectoras de fertilizantes funcionan con energía eléctrica o con energía hidráulica. Generalmente son bombas de pistón que operan con una cámara de bombeo que se llena de solución fertilizadora al desplazarse el pistón hacia fuera de la cámara transportándola hacia el sistema de riego al impulsarla al pistón o émbolo hacia dentro de la cámara. Cada ciclo envía un volumen de solución fertilizadora equivalente al de la cámara de bombeo. El número de pulsos por unidad de tiempo, permite calcular el Gasto promedio de inyección que genera la bomba (Fig. 12).

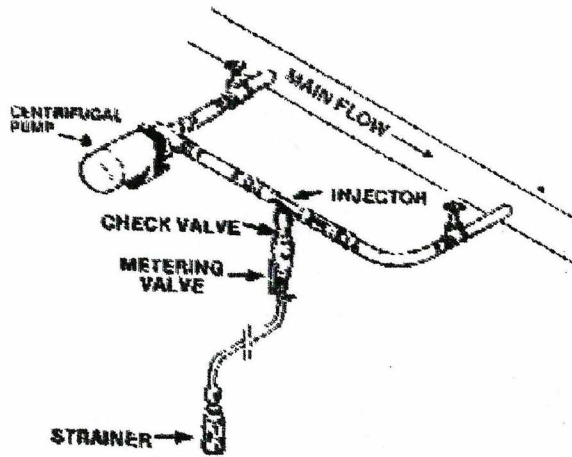


Figura 12. Bombas centrífugas con inyector Venturi.



**Bombas inyectorás de pistón o diafragma  
(altas presiones).**



Figura 13..Bombas inyectorás de presión o diafragma.

Este tipo de bombas, se usan en riegos por aspersión, aunque también se pueden utilizar en localizados.



## Inyectores Automatizados

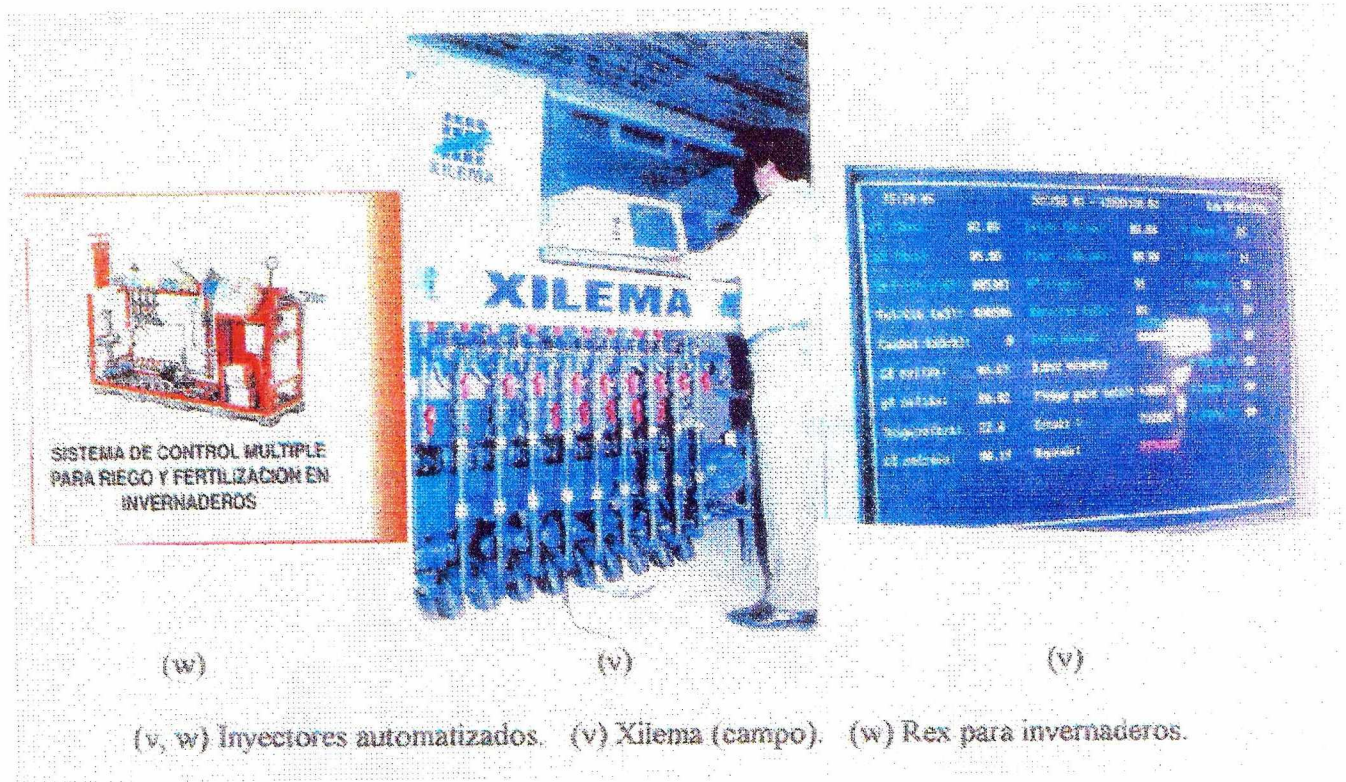


Figura 14 .- Inyectores automatizados

Los inyectores automatizados mencionados funcionan de la siguiente manera: en base a la programación de riegos y fertilizantes, se programa en la computadora la dosis de fertilización por hora, semana o mensual por aplicar, tanto el riego como la inyección de fertilizantes son accionados automáticamente, dichos dispositivos toman los nutrientes primarios, secundarios o menores de dispositivos de almacenamiento, también inyectan ácidos para modificar el pH y conductividad hidráulica de agua de riego, posteriormente se accionan inyectores venturi para succionar elementos primarios o secundarios conforme a la programación, desarrollada por un "software" de computadora, mezcla los elementos en un tanque interior en la parte baja y dicha mezcla la dosifica junto con el agua bombeada al sistema de riego, existen propiedades agrícolas hortícola con este tipo de inyectores en ciudades del país como, Culiacán y Mochis Sinaloa, Guanajuato y un caso en la Región Lagunera de Coahuila donde estos están empleándose.

