

3  
29



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**SISTEMA DE RIEGO SUBTERRANEO POR  
DIFUSION**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**  
**INGENIERO AGRICOLA**  
**P R E S E N T A :**  
**J. ALFREDO ARMENTA LOZA**

Director: M. en C. Edvino J. Vega Rojas

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1989

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

## C O N T E N I D O

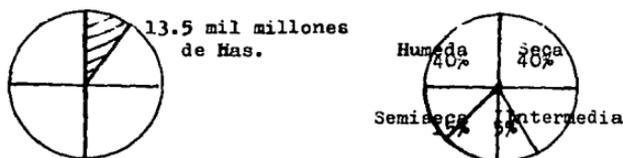
	PAG.
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVO	4
III. REVISION DE LITERATURA	4
3.1 Importancia de la optimización del agua de riego	4
3.2 Importancia del agua para las plantas	9
3.3. Relación Agua-Suelo-Planta	12
3.3.1. Agua	12
3.3.2. Suelo	16
3.3.3. Planta	18
3.4. Sistema de riego	22
3.5. Riego subterráneo por difusión	26
3.5.1. Antecedentes	26
3.5.2. Definición	26
3.5.3. Principios	26
3.5.4. Funcionamiento	27
3.5.5. Fabricación de las bujías	28
3.5.4.1 Formulación utilizada	28
3.5.5.2 Preparación del material	28
3.5.5.3 Extrusión y horneado	29
3.5.5.4 Material y equipo para la fabricación	30
3.5.6. Material y equipo para el establecimiento del sistema	36
3.5.7. Ventajas y limitantes	37
3.5.8. Diagrama	38
3.5.9. Resultados obtenidos	39

IV.	CONCLUSION	43
V.	BIBLIOGRAFIA	44
VI.	ANTEPROYECTO DE INVESTIGACION	50

## I. INTRODUCCION

Una parte considerable, o la mayor parte del territorio de la mitad de los países del mundo está constituido por zonas áridas o semiáridas, regiones de escasa o muy variable precipitación que abarcan más o menos la tercera parte de la superficie útil de la tierra en el mundo (1)

De 13.4 mil Millones de Has. mundiales, cerca del 11% se cultiva, de esos, el 40% se encuentra en zonas húmedas, 40% en zonas secas, el 15% semisecas y el 5% en zonas intermedias (2).



El agua disponible de la tierra es aproximadamente de 1,500 millones de Km<sup>2</sup> de los cuales el 7% corresponden a aguas dulces.

Este 7% se distribuye de la siguiente manera: (3)

<u>Ubicación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>%</u>
Humedad atmosférica	15,000	0.01
Casquetes polares y glaciares de Montaña	3,334,000	3.10
Ríos, Lagos y lagunas	208,000	0.19

<u>Ubicación</u>	<u>Cantidad</u>	<u>%</u>
Retenida en el suelo, plantas y animales	127,500	0.12
Subterráneas (hasta 16 Km. de profundidad)	100,858,000	96.58
	<u>104,542,500</u>	<u>100.00</u>

el mayor% corresponde al agua subterránea, (96.58%) cuyos costos para utilizarla son elevados pero con el incremento de la demanda se hace necesario encontrar alternativas par el uso más racional de la misma.

En México tenemos que mas del 50% del territorio es semiárido, siendo necesario incrementar la investigación sobre nuevos métodos de riego, con la premisa de utilizar eficientemente el agua y el suelo.

La integración de las diferentes disciplinas para tratar de solucionar la problemática trae consigo una visión multipolar del mismo, que en caso de los métodos de riego se consideran tres puntos diferentes:

- a) Técnicamente, la Ingeniería como un conjunto de estructuras necesarias para captar, conducir y distribuir el agua.
- b) Económicamente, como una comunidad de unidades de producción y como tal las inversiones de capital, debe estar en relación a la obtención de beneficio directo o marginal que permita la recuperación del capital.
- c) Socialmente, que permita la distribución equitativa de la tierra al agricultor que la trabaje y garantice que sus cosechas no sufrirán por la falta de agua (4).

Con esta visión multipolar los esfuerzos se encaminan a la solución de problemas del hombre, los cuales hay que entenderlos y solucionarlos, siendo necesario ser agronomo y tener conocimientos de economía y sociología, para penetrar en el mundo rural y al proceso técnico, social y económico que nos darán los elementos que facilitan de modo técnico y humano el paso a una agricultura tecnificada lo cual no implica la negociación de las antiguas formas de producción (5)

Para ello se plantea el sistema de riego por difusión como una alternativa para utilizar de una forma más eficiente el recurso agua.

Así en el planteamiento e investigación sobre diferentes modalidades en los sistemas de riego es: (6)

Técnicamente:

- a) Control de la entrega de agua a la planta
  - b) Reducción de los límites de la cantidad de agua empleada
- (7)

Social y Económicamente

- a) Aumentar la tasa de beneficio-costos
- b) Factibilidad de empleo de los nuevos métodos investigados en áreas marginadas

De tal manera la investigación tiene una estrecha relación con el desarrollo social y económico, tomando en cuenta (7)

- a) Diferencias entre el nivel de las fuerzas productivas, la ciencia y la técnica (razones culturales y económicas).
- b) Modificaciones en la demanda de materias primas
- c) Dificultades para el desarrollo cultural y científico

## II. OBJETIVO

En base a los antecedentes del riego subterráneo por difusión proponer un proyecto de investigación a realizar con el cultivo del rabanito.

## III. REVISION DE LITERATURA

### 3.1 IMPORTANCIA DE LA OPTIMIZACION DEL AGUA DE RIEGO.

El agua conjuntamente con el suelo, la atmósfera y las plantas son elementos que se combinan para que haya producción de alimentos, entendiendo estos como aquellas sustancias que proporcionan al organismo humano lo necesario para que cumpla con su crecimiento los procesos de respiración y constitución de sustancias de reserva, también para el suministro de la energía requerida en el desarrollo de las funciones vitales.

Para el año 2000, habrá una población mundial de más de 6,350 millones de seres humanos, y el 90% del crecimiento se dará en los países más pobres (8)

La expansión alimentaria y agrícola de 1980 al año 2000, se caracteriza por un estancamiento y una tendencia al déficit de producción en la mayor parte del mundo (10) Lo cual provocará hambre y enfermedades en los países menos desarrollados pronosticándose un incremento en las deficiencias físicas y mentales de una parte considerable de la humanidad. (8)

La escasez regional del agua tenderá a verse agravada, aunado al incremento poblacional (8).

El crecimiento de la superficie cultivable representará solo una cuarta parte del incremento con la producción agrícola, - el resto dependerá del aumento de los rendimientos, de la intensidad del cultivo, del uso adecuado del agua y del suelo.

Las áreas de regadío deberán proporcionar casi el 50% de la producción pero el 84% del total de la superficie cultivable carecerá de riego (9)

Así las zonas de regadío deberán pasar de 105 millones de Has. a 148 millones de Has. (9) pero debido a que el ciclo hidrológico de la tierra se está alternando por factores tales como la erosión del suelo, pérdida de tierras labrantías por desarrollo urbano, el incremento de la contaminación del agua y aire, etc. provocará o está provocando la escasez con mayor frecuencia y de manera más severa del agua, ya sea a nivel de regiones o a nivel mundial (9) siendo necesario incrementar la atención a las necesidades de tierras de secano, zonas con suelos o con clima que causen problemas a la agricultura, - asimismo, los cultivos de subsistencia {leguminosas, cereales, raíces, hortalizas} para mejorar el equilibrio de la alimentación, se deben incrementar.

En el caso de los países con un menor desarrollo económico, es necesario replantear los niveles de investigación básica: cuyos resultados son a largo plazo y de gran costa, (5)

México, con una población de 68 millones de habitantes y con una tasa de incremento poblacional alta (3%) y en donde cerca del 50% de la población económicamente activa (PEA) se dedica a labores agrícolas. Existe la necesidad de incrementar - constantemente la producción agrícola (10) así la producción dependerá del rendimiento por unidad de superficie (11) y no del incremento de la frontera agrícola ya que en el caso del área de riego, se tendrá que incrementar casi un 50%. (11)

En 1986, la UNICEF indica que México figura entre los países de alto riesgo de desnutrición y de morbilidad infantil es un modelo negativo de nación alimentaria dependiente del periodo (1983 a 1987) ya que el crecimiento agrícola es inferior al - demográfico (0.76 y 2.8 % respectivamente) (12)

Orive (1970) citado por Aguilera (13) siguiendo a método de Lowry y Johnson clasificó al País, de acuerdo a las necesidades de riego en:

<u>CLIMA</u>	<u>P.P. MEDIA ANUAL EN M. M.</u>	<u>% DE SUPERFICIE DEL TERRITORIO NACIONAL</u>	<u>OBSERVACIONES</u>
ARIDO	400	62.8	RIEGO INDISPENSABLE
SEMIARIDO	400 - 600	31.2	RIEGO NECESARIO
SEMIHUMEDO	600 - 1500	4.5	RIEGO CONVENIENTE
HUMEDO	1500	1.5	RIEGO INNECESARIO

Por las características geográficas del territorio nacional, el agua se distribuye de manera desigual al norte del país con escasez, al centro con niveles medios y erráticos y en el sureste altas precipitaciones (14).

