

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

UNIDAD LAGUNA

DIVISION DE CARRERAS AGRONOMICAS



**"RIEGO POR ASPERSION, SU DESCRIPCION Y POSIBILIDAD DE ADOPCION
EN LA COMARCA LAGUNERA**

POR

FERNANDO OSTOS CRUZ

MONOGRAFIA

PRESENTADA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

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

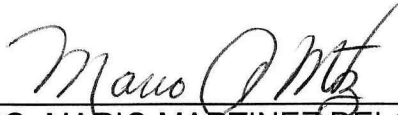
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACION

ASESOR PRINCIPAL:



M. C. ABEL ROMAN LOPEZ

COASESOR:



ING. MARIO MARTINEZ DELGADO

COASESOR:




M. C. ALEJANDRO MORENO RESENDEZ

COASESOR:



ING. FEDERICO VEGA SOTELO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONOMICAS



ING. ROLANDO LOZA RODRIGUEZ

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

INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACION

APROBADA

PRESIDENTE: _____


M. C. ABEL ROMAN LOPEZ

VOCAL: _____


ING. MARIO MARTINEZ DELGADO

VOCAL: _____


M. C. ALEJANDRO MORENO RESENDEZ

VOCAL SUPLENTE: _____


ING. FEDERICO VEGA SOTELO

**COORDINADOR DE LA DIVISION DE
CARRERAS AGRONOMICAS**


ING. ROLANDO LOZA RODRIGUEZ



COORDINACION DE LA DIVISION
DE CARRERAS AGRONOMICAS
UAAAN - UL

DEDICATORIAS

A MI PADRES

Sra. Josefina Cruz Reyna.
Sr. Fernando Ostos Taméz

Gracias madre por todo el apoyo incondicional que me has dado.

A MIS HERMANOS:

Moisés David O. C., Simón O. C. Y Jarla Yanet O. C.

Por el apoyo que siempre me brindaron por todo este tiempo de sacrificio, de lejanía y porque siempre estuvieron conmigo. "gracias" familia.

A MI NOVIA.

Ing. Claudia Sarabia Flores. Gracias por todo el apoyo que me has dado amor.

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS, creador de todo lo que existe, a quien por momentos he olvidado, te agradezco por haberme dado la oportunidad de vivir esos momentos tristes y esos momentos de alegría que me han hecho amar la vida y por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi ALMA MATER, por haberme albergado en su seno y por haber probado la generosidad de un gran Filántropo: el Sr. Antonio Narro Rodríguez, donde quiera que se encuentre verá con satisfacción que no le hemos fallado.

Al M.C. Abel Román López, por su orientación y su constante asesoramiento durante la elaboración y revisión de este trabajo, con respeto y admiración hacia su persona.

Al Ing. Mario Martínez Delgado por su valiosa participación en la realización de este trabajo, gracias por todo lo aportado, y gracias por todos los conocimientos aportados a mi persona.

Al M.C. Alejandro Moreno Resendez. Por su amistad y orientación hacia mi persona, gracias "malandro"

Al MC. Sergio Hernández Rodríguez, por su amistad y colaboración para concluir este trabajo.

A mis compañeros de la universidad, especialmente a Alejandro, Diana, Ana rosa.

A todos mis amigos, Leobardo Ramírez, Omar Muñoz, Amador Cuanalo, Raul Lorenzo, , Ramiro Infante, Aurelio, Abel, Tribi , Arturo Palma, Tomas Jiménez,

INDICE GENERAL

Indice de cuadros.....	iii
Indice de figuras.....	iv
I. Introducción.....	1
II. Revisión de literatura.....	3
2.1. Caracterización geográfica de la Comarca Lagunera.....	3
2.2. Clasificación de los sistemas de riego por aspersión.....	10
2.2.1. Ventajas de los sistemas de aspersión.....	11
2.2.2. Desventajas del riego por aspersión.....	11
2.3. Cuestionario de meditación sobre la adquisición de un sistema de riego en general.....	12
2.4. Sistema de aspersión fijo.....	13
2.4.1. Sistemas de aspersión semifijo.....	15
2.4.2. Tubería rodante mecanizada (side roll).....	16
2.4.3. Pivote central.....	18
2.4.4. Avance frontal.....	20
2.4.5. Cañón viajero.....	21
2.5 Factores básicos para realizar una adecuada selección de un sistema de riego por aspersión.....	26
2.5.1. Fuente de abastecimiento de agua.....	26
2.5.2. Acuíferos de la Región Lagunera.....	28
2.5.3. Características de los suelos en la Comarca Lagunera.....	30
2.5.4. Cultivos principales más frecuentes en la Comarca Lagunera.....	35
2.5.5. Superficie agrícola más frecuente en la Comarca Lagunera.....	38
2.5.6. Aspectos económicos de los sistemas de riego por aspersión.....	39
III. Conclusiones.....	40
IV. Revisión de literatura.....	45

INDICE DE CUADROS

NUMERO		PAGINA
1	Clasificación de los sistemas por aspersión.....	10
2	Características geológicas y geoquímicas de los acuíferos de la Región Lagunera.....	28
3	Valores porcentuales de c.c., pmp y humedad aprovechable en la textura migajón arcilloso del campo experimental del CENID-RASPA.....	31
4	Cultivos tolerantes a la salinidad. de acuerdo con su menor tolerancia dentro de cada grupo.....	36
5	Profundidades radiculares de algunos cultivos.....	37
6	Posición de las variantes del riego por aspersión en forma ascendente de menor a mayor.....	40
7	Resumen de los aspectos básicos para la selección de un sistema de riego por aspersión en la Comarca Lagunera...	43
8	Aspectos básicos para la selección de un sistema de riego por aspersión.....	44

INDICE DE FIGURAS

NUMERO		PAGINA
1	Variación de la temperatura en la Región Lagunera.....	4
2	Variación espacial de la precipitación pluvial en la Región Lagunera.....	4
3	Evaporación, temperatura media y radiación solar promedio en la Región Lagunera en un periodo de 20 años de 1978 a 1998 (CENID-RASPA, 1999).....	5
4	Velocidades medias del viento en la Región Lagunera.....	6
5	Textura de los suelos en Distrito de Riego 017 en la Región Lagunera.....	8
6	Distribución de la salinidad en el Distrito de Riego 017 en la Región Lagunera.....	9
7	Acoplamiento fácil en tubería de aluminio.....	23
8	Válvula hidrante de acoplamiento rápido para conectar la lateral con la tubería principal.....	23
9	Válvula de hidrante para que una lateral funcione mientras el otro se cambia.....	23
10	Bomba de pozo profundo propulsada por un motor eléctrico.....	23
11	Sistema de riego por aspersión semifijo.....	24
12	Sistema de riego por aspersión portátil con un solo lateral.....	24
13	Sistema de riego por aspersión portátil con tres laterales.....	24
14	Influencia de la velocidad del viento en la uniformidad de aplicación del aspersor.....	24
15	Tablero de control de un pivote central.....	26
16	Punto de anclaje del pivote central.....	26
17	Pivote central con aspersores de baja presión.....	26
18	Acercamiento del aspersor de un pivote central.....	26
19	Localización de los acuíferos en la Región Lagunera.....	29
20	Curvas de infiltración acumulada e instantánea.....	33
21	Porcentajes de los cultivos más frecuentes en la Región Lagunera.....	35

I INTRODUCCION.

Dentro de los pilares de la economía de cualquier país se encuentra el área agrícola, la cual a nivel mundial tiene un desarrollo muy lento, sin embargo la situación es muy simple sin alimentos pone en peligro la existencia del ser humano, por lo anterior se deben utilizar técnicas más avanzadas dentro de la producción agrícola.

Dentro de esta área agrícola se tiene la utilización del agua por las plantas para que estas se puedan desarrollar correctamente, esta más que comprobado que la forma de aplicar el agua a las plantas afecta sensiblemente la producción de las mismas.

A nivel nacional las técnicas de riego tienen mayor auge en las zonas áridas y semiáridas, ya que éstas se caracterizan por tener muy poca precipitación pluvial, temperaturas altas, la extracción del agua se hace de los mantos acuíferos, entre otras características climáticas, edafológicas etc.. es en este tipo de regiones donde se deben aplicar técnicas de riego más eficientes como: riego localizado, riego por aspersión y riegos tradicionales (superficiales). En los primeros sistemas se puede llegar a alcanzar eficiencias de aplicación de 90 – 95 %, (Kenneth H. Solomon 1990) aunque su costo inicial es muy alto, en los sistemas de aspersión se pueden llegar a tener eficiencias de 60 - 90%,(Kenneth H. Solomon 1990) y su costo de adquisición no es tan alto como el riego localizado, y en los sistemas de riego tradicional su costo inicial es muy bajo comparado el riego localizado y por aspersión, sin embargo su eficiencia de aplicación del agua es también muy bajo y aunado a las constantes sequías se posibilita el uso de los riegos presurizados.

Una de las regiones del país con este tipo de características es la Comarca Lagunera, la cual es considerada como una zona semiárida, más sin embargo la Comarca es la cuenca lechera más importante del país y como consecuencia ha tenido un desarrollo rápido, por lo que su agricultura debe tener la capacidad para sostenerla.

Por todo lo anterior la finalidad del presente trabajo es que los agricultores, estudiantes, técnicos, profesionistas; puedan contar con información elemental sobre los sistemas de riego por aspersión (funcionamiento, factores más importantes relacionados con el suelo, planta, clima, superficie agrícola y económicos). Para que en un momento dado al adquirir o recomendar un sistema de aspersión tengan un idea general del sistema en cuanto a ventajas, desventajas y de los requisitos de cada una de las variantes de este tipo de sistema de riego.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. CARACTERIZACION GEOGRAFICA DE LA COMARCA LAGUNERA.

La Región Lagunera está localizada en la región semidesértica del Norte de México. Comprende partes del Suroeste del estado de Coahuila y Noroeste del estado de Durango. Se ubica geográficamente entre los meridianos 102°15'36" y 104°45'36" de Longitud Oeste y entre los paralelos 24°22'12" y 26°47'24" de Latitud Norte (PROGRESA, 1995).

Los climas principales de acuerdo a la clasificación climática de Koeppen, modificada por García, son de estepa (BS) y desértico (BW), los cuales van desde muy secos a secos y de muy cálidos a templados. Las lluvias se presentan en el verano en todos los casos.

La variación espacial de la temperatura media anual y la precipitación pluvial anual en la Región Lagunera se presentan en las figuras 1y 2. Estas características determinan tres ambientes principales de acuerdo a la clasificación de Medina *et al.* (1998): subtropical árido cálido, subtropical árido semicálido y subtropical árido templado. El área del Distrito de Riego 017 donde se lleva a cabo la agricultura, se ubica en el ambiente subtropical árido semicálido con temperatura media anual de 20.6 °C y rango de 18.7 a 21.3 °C. La precipitación varía de 150 a 250 mm al año en esta área y ocurre principalmente en el verano. La evaporación anual es 2473 (Mcal/cm²) con rango de 2740 a 2364.

El clima en la región presenta también variaciones a través del año y entre años. La figura 3 presenta las variaciones promedio en temperaturas media, evaporación y radiación solar observadas a través de 20 años (1978-1998) en la estación meteorológica del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria de la Relación Agua-Suelo-Planta (CENID-RASPA) perteneciente al instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, localizado en Gómez Palacio Dgo.



Figuras 1 y 2. Variación espacial de la temperatura y precipitación pluvial en la Región Lagunera.