## 2.5-SISTEMAS DE FILTRADO

El éxito de la ferti-irrigación, así como la duración en perfectas condiciones, esta fundamentado también en el sistema de filtración elegido, aunque en la fase selectiva del tipo de filtro requerido por los emisores (goteo, micro aspersión) diseñados; algunos fabricantes de emisores recomienda el tamaño de filtrado requerido. Lo más correcto es que dependiendo del tipo de fuente de agua utilizada se seleccione el tipo de filtrado. A continuación se describirán los tipos de filtros más comunes y utilizados en los sistemas de ferti-irrigación localizados.

### Sistema Hidrociclón

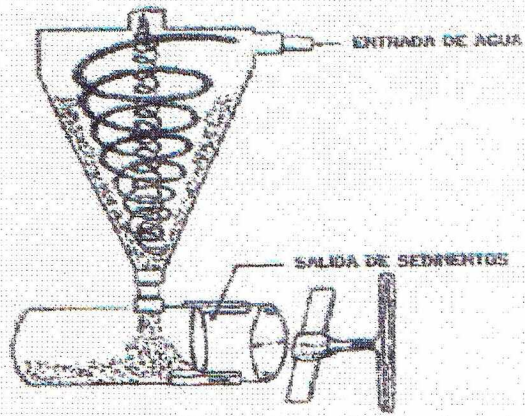
Filtro Hidrociclón o separados de arenas; o sea, partículas más pesadas que el agua; no son eficaces contra partículas microscópicas (Figura 15). En los casos en que haya bastante arena en el agua es conveniente instalar un desarenador para eliminar los materiales sólidos más pesados que el agua; pueden eliminar sólidos hasta de 74 micrones (100 mallas por pulg<sup>2</sup>), siempre y cuando sean más pesados que el agua; ese tipo de filtros no pueden eliminar las algas, cieno, arcilla y bacterias. En caso de instalar desarenador, éste va antes del filtro de malla (Roman, 1997).

### Sistema de Arena

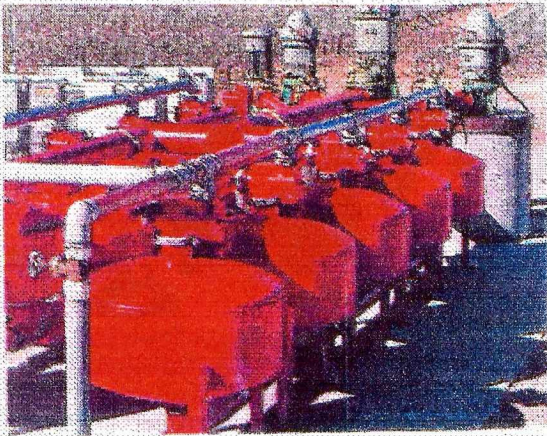
Sistemas de filtros de arena en 10 tanques; se esquematiza el proceso de filtrado y retrolavado en 2 tanques.

Para las aguas superficiales es imprescindible un filtro de arena que necesariamente reduce la presión y debe ser enjuagado por retroflujo de vez en cuando; este enjuague puede ser manual o automático según el equipo que se instale; la arena del filtro debe ser remplazada anualmente, lavando bien la arena nueva para eliminar el polvillo que pueda contener (Figura 15).





Filtro Hidrociclón o Separador de arenas; o sea, partículas más pesadas que el agua; no son eficaces contra algas o partículas microscópicas.



Sistema de filtros de arena de 10 tanques; se esquematiza el proceso de filtrado y retrolavado en 2 tanques

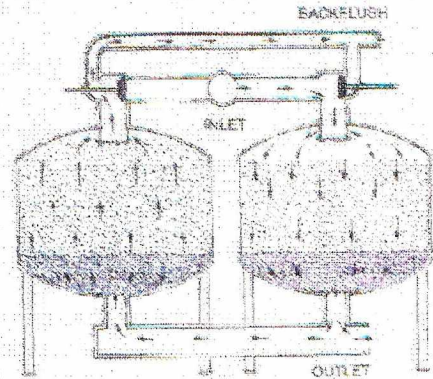
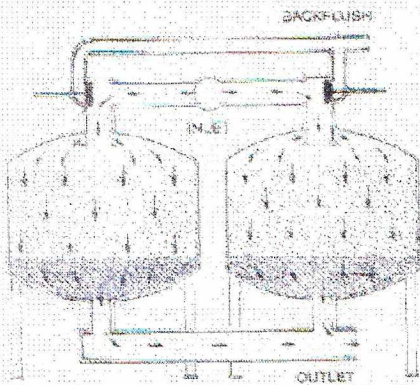


Figura 15. Sistemas de filtrado de hidrociclón y arena.



## Filtros de mallas

Son conocidos como de malla, cedazo o tamiz; las mallas son generalmente de acero inoxidable o nylon, el tamaño de la malla se expresa por el número de alambres por pulgada; generalmente no se recomienda malla más finas del No. 200; existen también manuales y de retrolavado automático (Figura. 16).

Los fabricantes proporcionan graficas de las perdidas de carga de los filtros de malla, en los de arena se comenta que son aproximadamente 5 PSI las pérdidas, la cual es sensibilizada por medio de manómetros en la entrada y salida, y cuando se sobrepasa dicha perdida hay que dar el retrolavado.