En México, la sobreexplotación de los mantos acuíferos en diversas zonas del país está provocando una creciente salinización, así también la utilización excesiva de agroquímicas y de aguas residuales urbanas (14).

La investigación en técnicas que ayuden a elevar los rendimientos depende de encontrar la relación que existe entre la cantidad requerida de agua (uso consuntivo) para su óptimo desarrollo y la cantidad de agua disponible (lluvia y/o riego) (17)

Al no ser satisfactoria la cantidad y distribución de la lluvia se presentan tres alternativas:

- a) cambio a cultivos que tengan menores requerimientos,
- b) sacrificar cierto % del área para la captación de la lluvia.
- c) explotaciones mixtas (temporal con riego).

Se debe reforzar la investigación en lo referente a sistemas de riego que permitan el uso más eficiente de agua; de tal forma que se procure obtener una mayor producción por metro cúbico de agua usada.

Así la agricultura tendrá que justificar el agua que usa y las necesidades agrícolas deberán competir con otras demandas de tal manera que el agua debe emplearse tan eficientemente como sea posible. (18)

Así tenemos que 2/3 partes del territorio se encuentra bajo condiciones de aridez o semiaridez, con bajas precipitaciones que resultan insuficientes para la producción de cultivos de temporal (1) lo cual aunado a las altas temperaturas que favorecen la evaporación rápida del agua es necesario usar y conservar el recurso agua.

En México se cuenta con 400 mil millones de M3 en forma de escurrimiento superficial que corresponde al 25% de precipitación pluvial media anual, y el resto se pierde por filtración y evaporación (14) pudiendo comprenderse por este rubro la baja productividad agrícola que se tiene (10) de ese 25%, 33% es para riego.

Teniendo actualmente una problemática que se pueda considerar de manera general como:

- a) La necesidad de aumentar la producción para satisfacer la demanda creciente de productos para la alimentación.
- b) La necesidad de aumentar los ingresos rurales con el fin de satisfacer las necesidades básicas de la mayor parte de la población los campesinos (15)

Para la optimización de por lo menos el 33% del agua empleada para riego, se han ideado diferentes soluciones técnicas las cuales van desde la mejora genética de los cultivos, la utilización de sistemas de riego (goteo, aspersion), para reducir el gasto del agua empleada, la elección de cultivos característicos, empleo de diversos materiales (metal, barro, arcilla, concreto, plástico, P.V.C., etc.) también se han formulado paquetes tecnológicos (revolución verde) que en el caso del tercer mundo es erróneo suponer que los resultados que se obtengan van a ser similares que en el occidente (16).

### 3.2. IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LAS PLANTAS

Para su desarrollo y crecimiento, las plantas requieren de luz calor, agua, bióxido de carbono, oxígeno libre, alimentos minerales, etc., de los cuales el suelo proporciona su mayoría (16) así el agua como uno de los constituyentes de las plantas, es de suma importancia ya que este elemento participa en los cambios entre la planta y el medio exterior tales como la respiración, transpiración, nutrición, además de que (19, 20, 21, 22)

- a) Es el constituyente del citoplasma celular y a veces puede alcanzar hasta un 95% o más del peso total.
- b) El agua participa en un gran número de reacciones químicas que tienen lugar en la célula (hidrólisis y de condensación)
- c) Es el solvente en el que se disuelven muchas otras sustancias y en el que se realizan las reacciones químicas.
- d) Gran cantidad de agua se encuentra en las vacuolas y mantienen la turgencia de las células y de la planta.
- e) Alrededor de cada célula hay una delgada capa de agua que penetra por los microespacios existentes entre el material sólido de la pared celular.
- f) Constituye un medio para el movimiento de sustancias disueltas en el xilema y el floema.
- g) Forma lo esencial de sus tejidos y representa el único medio de nutrición.

Es un elemento esencial para el transporte de materiales en la planta en forma de soluciones, tales como el azúcar, carbohidratos y otros compuestos complejos (23)

Los cultivos, necesitan agua en cantidades adecuadas para poder sobrevivir y producir ya que estan constituidas del 90-95% de agua (23).

<u>ESPECIE</u>	<u>% DE AGUA</u>
Arboles (hojas)	60
Cereales	75
Forrajes	70 - 80
Plantas Jóvenes	80
Legumbres verdes	90
Frutas (melón, esparragos, lechuga)	95

Estas necesidades varían conjuntamente con el desarrollo del cultivo, en consecuencia la demanda aumenta gradualmente desde la germinación de las semillas hasta un máximo en el momento de la floración de granos (24).

En el caso de someterse a Stress, el efecto de esta reducción de humedad no es unicamente cuantitativo, sino también cualitativo, habiendo un incremento en la porción subterránea, como respuestas a dicho stress (25) así tenemos que la superficie foliar transpira de acuerdo a las condiciones de luz por M<sup>2</sup>/por hora lo siguiente (23).

<u>CONDICION</u>	<u>AGUA TRANSPIRADA EN GRAMOS</u>
Oscuridad	3
Sombra	8
Sol	65

De tal manera que al tener un suministro adecuado de agua, los tejidos vegetales mantienen un alto grado de hidratación.

Es de tomarse en cuenta que los bajos rendimientos que se obtienen, entre otras muchas causas que lo provocan es que no se proporciona la cantidad de agua necesaria y/o que los riegos no se aplican en su oportunidad (25).

La turgidez o estado distendido de la célula de la planta es necesaria para el continuo crecimiento de la misma y una disminución en la turgidez o marchitamiento se refleja en el retraso o inhibición del crecimiento. (27)

Si con el agua y los nutrientes no limitados la producción de hojas es limitada únicamente por factores climatológicos y más específicamente por el monto de la energía radiante disponible

De manera general la producción es el resultado final de numerosas e interrelacionados procesos fisiológicos (fotosíntesis y respiración) pueden afectar el crecimiento, la reproducción (26, 28) el completo desarrollo de la planta, sólo se alcanza si el vegetal dispone permanentemente de toda el agua que necesita (26)

Si la pérdida de agua de las hojas excede la entrada de agua en las raíces estas llegan a estar flácidas, los tejidos no se sostienen la planta se marchita, la fotosíntesis y el crecimiento virtualmente cesa (31).

Dicha falta de agua no reduce únicamente la cuantía del crecimiento de la planta, sino que también modifica su calidad, el efecto más importante es disminución de tamaño, fotosíntesis, área de las hojas, incremento de áreas leñosas, la composición química es afectada (el almidón desaparece, en ocasiones hay incremento de azúcar, se altera el metabolismo del nitrógeno, algunas plantas producen cantidades anormales de pentosa, hemicelulosa y otros compuestos, hay cierre de estomas (13, 18).

### 3.3. RELACION AGUA - SUELO - PLANTA

#### 3.3.1. AGUA

El agua es uno de los compuestos más abundantes y útiles en la tierra. El agua pura es un líquido incoloro, inodoro, insípido y transparente (13, 32), además de ser la única sustancia presente en estado natural sobre la tierra, en tres estados: sólido, líquido y gaseoso (13, 32, 33).

El agua hierve a 100°C (líquido a vapor, punto de ebullición) a los 0°C se transforma en hielo (líquido a sólido, punto de fusión 13, 32), siendo estos valores más altos que otros compuestos, como etanol, acetona, etc. (34)

El calor específico del agua, es el más alto que cualquier otra sustancia, es decir, puede absorber gran cantidad de calor - (13), es útil como agente refrigerante (33), y es medio ideal para los organismos vivos ya que a mayor calor específico, menor cambio de temperatura (34).

Por el calor de fusión (sólido - líquido) permite que el agua al tener una temperatura menor de 0°C, las gotas pueden permanecer líquidas o transformarse en pequeñas partículas de hielo (13) estabilizando el medio ambiente biológico, disminuyendo - así la amenaza de congelación durante el invierno (34).

La tensión superficial es la fuerza de atracción entre moléculas en la superficie de los líquidos.

El agua tiene la mayor tensión superficial que otros líquidos excepto el mercurio (13).

En la planta el 1% del agua se emplea en las reacciones de fotosíntesis, de síntesis orgánica en la hidratación del protoplasma para mantener la turgencia y las estructuras celulares, el restante 99% se pierde por evapotranspiración (20)

Con agua disponible hay mayor desarrollo del vegetal, los azúcares son transformados en celulosa y aminoácidos (polimerización y transaminación respectivamente), a nivel morfológico - las plantas tienen tallos y hojas más largas, delgadas con mayor contenido de agua son más suculentas y el porcentaje de azúcar es más alto (29).