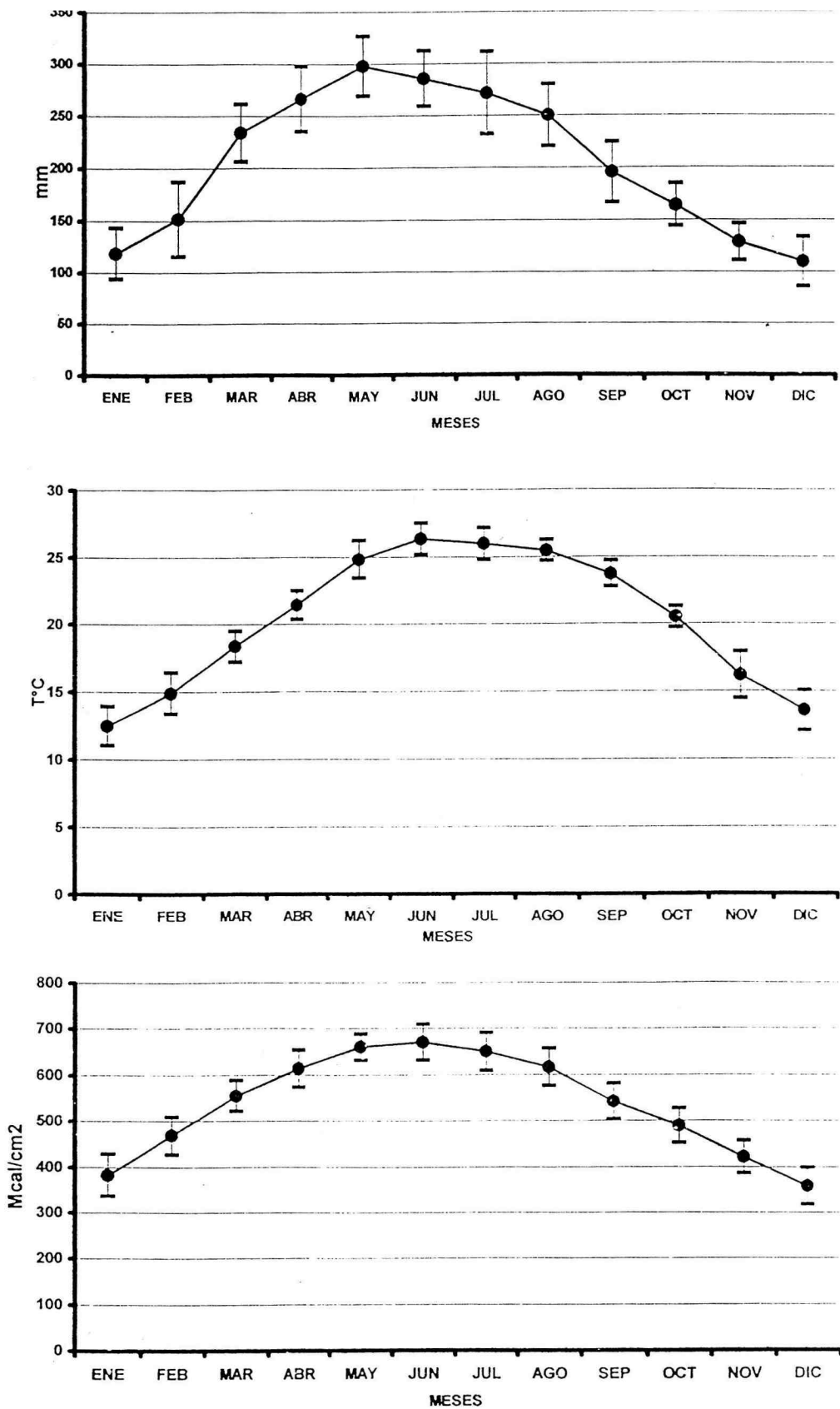


Figura 3. Evaporación, temperatura media y radiación solar promedio en la región Lagunera en un periodo de 20 años de 1978 a 1998 (CENID-RASPA, 1999).

En la figura 4 se presenta la el comportamiento de los viento en la región, en la cual se puede apreciar que las velocidades máximas que se presentan en los meses de marzo a abril (mayores de 10 km/hr pero menores de 15 Km/hr).

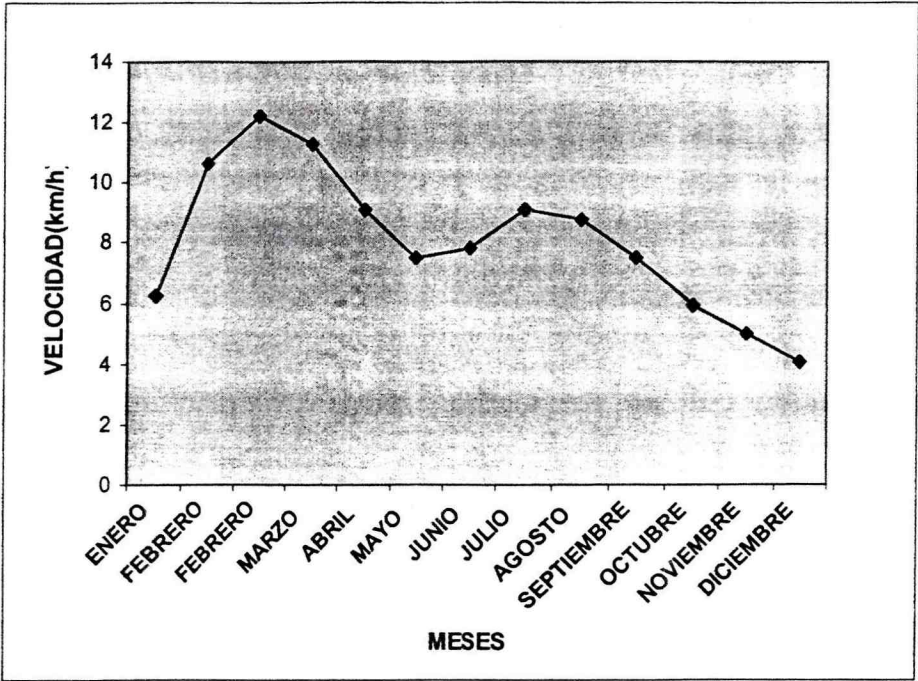


Figura 4. velocidades medias del viento en la Región Lagunera

En general la textura de los suelos de la región, varían desde arcillosa en la serie Zaragoza, migajones arcillosos en la serie Coyote, hasta migajones arcillosos y arenosos en la serie San Pedro. En consecuencia, también la retención de agua y los elementos nutritivos varían según la textura, la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico (Romero, 1996).

El pH fluctúa de 7.2 a 8.8 en los suelos que no tienen problemas de sodicidad mientras que en los que se llega a presentar este problema, el pH es generalmente mayor a nueve.

Los suelos de la región están comprendidos dentro del grupo Xerozem de acuerdo a la clasificación mundial. Estos suelos son de color café grisáceo con contenido bajo de materia orgánica. En el área del Distrito de Riego 017, los suelos predominantes tienen texturas de migajón arcillo-arenosa y arcillosa (Figura 5). Estos suelos tienen buena capacidad de retención de humedad e infiltración de agua.

Los suelos regionales de la Comarca Lagunera varían en su contenido de carbonatos insolubles desde el 2 al 3 % (normales), de 3 a 10% (intermedios) y de 11 a 45% (altos).

Los suelos con contenidos altos de carbonatos pueden tener problemas de solubilización de fósforo y de micro elementos como el fierro, cobre y zinc que pueden provocar deficiencias en los cultivos (Romero, 1996).

En la figura 6, se presenta la distribución de la salinidad en el Distrito de Riego 017 en la Región Lagunera. La salinidad afecta a los cultivos de muchas maneras. Sin embargo, los principales efectos están relacionados al mayor potencial osmótico del agua en suelos salinos (Romero, 1996).

Las plantas afectadas por la salinidad parecen normales, sin embargo son de menor altura, hojas de color verde más oscuro y en algunos casos más suculentas y gruesas (Mass y Hoffman, 1977). La mayoría de las plantas herbáceas no exhiben daños por acumulación de cloro o sodio, como ocurre en las plantas leñosas, pero la salinidad puede causar desbalances nutricionales que ocasionan síntomas de deficiencias nutricionales.

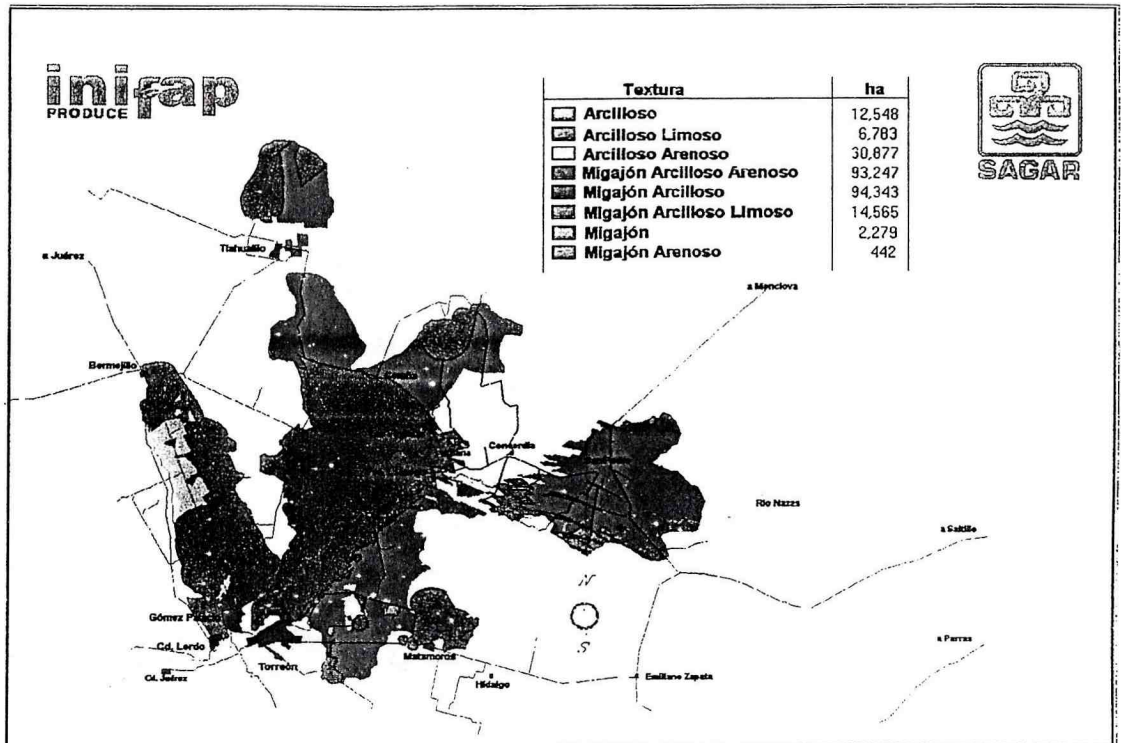


Figura 5. Distribución de las principales texturas en el distrito de riego 017 en la Región Lagunera.

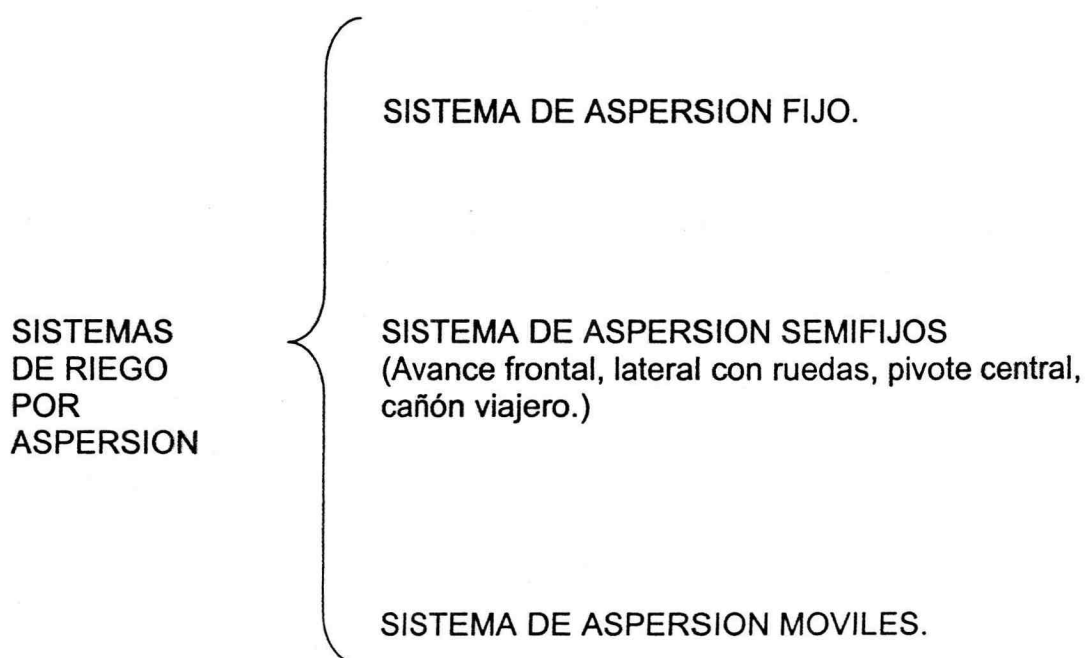
2.2. CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION.

Por el tipo de funcionamiento de los aspersores se pueden clasificar en los siguientes tipos: *estándar de impacto con una ó dos boquillas; cañón de impacto; cañón de turbina; emisor de superficie y emisor emergente*. Los cuatro primeros se emplean en actividades agrícolas, mientras que los dos últimos en actividades de jardinería.

En los sistemas de riego por aspersión, generalmente se emplean aspersores de impacto, de círculo completo y pueden ser de una o dos boquillas. La intensidad de aplicación y el asperjado dependen del tipo y tamaño del aspersor; así como, del espaciamiento ente éstos y las tuberías. Las tuberías normalmente son de aluminio ó de PVC resistente a la intemperie.

Existe una gran variedad de sistemas de aspersión que se adaptan a las diferentes condiciones de campo. Estos sistemas se pueden clasificar por la forma en que se desplazan sobre el terreno en: *fijos, semifijos, portátiles*.

Cuadro 1. Clasificación de los sistemas de riego por aspersión.



2.2.1. VENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE ASPERSION.

1.- Se pueden irrigar terrenos de topografía ondulados y de pendiente considerable.

2.- Se pueden utilizar para suelos pocos profundos en los cuales no se pueden realizar trabajos de nivelación y que deben aplicarse reducidas láminas de agua en cada riego.

3.- En los suelos de alta endorabilidad, donde el escurrimiento de agua en superficie puede acarrear efectos perjudiciales para su conservación.

4.- Disponibilidad de agua en caudales pequeños y largos horarios de riego, ya que un diseño económico se logra con un equipo que permanezca en actividad durante un elevado número de horas al año.

5.- Se puede fertilizar a través del sistema y en los de movimiento continuo se tienen evidencias de ahorros en la aplicación de plaguicidas, dichos ahorros se han comparado con los contratos de aviones para grandes superficies.

2.2.2. DESVENTAJAS DEL RIEGO POR ASPERSION.

1.- Su alto costo inicial, lo limita a irrigar solamente en cultivos de alta rentabilidad que paguen su inversión.

2.- Los costos de operación actuales, altos (energía eléctrica) requieren de una programación de riegos coordinadas satisfactoriamente con una programación de movimientos del equipo, para reducir los tiempos muertos entre cambios de posición, o sea se requiere de personal calificado.

3.- No se pueden dar riegos pesados (de inundación) como en el caso del cultivo del arroz.

4.- Se debe seleccionar con sumo cuidado, al personal que va a diseñar e instalar el sistema de riego por aspersión, para no fracasar en la empresa que se pretende iniciar, ya que un mal diseño hace que el sistema baje los rendimientos de los cultivos.

2.3. CUESTIONARIO DE MEDITACION SOBRE LA ADQUISICION DE UN SISTEMA DE RIEGO EN GENERAL.

CLASIFICACION DEL DISEÑADOR.

Cuales son las credenciales de acreditación del proveedor (entrenamiento formal, referencias, certificado del diseñador por una asociación de riego, licencia de contratista ó cédula profesional de registro profesional de Ingeniero Agrícola.

CARACTERISTICAS DEL DISEÑO.

- ¿Cuál es la vida útil de los componentes del sistema?.
- ¿Qué características de seguridad tiene incluidas?.
- ¿Cuáles son las opciones de lata calificación?.
- ¿Cuáles son las opciones de refaccionarías?.

PARAMETROS DE DISEÑO Y OPERACION.

¿Cuál es la distribución uniforme sobre todo el campo cuando el producto es nuevo?.

El sistema está provisto de control automatizado.

Requerimientos de agua del sistema.

- ¿Cuáles son las necesidades pico de agua diaria (cm/m^2) para un año normal?.
- ¿Cuál es la capacidad de entrega del sistema en 24 hr. (cm/m^2)?.
- ¿Cuál es la cantidad de agua anticipada a usarse por año (cm/m^2)?.

Consumo de energía del sistema;

- Es posible que la bomba funcione a toda su capacidad fuera de las horas pico.
- ¿Cuáles son las eficiencias de la bomba y el motor eléctrico ó de combustión interna?.
- El gasto y presión de la bomba corresponden al punto de bombeo mostrado en la curva característica.
- ¿Cual es el costo de la energía por m/m^3 ?.

Inyección de agroquímicos a través del sistema.

- ¿Cuál es la capacidad del inyector (lph)?.
- Puede el inyector aplicar fertilizantes y otros agroquímicos.

Presiones, aire y desfuegos de flujos en el sistema..

- Son las válvulas de alivio de aire continuo, intercambio de vacío y desagüe las adecuadas.
- ¿Cuál es el número, tipo y tamaño de las válvulas de alivio de presión?.

GARANTIAS DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION.

- ¿Quién realiza la instalación del equipamiento, la puesta en marcha y la reparación de las fallas ?.
- ¿Cuáles son las garantías de los componentes individuales y de las características del diseño?.
- ¿Quién proporciona la garantía y que cubre y excluye la misma?.
- Son los distribuidores financieramente confiables de reputación tiempo atrás en sus garantías.
- ¿Cuál es la disponibilidad de partes de reemplazo?.
- Se proporciona un manual de servicio y de partes de fábrica con instrucciones sobre la operación y garantías del sistema?

2.4. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION FIJO.

Los sistemas de aspersión fijos están constituidos principalmente por:

- a) Líneas regantes ó también llamadas laterales. Este tipo de líneas están por debajo de la superficie del suelo, por lo tanto nada mas sobre sale el elevador y el aspersor, en algunas situaciones como en los campos de fut-bool. o de golf, el aspersor es subterráneo y al momento de encender el sistema éste emerge ya sea por presión del sistema ó de un mecanismo eléctrico.
- b) Las líneas principales, pueden estar constituidas por materiales como PVC o aluminio, éstas también son fijas y son las que distribuyen el agua a las líneas laterales.

- c) La fuente de poder (motor-bomba, válvulas de alivio de aire, presión, chek) entre otros accesorios (figura10) es fija y es la que se encarga de distribuir el agua de donde está (canal, río, lago, riachuelo, pozo profundo, noria etc..) hasta donde está va a irrigar la superficie del terreno.

Enseguida se mencionan algunos aspectos importantes de este sistema de riego, con la finalidad de tener un criterio más amplio de éste.

Cultivo. Se usa para cultivos de cobertura total y talla corta como la alfalfa, el trébol, las leguminosas y en hilera como: nogal, la papa y el cacahuate, y también en los granos pequeños.

Calidad del agua. Se presentan problemas cuando se riega con agua que tienen altos contenidos de carbonatos y sales, porque forman una costra en la boquilla de los aspersores; o bien con agua que tiene sales ó sustancias tóxicas que pueden quemar hojas ó frutos. Los sólidos disueltos y en suspensión con el agua presentan pocos problemas con el riego por aspersión.

Suelo. Se adapta en texturas de franca a arenosa; funciona muy bien en suelos arenosos. Con velocidad de infiltración básica mayor de 3.0 cm/h. En suelos arcillosos produce encharcamientos y escurrimientos, perdiendo así sus ventajas respecto al riego superficial ; además es difícil aplicar láminas precipitadas horarias menores de 1.0 cm/h.

Topografía. Se adapta a terrenos planos y ondulados, en zonas de lomerío, con pendiente general ó hasta del 20%.

Forma y tamaño. Todo tipo de formas, adaptándose muy bien en superficies de forma rectangular e irregular y en superficies hasta de 20hectáreas.

Clima. Áridos y semiáridos.

Viento. Se recomienda en zonas donde la velocidad del viento es menor de 10 km/h para que la uniformidad del diseño se mantenga. Se puede recomendar en zonas con velocidad del viento de 10 a 20 km/h, con la condición de que la uniformidad de distribución sea menor que la del diseño.

No se recomienda en regiones donde la velocidad del viento rebase los 20 Km/h (figura 14).

2.4.1. SISTEMAS DE ASPERSION SEMIFIJO

Los sistemas de aspersion semifijos (figura 11-13) se pueden describir de la siguiente manera:

- Líneas regantes ó laterales
- Líneas principales de alimentación de las laterales.
- Fuente de poder del sistema.

Las líneas laterales están constituidas por tubería de aluminio ó PVC con salida, elevador, aspersor giratorio y válvula en codo de 90° ó en TEE de la lateral, la línea regante es superficial por lo tanto puede ser cambiada de lugar.

La línea principal está formada por: tubería de aluminio ó PVC, TEE hidrante, codos, válvulas de alivio de aire, y accesorios de unión de tuberías. Este tipo de tubería es subterránea.

La fuente de poder está formada por: equipo motor-bomba, válvulas de alivio de aire y de presión, válvula de compuerta, válvula chek. En este caso la fuente de poder puede ser fija o móvil (figura 10 y 12)

A continuación se describen algunos de los factores más importantes de este sistema de irrigación.

Cultivo. Se usa para cultivos de cobertura total y talle corta como la alfalfa, el trébol, las leguminosas y en hilera como: la papá y el cacahuate, y también en los granos pequeños. Se pueden regar cultivos más altos montando los aspersores en elevadores.

Calidad del agua. Se presentan problemas cuando se riega con agua que tienen altos contenidos de carbonatos y sales, porque forman una costra en la boquilla de los aspersores; o bien con agua que tiene sales ó sustancias tóxicas que pueden quemar hojas ó frutos. Los sólidos disueltos y en suspensión con el agua presentan pocos problemas con el riego por aspersion.

Suelo. Se adapta en texturas de franca a arenosa; funciona muy bien en suelos arenosos. Con velocidad de infiltración básica mayor de 3.0 cm/h. En suelos arcillosos produce encharcamientos y escurrimientos, perdiendo así sus ventajas respecto al riego superficial ; además es difícil aplicar láminas precipitadas horarias menores de 1.0 cm/h.

Topografía. Se adapta a terrenos planos y ondulados, en zonas de lomerío, con pendiente general ó hasta del 20%.

Forma y tamaño. Todo tipo de formas, adaptándose muy bien en superficies de forma rectangular e irregular y en superficies hasta de 20 hectáreas.

Clima. Áridos y semiáridos.

Viento. Se recomienda en zonas donde la velocidad del viento es menor de 10 km/h para que la uniformidad del diseño se mantenga. Se puede recomendar en zonas con velocidad del viento de 10 a 20 Km/h, con la condición de que la uniformidad de distribución sea menor que la del diseño. No se recomienda en regiones donde la velocidad del viento rebase los 20 km/h. (figura 14)

2.4.2. TUBERÍA RODANTE MECANIZADA O LATERAL SOBRE RUEDAS “SIDE ROLL” O “POWER ROLL”.

En este tipo de sistema los componentes son:

- Línea regante.
- Línea principal.
- Fuente de poder.

En el caso de la línea regante la tubería es de aluminio combinada con Fe y está montada sobre ruedas de acero, con la finalidad de poder irrigar cultivos de mediana altura.(< 1.20m) y al centro lleva un motor de combustión interna con la finalidad de ir moviendo las ruedas en los cambios de posición. Para hacer los cambios de posición el equipo consta de un sistema de drenado ya que el movimiento debe ser sin agua la tubería para no romperla.

La línea principal está constituida por tubería de aluminio, con sus respectivos accesorios y esta es subterránea.

La fuente de poder puede estar constituida por un quipo de motor-bomba, con sus accesorios (válvula chek, alivio de aire, de presión, compuerta).

Con la finalidad de tener un panorama más completo, a continuación se hace énfasis en los factores más importantes relacionados al Side Roll.

Cultivo. La altura máxima del cultivo depende del radio de las ruedas del sistema, que en general es menor de 1.20mt; es por esto que se adapta a cultivos de cobertura total que no rebasen esta altura, como son: la alfalfa, el trébol, y en hileras como la papa, (los granos pequeños, la cebada), el chícharo, el frijol, etc. es común su aplicación durante las primeras etapas de algunos cultivos, como en la siembra de hortalizas para riegos de germinación y emergencia de las plantas.

Calidad del agua. Se presentan problemas cuando se riega con agua que tienen altos contenidos de carbonatos y sales, porque forman una costra en la boquilla de los aspersores; o bien con agua que tiene sales ó sustancias tóxicas que pueden quemar hojas ó frutos. Los sólidos disueltos y en suspensión con el agua presentan pocos problemas con el riego por aspersión.

Suelo. Se emplea en suelos de textura franca a arenosa, adaptándose mejor en suelos de textura arenosa. Velocidad de infiltración básica mayor a 3 cm/h. En suelos arcillosos produce encharcamientos y escurrimientos, perdiendo así sus ventajas respecto al riego superficial ; además es difícil aplicar láminas precipitadas horarias menores de 1.0 cm/h. Y también en los suelos encharcados se atascan las ruedas y se rompen las tuberíasñ.

Topografía. Terrenos planos y ondulados ligeramente con pendientes hasta del 5%, mayor pendiente dificulta su operación.

Forma y tamaño del terreno. Formas rectangulares de preferencia franjas rectangulares, en las que la tubería rodante se mueve a lo largo de un lote con un tamaño de 30 a 40 hectáreas.

Clima. Árido y semiárido.

Viento. No se recomienda en regiones donde la velocidad del viento rebase los 15 km/h, debido a que afecta mucho al patrón de distribución del agua, lo que reduce su uniformidad de distribución. Cuando se instala en zonas donde se presentan ocasionalmente fuertes viento, se utilizan anclas para evitar el rodamiento del equipo.

Perdiendo así sus ventajas respecto al riego superficial ; además es difícil aplicar láminas precipitadas horarias menores de 1.0 cm/h.

2.4.3. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION “PIVOTE CENTRAL”

En este sistema de riego están integradas la línea regante, que a su vez es la línea principal y la fuente de poder (motor-bomba, válvulas, etc..) está fija a un extremo de la tubería, la línea regante o principal es de acero inoxidable, es de un diámetro pequeño (+/- 8") para que sea mas ligera, está va montada sobre unas torres de aproximadamente de tres metros de altura y espaciadas a una distancia de 30 a 50 metros, los aspersores van sobre la línea regante conectados con un **bajador o bastón**, la longitud de la línea regante puede ser desde 400 a 600 metros. Las torres están provistas de llantas tipo tractor flotante, podemos distinguir dos tipos de pivotes.

- 1.- Pivotes electrónicos.
- 2.- Pivotes hidráulicos (obsoletos)

Los primeros funcionan de la siguiente manera:

Cada torre está provista de una caja electrónica con micro switch y levas que interrumpen ó dejan pasar energía eléctrica a un motor de alta torsión que a su vez mueve una caja de engranes y esta a una de las dos llantas de la cada torre y así ir moviendo la línea regante hasta irrigar una superficie circular, cabe mencionar que en este sistema de riego la ultima torre es la que dirige el movimiento de las demás (figura 15-18)

En seguida se describe bajo que condiciones se puede establecer un pivote central.

Cultivo. De cobertura total incluyendo los de talle alto, pero que no rebasen el cuerpo del equipo, se puede regar alfalfa, sorgo, maíz, cebada ó leguminosas como frijol, haba u otras.

En el caso del pivote de baja presión, la altura del cultivo esta más restringida que en el de la lata presión; en el primero es importante tomar en cuenta la altura máxima del cultivo para determinar la longitud de los bastones sobre los que se montan los aspersores.

Calidad del agua. . Se presentan problemas cuando se riega con agua que tienen altos contenidos de carbonatos y sales, porque forman una costra en la boquilla de los aspersores; o bien con agua que tiene sales ó sustancias tóxicas que pueden quemar hojas ó frutos. Los sólidos disueltos y en suspensión con el agua presentan pocos problemas con el riego por aspersión.

Suelo. Se adapta a texturas de mediana a ligera. La infiltración básica debe ser mayor de 3.0 cm/h. En suelos extremadamente arcillosos se pueden producir encharcamientos y escurrimientos superficiales, así como el atascamiento de las torres.

Topografía. El pivote central se adapta a terrenos irregulares y ondulados, en zonas de lomerío y con pendiente general de hasta 15 %.

Forma y tamaño. Para que el proyecto de una tubería regante de pivote sea lo más rentable, la superficie debe ser de 80 a 150 ha,

El pivote central se puede adaptar a superficies irregulares, en las que se inserté el círculo que describa el sistema. Para regar las esquinas que no cubre la circunferencia, se emplea un cañón, en el extremo de la tubería.

Clima. Áridos y semiáridos.

Viento. No se recomienda en regiones donde la velocidad del viento rebase los 15 km/h, debido a que afecta mucho al patrón de distribución del agua, lo que reduce su uniformidad de distribución; además, existe el peligro de volcadura del sistema.

Los mejores resultados se obtienen cuando el sistema de baja presión, bien diseñados, se instala en zonas con vientos dominantes menores a 10 Km/h,

pues bajo estas condiciones permite obtener uniformidades de distribución mayores del 80 % (figura 14). Un buen diseño por norma debe tener una variación de presión del 20% que corresponde a un 10% de variación de caudal, dicha diferencia debe ser entre el emisor inicial y el emisor final del sistema.

2.4.4. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION “AVANCE FRONTAL”.

Con las mismas ventajas operativas del pivote central, su diferencia es que su movimiento es perpendicular a la línea regante ó distribuidor, es decir al terminar una posición, es cambiada de lugar su conexión a la línea principal y a si sucesivamente, lo mas recomendable es que su fuente de poder (motor-bomba, válvulas etc..) sea fija sin descartar la opción de que puede ser móvil. Es necesario mencionar que al adquirir este tipo de sistema se debe tener un personal con cierta preparación para la operación del mismo.

Enseguida se listan los factores más íntimamente ligados a este sistema de riego.

Cultivo. De cobertura total incluyendo los de talla alta, pero que no rebasen el cuerpo del equipo, se puede regar alfalfa, sorgo, maíz, cebada ó leguminosas como fríjol, haba u otras.

En el caso de baja presión, la altura del cultivo esta más restringida que en el de la alta presión; en el primero es importante tomar en cuenta la altura máxima del cultivo para determinar la longitud de los bastones sobre los que se montan los aspersores.

Calidad del agua. Se presentan problemas cuando se riega con agua que tienen altos contenidos de carbonatos y sales, porque forman una costra en la boquilla de los aspersores; o bien con agua que tiene sales ó sustancias tóxicas que pueden quemar hojas ó frutos. Los sólidos disueltos y en suspensión con el agua presentan pocos problemas con el riego por aspersion.

Suelo. Se adapta a texturas de mediana a ligera. La infiltración básica debe ser mayor de 3.0 cm/h. En suelos extremadamente arcillosos se pueden producir encharcamientos y escurrimientos superficiales, así como el atascamiento de las torres. Mas sin embargo, hay en la Región Lagunera con adecuaciones.

Topografía. para este tipo de sistema se recomienda que el terreno sea lo más plano posible.

Forma y tamaño del terreno. Para que el sistema sea rentable se recomienda que el tamaño del terreno sea mayor de 150 hectáreas, el avance frontal se adapta muy bien a terrenos rectangulares, en las que el avance del equipo se realiza en forma perpendicular a la tubería regante ó del distribuidor.

Clima. Áridos y semiáridos.

Viento. No se recomienda en regiones donde la velocidad del viento rebase los 15 Km/h, debido a que afecta mucho al patrón de distribución del agua, lo que reduce su uniformidad de distribución; además, existe el peligro de volcadura del sistema.

Los mejores resultados se obtienen cuando el sistema de baja presión, bien diseñados, se instala en zonas con vientos dominantes menores a 10 Km/h, pues bajo estas condiciones permite obtener uniformidades de distribución mayores del 80 % (figura 14).

2.4.5. SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION “CAÑÓN VIAJERO”.

En el sistema de cañón viajero, se puede decir que la línea regante es el cañón, el cual es abastecido de agua por una tubería principal que puede ser de aluminio, fierro o pvc u otro tipo de material y que en su momento está puede ser superficial ó subterránea, la fuente de poder (motor-bomba, válvulas etc..) puede ser portátil ó fija tomando en cuenta entre otros factores:

- ❖ Fuente de agua.

- ❖ Si el equipo con que se cuenta es de combustión interna ó de energía eléctrica.
- ❖ Situación que se pretende resolver.

Enseguida se mencionan las condiciones, para que en un momento dado se pueda considerar la adopción de este sistema de riego.

Cultivo. de cobertura total y de gran talla como la caña de azúcar ó gramíneas como el maíz y el sorgo; sin embargo, se puede usar para pastos, alfalfa, cacahuete y frijól.

Calidad del agua. Se presentan algunos problemas cuando se riega con agua que tiene altos contenidos de sales o sustancias tóxicas que pueden quemar hojas y frutos.

Suelo. Se emplea en suelos de textura franca a arenosa, adaptándose mejor en suelos de textura arenosa. Velocidad de infiltración básica mayor a 3 cm/h. En suelos arcillosos produce encharcamientos y escurrimientos, perdiendo así sus ventajas respecto al riego superficial ; además es difícil aplicar láminas precipitadas horarias menores de 1.0 cm/h.

Topografía. Terrenos ondulados y de pendiente irregular en zona de lomerío, con pendientes generales de hasta el 10 %. En suelos arcillosos con poca pendiente se presentan encharcamientos y con mucha pendiente originan escurrimientos.

Clima. Árido y semiárido.

Viento. Lo más recomendable es instalar el cañón en zonas donde la velocidad no rebase los 10 km/h (figura 4 y 14), ya que debajo de esta velocidad la uniformidad de diseño no se altera mucho y por arriba de esta velocidad baja demasiado.

En zonas con vientos mayores de 15 Km/h es mejor no recomendarlo, ya que se limitaría al sistema a regar de noche o durante temporadas sin viento.

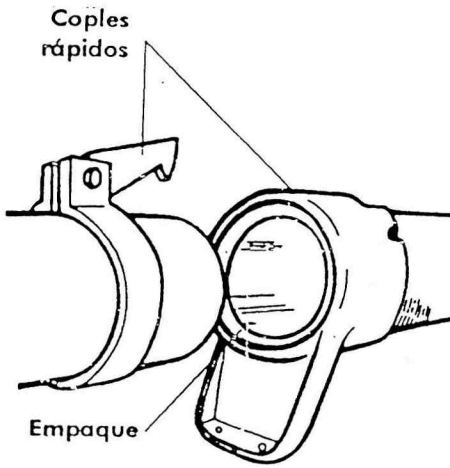


Figura 7. Acoplamiento fácil en tubería de aluminio.
Rígido y portable

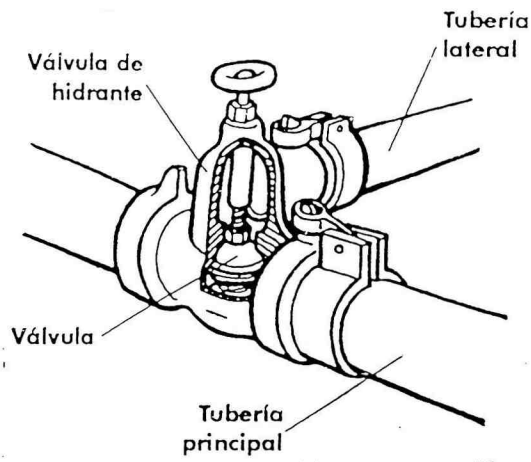


Figura 8. Válvula hidrante de acoplamiento rápido para conectar la lateral con la tubería principal.

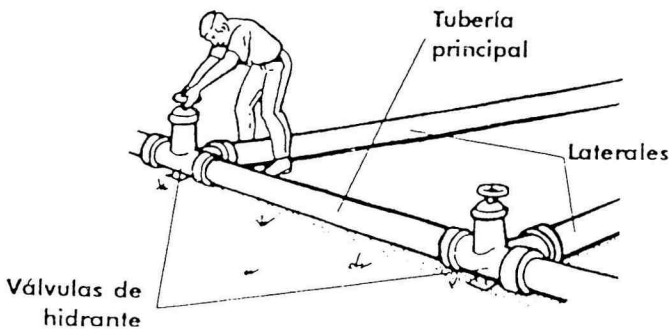


Figura 9. Válvula hidrante para que una lateral funcione mientras la otra se cambia.

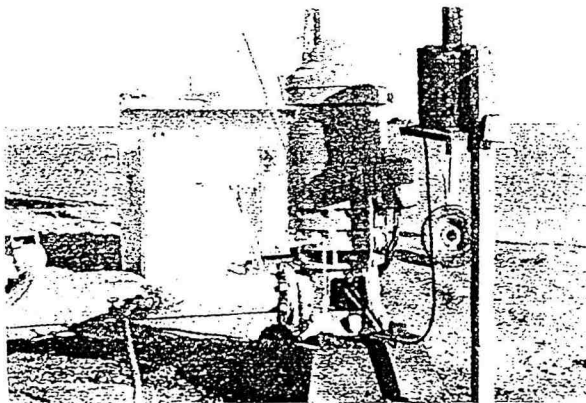


Figura 10. Bomba propulsada por un motor eléctrico.



Figura 11. Aspersión semifijo.

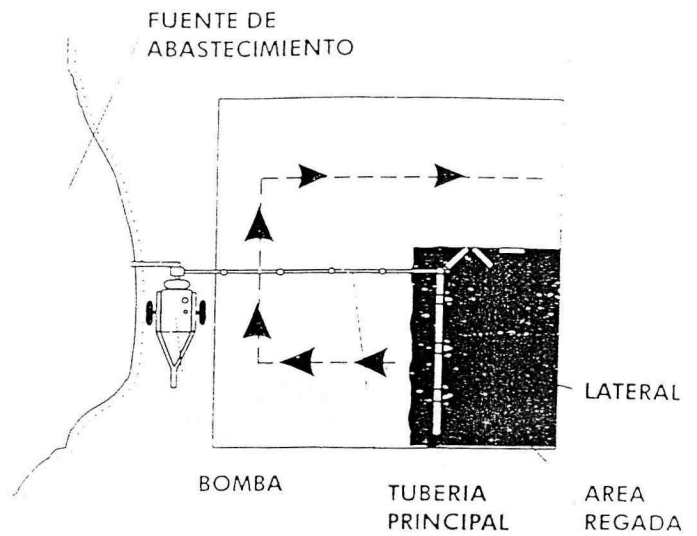


Figura 12. Aspersión portátil con una sola lateral.

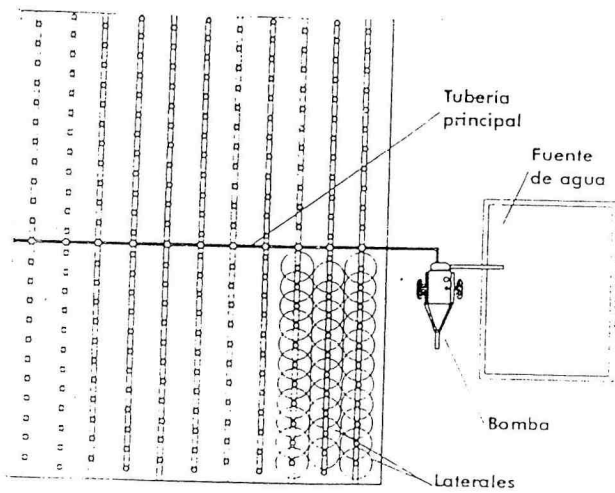


Figura 13. Aspersión portátil con tres laterales.

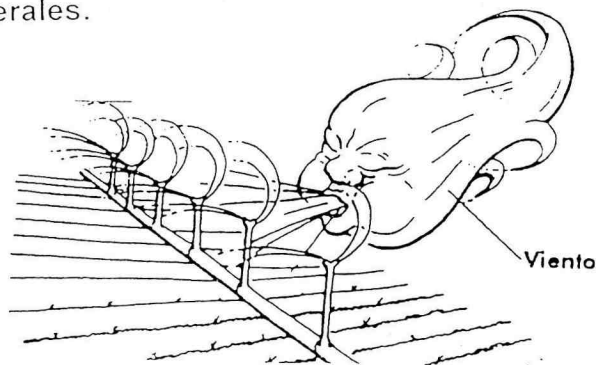


Figura 14. Influencia del viento.

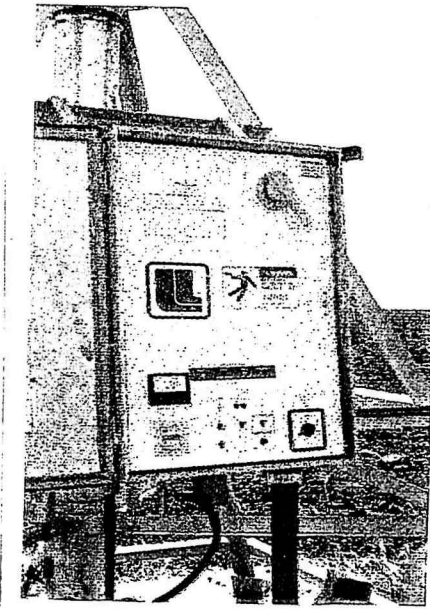


Figura 15. Tablero de control de un pivote central.

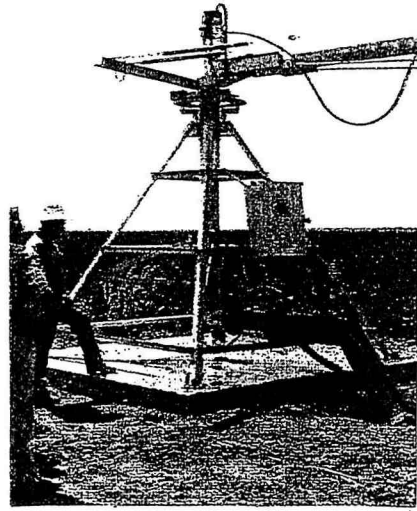


Figura 16. Punto de anclaje de un pivote central.

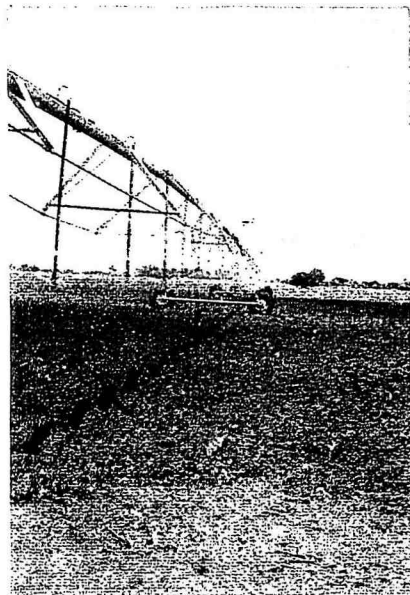


Figura 17. Pivote central.

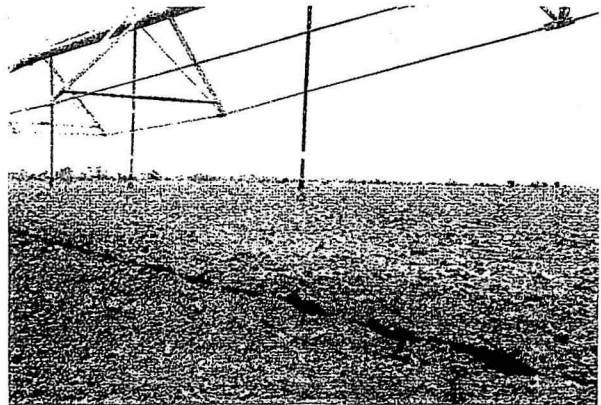


Figura 18. Acercamiento de un pivote central.

2.5. FACTORES BASICOS PARA REALIZAR UNA ADECUADA SELECCION DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION.

Antes de acudir a una agencia de profesionistas para obtener el diseño y manual de operación de un sistema de riego, el usuario ó el agricultor debe tener bien claro que tipo de sistema pudiera ser más conveniente para él en base a cierta información ágil y no muy costosa de obtener con respecto a su predio, como: **agua, suelo, cultivos y superficie agrícola** a equipar, así como el **capital requerido** por unidad de superficie es también objeto de la planeación; por ultimo el objetivo primordial para una buena selección es que se dará un buen manejo, que se refleje en maximizar **eficiencias** y minimizar costos de producción y como consecuencia, incremente el rendimiento del cultivo con la inversión en el mejoramiento del riego.

Por todo lo anterior, se proporciona dicha información requerida, que al coordinarla con el cuadro 7 al final del escrito, se puedan tener criterios de selección del sistema de riego más conveniente.

2.5.1. FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Las características pertinentes al abastecimiento de agua que se deban considerar al seleccionar un sistema de riego son: Capacidad, Localización y Calidad (ver cuadro 7); con respecto al a la presión y caudal disponible, se puede citar que cuando se dispone de energía de posición mayor de 1kg/cm^2 la factibilidad de implementar cualquier sistema de irrigación resulta muy aceptable; solamente seria necesario considerar la presión adicional en función de los requerimientos del sistema deseado; con respecto a la disponibilidad de caudal (cuadro 7); esto se refiere a la cantidad de agua disponible durante la temporada de crecimiento y maduración del cultivo.

En un estudio realizado en dos de los 20 módulos de riego en la Comarca Lagunera por el Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI)

en 1998 encontraron que el gasto medio por pozo es de 30 lps aproximadamente. Con una disponibilidad de gasto $>$ de 30 Lps prácticamente todos los sistemas de riego tienen amplia aceptación; cuando el gasto disponible se encuentra entre 15 y 30 Lps su aprovechamiento resulta aceptable para sistemas de riego presurizados, la implementación de sistemas de riego de pivote central y lateral móvil resultaría incosteable, estas consideraciones se presentan en el cuadro 7; con respecto a la localización, esto indica la posición que guarda la fuente de abastecimiento (altura y distancia) con respecto al predio que se desea irrigar; la distancia a la cual se encuentra la fuente de abastecimiento resulta un factor muy importante a considerar, ya que a mayor distancia, mayores serán las pérdidas de presión por fricción en la red de conducción por tuberías. Si se considera una buena planeación en la red de conducción en cuanto a su construcción, diseño y mantenimiento, las variantes de riego presentan diferentes grados de aceptación en el cuadro 7. ya por último respecto a la calidad del agua, se comenta que una elección adecuada de métodos de riego, debe considerar la cantidad y tipo de sales disueltas en el agua para riego y el contenido de partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión. Cuando el agua presenta un alto contenido de sedimentos orgánicos (aguas residuales) la implementación de sistemas de riego por goteo, aspersion y micro aspersion se ve frenada totalmente, ya que por una parte ocasionarían problemas de taponamiento de los emisores y por otra, el contacto de aguas negras en hortalizas ocasionan problemas sanitarios en el ser humano (excepción en los forrajes que no se consumen directamente).

La utilización de aguas de mediana y alta salinidad a través de equipos de aspersion pueden causar problemas de quemaduras en algunas plantas; además existe el problema de agregación de sales al suelo disminuyendo a si su calidad y potencial productivo.

Se ha observado que la concentración total de las sales en el agua de riego al incorporarse al suelo y acumulare dentro de él, después de los

procesos de evapotranspiración, aumenta aproximadamente de uno a diez veces el valor de la concentración.

2.5.2. ACUIFEROS DE LA REGION LAGUNERA.

La localización de los acuíferos de la región se observa en la figura 19, el acuífero principal es el que abarca la mayor superficie. Este acuífero es de gran importancia, ya que está representado por aproximadamente 2000 pozos de uso agrícola y es la principal fuente de abastecimiento de uso del agua doméstica para las ciudades de Torreón, Francisco I Madero y San Pedro en el estado de Coahuila; y de Gómez Palacio y Lerdo en el estado de Durango.

En el distrito de riego 017, el agua subterránea está distribuida en ocho acuíferos, de los cuales cuatro están localizados en el estado de Durango, dos en el estado de Coahuila y dos que abarcan los dos estados. El principal acuífero provee más de las tres cuartas partes del suministro de irrigación; y tres acuíferos proveen cerca del 90 por ciento del suministro (figura 23).

Cuadro 2. Características geológicas y geoquímicas de los acuíferos en la región lagunera.

Acuíferos de la Región Lagunera.								
Características	Principal	Villa Juárez	Cevallos	Aguanaval	Nazas	Vicente Suárez	Acatita	Delicias
Area (Km ²)	14000	600	1826	4000	600	500	648	1800
Almacenaje (Mm ³)	746	110	103	35	32	13	6	11
N° de pozos	1958	360	246	124	208	54	28	29
Salinidad	Baja en sales	Alta en Nitratos	Alta en sales	Alta en sales				

Fuente: oficinas de aguas subterráneas. CNA Región Lagunera 1994

2.5.3. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS EN LA COMARCA LAGUNERA.

La textura del suelo, la capacidad para retener el agua, la velocidad de infiltración y la profundidad efectiva del suelo son también criterios que determinan la selección de un sistema de riego. Los suelos arenosos tienen una alta tasa de infiltración y podrán aceptar aspersores que arrojen grandes volúmenes de agua, lo cual podría ser inaceptable en suelos altamente arcillosos.

La textura se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo (cuadro 7). La textura del suelo es una característica en extremo importante. Específicamente la clasificación de texturas se basa en la cantidad de partículas menores de 2mm de diámetro. Afecta la propiedades físicas, químicas y biológicas. En términos generales, los suelos se dividen en textura gruesa y textura fina.

En los suelos de textura fina predominan las arcilla, tienen una mayor superficie activa que los suelos arenosos, poseen mayor capacidad de adsorción de nutrientes, usualmente son mas fértiles.

El agua es uno de los componentes más variables del suelo. Los diferentes suelos tienen distintas capacidades para la retención del agua. Cuando en un suelo existe abundante agua y no se drena, las raíces de las plantas pueden morir debido a la carencia de oxígeno. Por otra parte si poco agua esta presente, el crecimiento de las plantas se detiene y finalmente sobreviene el marchitamiento.

Diferentes conceptos de agua en el suelo.

- **Capacidad de campo (cc).** La capacidad de campo se define como la cantidad de agua que un suelo retiene contra la gravedad cuando se le deja drenar libremente. El mejor uso de este término es para indicar una región general del contenido de humedad. Cuando se necesitan valores más exactos se deben usar términos precisos de equilibrio, tales como porcentajes correspondientes a un tercio de bar.

- **Punto de marchites permanente (pmp).** Se conoce como tal al porcentaje o punto del agua del suelo cuando las plantas de marchitan permanentemente. como el PMP es un valor dinámico que depende del suelo, planta y el clima, para muchos propósitos es mejor referirse a un valor de equilibrio que tiene lugar en el mismo rango del contenido de humedad. Tal, como se ha indicado, el punto de marchites corresponde, aproximadamente, a la cantidad de agua del suelo con un potencial del agua de 15bar.
- **Humedad aprovechable.** Es la humedad del suelo entre el punto de marchites permanente y capacidad de campo. La cantidad de agua por aplicar a un suelo al punto de marchitamiento para alcanzar la capacidad de campo se le llama **“capacidad de agua aprovechable”** (cuadro 3) esta capacidad de agua es la que a nosotros nos interesa, ya que en este punto es donde las plantas pueden realizar sus actividades fisiológicas sin ninguna dificultad.

En el cuadro 3 se muestran los valores porcentuales de capacidad de campo, punto de marchites permanente y la capacidad de agua aprovechable en la texturas más predominante en la Comarca Lagunera.

En base a un estudio realizado en el campo experimental del Centro de Investigaciones y Desarrollo (CENID-RASPA) ubicado en el kilómetro 6+500 margen derecha del canal principal sacramento en Gómez Palacio Durango.

Cuadro 3. Valores porcentuales de cc, pmp y humedad aprovechable en diferentes texturas en el campo experimental del CENID-RASPA.

Textura	Arena	Arcilla	cc	pmp	Hum. Aprovechable
Migajón	40.2	28.8	31.2	16.9	14.3
Arcilloso					

La capacidad del suelo para retener la humedad tiene una influencia decisiva en determinar el tamaño de las divisiones y la frecuencia de los riegos. Para suelos arenosos con baja capacidad de retención de humedad, es obvio que requerirá de frecuentes y ligeras aplicaciones de agua, un sistema de riego por aspersión de pivote central o uno de movimiento lateral puede trabajar satisfactoriamente para este caso

Velocidad de infiltración. La cantidad de agua que se infiltra en un suelo, en una unidad de tiempo, bajo condiciones de campo, disminuye conforme aumenta la cantidad de agua que ya haya entrado en él. La cantidad de agua que se infiltra en un suelo, en un intervalo dado de tiempo, es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo, después de un tiempo largo, la velocidad con que el agua entra en el suelo se acerca a un valor constante conforme la curva se aproxima a un línea recta.

La velocidad de infiltración depende de muchos factores, entre ellos los siguientes, la temperatura del agua y del suelo; la estructura y compactación, textura, contenido de humedad, estratificación, agregación y actividades microbianas.

Por lo general, la velocidad de infiltración se sitúa en una escala semilogarítmica en ordenadas y el tiempo en las abscisas. La curva puede ser una línea recta que, por consiguiente, puede representarse por la siguiente ecuación (Kostiakov 1932) en la figura 24 se muestra la grafica de velocidad de infiltración acumulada y básica representativa del campo experimental del CENID-RASPA.

$$I = a \cdot t^n$$

De acuerdo con un estudio realizado en el CENID-RASPA se tienen valores aproximados cerca de la unidad / hr. (Martínez 1984).

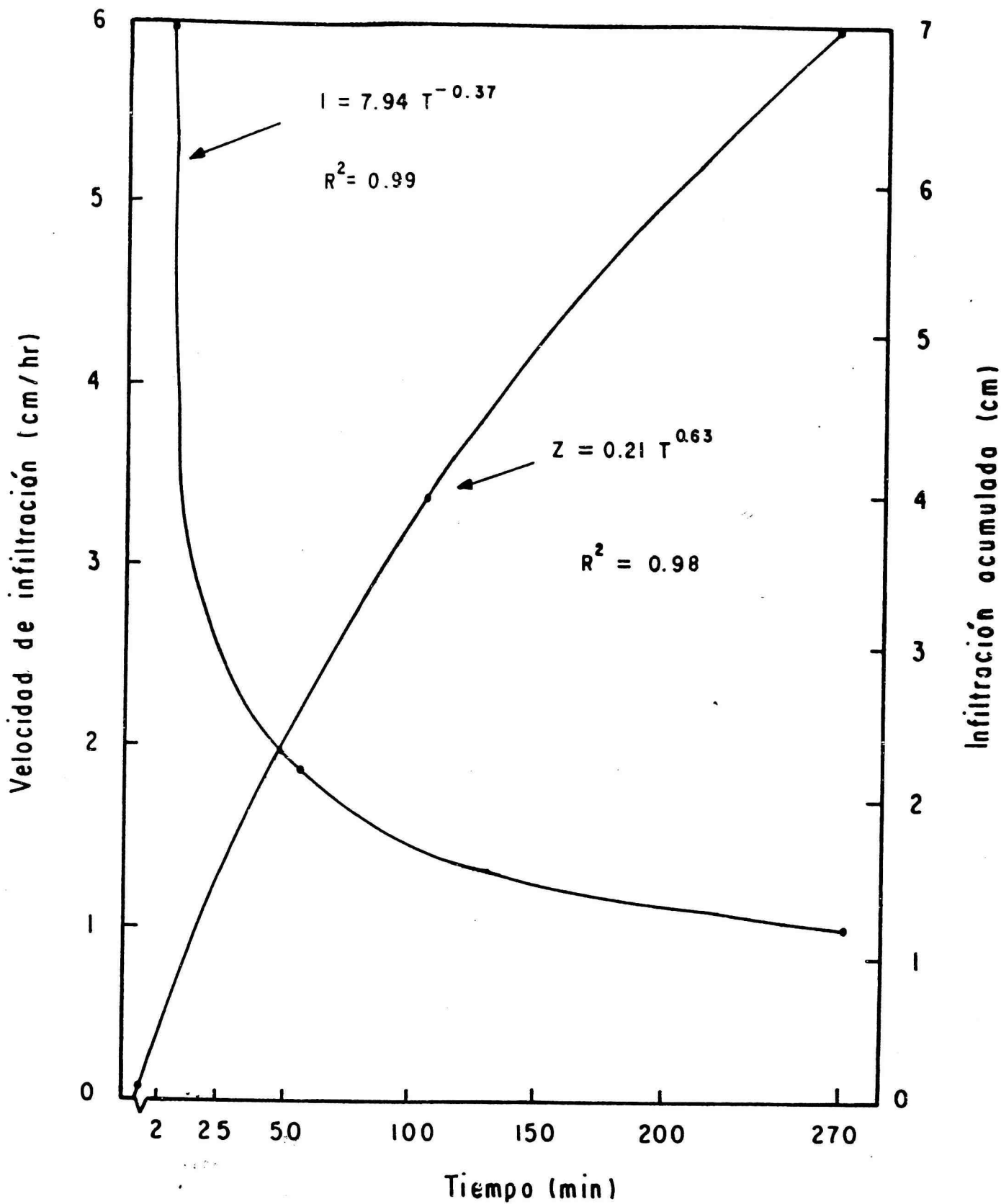


Figura 20. Velocidad de infiltración.

Profundidad del suelo. La profundidad del suelo puede ser definida como el espesor del material edáfico favorable para la penetración de las raíces de las plantas (cuadro 6). Suelos profundos con buen drenaje, de textura y estructuras deseables son adecuados para la producción de cultivos. Las plantas necesitan una profundidad favorable para el buen desarrollo de sus raíces y disponer de agua y nutrientes. La profundidad del suelo puede medirse directamente en el perfil ó a través de barrenaciones. Si la profundidad del suelo es menor al espesor del máximo enraizamiento del cultivo su producción estará limitada.

En un estudio realizado en el campo experimental del CENID-RASPA se determino que la profundidad del suelo (>200 cm) es satisfactoria para el desarrollo de los cultivos (Martínez 1984)

Otras características importantes del suelo podrían ser resumidas de la siguiente manera.

- a) La reacción del suelo a las sales. El efecto que causa el agua de diferentes calidades en la irrigación afecta las propiedades hidráulicas del suelo, dependiendo de la cantidad y clase de arcillas en el mismo. La tendencia a formar costras después de ser humedecido es muy importante.
- b) Erodabilidad. La movilidad del suelo superficial cuando el agua fluye sobre la superficie.
- c) Uniformidad del suelo. Los efectos causados por diferencia en las características del suelo de un determinado predio es importante que sean tomados en cuenta.
- d) Profundidad efectiva del suelo. Suelos pocos profundos ó someros tienen muy poca capacidad de retención de humedad y se requieren aplicar laminas de riego ligeras y frecuentes.

Los sistemas de riego generan algunas situaciones favorables para el cultivo.

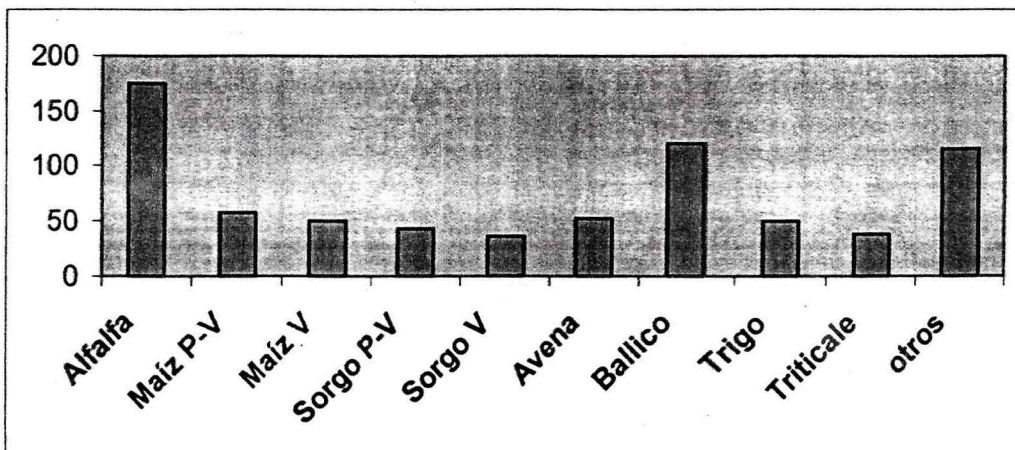
- Las condiciones de aireación durante y después del riego son mejores en riegos por aspersión, principalmente los de aplicaciones frecuentes y láminas ligeras.
- Donde se esperan problemas de salinidad el método de riego deberá proveer un efecto de lavado y prevenir por si solo las concentraciones de sales. Los sistemas de movimiento continuo favorecen la no concentraciones de sales debido a la alta frecuencia de los riegos.
- La fertilización a través del agua de riego es un método eficiente desde el punto de vista agrotécnico y de respuesta del cultivo. los sistemas presurizados facilitan y mejoran esta práctica y presentan la facilidad de fraccionamiento de la dosis de fertilización a través del ciclo del vegetativo del cultivo de acuerdo a su demanda.

2.5.4. CULTIVOS PRINCIPALES EN LA COMARCA LAGUNERA.

En un estudio realizado en la Comarca Lagunera, se encontró que los cultivos mas frecuentes en predios ganaderos son. (Brito 2001).

Los factores que dependen del tipo de planta que deben ser considerados al seleccionar un sistema de riego apropiado son:

Figura 21. Porcentajes de los cultivos más frecuentes en la Región Lagunera.



- Tolerancia a las sales. En relación a la concentración y tipos de sales ya que estas pueden causar toxicidad y provocar una necrosis de la planta, al estar presentes en el suelo, modifican considerablemente la estructura, textura, propiedades hidráulicas del suelo, aumentan la tensión con que el agua es retenida en el suelo. Ocasionando que la planta no se desarrolle bajo condiciones ideales y limitando su producción y hasta su explotación.

Cuadro 4. Cultivos tolerantes a la salinidad de acuerdo con su menor tolerancia dentro de cada grupo.

Cultivos	Tolerantes 12-8 mmhos/cm	Moderadamente Tolerantes 8-4 mmhos/cm	Sensibles 3-2 mmhos/cm
Comunes	Cebada	Trigo	Frijol
	Algodón	Avena	
	Nabo	Sorgo	
		Soya	
Hortícola		Maíz	
	Espárrago	Jitomate	Rábano
	Espinaca	Brócoli	Apio
		Col	Ejote
		Coliflor	
		Maíz dulce	
Cultivos forrajeros		Patata	
		Melón	
	Pasto salado	Trébol dulce	Trébol blanco
	Pasto bermuda	Alfalfa	Trébol híbrido
Frutales		Avena	
		Zacate avena	
	Palma datilera	Vid	Durazno.
	Ciruela		

- Tolerancia al humedecimiento. La tolerancia al agua por la vegetación y el fruto en las varias etapas de crecimiento de la planta; en el caso del melón y tomate bajo un sistema de riego por

aspersión, provoca, por una parte caída de flores y por otra, al tener un contacto directo del agua con el fruto origina un manchado de éste disminuyendo su calidad.

- Tipo de laboreo requerido. En algunas plantas se requieren de ciertos tipos de laboreo durante el proceso de crecimiento de las plantas, como es el caso de las plantas establecidas por hileras.
- Dentro del sistema de crecimiento de las plantas, las raíces tienen un papel muy importante, ya que ellas tienen la función de absorber el agua, los nutrientes, y se realiza gran parte de su oxigenación, además le dan soporte a la planta, entre otras funciones (cuadro 7)

Cuadro 5. Profundidades radicales de algunos cultivos.

Cultivo	Profundidad de las principales raíces que asimilan nutrientes / agua (cm¹)
Alfalfa	100 – 200
Algodón	100 – 170
Cebada	< 100
Cártamo	100 – 200
Hortalizas	30 – 60
Maíz	80 – 100
Melón	100 – 150
Sandia	100 – 150
Sorgo	100 – 200
Trigo	100 – 150 (profundidad activa para trigo de primavera 90 cm).
Palma datilera	150 – 250
Jitomate	70 – 150

- Remuneración económica esperada. La cantidad invertida, los gastos de operación y mantenimiento en el sistema dependen de la remuneración económica esperada del cultivo.

2.5.5. SUPERFICIE AGRICOLA MAS FRECUENTE EN LA COMARCA LAGUNERA.

En la región Lagunera se encontró que el valor promedio de hectáreas por pozo es de 30 (Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI)1998), la topografía y la uniformidad son factores muy importantes para la selección de un sistema de riego por aspersion. En un estudio realizado de 28 predios en la Comarca Lagunera, encontró que el 100% de los predios utiliza nivelación con rayo láser, y que solo el 3% cuentan con algún tipo de sistema de riego por aspersion (Brito 2001). Algunos tipos de sistemas de aspersion pueden operar en pendientes de hasta 20 % o más, con respecto a la uniformidad y tamaño del predio agrícola, incluyen entre otras cosas las restricciones en la selección de un sistema de riego debidas a dicho factor, incluyen los limites de campo, la localización de los caminos y carreteras, las líneas de electricidad, gas y otro tipo de obstrucciones, las condiciones de la superficie del campo tales como la rugosidad relativa y los canales existentes deben también considerados.

Por lo que respecta a la forma del terreno también determina el tipo de sistema; los sistemas pueden ser ajustados a casi cualquier forma de campo, mientras que un sistema de aspersion de pivote debe tener un campo aproximadamente redondo.

Para un sistema de avance lateral, surcos, melgas etc. el campo debe tener una forma casi rectangular.

2.5.6. ASPECTOS ECONOMICOS DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSION.

El tipo de sistema de riego seleccionado es también una decisión económica. Algunos tipos de sistema de riego por aspersión tienen un alto costo por hectárea (cuadro 7) limitando su uso a cultivos con alto valor remunerativo o requieren de mucha mano de obra, la vida útil del sistema, los costos fijos y los costos anuales de operación (energía, agua, depreciación, preparación de la tierra, mano de obra,) deben también se incluidos en el análisis cuando se trata de seleccionar un sistema de riego.

Cuando el agua se extrae de un acuífero subterráneo, mediante un equipo de bombeo con motor eléctrico, los costos de producción se incrementan grandemente respecto a los sistemas de riego por gravedad. El aumento de este costo depende de la profundidad de extracción del agua; y del volumen de agua aplicado a los cultivos.

Para reducir el consumo de energía, el equipo de bombeo debe trabajar a su máxima eficiencia. La eficiencia del equipo de bombeo se debe evaluar periódicamente. Mientras mayor es el costo del agua, mayor es la justificación de adquirir un sistema de riego que nos permita reducir el volumen de agua aplicada, y en consecuencia reducir el ahorro de los insumos. A continuación en el cuadro 6 se presenta la posición de cada variante, respecto al costo, energía, mano de obra y eficiencia en el uso del agua; en forma ascendente de menor a mayor.

CUADRO 6. Posición de las variantes del riego por aspersión en forma ascendente de menor a mayor.

Variante De riego	Costo Inicial / ha	Posición de energía usada (kW/ha-cm)	Mano de obra (hr/ha-cm)	Eficiencia en el uso del agua
Portátil manual	1	1	5	2
Cañón portátil m.	3	Sd	Sd	Sd
Manual.	2	1	4	2
Lateral c/ruedas	4	2	1	4
Pivote central.	4	3	2	1
Avance frontal.	3	4	3	3
Fijo.	5	Sd	Sd	Sd

Sd. Sin dato.

CONCLUSIONES:

Se puede concluir que de acuerdo con la caracterización de la Región Lagunera en el presente trabajo, el sistema de riego por aspersion más adecuado para la Región, por haber obtenido más valores de muy aceptable y aceptable. En relación a las demás variantes se muestra en seguida en orden descendente:

- ❖ Pivote central es el equipo que mayor calificación obtuvo según el cuadro 7 (8 puntos de muy aceptable), con respecto a su costo inicial ocupa la posición 4, y en relación a la energía usada 3, 2 en la mano de obra y en el uso del agua ocupa la posición 1.
- ❖ Cañón portátil es la segunda opción con una puntuación de 6 puntos de muy aceptable y 7 puntos de aceptable, con respecto a su costo inicial ocupa la posición 3, y en relación a la energía usada, mano de obra y uso de agua no tenemos información,
- ❖ Avance frontal es la tercera opción con una puntuación de 6 en relación a muy aceptable y 6 puntos de aceptable, con respecto a su costo inicial ocupa la posición 3, y en relación a la energía usada 4, en la mano de obra y en el uso del agua ocupa la posición 3.
- ❖ Manual sería la cuarta opción con una puntuación de 6 puntos de muy aceptable y 5 de aceptable, con respecto a su costo inicial ocupa la posición 2, y en relación a la energía usada 1, 4 en la mano de obra y en el uso del agua ocupa la posición 2.
- ❖ Lateral con ruedas ocupa la misma posición con el sistema de aspersion manual con los mismos puntos de muy aceptable y aceptable, con respecto a su costo inicial ocupa la posición 4, y en relación a la energía usada 2, 1 en la mano de obra y en el uso del agua ocupa la posición 4.
- ❖ Fijo es la quinta opción con una puntuación de 6 puntos de muy aceptable y 5 de aceptable y 2 de no aceptable, con respecto a su costo inicial ocupa la posición 5, y en relación a la energía usada, mano de obra y en el uso del agua no tenemos información.

- ❖ Portátil manual es la sexta opción con una puntuación de 6 de muy aceptable y 7 de aceptable, con respecto a su costo inicial ocupa la posición 1, y en relación a la energía usada 1, 5 en la mano de obra y en el uso del agua ocupa la posición 2.

El presente trabajo es una guía de cómo se debe seleccionar las diferentes variantes de riego por aspersión y cual es la información elemental relacionada con el suelo, agua, cultivo, superficie y económica con que deben contar para poder adquirir, recomendar o vender un sistema de riego por aspersión.

Al final del trabajo en el cuadro 8 se presentan las diferentes variantes de riego por aspersión con muchos más factores agronómicos para que en un momento dado se pueda realizar una selección más completa de un sistema de riego por aspersión para un determinado predio.

CUADRO 7. Aspectos básicos para poder seleccionar que sistema de aspersión es mas recomendable para la Comarca Lagunera.

Variante de riego	Fuente de abastecimiento de agua		Suelo				
	capacidad	sales	Suelo Profundo	almacenamiento	textura	Infiltración	Salinidad
	Q>30	Mediano A bajo		Alto	Arcillosa	baja	
Portátil manual	**	*	*	**	*	*	*
Cañón portátil	**	*	*	**	*	*	*
Manual	**	*	*	**	*	*	*
Lateral c/ruedas	**	*	-	*	**	-	**
Pivote central	**	*	-	**	**	-	**
Avance frontal	**	*	-	*	*	*	**
Fijo	**	**	**	**	*	*	*

Variante De Riego	planta			Superficie agricola		
	Cultivo		Profundidad De raíces.	Pendiente (%)	uniformidad	Tamaño (ha)
	Cobertura	Alto	Grande	S<2	Uniforme	30>100
Portátil manual	*	-	**	**	**	*
Cañón portátil	*	**	**	**	**	*
Manual	**	-	**	**	**	*
Lateral c/ruedas	*	**	*	**	**	*
Pivote central	*	**	*	**	**	**
Avance frontal	*	**	*	**	**	**
Fijo	-	-	*	**	**	*

ECONÓMICO

Variante De Riego	Superficie	Costo Capital	Energía Usada KWh/ha-cm	Mano de obra Hr/ha-cm	Mnto. %Factor de costo	Eficiencia de Riego.
						Conservadora (%)
Portátil manual	65	7,000	8.75-21.39	0.1652	2	65-75
Cañón portátil	65	10,000	Sd	Sd	Sd	S/d
Manual	65	7,600	8.75-21.39	0.11166	2	65-75
Lateral c/ruedas	55-81	15,000	8.75-23.33	0.0097	5	75-90
Pivote central	32	15,000	34.99-48.6	0.068	6	60-70
Avance frontal	130	10,000	2700-3250	0.0972	2	70-80
Fijo	65	18,000	Sd	Sd	Sd	Sd

** muy aceptable * aceptable - no aceptable sd. Sin dato.

CUADRO 8. Aspectos básicos para la selección de un sistema de riego por aspersión.

VARIANTE DE RIEGO	FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA											SUELO				
	Capacidad		Caudal			Calidad						Almacenamiento		Suelo Poco Profund.	Textura	
	Presión					Materia orgánica	Sales									
	Alta	Baja	Dentro	Fuera	Alto		Bajo	Alto	Med a Bajo	Alto	Bajo	Arena	Arcilla			
Portátil manual	*	-	*	**	**	*	*	-	**	-	*	**	*	*	*	*
Cañón portátil m.	*	-	*	*	**	*	*	*	**	-	*	**	*	*	*	*
Lateral c/ruedas	*	-	-	*	**	**	*	-	*	*	*	*	**	**	**	-
Manual	*	-	*	**	**	*	*	-	*	-	*	**	*	*	*	*
Pivote central	*	-	-	*	**	**	*	*	**	-	*	**	**	**	**	-
Avance frontal.	*	-	*	*	**	**	*	-	**	*	*	*	**	**	**	*
Fijo	**	**	-	*	**	**	*	**	**	*	**	**	-	-	-	*

VARIANTE DE RIEGO	SUELO					PLANTA					SUPERFICIE AGRÍCOLA						
	Infiltración		Aire acci.	Sali nida d.	Ferti rrieg .	Cultivos				Profundidad de raíces		Pendientes (s) %			Uniformidad		
	Alta	Baja				Hilera	Cobertura	Frutal	Altos	Pequeña	Grande	s>20	2<s<20	S<2	Accid.	Ondul.	Unif.
Portátil manual	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	**	-	*	**	*	*	**
Cañón portátil m.	*	*	*	*	*	*	*	*	**	*	**	-	*	**	*	*	**
manual	*	*	*	*	*	*	**	-	-	*	**	-	*	**	-	*	**
Lateral c/ruedas	**	-	**	**	*	*	*	-	**	**	*	-	*	**	-	*	**
Pivote central	**	-	**	**	*	*	*	-	**	**	*	-	*	**	-	*	**
Avance frontal.	*	-	**	**	*	*	*	*	-	**	*	-	*	**	*	*	**
Fijo	-	*	*	-	-	**	-	*	*	-	*	-	-	**	-	*	**

VARIANTE DE RIEGO	SUPERFICIE AGRÍCOLA			
	Tamaño (ha)		Forma Irregular	Sup. (ha)
	>15	<15		
Portátil manual	*	*	*	65
Cañón portátil m.	*	*	*	65
Manual	*	*	-	65
Lateral con ruedas	*	-	-	55-81
Pivote central	*	*	-	32
Avance frontal	*	*	**	130
Fijo	*	*	-	S/d

• aceptable ** muy aceptable - no aceptable sd. Sin dato

REVISIÓN DE LITERATURA.

- Armoni, S. 1986. Micro sprinkler irrigation. Text. Book. First edition. Dan sprinklers, Kibbutz Dan, Israel. In "Informes de Investigación" CENID-RASPA 1988.
- Burt Ch. M; Stuart W.S., 1994 Drip and microirrigation for trees, vines and row crops. Cap. 10, secc. 1. in "importancia de la selección adecuada del fertirriego " Román L. A. CENID-RASPA 1998, Gómez Palacio Durango.
- Cantu. Brito. J. E., 2001. "Modelo de Producción Sustentable de Forrajes para la Producción de Leche en Regiones con Limitantes de Agua"
- Cruz. A., y Levine. G. 1998. "El uso de aguas subterráneas en el Distrito de Riego 017, Región Lagunera, México. Instituto Internacional del Manejo del Agua. Serie Latinoamericana N°. 3. México.
- De la Peña, I. 1978. El buen uso y manejo del agua de riego. Boletín Técnico N° 8 del Comité directivo del Distrito de Riego N° R-28-41. Oficina de Riego y Drenaje. Cd. Obregón, Sonora. in "Informes de Investigación" CENID-RASPA 1988.
- Doneen L.D., Westcot, D.W. (Rev. 1984). "Irrigation Practice and Water Management. FAO. In programación del riego.
- Doorenbos, J., and Pruitt, W.O. (Rev 1984). "Guidelines for Predicting Crop Water Requeriments." FAO. In programación del riego.
- El Janani. S. "El riego por aspersion" (Fundamentos), Apuntes Editado por el Servicio de Campaña (agua y suelo). S:A:R:H, México p: 81.
- Folletos Equipos de Riego por Aspersion: Wade-Rain, Lindsay, Valmont Internacional, Long-Nv-Way, Boss.
- Fry, A. W. and A. S. Gray. 1971. Sprinkler irrigation hand-book. Rain Bird Sprinkler MFG. Corporation Glendora, California in "Informes de Investigación" CENID-RASPA 1988.
- García C., I. Y G. Briones S. 1986 diseño y evaluación de sistemas de riego por aspersion y goteo. UAAAN. Departamento de Riego y Drenaje. In "Informes de Investigación" CENID-RASPA 1988.

- George H.1991, "programación del riego". Investigador del Centro Internacional de Riego, Universidad estatal de Utah, Logan, UT.
- Gómez. P. P. 1975. "Riegos a presión, aspersion y goteo". 1° Edición, Barcelona España, A. E. D. O. S p:247
- González. R. L., Vargas, T. V., Alcalá, R. J. M., Rodríguez. R. H., 1995 " estimación de las necesidades Hídricas en el área citricola de la zona centro de Tamaulipas" in Memorias XXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Cd. Victoria Tamaulipas.
- Hernandez, Yáñez. C., "Necesidades de agua de nueve cultivos en la Región Lagunera " in "Informes de Investigación" CENID-RASPA 1988.
- Hiller, D. 1987. Advances in Irrigation. Academic Press Inc. vol. 4 New York. In "Informes de Investigación" CENID-RASPA 1988.
- Instituto Mexicano De Tecnología Del Agua. 1995 " Manual de Cuando, Cuanto y Como Regar" Jutipec, Morelos., México.
- Instituto Mexicano De Tecnología Del Agua. 1995 " Manual para Planificación del Riego Parcelario" Jutipec, Morelos., México.
- Instituto Mexicano De Tecnología Del Agua. 1995 " Monitoreo de la Calidad del Agua para Riego" Jutipec, Morelos., México.
- Kenneth. H. S. 1990. " Selecting the apropiate Irrigation siytem Charateristic of Sprinkler and Trickle System Examinen, Special Report Agribusiness Sept-Oct. 1990. p. 28-40
- Luna D.E.; Mendoza M.S.F.; Róman L.A., s/f. "Selección de sistemas de riego ". Artículo inédito. CENID-RASPA, INIFAP-SAGAR.
- Martinez D. M. A. 1984. " Asociación Maiz-Frijol Para Forraje" Tesis de Licenciatura, Gómez Palacio, Durango México.
- Palacios V. E., y A. Martinez G. 1978 "Respuesta en el rendimiento de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo". Informe de Investigación. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México pp: 16-20, in Jesús Pilar Amado Alvarez 1986 "Respuesta del manzano a diferentes niveles de humedad en el suelo". Terra volumen 10, Julio-Diciembre de 1992, número 2, pp: 176.

- Palacios. V. E., 1984 " El requerimiento del agua de los cultivos agrícolas y su relación con el rendimiento" in Informe de Investigación, Colegio de Posgraduados Chapingo, México. pp: 3-42.
- Rodríguez Carranza A. "sistemas de riego por aspersion en alfalfa " Cd, Gómez Palacio Durango. in "Informes de Investigación" CENID-RASPA 1988.
- Román L.A. 1998. "Componentes y aspectos básicos de fertirrigación en sistemas de riego presurizado". CENID-RASPA, INIFAP-SAGAR. Artículo de publicación divulgativa de la institución, sin comité editorial.
- Román. López. A., 1989. "Practicas Agrícolas para el control de la salinidad" Seminario Técnico, Vol. 6, N° 18, Gómez Palacio. Durango, México.