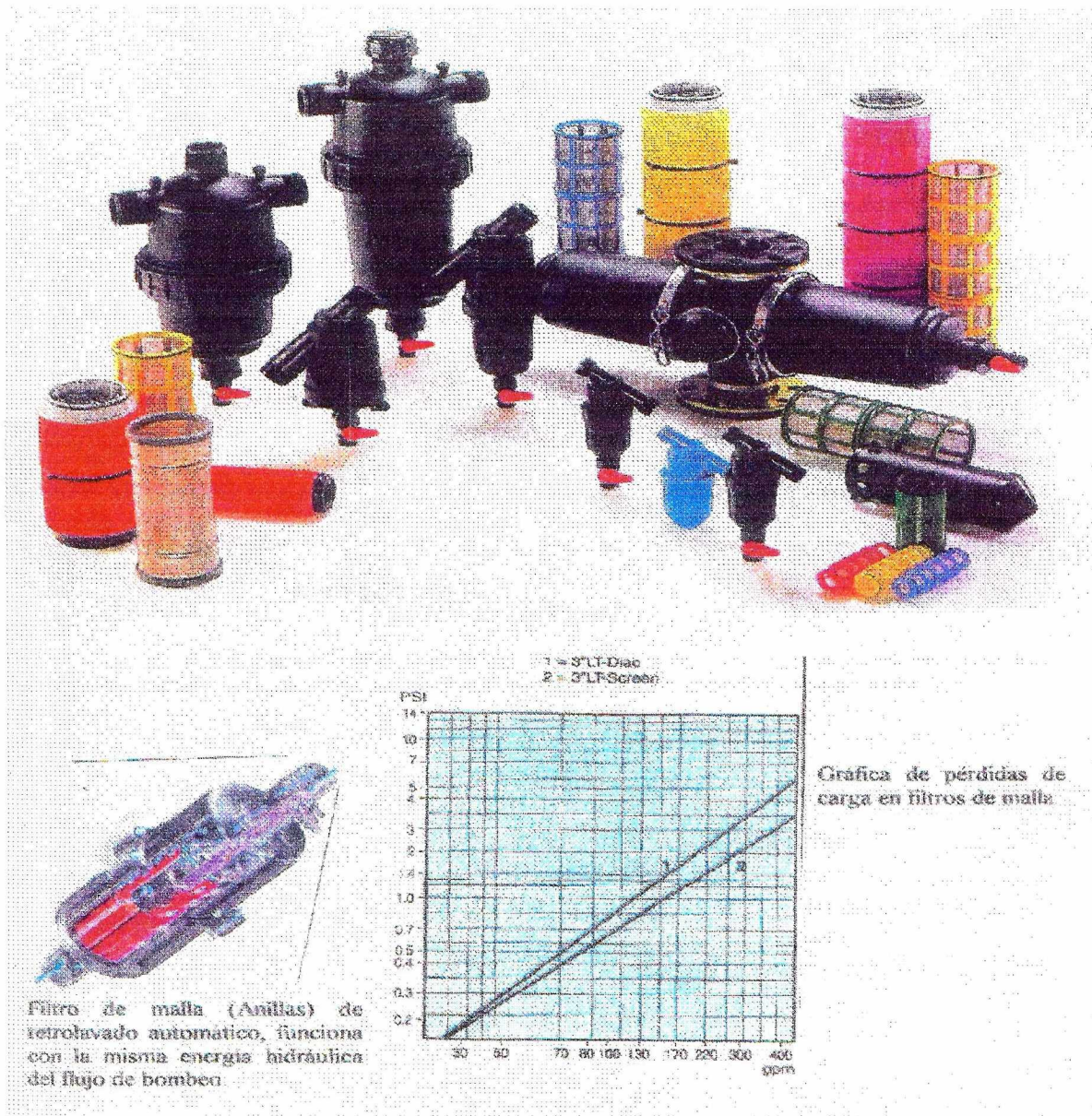


Figura 16. Filtros de mallas.

**TAMBIÉN DEPENDIENDO DEL TIPO DE FUENTE DEL AGUA UTILIZADA, SE SELECCIONA EL TIPO DE FILTRO.**

**CUADRO 2 .- TIPO DE FILTRADO DE AGUA PARA RIEGOS LOCALIZADOS EN BASE A LA FUENTE DE AGUA.**

<b>ORIGEN EL AGUA</b>	<b>TIPO DE APROV.</b>	<b>MAT. OBST. COMUNES</b>	<b>TIPO DE FILTRO</b>
Aguas	Pozos cavados	- Arenas -Carbonato de calcio	- Malla
Subterráneas	Pozos perforados	- Arenas - Depósitos calcáreos - Hierro	- Hidrociclón - Malla
Aguas Superficiales	Ríos, riachuelos	- Materia org. - Algas - Bacterias	- Arena - Malla
	Canales	- Algas - Bacterias - Materia org.	- Arena - Malla
	Represas	- Algas - Bacterias - Materia org.	- Arena - Malla

Dependiendo del tipo de agua a utilizar es el tipo de filtro que se utiliza en el sistema de ferti-irrigación



## 2.6- CALIDAD DEL AGUA

### Generalidades.

La calidad del agua de riego, es un término que se utiliza para indicar la conveniencia o limitación del empleo del agua, con fines de riego para cultivos agrícolas para cuya determinación generalmente se toman las características físicas y químicas del agua.

La calidad del agua depende de las características físicas y químicas, y también de los problemas potenciales que pueden generar a los cultivos, a los suelos y al sistema de riego, dando lugar al uso condicionado del agua de riego, dependiendo del cultivo y del suelo específico de que se trate (Peña, Montiel, 1998).

### **Calidad del agua en la ferti-irrigación**

El contenido de las sales presentes en las aguas de riego utilizadas en el sistema de riego presurizado pueden presentar problemas de precipitados y taponamiento (fósforo, calcio) de goteros, si el tratamiento previo a esta agua de ferti-irrigación no es el correcto.