Así tenemos que el agua es uno de los constituyentes que intervienen de manera directa sobre el desarrollo y crecimiento de las plantas, a través de los factores hereditarios y ambientales (30)

#### POTENCIAL HEREDITARIO

- Profundidad y extensión de los sistemas radiculares.
- Dimensiones, forma y área total de las hojas y relación de la superficie interna.
- Número, colocación y comportamiento de los estomas.

#### FACTORES AMBIENTALES

Suelo, Textura, estructura, profundidad, composición química. PH, aireación, temperatura, capacidad de retención de humedad - conductividad hidráulica.

Atmósfera, cantidad y distribución de la precipitación, proporción entre precipitación y evaporación, viento y demás factores que afectan la evaporación y la transpiración.

### Procesos y condiciones de la planta

- Absorción del agua
- Subida de la Savia
- Transpiración
- Equilibrio acuoso interno, tal como la refleja el potencial acuoso, la turgencia, la apertura de las estomas y el ensanchamiento de la célula.
- Efectos en la fotosíntesis, el metabolismo de los carbohidratos y nitrógeno y demás procesos metabólicos.

### Cuántia y calidad del crecimiento

- Tamaño de células, órganos y plantas
- Peso seco, succulencia, clases y cuantía de proporción entre raíz y vástagos.
- Crecimiento vegetativo, versus reproductivo.

Lo anterior muestra como son controladas la cantidad y calidad de crecimiento de la planta, por factores hereditarios y ambientales que operan mediante procesos y condiciones internas de la planta con referencia especial a los factores que afectan las relaciones acuosas [27] dichas relaciones dan como resultado la producción y las podemos reducir, a el momento de agua utilizable independientemente de la disponibilidad de la misma más no a la calidad

Va que los factores (hereditarios y ambientales) son difíciles de modificar es necesario el buscar métodos que nos permitan mantener un suministro adecuado de agua para la realización de las funciones fisiológicas y el mantenimiento de la vida que se manifiesta en el crecimiento. [27]

El agua presenta diferentes tipos de enlaces, el enlace de hidrógeno, el cual provoca que el punto de ebullición sea alto (100°C), cuando el agua se congela los enlaces de hidrógeno hacen que las moléculas se arreglen en estructura más separada que el agua líquida (32) otro tipo de enlace poco común es el iónico (13).

El agua es un solvente casi universal y eso se utiliza para la nutrición vegetal, a través de las soluciones (13).

El agua de riego está clasificada de acuerdo a su composición química y es evaluada de acuerdo a: (13).

- a) Contenido de sales solubles  
Este contenido de sales es nocivo por la presión osmótica en la solución del suelo, que está en contacto con la raíz de la planta (13).
- b) Efecto probable del sodio sobre las propiedades físicas del suelo. Al aumentar la concentración de sodio, se provoca la dispersión y pierde su estructura, causando aireación y permeabilidad deficiente, así como una baja disponibilidad de agua (13).
- c) Contenido de elementos tóxicos para las plantas, los elementos, boro ión cloruro, litio y sodio (13) son tóxicos en pequeñas cantidades.

Así las características químicas del agua determinan su calidad la cual va a determinar el tipo de cultivo a sembrar (además del tipo de suelo).

### 3.2. SUELO

El suelo se refiere a la superficie suelta de la tierra, para distinguirlo de la roca sólida, se define como un material no consolidado sobre la superficie inmediata de la corteza terrestre que sirve como un medio natural para el desarrollo de las plantas terrestres, [13, 35] que ha estado sujeto e influenciado por factores genéticos y del medio ambiente como son el material madre el clima (incluyendo efectos de humedad y temperatura) los macro y microorganismos y la topografía, todos ellos actuando en un periodo de tiempo y originando un producto, el suelo, que difiere del material del cual es derivado en muchas propiedades y características físicas, químicas, biológicas y morfológicas [13, 35].

La composición general del suelo es de:

38% material mineral

12% material orgánico

15-35% solución del suelo

15-35% atmósfera del suelo [13]

Teniendo así tres componentes, sólido (componentes orgánicos e inorgánicos) - líquido (agua y solución del suelo) y gaseosa (CO<sub>2</sub> y oxígeno)

La fase sólida es heterogénea, formada por una mezcla de materiales que se diferencian en su composición, constitución y propiedades.

En la composición encontramos la textura, que es la proporción relativa de arena, limo, arcilla en el suelo [35] la cual afecta las propiedades físicas químicas y biológicas [35] tales como la cantidad de agua que puede almacenar el suelo, el movimiento del agua en el suelo, la facilidad del abastecimiento de nutrientes, agua y aire [13]

En general los suelos se dividen en:

- a) suelos de textura gruesa, en las cuales predominan las arenas (13, 35)
- b) suelos de textura fina, donde predomina la arcilla, con mayor capacidad de absorción de nutrientes, usualmente más fértiles (13, 35).

La estructura, como otro de los componentes, es la forma en que se arreglan las partículas primarias (arcilla-limo-arena) (13,35) o la disposición de los sólidos (36)

Esta afecta a la penetración del agua, el drenaje, la aireación y desarrollo de raíces (13,35) así como la resistencia del suelo a la erosión (37).

La porosidad, es el espacio poroso del suelo no ocupado por partículas sólidas, el cual influye en la capacidad de retención del agua, sobre el movimiento del aire, del agua y del crecimiento de las raíces de las plantas (13) que el agua y el aire se encuentren.

La infiltración, como la entrada y penetración del agua al suelo (13,35) que se relaciona con la percolación como el movimiento del agua a los niveles inferiores del suelo (35).

La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo (37) encontrándose en estrecha relación con la permeabilidad, (facilidad con que el suelo conduce o transmite fluidos) 13

Así una cantidad de agua excesiva desperdicia agua, origina un lavado de nutrientes solubles poniendo fuera del alcance de las raíces de las plantas (38).

### 3.3.3. PLANTA

Casi todos los procesos vegetales están directa o indirectamente afectados por el abastecimiento del agua [13].

Así de la gran cantidad de factores que limitan el crecimiento - de las plantas, el agua es quizá el más importante [39].

El suelo actúa como absorbente del agua de las precipitaciones o del riego, luego, sirve como fuente para las plantas [39]

Las plantas están formadas por dos tipos de agua: [21]

- a) Agua de constitución, que es el agua fijada por la planta
- b) Agua de vegetación, es lo que después de haber transportado las materias nutritivas es evaporada.

Las necesidades de agua varían de 200 a 500 Kg., y en las regiones áridas y semiáridas es de 200 a 800 Kg., de agua, para producir un Kg. de materia seca, sin incluir las raíces [13, 41] estas necesidades son el volumen del agua que requiere el cultivo para producir una cosecha [40] y estas necesidades medias de agua se van incrementando en caso de que el suelo no este fertilizado [13]

Es necesario el tomar en cuenta que hay amplias diferencias con respecto a la cantidad de agua que emplean y para un cultivo en particular, hay también diferencias entre ciclo y ciclo. [20]

El requerimiento de agua se define como la razón entre el peso - de agua absorbida por la planta a lo largo de la época de desarrollo y el peso de la materia seca producida por la planta.

El agua puede entrar a las plantas a través de las hojas, los tallos, las raíces o de las estructuras reproductoras (semillas), pero la mayor parte del agua absorbida por las plantas terrestres penetra por la raíz (13,22).

Las raíces a medida que van absorbiendo el agua disponible - van creciendo y poniéndose en contacto con nuevas zonas de - humedad (29) pero las raíces no profundizan, sino cuando falta parcialmente el agua en la superficie (21).

Así el desarrollo del sistema radicular tiene gran influencia en la capacidad de absorción de agua y por consiguiente en el rendimiento del cultivo. (22)

Cuando el suministro de agua en el suelo es adecuado, los tejidos vegetales mantienen un alto grado de hidratación (42).

Las plantas en crecimiento pierden agua continuamente, la menor pérdida se registra durante la noche y la más alta al mediodía (43)

En la raíz, cerca del extremo de cada raicilla existen pelos que están en contacto directo con las partículas del suelo y con el aire, así mediante la fuerza osmótica y otras, los pelos de raíz extraen el agua del suelo (44)

Así al entrar el agua, el volumen de las células radiculares aumenta y la pared celular incrementa su resistencia (13)

En la planta las partes principales que sirven para mantener las hojas con agua son el xilema y la raíz (13).

El xilema, (conductor de agua) y el floema. (Transportador de azúcares), forman el sistema vascular de la planta (13)

La relación de la absorción de nutrientes y el flujo de agua absorbida, no es afectada con flujos hidricos bajos, en la distribución de los nutrientes (44).

El flujo de agua y nutrientes, se inicia desde la matriz del suelo, la superficie radicular, llega al cilindro vascular y se mueve hacia el xilema y de ahí a las hojas (41, 45)

El agua se evapora por las superficies de la planta en contacto con el aire ahí el agua pasa al estado gaseoso y sale a la atmósfera a través de los estomas (13, 21)

Dentro de la planta, una parte entra en las actividades celulares, otra facilita una corriente rápida de alimentos de una parte de la planta a otra (49)

Así el regulador del movimiento es la transpiración, a medida que es más intensa, mayor es el movimiento de agua (21) y la necesidad de ella.

Estas necesidades de agua han planteado la interrogante de - cuando regar, lo cuál en experimentos realizados en melón, - sandía, repollo, lechuga y maíz, dió mejor resultado el riego diario, el cual produjo un rendimiento alto (42).

En el caso de las brasicas y los forrajes, responden más a un suministro constante de agua a través de su vida (46)

Como regla general, la maduración se retrasa por el riego, pero rara vez es significativa, el riego también puede cambiar la calidad del producto a mejor o peor, según las circunstancias (46)

Así el efecto que se reciente más es la falta de agua, ya que tarda el desarrollo de nuevos tejidos, y si se lleva a cabo - la fotosíntesis, hay acumulación de azúcares (29)

Con agua suficiente, los tallos y las hojas son más largas, -  
delgadas y con mayor contenido de agua, mayor porcentaje de -  
azúcar y más succulentas.

#### 4. SISTEMAS DE RIEGO

En el desarrollo histórico del hombre, el agua ha tenido un papel de suma importancia, ya que las diferentes civilizaciones han estado ligadas íntimamente a dicho elemento.

En la utilización del agua en la agricultura, se han propuesto diferentes métodos de aplicación, los cuales se han orientado a hacer un uso más óptimo.

El agua en la producción de los alimentos junto con otros elementos, influye sobre la calidad biológica de estos, lo cual se considera como la suma de factores individuales, presentes en la planta, que favorecen el metabolismo del organismo vivo (47)

Los métodos de irrigación son para aplicar el agua de una forma completamente uniforme, y así cada parte del área irrigada reciba la misma cantidad de agua (48)

Así, con dichos métodos la cantidad de agua aplicada será de acuerdo a los volúmenes y proporciones que convengan a la capacidad de absorción de las tierras (49)

El consumo del agua por las plantas es influenciada por muchos factores tales como el clima, el agua disponible, el suelo, la topografía, la precipitación, la temperatura, etc. (50) además de la calidad del agua de riego.

Actualmente la problemática social y ecológica que se presenta es:

- a) La necesidad de aumentar la producción para satisfacer la demanda creciente de productos alimentarios (9)
- b) La necesidad de aumentar los ingresos rurales con el fin de satisfacer las necesidades básicas de la mayor parte

- de la población pobre del mundo, los campesinos (9)
- c) la escasez de agua o nivel mundial
  - d) la modificación paulatina de la ecología del planeta

Para tratar de solucionar dicha problemática se han implementado técnicamente el mejoramiento genético, ingeniería genética, adaptación a la sequía, la reutilización y utilización óptima de los recursos destinados a la agricultura.

En el área de riego se han desarrollado diferentes métodos y algunos de los cuales son (51)

## I. SUPERFICIALES

### a) INUNDACION

- a.1. Inundación libre
- a.2. Regaderas en contorno
- a.3. Melgas
- a.4. Curvas a nivel
- a.5. Cuadros

### b) INFILTRACION

- b.1. Surcos
- b.2. Corrugaciones
- b.3. Cama melonera

## II. AEREOS

### a) ASPERSION

- a.1. Semipermanentes
- a.2. Móviles

## III. SUBTERRANEOS

### a) SUBIRRIGACION

- a.1. Ascenso capilar
- a.2. Control de drenes
- a.3. Tuberias porosas
- a.4. Tuberias perforadas

**IV. OTROS**

a) **GOTEO**

a.1. **Fijos**

a.2. **Móviles**

b) **SUCCION**

c) **DIFUSION**

d) **AGROESTEQUIOMETRICO**

**NOTA:** Modificado en el inciso IV, al agregar b,c,d,

La técnica de riego se define como, el conjunto de técnicas y Obras que producen la aplicación artificial del agua al suelo como complemento de la precipitación o suplemento de ella, con el fin de humedecer la zona que se encuentra bajo el sistema radicular de las plantas, de tal manera que las mismas pueden obtener la humedad necesaria para satisfacer sus demandas originadas por la transpiración, formación de tejidos, así como - también por la evaporación del agua del suelo, donde dichas plantas crecen, y se desarrolla con el objeto de obtener de ellas la - máxima producción (52).

Así los métodos y la técnica, convierten el agua de riego del estado corriente a estado de humedad del suelo.

En las últimas décadas el uso de las aguas subterráneas ha adquirido gran importancia por lo que en la mayoría de las - zonas agrícolas importantes, los acuíferos están sobreexplotados (48), alterando el ciclo hidrológico del planeta.

De tal manera que los métodos y las técnicas de riego deben: {2}

- a) Mantener en el suelo el régimen hídrico necesario, así como la aereación, alimentación, salinización y térmico.
- b) Crear una capa de humedad distribuida uniformemente
- c) Garantizar una alta productividad del trabajo
- d) No destruir la estructura del suelo ni provocar la erosión por el agua.

### 3.5. RIEGO SUBTERRANEO POR DIFUSION

#### 3.5.1. ANTECEDENTES :

Las bujías o soportes de barro poroso, pretendieron utilizarse en la extinta comisión para el aprovechamiento de aguas salinas como soporte para membranas tubulares de acetato de celulosa, - para los procesos de desalación por ósmosis inversa (53, 54)

Pero la fragilidad del material obligó a desecharlas de dicho proposito, observandose a la vez la posibilidad de filtrar - aguas con sólidos en suspensión (54) y así utilizarlo en filtros para potabilizar agua en zonas rurales y urbanas.

Otra aplicación fue el utilizarlas como sistema de riego, haciendo bujías, las cuales por medio de acoplamiento con otros materiales impermeables mangueras de polietileno nos permiten regar zonas de cultivo.

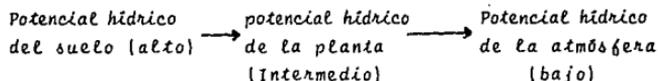
#### 3.5.2. DEFINICION

El sistema de riego subterráneo por difusión se define como el sistema de riego para aplicar el agua y fertilizante, en el - suelo en forma localizada, poniendo a disposición de la planta los elementos necesarios para el crecimiento y desarrollo de - las mismas, con el suministro de agua de la bujía, hacia el - suelo (53, 54)

#### 3.5.3. PRINCIPIOS

El principio de riego por difusión se base en el movimiento espontáneo del agua del suelo a la atmósfera, de acuerdo a los - potenciales de presión de un potencial alto (suelo) a un potencial bajo (atmósfera)

De tal manera que se puede considerar el siguiente esquema del movimiento del agua de acuerdo al potencial hídrico.

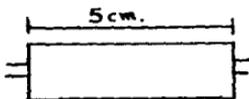


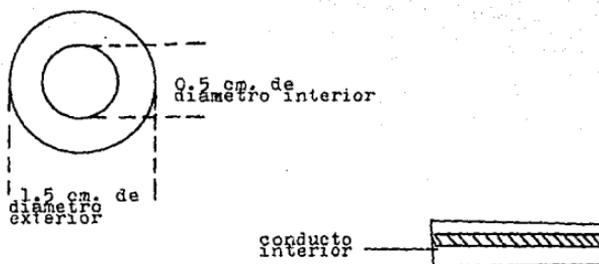
Así la difusión es el proceso por el cual las regiones de una solución tienden a tener la misma concentración de soluto, - cuando la masa de la solución esta en las mismas condiciones de temperatura y presión, así dicho sistema considera la premisa de que la planta puede llevar a cabo todas sus funciones fisiológicas, si por encima del punto de marchitamiento.

#### 3.5.4. FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento del sistema de riego subterráneo por difusión se basa en la capacidad de filtración del agua al suelo en el área próxima a la planta, de tal manera que lo mantiene en un estado de agua aprovechable, para que la planta realice sus funciones fisiológicas (crecimiento y desarrollo) 54.

Dicho sistema de riego consiste en la utilización de una bujía de material filtrante de 5 cm. de longitud, con 1.5 cm. de diámetro exterior y con 0.5 cm. de diámetro interior, con un conducto interior, en el cual circula agua para interconectar se con la línea de riego, principal.





### 3.5.5. FABRICACION DE LA BUJIA

#### 3.5.5.1. FORMULACION UTILIZADA

La formulación de la bujía, empleando los materiales de arcilla del tipo de las montmorillonitas carbón vegetal y agua, fué la siguiente:

90% arcillas  
10% carbón vegetal  
agua

#### 3.5.5.2. PREPARACION DEL MATERIAL

Se rompe la arcilla que tiene forma de bloques, cuadrangulares, con un mazo, posteriormente se pasa a un molino eléctrico, donde se pulveriza, hasta un polvo fino.

Enseguida se pasa a una mezcladora mecánica donde se le agrega el agua y el carbón, hasta obtener una pasta homogénea en 10 - minutos.