### **Sólidos en suspensión**

Los sólidos, que están en el agua suministrada incluye partículas del suelo cuyo tamaño varía desde las arenas gruesas hasta las arcillas finas, organismos vivientes como bacterias y algas, y una amplia variedad de materiales arrastrados por el agua. La cantidad de sólidos en suspensión variara considerablemente de un día a otro de una estación a otra, sobre todo, cuando la fuente de agua es un río, lago, canal o embalse. Como los sólidos en suspensión por encima de un cierto tamaño se deben separar del agua mediante filtrado antes de su entrada e instalación, es una buena idea obtener una estimación aproximada de la cantidad total de materia que podrá extraerse.

### **Salinidad.**

Las raíces de las plantas toman el agua principalmente del suelo como consecuencia de la presión osmótica, debido a que las células contienen mayor concentración de sales disueltas que el agua del terreno. Esta diferencia, en cuanto a la concentración de sal, hace que el agua se mueva desde un área de baja concentración hacia un área de alta concentración salina, pasando a través de las paredes semipermeables de las células de la planta, en un proceso llamado Osmosis.

Si aplicamos agua salina a los terrenos aumenta el contenido de sal en el agua del suelo, bajando la presión osmótica a lo largo de la membrana permeable de la raíz y en



consecuencia reduciendo la absorción del agua por esta. Para medir el contenido total de sales en el agua de riego, se acostumbra utilizar las siguientes unidades: milimhos/cm (mmhos/cm) o deciSiemen/m (dS/m) que equivalen unitariamente a (0.64 g/l) (Peña, Montiel, 1998).

Un sistema de ferti-irrigación bien diseñado y manejado, puede reducir significativamente los problemas de salinidad ya que el sistema mantiene un contenido alto de humedad en el suelo y también porque el movimiento del agua hacia fuera de los puntos de emisión desplazara las sales a los bordes exteriores de la zona radicular en un proceso llamado; micro lixiviación .

### **Sulfuros.**

Si el agua de riego contiene mas de 0.1 ppm de sulfuros, la bacteria sulfurosa puede crecer dentro del sistema de riego, formando masa de lodo que podría atascar los filtros y emisores.

### **Carga de sólidos suspendidos.**

Este dato define la concentración general de la carga de la suciedad del agua y se mide en miligramos por litro o ppm.

### **Distribución del tamaño de la partícula.**

La distribución del tamaño de la partícula es el dato más importante que necesitamos, un dato que se puede obtener en muy pocas ocasiones. Mas o menos define en que medida el filtrado será eficaz y el grado de filtrado deseado.

### **Demanda de oxígeno bioquímica**

Ello define la demanda de oxígeno bioquímico e, indirectamente, la carga de suciedad orgánica encontrada en el agua. Hasta ahora no se encuentra una correlación entre en nivel de demanda de oxígeno bioquímico y el volumen de suciedad enfocada desde el aspecto de filtrado mecánico (ITAL, 1999).

## 2.7-FERTILIZANTES UTILIZADOS EN FERTI-IRRIGACIÓN

### Fertilizantes Nitrogenados.

Los fertilizantes nitrogenados, que con mayor frecuencia se usan para inyectar en los sistemas de riego son: urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio y nitrato de calcio.

Los fertilizantes nitrogenados como el amoniaco anhidro, el agua amoniacal y el fosfato de amonio, pueden formar precipitados insolubles al inyectar en aguas con PH alto o con contenidos de calcio y magnesio elevados, por ello se usan aguas neutras o ácidas.

El uso efectivo de los fertilizantes nitrogenados, requiere del conocimiento de las interacciones con el agua de riego, y sus transformaciones y movimientos en el suelo -

**Amoniaco anhidrido.** -El amoniaco anhidrido es un gas licuado y debe manejarse con equipo especial para mantener la alta presión requerida para almacenarlo. Cuando el amoniaco anhidrido se inyecta en el agua de riego, se forma agua amoniacal o hidróxido de amonio.

El amoniaco anhidro, agregado al agua puede formar agua amoniacal, esta a su vez puede formar amonio e hidróxido en forma iónica y esto es reversible hasta su forma inicial.

pH	% N que puede volatilizarse
7.2	0.1
8.2	10.0
9.2	50.0
10.2	90.0
11.2	99.0

Cuadro 3.- Relación entre el pH y % de N que puede volatizarse

El amoniaco libre en aguas con pH de 8 o mayor y considerando que la relación del amoniaco con el agua de riego eleva el pH, el problema se agudiza. Inyectando agua amoniacal en el agua de riego normal eleva el pH arriba de 9.4 donde las pérdidas de amoniaco pueden ser de 30 a 50% del nitrógeno aplicado. Las pérdidas de nitrógeno son altas si el aire es muy seco y hay viento (Peña, Montiel, 1998).

Para evitar pérdidas de amoníaco por volatilización, es mejor la ferti-irrigación con amoníaco o fertilizante de amonio en días frescos, húmedos y con poco viento, reduciendo también la turbulencia en el flujo de agua en canales y surcos. La mejor manera de evitar las pérdidas de amoníaco, es acidificar el agua de riego antes de inyectar el fertilizante y conservarla como forma amonio (Peña, Montiel, 1998).

**Fertilizantes Orgánicos.-** Los fertilizantes nitrogenados orgánicos no son rápidamente solubles en el agua por esta razón no se usa en ferti-irrigación.

-Urea. No es corrosivo para la mayoría de los metales. Se vende como 46-0-0 sólido y 23-0-0 líquido. La urea es muy soluble en el agua. La alta solubilidad de la urea, y el hecho de que no ioniza en solución, permite su aplicación directa a las hojas de los cultivos en soluciones de 0.5 a 1.0% sin riesgos para las plantas (Peña, Montiel, 1998).