### 3.5.5.3. EXTRUSION Y HORNEADO

Al obtener la pasta homogénea, se carga la máquina extrusora y se compacta la pasta durante 10 minutos a una presión de 1500 lbs/pulgada<sup>2</sup>, para obtener un cilindro de una longitud de 1.5 mts., el cual posteriormente se pasa a una mesa de presecado donde se corta el cilindro, a la longitud deseada en esa mesa, se deja reposar por 12 horas a temperatura ambiente, para después pasarla al horno de secado y eliminar la humedad a una temperatura de 150° por 8-10 horas.

Una vez secada, se pasa al horno de cocido en el cual permanece por 8 horas a una temperatura de 87° C, una vez apagado el horno, se deja 24 horas para el enfriamiento de las bujías y se puedan utilizar.

La resistencia de las bujías terminadas a la presión es de 30 lbs.-50lbs/cm<sup>2</sup>, hasta tronar la bujía.

3.5.5.4. MATERIAL Y EQUIPO PARA LA FABRICACION

MATERIAL:

ARCILLA  
CARBON VEGETAL  
AGUA

EQUIPO:

- 1) Cajón de madera
- 2) Marro
- 3) Molino eléctrico
- 4) Tambo de plástico
- 5) Mezcladora
- 6) Homogenizadora
- 7) Máquina extrusora
- 8) Mesa de cortado
- 9) Mesa de secado
- 10) Horno de secado
- 11) Horno de cocido

La descripción del material y el equipo es el siguiente:

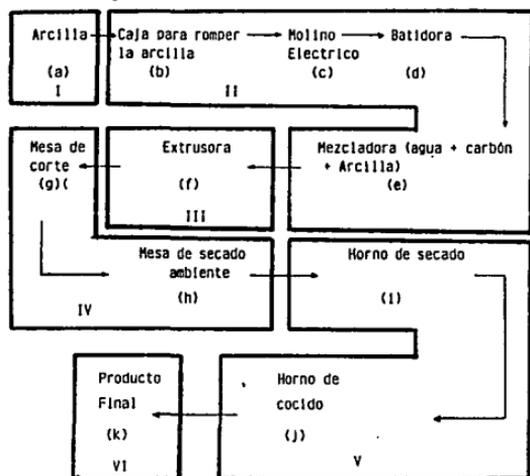
- a) Arcilla, este producto es obtenido del Estado de Oaxaca y es arcilla del tipo de la montmorillonita, esta en forma de bloques.
- b) La caja para romper los bloques es de madera, con medidas de 1 X 1.5 X .50 mts., y para fraccionar los bloques se utiliza un marco de acero, con madera.
- c) El molino eléctrico, es utilizado para hacer polvo la arcilla y es: marca Restch Kg. Type SK1 Nr 117364  
5657 HAAN Watt 1100 Volt 220  
WEST- GERMANY
- d) La batidora es para agregar el carbón mineral y el agua al polvo que se obtiene del molino eléctrico, y es de marca Pavaillex.  
Machine tipo R 40 No. 3830  
Motor Hp 1.5 Volt 220 amp. 4, 8  
Pavaillex 26 Bourg les Valence  
France, made in Denmark
- e) Mezcladora para homogenizar la mezcla que sale de la batidora. Tambo de Plastico con capacidad de 100 lts.  
Mesa de rodillos
- 6) Extrusora desarrollada en el Instituto SEDUE con unidad hidráulica es utilizada para moldeado de las bujías.  
Unidad hidráulica  
Marca Bellows Valvair de México  
Mod. TH 20- 1/1 OC - 1.5 HP - 1700  
Serie MX 872 114

K| Producto final, es la bujía lista para realizar las conexiones del riego subterráneo por difusión.

#### FASES DEL PROCESO DE FABRICACION

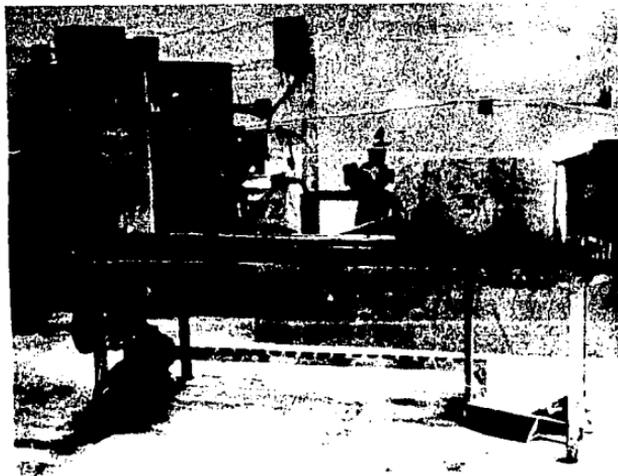
Fase I	Materia prima
Fase II	Arcilla a formulación deseada
Fase III	Moldeado
Fase IV	Secado
Fase V	Secado Horneado
Fase VI	Producto final - ensamble

En el siguiente diagrama se presenta el proceso de fabricación de la bujía para el riego subterráneo por difusión y la maquinaria - utilizada en cada fase.





Fotografía 1. bloques  
de arcilla para hacer  
la bujla de riego



Fotografía 2. Molino eléctrico (1) Batidora (2),  
Mezcladora (3) Horno de secado (4)



*Fotografía 3. Extrusora con unidad hidráulica para el moldeado de la bujía*



*Fotografía 4. Bujía terminada acoplada con manguera de plástico a los lados*

## MOTOR

Marca ASEA  
Motor 3 50/60 H2 Nr 1291  
Tipo mm 90 Lt-4 1.5 Hp  
440/220 v 440/220 v  
50 H2 2.7/5.4 A 60 H2 2.5/5.2 A  
rpm 1445 1725 rpm  
Hecho en México

- g) Mesa de corte, en ellas se realiza el corte de las bujías, la cual tiene una altura de 0.80 X 2.00 mts. de ancho.
- b) La mesa de secado al ambiente, una vez realizado el corte, las bujías se ponen a secar en una mesa de 0.70 m de altura y de 1.50 mts. de ancho.
- i) Horno de secado, posterior al secado ambiente, las bujías se pasan al horno de secado, el cual tiene las siguientes dimensiones 1.70 X 1.05 mts.

Constructora de aparatos industriales S. A. (CAISA)

Modelo E.2.4.2.T volt 220  
Fases 3 Kw 9 Serie 72046668  
Hp 0.25 DGE 4969  
Hecho en México 0-300°C

- j) Horno de cocido, después del secado se pasa al horno de cocido. Marca Constructora de Aparatos Industriales (CAISA)  
Modelo CK 18.36 Volts. 220  
Fases 3 Kw 14 Serie 72076788 Hp -  
DGE 4969 0-1200 °C

### 3.5.6. MATERIAL Y EQUIPO PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA

- Bujías para riego
- Tubo, de P.V.C., de 3/4 pulg. para cementar
- Codo para roscada de 1 pulg. de P.V.C.
- Cople de 3/4 pulg. de P.V.C. de 5 cm.
- Niples de P.V.C. de 10 cm. de 1/2 pulg.
- Tapón capa de P.V.C. de 1/2 pulg.
- Pegamento para P.V.C.
- Manguera de 6 mm. o 1/4 pulg.
  
- Pinzas
- Llaves Stilson, grandes y/o perico
- Cinta selladora aluminizada
- Plas
- Guantes de carnaza
- Llave de paso de 3/4 pulg. con regulador de presión de P.V.C.
- Filtro de agua
- Tuerca unión de P.V.C. de 3/4 pulg.
- Reductor campana de P.V.C. de 3/4 a 1/2 pulg.

### 3.5.7. VENTAJAS

- a) Se elimina o reduce substancialmente el gasto por nivelación.
- b) Se puede regar cantidades mínimas de agua
- c) Se evita el escurrimiento y erosión por agua
- d) Es posible aplicar fertilizante, herbicidas, insecticidas solubles en agua
- e) Es de bajo costo y a largo plazo se amortiza la inversión inicial.
- f) permite el desarrollo de raíz profunda
- g) Es de instalación sencilla
- h) Induce el desarrollo de raíz profunda

### LIMITANTES DEL SISTEMA

- a) Requiere abastecimiento estable de agua
- b) Necesita agua limpia, sin materiales sólidos (arenas, basuras, etc.) o bien la instalación de filtros
- c) Agua sin sales o con baja cantidad de sales (300 1300 ppm).
- d) Agua con bajo contenido de calcio

3.5.8. COSTOS DEL SISTEMA POR 100 m2

<u>CONCEPTO</u>	<u>NUMERO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
Cartucho de riego	320	Pieza	1500	480,000.00
Manguera plástico 1/2 o 6mm.	130	Metros	1000	130,000.00
Tubo PVC/ 3/4 p/cementar	12	Metros	2700	32,400.00
Tapon PVC p/cementar	2	Pieza	500	1,000.00
Filtro de agua	1	Pieza	90000	90,000.00
Cemento PVPC	500	Gramo	15000	15,000.00
Llave globo PVC 3/4	1	Pieza	5000	5,000.00
Tuerca Unión p/cementar	1	Pieza	3500	3,500.00
Reductor Campana de PVC a 1/2 pulgada	2	Piezas	1000	2,000.00
		TOTAL		<u>758,900.00</u>

COSTOS DEL SISTEMA AL AÑO DE 1990 FEBRERO.