Como la urea no tiene carga eléctrica tiene gran movilidad en el suelo, hasta que es transformada por microorganismos

### **Fertilizantes fosforados**

La fertilización con fósforo por medio del agua de riego no se ha usado debido a la baja solubilidad de los compuestos de fósforo y a la reducida movilidad del fósforo en el suelo.

Por lo anterior, en el riego por gravedad se recomienda seguir aplicando el fósforo en la forma tradicional, en el caso de ferti-irrigación, solo se puede aplicar como fosfatos monoamónico o diamónico y ácido fosfórico, lo cual puede resultar costoso.

### **Fertilizantes potásicos.**

El cloruro de potasio se usa combinado con sulfato de potasio y magnesio, nitrato de potasio y fosfato de potasio. Debe tenerse en cuenta que el cloro puede intoxicar algunos cultivos y ante la presencia del calcio y magnesio en el agua de riego, el sulfato y los fosfatos se pueden formar precipitados. Los fertilizantes de potasio deben probarse por solubilidad para evitar problemas de impureza que pueden crear grumos y precipitados.

### **Fertilizantes con azufre.**

Los fertilizantes que contienen azufre pueden mejorar el riego superficial. Los fertilizantes con azufre acidifican la superficie del suelo durante el riego y ayudan a la infiltración del agua en el suelo. Cuando el agua contiene calcio y magnesio hay peligro de que se forme yeso que puede precipitar.

## **pH de la solución del suelo**

El pH del suelo influye en la capacidad de las plantas de absorber nutrientes; Sin embargo, cada cultivo tiene un rango específico para su mayor desarrollo.

El pH óptimo para muchos cultivos es entre 6 y 7. El pH del suelo depende de la cantidad y tipo de cationes presentes: mientras que en un suelo con pH bajo,  $< 7$  tiene pocos iones intercambiables. El pH del suelo puede originar desvalances nutritivos, debido a que las concentraciones de los iones nutritivos puede aumentar o disminuir bajo condiciones ácidas (Peña , Montiel ,1998).



## 2.9-RECOMENDACIONES PARA ELABORAR PROGRAMAS DE FERTI-IRRIGACION

Debe prepararse un programa de riego previo al ciclo del cultivo y ajustarse de acuerdo con el desarrollo del cultivo y del tiempo (meteorológico) en condiciones reales.

Recomendaciones para preparar un programa de ferti-irrigación ( Peña , Montiel, 1998) :

- La ferti-irrigación en frutales, debe aplicarse al inicio de la vegetación y terminar con la caída de las hojas en los árboles de hoja caduca. En los de hoja perenne, cuando finalice la ultima brotación.
- Durante el ciclo se requiere aplicar los elementos de acuerdo con las etapas del desarrollo, por ejemplo, nitrógeno en brotación, crecimiento y llenado de grano; fósforo en pre-floral, floral y final de maduración; potasio en llenado de grano y maduración, Magnesio en maduración, y calcio en brotación, crecimiento y llenado de grano.
- Los programas hortícola de ferti-irrigación, dura todo el ciclo vegetativo.
- Para preparar el programa de fertilización se debe tomar en cuenta: la textura del suelo (CIC), la fertilidad inicial del suelo, el requerimiento de elementos minerales por ciclo del cultivo, los elementos necesarios para producir una tonelada de producto agrícola y el porcentaje de elementos nutritivos que se consume en cada etapa de desarrollo.
- De acuerdo con la información de las demandas de nutrimentos de los cultivos, el número de riegos, fertilidad inicial del suelo y los fertilizantes disponibles para inyectar en el sistema de riego, debe prepararse el programa de ferti-irrigación.
- Los programas de ferti-irrigación se pueden preparar por el número de riegos, por dosificación semanal o en diferentes periodos de tiempo.
- En suelos arenosos tiene mayor ventaja aplicar la ferti-irrigación con el mayor numero de riegos; en el caso del riego por goteo debe ser diario. Cuando hay suelos arcillosos debe evitar provocar excesos de humedad, por lo que puede aplicarse dosificaciones de fertilizantes semanales.

### III.-RESULTADOS DE FERTI-IRRIGACIÓN

#### Cultivos forrajeros

##### Maíz

En un experimento realizado en el CENID-RASPA con maíz (Roman, 2002) de variedad V-413, con un sistema de riego por goteo con cintilla y automatizado se obtuvo un rendimiento de 8.5 ton/ha, con una lamina de riego de 72.1 cm y una densidad de siembra de 66,700 plantas por hectárea, una dosis de fertilización de 230-61-00 de (N, P) fraccionadas en 5 aplicaciones geométricas a los 42,63,83, 98 y 108 días del ciclo, por lo que se requirió 125 Kg. de urea y 20.72 de ácido fosfórico como fuente de (N, P) respectivamente, fueron inyectados con una bomba de engranes roto estática con Q= 2.30 l/min.

#### Cultivos hortícola

##### Tomate

Se muestra la demanda de nitrógeno, fósforo y potasio para el tomate, expresada en (Kg/ha/día) en periodos de 10 días, con Ferti-irrigación por goteo, en un ciclo agrícola (Godoy. 1999).

Intervalo días	(kg/ha/día)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K
1-10	0.30	0.01	0.40
11-20	0.30	0.02	0.50
21-30	0.30	0.03	0.50
31-40	0.40	0.03	0.50
41-50	0.40	0.03	0.55
51-60	0.45	0.04	0.55
61-70	0.50	0.04	0.60
71-80	1.10	0.18	2.20
81-90	2.80	1.22	4.80
01-100	1.30	0.10	2.90
101-110	2.70	0.30	5.70
111-120	4.60	0.60	7.80
121-130	3.90	0.45	7.00
131-150	2.70	0.17	1.00
151-200	-	-	-
<b>Total</b>	<b>250</b>	<b>24</b>	<b>370</b>

Cuadro 4.- Ferti-irrigación del tomate.