### 3.5.9. RESULTADOS OBTENIDOS.

Con el sistema de riego subterráneo por difusión, se ha observado que el crecimiento del vegetal es acelerado, así estos alcanzan la madurez biológica rápidamente lo cual se acelera el agregar nutrientes al agua de riego (53).

En cuanto a la calidad biológica (la suma de factores individuales presentes en la planta que contribuyen al mantenimiento del metabolismo normal del organismo vivo) (45) no se observaron efectos negativos que perjudiquen el desarrollo y crecimiento normal del vegetal.

Así la producción obtenida de lechuga, chile, pimiento, acelga, zanahoria, cebolla, betabel (53) es superior a la que se produce con otros sistemas de riego, los árboles limoneros e higueras, se observan en buenas condiciones sin efecto negativo por la cantidad de agua aplicada (61)

En general tanto para la hortaliza que se ha cultivado, como para los árboles frutales, no se observaron problemas de marchitez, amarillamiento, muerte de la planta.

Al agregar nutrientes al agua de riego, la producción es elevada y el producto de una calidad excelente en floricultura, se trabajó con clavel búlgaro en el cual se observó una floración continua (53).

Con el uso del sistema de riego subterráneo por difusión se han obtenido los siguientes resultados (45)

SISTEMA DE RIEGO	CONSUMO DIARIO POR ARBOL	CONSUMO DIA POR HA.
SUPERFICIAL (SURCOS)	10 Lts.	5000 Lts + 60% POR PERDIDAS POR INFIL- TRACION Y EVAPORACION Y EVAPORACION 8000 Lts.

#### SUPERFICIAL INDIVIDUAL

(TUBERIA DE COMPUERTAS)	10 Lts	5000 Lts
RIEGO POR GOTEO	4 Lts	2000 Lts
RIEGO SUBTERRANEO POR DIFUSION	2.5 Lts	1250 Lts.
RIEGO AGROESTEQUIOMETRICO	0.05 Lts.	25 Lts.

Consumo estimado para un huerto de 1 año de establecimiento de Higuera lote experimental en el comitan BV.C.S. (1985) la población por se consideran 500 árboles.

SISTEMA DE RIEGO	CONSUMO DIARIO POR ARBOL	CONSUMO DIARIO POR HA.
SUPERFICIAL (SURCOS)	80 Lts	22240 Lts + 60% POR PERDIDAS 35584 Lts.

#### INDIVIDUAL

(TUBERIAS DE COMPUERTAS)	80 Lts	22240 Lts
RIEGO MICROASPERSION (+)	28 Lts	7784 Lts
RIEGO POR GOTEO (+)	18 Lts	5004 Lts

RIEGO SUBTERRANEO POR DIFUSION	8 Lts	3224 Lts
RIEGO AGROESTEQUIOMETRICO	0.6 Lts	166.8 Lts

Consumo estimado para huertas de naranjo de 10 años de establecimiento, en el lote experimental en el huerto de San Patricio, B.C. S. en 1985.

La población por Ha es de 278 árboles

- \* Estimaciones establecidas en base a diseños comerciales convencionales.

SISTEMA DE RIEGO	GASTO AGUA/DIA PLANTAS / LTS.	GASTO AGUA/DIA HA/LTS
SUBTERRANEO POR DIFUSION		
MODELO ARCILLA 1975	.28 (1)	140
SUBTERRANEO POR DIFUSION		
MODELO ACRILICO 1985 **	2.5 (2)	1250
SUBTERRANEO POR DIFUSION		
MODELO ACRILICO 1985 **	8 (3)	2224

Tabla comparativa de gasto de agua por el sistema subterráneo por difusión en diferentes años.

(1) De 1 a 3 plantas de zanahoria, cebolla, betabel, chile

(2) Arboles de higuera de 1 año, total 500

(3) Arboles de naranjo de 10 años, total 278

\* INSEQUE

\*\* CIB-BAJA CALIFORNIA

## CONCLUSIONES

El sistema de riego subterráneo por difusión:

- a) Es adecuado para cualquier tipo de cultivo y con cualquier tipo de raíz.
- b) Al utilizar dicho sistema de riego es necesario la asesoría de especialistas, para su planeación y establecimiento.

## VI. BIBLIOGRAFIA

1. UNESCO 1979 La naturaleza y sus recursos. Vol. XV. No. 1  
Enero - Marzo París Francia
2. AIDAROV, GOLOVANOV, MAMAEV, 1985 El riego ed. MIR Moscú, U.R.S.S.
3. RONCE D.V.H.S. PETERSON 1969 Fertilidad y explotación de los  
suelos (trad. José Luis Lepe) 4a. reimpression ed. Continental  
México.
4. GUILLEN, G.J. A., 1980 Evaluación de métodos de riego  
AUCH México (Boletín técnico No. 16 del Depto de irrigación  
de la UACH).
5. S.A.R.H. D.G.E.A. 1980 Algunas ideas sobre la participación de  
la agronomía en el desarrollo rural México (Rev. Econotécnica  
agrícola No. 10 vol. IV Octubre.
6. GOMEZ POMPA PEDRO 1979 Riegos a presión Aspersión y goteo Ed. 2a.  
AEDOS Barcelona España
7. MASERA JOSE LUIS 1979 ciencia Educación y Revolución  
Situaciones 13 U.A.S. Culiacán Sin. México
8. CONACYT 1983 Los recursos del mundo en el año 2000 México  
(Rev. Ciencia y Desarrollo, sept. oct. No 52 NO IX).
9. F.A.O. 1981 Agricultura, Horizonte 2000 Roma Italia (Orga-  
nización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimen-  
tación).

10. PALACIOS VELEZ ENRIQUE 1972 Necesidades de riego en areas de bajo cultivo en la república Mexicana (Bol. inf. de la S.N.C.S.) México.
11. S.A.R.H. I.N.I.A. 1983 Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el uso y manejo del agua (Publicación especial No. 104) México
12. TAMIELA TRETO 1988 Infraconsumo alimentario 7.3 millones de toneladas cifra media de las importaciones anuales de grano (Gaceta UNAM No. 2 267 enero 8, Ciudad Universitaria México
13. AGUILERA CONTRERAS MAURICIO, MARTINEZ ELIZONDO RENE 1985 Relaciones agua, suelo, planta, atmosfera. Ed. UACH. ed. 3a. Chapingo, Méx.
14. PODER EJECUTIVO FEDERAL 1985 Programa nacional de desarrollo rural integral 1985 -1988 México
15. F.A.O. CMCH. ACCION PRODESARROLLO 1983 Ideas y acciones No. 153/5 Roma Italia.
16. THORNE D.W.H.B. PETERSON 1969 Técnica del riego fertilidad y explotación de los suelos 4a. reimpresión ed. continental México.
17. ----- 1976 Tecnología sobre el uso racional de los recursos suelo y agua en las zonas de temporal (Rev. mensual, Ingeniería agronomica marzo No. 2) México
18. L. TISCALE SAMUEL L. NELSON WERNER 198 Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. Montaner y Simón Barcelona, España.

19. GRAJALES MUÑIZ OFELIA, MARTINEZ HOLGIN ELVA. 1983 Apuntes de fisiología vegetal UNAM FES C Cuautitlán, México
20. S.A.R.H. 1956 El agua en relación con el crecimiento de las plantas (Mem. Téc. No. 117 sep.) México
21. J. d' AT de SAINT.-Foule. 1968 el riego por aspersión Ed. Eta., Barcelona, España
22. S.E.P. 1982 Riego y drenaje. Ed. Trillas SEP (manuales para la educación agropecuaria, Area suelos y agua) México
23. M. POITREE, CH. OLLIER 1970. El regadio, redes, técnica y economía de los riegos. Ed. Eta. ed. 2a. Barcelona, España
24. LEVITT, J. 1972 Response of plants to environmental stress Ed. Academic Press. New York U.S.A.
25. PACIOS VELEZ ENRIQUE, JASPEADO G. J. LUIS 1980 Método para estimar la tensión del suelo en función de su contenido de humedad. UACH. (Boletín Técnico No. 14 Depto. de Irrigación de la UACH, sept.) México.
26. VAN KEULEN, H. 1975 Simulation of water use and herbage, growth in arid arid regions ed. Cn Etic for agricultural publishing and documentation Wageningen, Belgica
27. ----- 1966, Water, the yearbook of agriculture, (agua, su aprovechamiento en la agricultura) Ed. Herrero, ed. 2a. México
28. W.H. PIERRE, DON KIRHAM, JOHN PESEK, ROBERT SHAW 1965 Plant environment and efficient water use. ed. American society of agronomy/ soil Science Society of america, visconsin, U.S.A.

29. BALDOVINOS DE LA PEÑA, GABRIEL. 1961 El agua en el desarrollo fisiológico y en el rendimiento de cosechas (Me. tec. 173, Mayo) S.A.R.H. México
30. KRAMER, PAUL J., B. DUKE JAMES. 1974. Relaciones hidricas del suelo y - planta, una situación moderna Ed. UTEX México.
31. W.H. HOGG et al 1981 Sistemas de riego Ed. Acribiá Zaragoza España. (Manuales de técnica agropecuaria).
32. DIKSON, T.R. 1976 Introducción a la química Ed. PCSA México
33. STOLLBERG ROBERT, HILL FAITH FITCH. 1979 Física fundamentos y frontera Ed. Publicaciones cultural México
34. CONN ERIC E., STUMPF P.K. 1960 Bioquímica fundamental Ed. Limusa Ed. 3a. México.
35. ORTIZ VILLANUEVA 1985 Edafología Ed. UACH. Chapingo México
36. O. BUCKMAN HARRY, C. BRADY NYLE 1977 Naturaleza y propiedades de los - suelos Ed. Montaner y Simon, Barcelona España.
37. ORTEGA HERNANDEZ J. VICENTE 1981 Riego por aspersion Ed. UACH Depto. de - Irrigación UACH México
38. S.A.R.H. 1967 Procedimiento para evaluar metodos de riego (mem. tec. No. 249 sep.) México
39. BLACK, C.A. 1975 Relaciones suelo-planta Ed. Hemisferio Sur, buenos Aires Argentina Tomo I.
40. S.A.R.H. 1969 Influencia de la eficiencia del riego sobre las necesidades de agua de los cultivos (mem. tec. no. 268 1o.Abril México

41. S.A.R.H. 1959 *Relación del suelo, el agua y las plantas* (mem. tec. No. 154 1o. Oct.) México
  
42. MOJARRO DAVILA FRANCISCO 1979 *Avances de investigación en la producción de cultivos hortícolas con el método de riego por goteo* Bol. No. 3 - (Cuanto y cuando regar en riego por goteo) S.A.R.H. CENEMAR.
  
43. S.A.R.H. 1956 *La humedad del suelo en relación con el crecimiento de la planta* (mem. tec. 116, 1o. de ago.) México
  
44. SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS, E.U.A. 1973 *Relación entre suelo, planta y agua* Ed. Diana 2a. impresión México (manual de ingeniería de suelos, sección 15 riego)
  
45. CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLOGICAS DE BAJA CALIFORNIA SUR 1985 *Informes 1,2,3, de 1985* Baja California Sur México
  
46. VOISINE ANDRE 1964 *Les nouvelles lois scientifiques de application de engrais* Ed. les presses de L. Université Laval Québec France
  
47. AGROSINTESIS 1986 *La solución son los sistemas hidromecánicos*; Ernest Deutsch. informe especial (rev. No. 11 vol. 17 Nov.) México
  
48. ----- 1979 *Medición del agua de riego seco* 15 Ed. Diana México (Col. Ingeniería de Suelos No. 5)
  
49. S.A.R.H./D.G.U.D.R. 1979 *Uso y manejo del agua de riego* (mem. tec. No. 387 Marzo) México
  
50. GUILLEN GUILLEN J.A. 1980 *Evaluación de métodos de riego* UACH México (Bol. técnico no. 16 Dpto. de Irrigación de la UACH)
  
51. POSADAS DEL RIO C. ROGELIO 1969 *Determinación práctica del uso consuntivo de las principales cultivos de los distritos de riego en México* Chapingo México E.N.A. (2 vol. esp. irrigación)

52. VELASCO VELASCO ISRAEL 1981 Aspectos generales de hidraulico de Pozoa UACH Dpto. Irrigación Chapíngo México (vol. tec. No. 8 Agosto 1981)
53. LLAÑES BETANZOS JOSE G. 1975 Aplicación práctica de las bujias de barro en riego por presión osmotica S.A.H.O.P./DGASSES México
54. LLAÑES BETANZOS JOSE G., ARMENTA LOZA J. ALFREDO 1987 El sistema de riego subterraneo por difusión INSEDUE México
55. MENDEZ RAMIREZ IGNACIO 1989 El Error de Restricción en el diseño y analisis del experimento y Pseudoexperimento IIMAS/ UAM México

ANTEPROYECTO DE INVESTIGACION CON EL RIEGO SUBTERRANEO  
POR DIFUSION

I N T R O D U C C I O N

Considerando que la utilización racional del agua en la agricultura es necesaria y aun indispensable, se propone la utilización del sistema de Riego Subterráneo por difusión.

Con dicho sistema, se pueden producir hortalizas, frutales, y flores sin decremento en la producción y sin afectar la sanidad de la planta, además de reducir costos de operación tales como: fertilización, desyerbes, nivelación, etc.

Al trabajar con el sistema, se proporcionan las condiciones necesarias al cultivo para su óptimo desarrollo y crecimiento, y obtener con esto la mayor producción posible.

Los pasos para llevar a cabo el experimento deben ser rígidos en el manejo y en el tratamiento del cultivo para obtener buenos resultados.

OBJETIVOS

- 1) Determinar la cantidad de agua aplicada con el sistema de riego subterráneo por difusión para producir un área de 100 m<sup>2</sup>.
- 2) Obtener la relación entre la producción de rabanito (Kg) y la cantidad de agua d (en cm.)
- 3) Comparar la producción de rabanito con el riego subterráneo por difusión y riego por surcos, a través de diferentes componentes del rendimiento (hoja, raíz, diámetro del rabanito, etc.)

## MATERIALES

- Bujías para riego
- Tubo, de P.V.C., de 3/4 pulg. para cementar
- Codo para roscada de 1 pulg. de P.V.C.
- Cople de 3/4 pulg. de P.V.C. de 5 cm.
- Niples de P.V.C. de 10 cm. de 1/2 pulg.
- Tapón capa de P.V.C. de 1/2 pulg.
- Pegamento para P.V.C.
- Manguera de 6 mm. o 1/4 pulg.
- Pinzas
- Llaves Stilson, grandes y/o perico
- Cinta selladora aluminizada
- Plas
- Guantes de carnaza
- Llave de paso de 3/4 pulg. con regulador de presión de P.V.C.
- Filtro de agua
- Tuerca unión de P.V.C. de 3/4 pulg.
- Reductor campana de P.V.C. de 3/4 a 1/2 pulg.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental corresponde a un cuasiexperimento en el cual se estudian caracteres observacionales comparativos teniendo como distintivo la no asignación aleatoria de las variables (55).

## METODO ESTADISTICO

Se trabajaran los datos con el modelo de error de restricción (ER), el cual nos permite incluir en el analisis estadístico la aleatorización (aún cuando no haya habido asignación aleatoria de las variable) que representan la ocurrencia de un conjunto particular de niveles de factores de confusión que actuan sobre la variable y los cuales son indistinguibles.

Asimismo, esta aleatorización sirve para eliminar efectos de selección, hacer las pruebas estadísticas más robustas y contra fallas en los supuestos básicos (el dar aleatorización a subunidades y no a grupos de unidades).

De acuerdo al error de restricción, se usaron el modelo siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \lambda_j + \epsilon_{ij}$$

donde:

- $y_{ijl}$  - producción total  
 $\mu$  - media  
 $T_i$  - tratamiento  
 $\epsilon_{e(i)}$  - error de restricción  $e = 1$   
 $L_j(i.e)$  - línea  $j$  en tratamiento  $i$ ,  $j = 1, 2, 3, 4$

El análisis de varianza de la forma:

F v.	gl	SC	CM	F (CM)
Tratamiento	1			
E.R.	0			
Línea/ tratamiento	6			
TOTAL	7			

donde:

- F. v. son la fuente de variación  
 gl grados de libertad  
 SC Suma de cuadrados  
 CM Cuadrado medio  
 F (CM) calculada a partir del CM

Las hipótesis quedan de la siguiente manera

- $H_a$ : si hay diferencia entre tratamientos  
 $H_0$ : no hay diferencia entre tratamientos.