## Tomate

En el siguiente cuadro se presenta información sobre fertilización con ferti-irrigación del cultivo del tomate por etapas de crecimiento. (Peña, 1998).

ETAPA	FERTILIZANTE	DOSE (kg)
Brotación	MAP	70
	Nitrato de amonio	70
Floración	MAP	100
	Nitrato de potasio	150
Post-floración	Nitrato de amonio	100
	Nitrato de potasio	300
Formación de fruto	Nitrato de amonio	100
	Nitrato de potasio	180
Maduración	Nitrato de amonio	100
	Nitrato de potasio	150
Recolección	Nitrato de amonio	70
	Nitrato de potasio	70

El total de nitrógeno aplicado en los fertilizantes corresponde a 278 kg.

El total de  $P_2O_5$  aplicado en los fertilizantes corresponde a 104 kg.

El total de  $K_2O$  aplicado en los fertilizantes corresponde a 359 kg.

Cuadro 5.- Ferti-irrigación del tomate.



## **Chile jalapeño**

En un experimento realizado en el CENID-RASPA (Potisek et al , 1999) con Chile jalapeño con variedad Hijo de Mitla, con Ferti-irrigación, goteo-cintilla. fueron probados 8 tratamientos, resultado de la combinación de 2 niveles de aplicación de agua. Dos niveles de cobertura con y sin acolchado plástico, sembrados en cama y plano, la fertilización se llevo acabo por medio del tanque hermético con diferencias de presiones, la dosis de fertilización total fue de 120-60-00 dividida en 8 partes y aplicada cada 12 a 15 días desde el 28 de abril al 15 de agosto de 1998, La cosecha se inicio el 26 de septiembre, los tratamientos con acolchado bajo los dos regímenes de humedad y sembrados tanto en plano como en cama mostraron las mejores producciones con 1159 kg/ha para el tratamiento 1, 1069 kg/ha para el tratamiento 3, en ambos casos para el régimen de humedad del 70%. Bajo el 55% de humedad 1218 kg/ha para el tratamiento 5 y 1093 kg/ha para el tratamiento 7.

## **Cebolla.**

Producción de cebolla con ferti-irrigación N-P-K con riego por goteo en la Comarca Lagunera.

El objetivo principal fue de obtener respuesta del citado cultivo en cuanto a rendimiento y desarrollo a 12 fórmulas de N-P-K aplicados en riego por goteo, los niveles de N-P-K fluctúan entre 40 a 133 en N, de 20 a 66 en P, de 0 a 146 en K, se realizaron cinco aplicaciones de fertilizantes cada 20 días a lo largo del ciclo vegetativo iniciando el 5 de mayo del 2000, las variables evaluadas fuerón, rendimiento, volumen, altura, diámetro de bulbo, número de hojas, diámetro de tallo y altura de planta, el riego se aplico cada tercer día y se basó en un tanque evaporómetro instalado en el centro del lote, los tratamiento de ferti-irrigación con mejores resultados fueron los siguientes: 120-20-00, 120-20-125, 120-60-125 de N-P-K respectivamente con un rendimiento de 44.1, 43.9 y 42.0 ton/ha. Este trabajo fue realizado en el campo de Ferti-irrigación de la FAZ-UJED.



## Ajo.

A continuación se presenta resultados sobre investigaciones sobre módulos demostrativos con Ferti-irrigación (Extracción de micro y macro nutrientes en Ajo (Vuelvas y Díaz 1997).

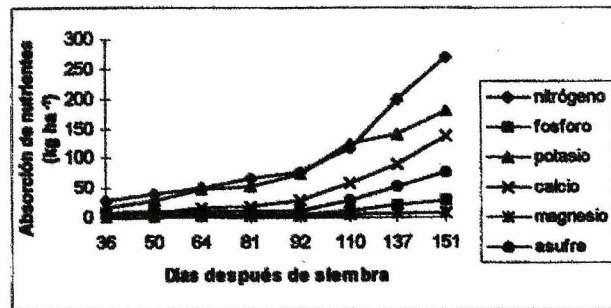
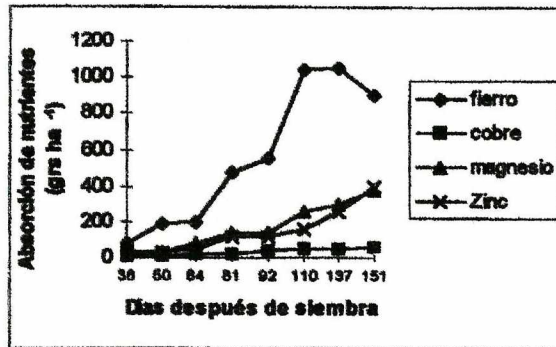


Figura 17.- En estas dos gráficas se muestra el consumo de micro y macro nutrientes en Kg/ha en periodos de días después de la siembra.

## Papa

Cultivo de papá y su ferti-irrigación (Burgueño, 1994) Con una densidad de siembra de 40,000, con un gasto por hectárea de 24.7 m<sup>3</sup>/ha con una variedad de Atlantis/Alfa. La información de la fertilización se presenta en el siguiente cuadro.

FERTILIZACION EN EL CULTIVO DE PAPA						
FERTILIZANTE ELEMENTO	Kg/Ha CANTIDAD	FERTI. g/pl	SUELO g/pl	AGUA R. g/pl	TOTAL g/pl	RADIO ELE/N
N	320	8	1.317	0.0155	9.332	1
P2O5	290	7.25	1.008	0.0016	8.260	0.885
K2O	520	13	36.60	0.0016	49.60	5.314
Ca	22	0.55	195.0	0.0335	195.6	20.96
Mg	70	1.75	44.95	0.0052	46.70	5.004
S	30	0.75	0.868	0.0080	1.626	0.174
B	0.1	0.002	0.198		0.201	0.021
Cu	2	0.05	0.056		0.106	0.011
Fe	12	0.3	0.308		0.608	0.065
Mn	3	0.075	0.812		0.887	0.095
Zn	0.2	0.005	0.058		0.063	0.006
Na			24.83	0.0128	24.84	2.661
	1269.3	31.73	306.0	0.0784	337.8	

Cuadro 6.- Ferti-irrigación en papa.

## Melón

En un experimento del melón variedad laguna (Burgueño, 1994), con una densidad de siembra de 17,000 plantas/ha con un gasto de 12.3 m<sup>3</sup>/ha, con un flujo de 2.23 l/hr en la cinta de riego, se obtuvo el siguiente plan de fertilización del melón.

FERTILIZACION DEL MELON							
DESAR. DIAS	CONSUMO DIARIO		FORMULA DE FERTILIZACION				
	g/planta	Kg/Ha	N	K	Ca	P	Mg
7	0.119	2.023	1	2.4	0.8	0.36	0.2
21	0.171	2.907	1	1.75	1	0.32	0.2
35	0.26	4.42	1	1.12	0.75	0.22	0.15
47	0.308	5.236	1	0.90	0.56	0.19	0.13
56	0.49	8.33	1	0.88	0.58	0.20	0.20
65	0.465	7.905	1	0.93	0.59	0.18	0.18
72	0.357	6.069	1	1	0.48	0.23	0.14
79	0.383	6.511	1	0.82	0.41	0.27	0.12
86	0.455	7.735	1	0.84	0.62	0.25	0.12
93	0.484	8.228	1	0.77	0.52	0.27	0.10
100	0.655	11.135	1	0.72	0.79	0.27	0.18
107	0.638	10.846	1	0.9	0.8	0.34	0.15
113	0.661	11.237	1	0.63	0.69	0.29	0.16
118	0.762	12.954	1	0.65	0.80	0.30	0.16
121	0.76	12.92	1	0.75	1	0.22	0.18
126	0.782	13.294	1	0.90	1.18	0.27	0.19

Cuadro 7.-Ferti-irrigación en melón.

## Sandia.

En un experimento realizado en el CENID-RASPA (Santiago,2001) con sandia, se utilizo un sistema de riego por goteo-cintilla automatizado superficial, con acolchado azul, con una densidad de 5,333 pla/ha, variedad Peacock WR-124, se utilizo una fertilización de 160-80-00 aplicada en 7 fracciones a los 10 a 15 días, la aplicación del agua fue diaria con laminas de riego de 390.43 mm, durante ciclo vegetativo obteniéndose una producción de 56.51 ton/ha con acolchado.

## Cultivos frutales

### Cítricos

Se muestra información sobre programación de ferti-irrigación para los cultivos de cítricos (Peña, 1996).

Mes	Fertilizante	Dosis (kg/ha)
Enero	Acido fosfórico	50
Febrero	Quelato	8
	Nitrato de potasio	50
Marzo	Nitrato de potasio	50
Abril	Nitrato de amonio	120
Mayo	Nitrato de amonio	140
Junio	Urea 32	200
Julio	Nitrato de potasio	50
	Acido fosfórico	50
Agosto	Urea 32	100
Septiembre	Urea 32	75
Octubre	Nitrato de potasio	50
Noviembre	Quelatos	50
Diciembre	Acido fosfórico	50

El total de nitrógeno aplicado en los fertilizantes corresponde a 233 kg.  
El total de  $P_2O_5$  aplicado en los fertilizantes corresponde a 60 kg.  
El total de  $K_2O$  aplicado en los fertilizantes corresponde a 92 kg.

Cuadro 8.-Ferti-irrigación para limón.

### Cultivos industriales

#### Algodón

En un experimento realizado en el CENID-RASPA con algodón bajo un sistema de riego subsuperficial (Cintilla) y acolchado plástico, con variedades Laguna 89 y New Cotton 32B (transgénica) en poblaciones de 56.000 y 72.000 plantas/ha, bajo los niveles del 50 y 60 % de la evaporación aplicada del riego por cintilla, con una fertilización de 150-60-00 fraccionadas en 10 aplicaciones en periodos de 12 días comenzando el 1 de mayo al 30 de julio de 1998. Los fertilizantes fueron inyectados por un tanque fertilizador hermético. Los rendimientos se muestran en el siguiente cuadro y varia desde 3.06 hasta 6.03 ton/ha para la variedad Laguna 89 y la variedad transgénica, ambas con acolchado plástico (ver cuadro 9).



-Variables de respuesta en los tratamientos estudiados en algodón con riego subsuperficial (cintilla) y acolchado

Tto.	Nivel de Ev.	Variente	Var	Población	Ton ha <sup>1</sup>	Prom. Ton ha <sup>1</sup> Acol. y Variedad	Prom. Ton Ha <sup>1</sup> Nivel Evap. y Variedad	Lámina de riego (cm)	Ton m <sup>-2</sup>	Prom Ton Nivel Evap y Variedad
1	60	Acolchado	Laguna 69	P1	3.06	3.56		76	0.402	
2	60	Acolchado	Laguna 69	P2	4.07			76	0.536	
3	60	Sin Acolchar	Laguna 69	P1	4.43	4.60	4.08	76	0.562	0.537
4	60	Sin Acolchar	Laguna 69	P2	4.76			76	0.629	
5	60	Acolchado	Transgénic	P1	5.27	5.27		76	0.603	
6	60	Acolchado	Transgénic	P2	5.27			76	0.663	
7	60	Sin Acolchar	Transgénic	P1	5.14	5.23	5.25	76	0.676	0.690
8	60	Sin Acolchar	Transgénic	P2	5.33			76	0.702	
9	60	Acolchado	Laguna 69	P1	4.19	4.60		64	0.654	
10	60	Acolchado	Laguna 69	P2	5.02			64	0.764	
11	60	Sin Acolchar	Laguna 69	P1	3.71	3.90	4.25	64	0.660	0.664
12	60	Sin Acolchar	Laguna 69	P2	4.10			64	0.640	
13	60	Acolchado	Transgénic	P1	6.03	6.015		64	0.842	
14	60	Acolchado	Transgénic	P2	6.00			64	0.857	
15	60	Sin Acolchar	Transgénic	P1	5.40	5.51	5.51	64	0.843	0.891
16	60	Sin Acolchar	Transgénic	P2	4.84	5.02		64	0.726	

P1. Población 56,000 plantas ha<sup>-1</sup>

P2. Población 72,000 plantas ha<sup>-1</sup>

Cuadro 9. Variables de respuesta en los tratamientos estudiados en algodón con riego subsuperficial (Cintilla) y acolchado plástico.

## Trigo

Este trabajo se realizó en Caborca Sonora en dos campos experimentales, El primer experimento se sembró el 6 de enero de 1999. con variedad Kronos con una densidad de siembra de 120 Kg/ha La fertilización recomendada fue de 100-50-10 Kg de N-P-K, con una lámina de riego de 62 cm, obteniéndose un rendimiento de 5.0 ton/ha, el segundo experimento se realizó el 12 de enero de 1999 con variedad Rayón f89 con una densidad de siembra de 100 Kg/ha con una fertilización de 100-50-10 Kg de N-P-K respectivamente, con una lámina de riego de 60 cm obteniéndose una producción de 6.0 ton/ha.

En ambas localidades, el sistema de siembra de trigo en goteo redujo el rendimiento en un 6 a 10 % para la primera y segunda localidad. Lo más notable del uso de goteo en trigo fue el ahorro de agua en un 48.3 %.

#### IV. -CONCLUSIONES

1. La ferti-irrigación se debe emplear en riego por goteo donde está comprobado que se puede aumentar respuestas de las cosechas, así como una reducción de hasta un 30-50 % en el uso de agua (Roman 1998).
2. Se puede dosificar el fertilizante en base al crecimiento del cultivo.
3. Se reduce en gran parte la pérdida del fertilizante.
4. El agua de riego debe tener un pH de 6-6.5, y una concentración máxima de sales de 2 grs/L = (3.13 mmhos/cm) si no se cumple con este rango el agua debe tratarse con ácido sulfúrico (Peña 1993).
5. Con la ferti-irrigación en goteo se obtiene eficiencias de aplicación de hasta un 95 % (ITAL 1999).
6. Se obtiene una mayor eficiencia de distribución de 90%, esto indica que las plantas reciben la misma cantidad de agua y fertilizante (ITAL 1999).
7. La ferti-irrigación se debe emplear en suelos arenosos donde se obtienen mejores rendimientos (Godoy 2000).
8. De acuerdo con esta monografía realizada, la ferti-irrigación se ha empleado en su mayoría en cultivos hortícola ya que es donde se han obtenido mejores resultados y rentabilidad económica, sin embargo también se ha explorado en forrajeros e industriales.



## V.- BIBLIOGRAFÍA

- Burgueño, H. 1996. Ejemplos reales de fertigación en papa y melón, Memorias Inéditas de Curso de "Primer curso Nacional de Fertirrigación" INIFAP-SAGAR, 1996 P.92-97, Culiacán, Sinaloa, México.
- Burgueño, H. 1994. La Fertigación en cultivos Hortícola con acolchado plástico, Vol. 1, P. 19-32, Culiacán, sin. Méx.
- Burgueño, H. 1995. La Fertigación en Cultivos Hortícola con acolchado plástico, Vol. 2. P 8-12, Culiacán, sin. Méx.
- Godoy, A.,C. 2000. Las ventajas de la Ferti-irrigación, Artículo de divulgación del Siglo de Torreón, Campo Experimental la Laguna-INIFAP, 2000 P. 8-E, Torreón, Coah. Méx.
- ITAL, 1999. Curso de Fertirrigación y Quimigación, Artículo de divulgación, ITAL No. 10, 1999 P 97-103, Torreón, Coah. Méx.
- Kondón, L., J. 1997. Avances del programa Nacional del uso eficiente del agua y Fertirriego en el INIFAP, Campo experimental la Laguna-INIFAP, 1997 P. 40-43. Torreón, Coah. Méx.
- Peña, P.,E. Montiel, G.,M. 1998. Manual Practico de Fertirriego, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1998 P.18-20, Jiutepec, Mor. Méx.
- Peña, P.,E. 1993. Riego y Fertirriego, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1993 P.37-40, Jiutepec, Mor. Méx.
- Roman, L., A. 2002. Automatización del riego con cintilla en el cultivo del Maíz (Zea Mays L.) Publicaciones semestrales s de publicación científica, Vol. 2 Num 1, P. 18-24, UJED-FAZ, SEP-CONACYT. Venecia, Dgo. Méx.

- Roman, L., A. 1997. Generalidades sobre el riego por Goteo y su Automatización, Memorias de curso Inéditas de "Riego por goteo y su automatización" CENID-RASPA, INIFAP-SAGAR 1997 P. 1-35, Gómez palacio, Dgo. Méx.
- Roman, L.,A. 1998 (1). Componentes y aspectos básicos de Ferti-irrigación en Sistemas de Riego Presurizados, CENID-RASPA, INIFAP-SAGAR. 1998 P. 5-10, Gómez palacio, Dgo.Mex.
- Roman,L.,A. 1998 (2). Importancia de la selección adecuada del Fertirriego, CENID-RASPA, INIFAP-SAGAR. 1998, Artículo de divulgación, P. 1-5 Gómez palacio, Dgo. Méx.
- Santiago, R., M. et al, 2002. Curvas de absorción Macronutritional en Sandía con Fertirrigación Goteo-Cinta y acolchado plástico, Memorias de la XIV semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED 2002 p. 125-132, Gómez palacio, Dgo. Méx.