La suma total de cada parámetro, tanto de riego subterráneo por difusión (dad por  $Y1 \dots$ ), y del riego por surcos ( $Y2 \dots$ ) nos da el gran total ( $Y1 \dots + Y2 \dots = Y3 \dots$ ) este es para obtener el término de corrección.

$$\text{Término de corrección} = \frac{Y3 \dots^2}{88}$$

donde 88 es el total de plantas

$Y3 \dots$  en el gran total

Para obtener la suma de cuadrados de tratamiento se utiliza

a) SC tratamientos

$$\text{SC Tratamientos} = \left( \frac{T_{RSD}^2}{44} + \frac{T_{RS}^2}{44} \right) - C$$

$$= \left( \frac{y_{1..}^2}{44} + \frac{y_{2..}^2}{44} \right) - C$$

donde:

$$\frac{y_{1..}^2}{44}$$

total del parámetro (raíz, hoja, diámetro largo de la parte media) del riego subterráneo por difusión al cuadrado sobre el total de plantas de riego.

$$\frac{y_{2..}^2}{44}$$

total del parámetro del riego por surcos al cuadrado sobre el total de plantas de riego.

b) SC línea/tratamiento

$$\sum_i^2 \sum_j^4 \frac{y_{ij} \cdot 2}{11} - \sum_i^2 \frac{y_{i.} \cdot 2}{44}$$

donde

$\sum_i^2$  total de riegos

$\sum_j^4$  total de repeticiones

$\frac{y_{ij} \cdot 2}{11}$  total de las mediciones de las 11 plantas de la línea j en tratamiento i al cuadrado

$\sum_i^2 \frac{y_{i.} \cdot 2}{44}$  termino de la suma de cuadrados

c) SC Total

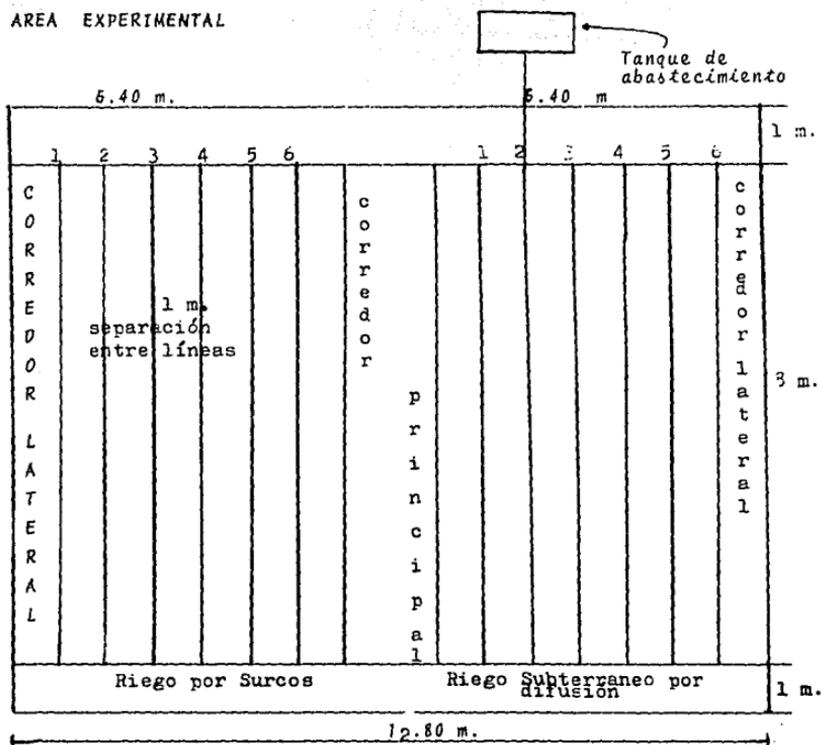
$$\sum_i^2 \sum_j^4 y_{ij} - c$$

total de las mediciones de dos tipos de riego (i) con las cuatro repeticiones (j) menos el termino de corrección.

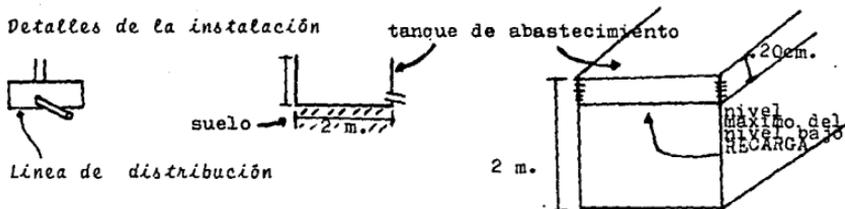
Cuadrados medios

En el caso de los cuadrados medios basta el dividir las sumas de cuadrados entre los grados de libertad correspondientes.

AREA EXPERIMENTAL



Detalles de la instalación



## MANEJO DE DATOS

Para el manejo de datos se tomaron los 4 surcos intermedios.

RAIZ		RIEGO SUBTERRANEO POR DIFUSION				
Planta No.	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Total	
1	10.2	6.9	6.5	8.0	31.7	
2	8.4	9.5	6.6	7.1	32.1	
3	7.7	10.0	9.4	6.7	33.8	
4	7.8	9.5	6.5	9.8	33.6	
5	6.4	5.5	6.3	6.5	24.7	
6	6.9	6.5	11.7	8.1	33.2	
7	4.0	10.1	3.0	8.5	25.6	
8	6.4	8.1	7.0	5.3	26.8	
9	5.9	6.5	6.0	8.4	26.8	
10	11.1	5.0	4.8	7.9	28.8	
11	6.5	6.3	6.5	5.1	24.4	
<hr/>						
	81.9	83.9	74.3	81.4	321.5	
	V11	V12	V13	V14		

Resultado por planta y línea de cada tipo de riego y los totales por plantas de las 4 líneas y por líneas además del total del parámetro.

..... Riego subterráneo por difusión

RAIZ		RIEGO POR SURCOS				
Planta No.	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	total	
1	10.0	7.8	9.5	7.6	34.9	
2	7.3	7.5	7.0	10.6	32.4	
3	7.9	6.9	8.5	6.5	29.8	
4	9.3	8.4	9.3	4.1	31.1	
5	4.7	8.5	7.0	7.7	27.9	
6	8.9	10.4	10.0	9.0	38.3	
7	9.0	10.2	7.1	5.8	32.1	
8	10.9	8.0	5.0	6.9	30.8	
9	8.8	9.2	9.5	8.6	36.1	
10	10.0	7.4	4.7	6.5	28.6	
11	7.9	6.7	10.6	6.8	32.0	
<hr/>						
	94.7	91.0	88.2	80.1	354.0	

V2.. Riego por surcos

Suma de cuadrados

$$\text{Tratamientos } \left( \frac{y_1 \dots^2}{44} + \frac{y_2 \dots^2}{44} \right) - C$$

$$\text{Raíz } \frac{(321.5)^2}{44} + \frac{(354.0)^2}{44} = 5185.23 = 12$$

Línea/tratamiento o línea general

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^4 \frac{y_{ij} \dots^2}{11} - \sum_{i=1}^2 \frac{y_{i.} \dots^2}{44}$$

$$\text{Raíz} = \frac{(89.9)^2}{11} + \frac{(83.9)^2}{11} + \frac{(88.2)^2}{11} + \frac{(80.1)^2}{11} - \frac{(321.5)^2}{44} - \frac{(354)^2}{44} =$$

$$= 5212.51 ; 5212.51 - 2344.76 - 2848.09 = 19.66$$

$$\text{Totales } \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^4 y_{ij} - C$$

$$\text{Raíz} = 5472.63 - 5185.23 = 287.40$$

#### ANDEVA

f. Variación	gl	SC	CM	f. obs.		f. cal
				19f	65f	
Tratamiento	1	12	12	3.46	2.21	3.66
E.R.	0	0	0			
Línea General	6	19.66	3.28			
Total	7	287.4				

$$\text{Raíz f. calculada } \frac{12}{3.28} = 3.66$$

f. calculada es mayor que f. de tablas con 1 y 6 gl.  
por lo cual es probable que haya habido afecto del tratamiento  
en la producción de raíz sobre el testigo (R.S)

### Union de lineas de bujias

Para obtener una linea de riego con las bujias llevar a cabo los siguientes pasos:

- 1) conectar las bujias con las mangueras y si es necesario - pegarlas, la longitud de la linea sera la que requiere el cultivo.
- 2) Si se utiliza pegamento, dejarlo secar por 24 horas y conectarlo a la linea de distribucion.
- 3) Observar si hay fugas en caso que se presenten al hacer - funcionar el sistema, cerrarlo y dejar secar la bujia 24 Hrs. corregir fugas y volver a probar.

### Pruebas preliminares de la Bujia.

- 1) Dejar funcionando el sistema por 24 Hrs.
- 2) Posteriormente realizar las mediciones de gasto por bujia mediante el aforo volumetrico con tres repeticiones.
- 3) Se desecharan aquellas bujias cuyo gasto se aparte considerablemente de las restantes, para tratar de mantener el mismo gasto por linea.

### Del Suelo

- 1) Enterrar las bujias (la profundidad dependera del suelo cultivo) y dejar funcionando el sistema de 24 - 36 Hrs
- 2) Despues del tiempo transcurrido medir el buble de mojado (largo, ancho, profundo).
- 3) Hacer los ajustes necesarios en el arreglo de bujias para lograr el humedecimiento continuo de una faja de terreno a lo largo de la linea.

### Conducción y toma de datos

- a) Mantener el nivel del tanque de abastecimiento, llenarlo y reabastecerlo cuando llegue a 20 cm. bajo el nivel superior del tanque.
- b) Para regar es necesario conocer los parametros de capacidad de campo (CC), punto de marchitez permanente (Pmp) humedad aprovechable (Ha), espesor del suelo y densidad aparente
- c) Conocer las necesidades de agua del cultivo para planear el lapso entre riegos y calendarizar los mismos.
- d) Lo anterior nos permitirá decidir cuando y cuanto se deba regar

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA