

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DETERMINACION DE LA FACTIBILIDAD
DEL USO DE RIEGO POR GOTEO
EN BASE A BOTES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

POR

JOSE LUIS GONZALEZ ELIZONDO

MONTERREY, N. L.,

OCTUBRE DE 1977

041.631
1977

10

C. 1

G6

SS

17

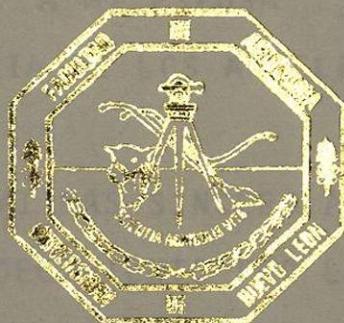


1080061300

Ing. Ceslio
Escareño
Agradezco profundamente
la colaboración aportada
para la obtención de mi título
su casa
Coahuila 307 Nte
Cd. Anahuac N. L.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DETERMINACION DE LA FACTIBILIDAD
DEL USO DE RIEGO POR GOTEOS
EN BASE A BOTES

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

POR

JOSE LUIS GONZALEZ ELIZONDO

MONTERREY, N. L.,

OCTUBRE DE 1977

T
5603
66

0 0.631
FAB
97



Aesis

A MI ESPOSA
MARIA DE LOS ANGELES

CON MI MAS SINCERO AMOR Y
AGRADECIMIENTO POR LA AYUDA
Y ESTIMULOS PARA LA REALIZA
CION DE ESTA TESIS.

A MIS HIJOS
YOLANDA Y
JOSE LUIS
CON TODO MI AMOR

A MIS PADRES

AMANDO GONZALEZ

IRMA ELIZONDO +

CON PROFUNDO AGRADECIMIENTO
Y CARIÑO POR LA FORMACION
QUE ME HAN DADO.

A MIS HERMANOS

MARISELA Y JORGE

A MIS PARIENTES,
COMPAÑEROS Y AMIGOS.

AGRADEZCO A MI ASESOR
ING. M.C. JUAN FRANCISCO PISSANI Z.

POR EL ESFUERZO Y SABIA
DIRECCION DE ESTE TRABAJO.

A MI ALMA MATER

POR TODOS LOS CONOCIMIENTOS
ADQUIRIDOS.

INDICE

Página

IMPORTANCIA	1
LITERATURA REVISADA	3
El Agua en el Suelo	3
El Agua y la Planta	7
El Agua y la Atmósfera	11
El Riego	12
Efecto de Riego en la Planta	15
Métodos de Riego	16
El Riego por Goteo	20
El Riego Directo	25
MATERIAL Y METODOS	26
DISCUSION DE RESULTADOS	39
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
RESUMEN	47
BIBLIOGRAFIA	49

INDICE DE TABLAS

Tabla N°		Página
1	Datos climatológicos de la estación "El Canadá" promedio de 1974-77.	28
2	Determinación de la Textura por el Método del Hidrometro del Suelo Estudiado.	29
3	Análisis químico del suelo en que se llevó a cabo el experimento.	30
4	Reacción del suelo o pH del área estudiada.	32
5	Determinación de Sales por el Método de la Conductividad Eléctrica.	32
6	Capacidad de Campo, Coeficiente de Marchitez Permanente, Densidad Aparente y Agua Disponible del suelo a la máxima retención de humedad, a diferentes profundidades del suelo.	33
7	Necesidades hídricas diarias de diferentes especies de frutales y gasto promedio diario de los botes probados.	40

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica		Página
1	Velocidad de Infiltración del suelo en que se realizó el experimento.	34
2	Curvas de Calibración de los tres tipos de botes probados.	35
3	Curvas de capacidad y de campo, coeficiente de marchitez permanente del suelo estudiado.	36
4	Representación del uso consuntivo diario dos botes tipo C y la precipitación durante el año.	43
5	Representación Gráfica del uso consuntivo diario en litros/día durante el mes, la precipitación + Gasto en litros/día durante los meses del año y el uso consuntivo de la vid en su primera fase de desarrollo y en plena producción.	44

IMPORTANCIA.

El agua de riego ha sido uno de los factores limitantes de las áreas cultivables de todos los países del mundo y en especial las áreas agrícolas de México y dado el crecimiento demográfico del país es necesario aumentar la eficiencia del agua de riego debido a que se tendrá que incrementar el área para la siembra de productos comestibles y sin embargo en la actualidad se cuenta con volúmenes limitados de agua para riego.

El riego por goteo es una técnica de distribución superficial del agua mediante tuberías que descargan en puntos localizados del terreno a través de difusores o goteros. Su aplicación comercial se inició en Israel en 1967.

Actualmente en México existen más de 3,100 Has. con equipo de riego por goteo instalado, superficie de la cual un 60% corresponde a vid y el resto a otros frutales y a cultivos anuales en muy pequeña escala (39).

Esta forma de proporcionar el agua a las plantas no tendría mayor importancia si no fuera porque de esa manera se han obtenido grandes incrementos en la calidad y cantidad de la producción agrícola lo que se ha traducido en un aumento en los ingresos del agricultor y la eficiencia de conducción del agua mediante el empleo de este método de riego (41) de-

bido a que es un método que ofrece mayores perspectivas para el aprovechamiento de pequeñas fuentes de abastecimiento de agua en zonas áridas y semi-áridas, zonas que cubren gran parte de nuestro país.

El objetivo del presente experimento es determinar la facti bilidad de emplear un sistema de riego por goteo en base a botes.

LITERATURA REVISADA

El agua es la que define los aspectos más importantes de la supervivencia; unas veces por su escasez y otras por su exceso, ha obligado a la mayoría de los pueblos, a lo largo del tiempo, a tener como una de las preocupaciones más importantes, su conservación, su control y uso cada vez más eficiente (32). Así que el control y administración adecuada del agua de riego reclaman métodos que permitan valorar estos prácticos desde que sale de la fuente de abastecimiento hasta que quede disponible para su utilización por las plantas.

El agua en el suelo.

Los estudios hidrológicos han mostrado que la infiltración y la percolación necesitan períodos de horas o de pocos días para que el suelo contenga la cantidad de agua equivalente a su capacidad de campo en una capa cuyo espesor depende en gran parte de la cantidad de agua que penetra al terreno. El agua en exceso puede pasar de la zona de percolación hacia las capas inferiores, en dirección vertical por acción de la gravedad hasta donde lo permita la permeabilidad.

Existen tres zonas básicas en el fenómeno del agua durante el riego, la zona de transmisión está caracterizada -

por una conductividad hidráulica constante y una saturación aproximada al 80%. En la zona de humedecimiento la conductividad hidráulica y el grado de saturación disminuyen al acercarse al frente de humedad el cual, es el punto más avanzado del movimiento del agua. En los suelos más secos, el frente de humedad avanza con un movimiento irregular (18).

Las pérdidas de agua en el suelo pueden ser líquidas, como la percolación y en forma de vapor como por transpiración y evaporación. Las pérdidas de humedad en forma de vapor aumentan a medida que la humedad atmosférica disminuye.

La temperatura del suelo afecta el crecimiento y la retención del agua en el suelo, cuando la temperatura disminuye el suelo retiene más agua a $\frac{1}{3}$ de atmósfera de tensión, pero la cantidad de agua disponible no aumenta o disminuye considerablemente en los suelos estudiados (31) sin embargo debe esperarse que la conductividad capilar del agua aumente con la temperatura y afecte la extracción hasta cierto grado. (11)

Farrel y colaboradores citados por Obregón encontraron que vientos con velocidad de 24 Kms./hora afectan el contenido de humedad del suelo hasta los cinco centímetros de profundidad.

Cuando las lluvias son muy intensas, gran parte del agua que cae escurre sobre la superficie del suelo o penetra a zonas más profundas que el sistema radicular, la cual es difícilmente evaporada y cuando las lluvias son ligeras, el agua sólo alcanza a humedecer las primeras capas del suelo y se pierde por evaporación.

Por otra parte el agua de riego en climas secos contiene sales disueltas que se van acumulando en el suelo por las sucesivas aplicaciones de agua de riego. Un exceso de agua puede lavar las sales solubles pero también puede elevar el manto freático (24).

Richards citado por Obregón estudiando el efecto de la humedad en el suelo sobre la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio observó que las plantas cultivadas en suelos con baja humedad presentaron una concentración relativamente alta de nitrógeno y baja de potasio; mientras que el fósforo en algunos casos aumentó y en otros disminuyó.

El nitrógeno tiende a acumularse en la planta cuando la cantidad de humedad es limitado debido a que su utilización en estas condiciones es baja. Así pues, es importante determinar el punto de humedad más recomendable para aplicación del riego y así lograr una mejor utilización del agua y de los nutrientes para obtener mejores rendimientos en ca

da cultivo y tipos de suelos agrícolas (40).

Cualquier factor del suelo que afecte la densidad o profundidad de las raíces influye en la respuesta de las plantas al riego. La cantidad de humedad disponible en la zona de las raíces y la facilidad del suelo para ceder esa humedad son también factores importantes (3).

La capacidad de retención del agua en el suelo es decisiva para el abastecimiento de las necesidades de las plantas y ésta varía con la textura y profundidad de los suelos. La conformación del sistema radicular de las plantas determina la eficacia con que se aprovecha la humedad del suelo (6).

El agua se requiere en el proceso fisiológico del crecimiento de las plantas y se obtiene en su mayor parte de la humedad del suelo. La cantidad, velocidad y la dirección de la infiltración y percolación del agua en el suelo tienen una importancia fundamental en el período de crecimiento activo de las plantas y determinan el momento en que el agua del suelo puede ser utilizada y la cantidad que se puede aprovechar por las plantas en crecimiento (38). En un mismo suelo la mayoría de las plantas se marchitan o dejan de crecer por la relativa deficiencia de agua disponible más o menos al mismo contenido de humedad, pero varía la resistencia

a la sequía dependiendo del tipo de planta (20,23).

El agua y la planta.

La mayoría de las plantas tienen una gran superficie de absorción en su raíz. Cerca del extremo de crecimiento de la raíz o raicilla existen muchos pelos que están en contacto con las partículas del suelo y con los espacios de aire, de donde obtienen oxígeno. Mediante la fuerza osmótica y otros pelos de la raíz extraen la humedad de la película acuosa de cada partícula de suelo.

Dos fenómenos explican cómo la planta obtiene la enorme cantidad de agua que consume y transpira: por el movimiento capilar del agua hacia la raíz de la planta y por el crecimiento de las raíces en suelo húmedo (1).

Plantas con raíces profundas en suelos profundos usualmente muestran poca respuesta a la irrigación, en cambio plantas con sistema radicular superficial en el mismo suelo responde considerablemente a los riegos. Plantas que crecen en suelos en los cuales el 75 a 85% de la humedad disponible es desalojada a tensiones menores que una atmósfera pueden responder más a riegos aplicados a un nivel de humedad elevado que aquéllas en que un 50% de la humedad disponible es desalojado a la misma tensión (16).

Durante los períodos favorables de crecimiento las raíces se alargan a menudo con tanta rapidez que los contactos con la humedad son satisfactorios y se pueden mantener aun cuando el margen de humedad decline y sin la ayuda del proceso capilar. Cuando la raíz se ha desarrollado bien durante el período favorable de crecimiento, la planta puede captar la humedad necesaria de las capas más profundas, por lo tanto si las raíces en la parte superior del terreno han agotado la humedad en esa altura hasta el punto de marchitamiento, las necesidades de la planta pueden satisfacerse si las raíces han logrado profundizar hacia las capas inferiores que aún contienen la humedad adecuada (1).

La deficiencia de agua en la planta no describe completamente las condiciones de tensión de humedad del suelo. El contenido de humedad es un factor adicional. La longitud de la raíz se incrementa al aumentar el contenido de humedad en el suelo siendo el efecto más grande a 3 y 8 atmósferas que a $\frac{1}{3}$ y 1 atmósfera (30).

Aunque la extensión de la raíz es reducida por la fuerza de la humedad hay evidencia de que la profundidad de enraizamiento en el campo es restringido a medida que la humedad del suelo es incrementada dentro de la humedad disponible. En experimentos realizados bajo clima caliente y frío se desarrollaron sistemas de raíces poco profundas a medida

que el nivel de irrigación suplementario fue incrementado. Allí pareció no haber efecto de nivel de humedad en el total de crecimiento de la raíz en las especies de estación caliente, pero había una tendencia definida a raíces más grandes en el más bajo tratamiento de humedad en las plantas de estación fría (30).

En todas las especies la penetración más profunda de las raíces ocurrió en la humedad más baja, irrigadas cuando el 15% de la humedad disponible permaneció en la zona de cero a 24 pulgadas. Para la mayoría de las plantas la concentración de las raíces absorventes es mayor en la parte superior de la zona radicular y una de la base de la planta. El grado de extracción es más rápido en la zona de mayor concentración de la raíz y bajo condiciones favorables de temperatura y aireación teniendo en cuenta que el agua también se evapora desde los primeros centímetros superiores del terreno, la humedad en dicha zona se agota rápidamente. Al disminuir la humedad la tensión aumenta de manera que la planta obtiene humedad de las capas inferiores.

En suelos uniformes, con suficiente suministro de humedad, las plantas consumen el agua con rapidez en la parte superior de la raíz y más lentamente en la parte inferior de la misma. Las curvas de extracción básica señalan que casi todas las plantas que crecen en suelo uniforme con su-

ficiente dotación de humedad aprovechable tienen patrones - de extracción similares, en los que aproximadamente un 40% de la humedad extraída proviene de la cuarta parte superior de la zona de la raíz, el 30% del segundo cuarto, el 20% - del tercero y el 10% del cuarto inferior. (1)

La transpiración se presenta en su mayor parte en las hojas de las plantas, aunque una pequeña porción de la humedad perdida proviene de los tallos más jóvenes y tiene lugar generalmente durante las horas del día y solamente de - un 5 al 10% durante las horas de la noche. El grado de - - transpiración es más bajo antes de salir el sol y llega a su máximo poco antes del mediodía. La transpiración representa una parte importante del agua de desgaste de un cultivo.

Algunos factores que afectan el grado de transpiración son la humedad disponible del suelo, la clase y densidad de crecimiento de cada planta, la cantidad de luz solar, la temperatura y la fertilidad del suelo. En el Verano, cuando soplan los vientos cálidos la transpiración puede presentarse con mayor rapidez que la humedad que debe absorber la raíz aunque el suelo contenga un gran suministro de humedad cuando esto sucede la planta se marchita. En algunas plantas el follaje se seca irremediablemente (1).

El agua que se pierde por transpiración la planta la repone por absorción de la misma manera que es forzada a transpirar por leyes físicas. La absorción se efectúa también forzosamente porque existen mecanismos físicos que determinan el proceso. La pérdida de agua por la planta es una necesidad física, puede decirse que el agua se evapora por la hoja en igual forma que se evaporaría de un recipiente cualquiera. La hoja necesita estar saturada de agua y tener los estomas abiertos para admitir el bióxido de carbono de la atmósfera y progresar en relación a la fotosíntesis. Las moléculas de agua rompen la tensión superficial por la energía cinética de que están dotadas y se escapan al ambiente (14).

El agua y la atmósfera.

El proceso de evaporación es algo similar pero no idéntico al de la evapotranspiración (6) pues aun cuando las plantas tengan completamente abierto su sistema estomático, existe cierta resistencia a la difusibilidad característica que no está presente en los recipientes abiertos. Otra diferencia que se presenta es que la iniciación de la evaporación en un recipiente se retarda por algunas horas comparativamente con la transpiración debido a que el agua tiene mayor capacidad de almacenamiento de calor. Sin embargo, aun cuando se notan estas experiencias la experimentación ha arrojado datos que indican una correlación entre evapo-

transpiración y evaporación de superficies libres (14).

La suma de las pérdidas de agua en forma de vapor por transpiración de las plantas o por la evaporación del sistema suelo planta recibe el nombre de evapotranspiración (3-4) y se define la evapotranspiración potencial como la cantidad total de humedad devuelta a la atmósfera desde una superficie totalmente cubierta con vegetación que transpira activamente, cuando la tensión de la humedad del suelo no limite la penetración de agua en el sistema radicular de la planta (13).

El Riego.

Los investigadores comentan sobre la necesidad de regar pero haciéndolo de una manera eficiente (26) tanto como para que el sistema de riego empleado sea redituable como para aprovechar al máximo el agua que ya deja sentir su escasez en muchos países porque la población y las necesidades de alimento van en constante aumento y las fuentes de agua son las mismas que han prevalecido por muchos años y seguirán siendo las mismas (14).

Una de las principales razones para que las prácticas de riego no hayan cambiado sustancialmente es que los procedimientos que siguen los agricultores para fijar la fecha de los riegos que se dan, de acuerdo a un calendario fijo -

no se han modificado, sin tener en cuenta las variaciones climatológicas o sobre la base de fechas determinadas por rotaciones fijas de cultivos. Además, los volúmenes aplicados suelen estar determinados por el método de riego, surcos o inundación o la duración convencional del turno de riego, 12 ó 24 horas en lugar de ajustarse a la cantidad de la humedad aprovechable del suelo utilizado después del último riego. La buena ejecución del riego es todavía más que una ciencia, un arte perfeccionado a través de la experiencia de muchos años (2).

Las necesidades de agua de cada cultivo durante su período de desarrollo son de capital importancia para la determinación del momento de riego. Algunas zonas irrigadas tienen un suministro deficiente de agua durante la época de los riegos, pero gran abundancia de ella a fines de otoño, invierno o principios de la primavera y los usuarios no siempre pueden darle a los cultivos el agua cuando más la requieren y en algunas ocasiones para ahorrarla deben regar cuando las plantas no la necesitan. En la determinación del riego se considera tanto las necesidades de las plantas como el suministro del agua utilizable por ellas (23).

Aunque tanto la fecha del riego como la cantidad de agua aplicada afectan a la eficiencia, la fecha tiene el mayor efecto sobre el rendimiento del cultivo y la calidad de

de la cosecha, debido a que una excesiva escasez de agua en algunas fases del desarrollo, causada por un retraso en el riego o la aplicación de una cantidad de agua inadecuada, puede reducir de un modo irreversible el rendimiento potencial o la calidad de la cosecha, o ambos. Cuando se hacen visibles los síntomas causados por la escasez de agua, ya se ha producido, en general, el daño o se producirá en el tiempo que transcurra hasta que se pueda regar (2).

La necesidad de riego se define como la cantidad de agua que, aparte de la precipitación efectiva, se necesita para la producción de los cultivos (9).

La cantidad de agua requerida, anualmente para producir crecimiento y producción satisfactorios es sumamente variable dependiendo de la permeabilidad del suelo, profundidad del mismo, humedad atmosférica y evaporación (35).

El sistema que se sigue para evaluar las necesidades de riego debe basarse, por lo tanto, en un conocimiento completo de las relaciones suelo-planta-agua en el lugar en cuestión, incluyendo factores como el uso del agua por los cultivos considerados y las relaciones evapotranspiración-humedad del suelo.

Es importante también, conocer los factores que inter-

vienen en las relaciones precipitación-agua utilizable-tiempo, como la cuantía de la precipitación, su forma, la intensidad y frecuencia de su presentación (9).

Efecto del riego en la Planta.

La respuesta en crecimiento depende del tipo de árbol, características de enraizamiento y distancia de plantación.

Se evalúa haciendo mediciones a la circunferencia del tronco y de la altura de la planta (41).

En el aspecto de irrigación de los cultivos se puede decir lo siguiente: Los tres factores que de un modo más decisivo influyen sobre el momento más oportuno de dar un riego son: Las necesidades de agua de los cultivos, la disponibilidad del agua para el riego, la capacidad de la zona radicular para almacenar agua.

El regante debería acumular en la zona radicular de su terreno la mayor parte del agua aplicada hasta donde lo consientan las buenas prácticas y la economía del riego. Las pérdidas de agua más comunes consisten en escurrimientos y percolación profunda (14).

En cada riego se almacena en la zona no saturada del suelo un volumen de agua suficiente para satisfacer las ne-

cesidades del cultivo durante un período que oscila entre unos cuantos días y varias semanas. La frecuencia de los riegos que deben darse a los suelos de diferentes propiedades para satisfacer al óptimo las necesidades de los cultivos es una cuestión a determinar prácticamente. El factor de mayor importancia para establecer la frecuencia y la duración más favorable de cada riego es la necesidad de agua de cada cultivo (35).

Métodos de Riego.

De los actualmente conocidos se pueden mencionar los siguientes:

- a) Riego por inundación (26) con las modalidades siguientes:

Vasos en contorno.

Represas alrededor del árbol.

Melgas.

- b) Riego por surcos, con las siguientes modalidades - (32).

Surcos en contorno siguiendo curvas de nivel.

Pequeños surcos en forma de corrugación.

Surcos en Zig Zag que son empleados principalmente en frutales distribuidos en setos.

c) Subirrigación (43).

Control artificial del nivel freático.

Subirrigación en ausencia de nivel freático, a través de la aplicación de agua mediante tubos porosos enterrados.

d) Irrigación entubada (42).

Aspersión con sistema permanente.

Aspersión con sistema portátil.

Riego por goteo.

Los factores por los cuales es difícil llegar a obtener alta eficiencia en la aplicación del agua por cualquiera de los métodos usados en los sistemas de gravedad son:

- a) Irregularidad superficial del terreno.
- b) Suelos superficiales asentados sobre grava de alta permeabilidad.
- c) Pequeños caudales de riego.
- d) Falta de atención al agua cuando se está regando.
- e) Trayectos largos de transporte y aplicación excesiva de agua en un corto tiempo.
- f) Suelos compactos e impermeables.
- g) Pendientes muy acentuadas o terrenos desprovistos

completamente de pendiente.

Todos estos factores acabados de enumerar más otros - que se podrían mencionar al querer profundizar más en este tema hacen que la eficiencia en la aplicación del riego sea por demás baja (14).

El punto de equilibrio entre el factor económico del establecimiento de sistemas de irrigación y las necesidades de la eficiencia de aplicación de riego se ha venido a alcanzar con eficiencia de aplicación de un 60% en los sistemas de riego por melgas y surcos (19) y hasta un 75% en los sistemas de riego por aspersión (8, 14).

Con el riego por aspersión sucede también la limitación económica. A veces para lograr una buena eficiencia en aplicación se requiere tal densidad de tubería o tal traslape en los patrones de humedecimiento de los aspersores que elevan los costos a tal grado que se prefiere sacrificar eficiencia. Ha sido muy común el problema de salinidad en las hojas y en el suelo (14).

Estudios recientes sobre los sistemas de riego de superficie (52) indican que las prácticas seguidas para fijar el momento del riego y la cantidad de agua por aplicar no han cambiado significativamente, en relación con lo observado

do hace 25 años por Israelsen y sus colaboradores (21). Los intentos para relacionar las eficiencias de riego observadas con las características de los campos, los suelos, los cultivos y las prácticas agrícolas, no han tenido éxito, debido a que los factores que causan las grandes diferencias en las épocas del riego y en los volúmenes usados, son variables en tal grado que las eficiencias de riego resultantes parecen ser un evento al azar, con una distribución estadística amplia y uniforme. Las posibilidades potenciales para un mejor uso del agua han aumentado sustancialmente durante los últimos quince años, debido al mejor control del agua y el establecimiento de estructuras medidoras, a la disponibilidad de métodos de más confianza para estimar la evapotranspiración (22) al conocimiento cada vez mayor de la respuesta de cada cultivo a los niveles de humedad aprovechable (17) y al equipo de que se dispone para medir la humedad como base para determinar los riegos (17).

Existe la tendencia de aplicar volúmenes excesivos de agua debido a que existe una correlación entre el volumen de agua y rendimiento. Una aplicación innecesaria de agua puede acarrear problemas graves como son: 1).- Perder por drenaje los elementos utilizables por la planta (6); 2).- Dejar sin trabajo tierra que podrá regarse con el mismo volumen de agua (11); 3).- Someter al suelo a una aireación deficiente que junto con el mal drenaje trae como consecuen

cia el desarrollo de plagas y enfermedades en las plantas - (27).

Conocer cuál es la lámina óptima de cada cultivo y de cada zona para obtener beneficios agrícolas que al fin se traducen en cosechas más remuneradoras es fundamental (37).

El Riego por Goteo.

En la actualidad, constantemente se buscan técnicas para mejorar el uso y el aprovechamiento del recurso agua. En 1918 la Universidad de Colorado reporta ya el uso de tuberías y emisores por E. H. House pero no fue hasta 1959 que en Israel el Dr. Symcha Blass cristalizó las experiencias anteriores en lo que hoy conocemos como riego por goteo.

El riego por goteo consiste en el principio de la aportación programada de los volúmenes de agua requerido por un cultivo, mediante una red de tuberías y emisores debidamente calibrados para obtener el gasto deseado: minimizando - pérdidas por evaporación y drenaje en el manejo del agua y aumentando la eficiencia de aplicación de la misma (5,13,15).

El riego por goteo puede ser definido de la siguiente manera: es el mantenimiento diario de humedad en una adecuada sección del área de las raíces de una planta con humedad entre capacidad de campo y saturación durante el período de

crecimiento. Este sistema provee una relación suelo-agua-planta, que puede conducir a un mejor crecimiento y rendimiento de la planta, asumiendo que las plantas que no se sujetan a los períodos extremos de humedad y sequía del suelo son más productivas (5, 14).

Las ventajas del riego por goteo según Hall (18) en comparación con el riego por surco son de principal interés para los horticultores, principalmente por los siguientes factores:

Reducción en la cantidad de agua usada.

Reducción en las aportaciones de sales al suelo.

Control de hierbas entre los surcos que redundan en ahorro de mano de obra.

Los reportajes preliminares de las investigaciones indican las siguientes ventajas potenciales con el uso de este sistema.

Incrementa los rendimientos.

Acelera el crecimiento de las plantas.

La zona de raíces se mantiene húmeda todo el tiempo.

La planta no está sujeta a ciclos continuos de saturación-marchitez que provocan retrasos en el crecimiento.

El agua y fertilizante pueden ser aplicados simultáneame

mente.

Significativo ahorro de agua.

El área entre los surcos se mantiene seca y firme, con el consecuente beneficio en las labores culturales y - de recolección.

Control de malezas entre los surcos.

Uso de tierras con topografía accidentada.

Mejoramiento en la calidad de frutos.

Uso de agua de mala calidad.

Se puede tener un sistema continuo de riego.

Indudablemente que bajo este sistema de irrigación se pueden usar aguas altamente salinas, pues en Israel el agua que usan varía de 400 p.p.m. a 3,000 el contenido de cloro oscila entre 150 p.p.m. y 800 p.p.m. El perjuicio del uso de aguas con este contenido de humedad del suelo diluye las sales a un nivel inocuo; sin embargo, las sales se acumulan en los extremos del área del patrón de humedecimiento y estas acumulaciones deben ser eliminadas por riegos pesados - si es que en la región no existen lluvias fuertes.

Los problemas que faltan por resolver son: En las zonas de baja precipitación se tiene que conservar los sistemas convencionales de irrigación para hacer los lavados de sales después del cultivo.

Alto costo en los sistemas de goteo.

Su instalación y mantenimiento dentro del lote son costosos y requieren de conocimientos de ingeniería.

El agua debe estar completamente limpia para evitar - tamponamiento en los orificios y la presión del sistema debe ser controlada para una aplicación uniforme.

Recientemente se ha innovado el sistema de irrigación de riego por goteo que ha venido a superar estas deficiencias al alcanzar eficiencias de aplicación superiores al - 75%. Además de otros beneficios como el poder emplear aguas altamente salinas y el de mantener niveles de humedad óptimos y constantes para los cultivos (14).

Gustafson (15) afirma que la irrigación por goteo no - es nueva, pues hace tiempo que este método se ha venido usando, para irrigar y fertilizar plantas en los invernaderos. Aunque el presente sistema de irrigación sí se puede considerar nuevo o sea su aplicación al campo, se puede decir que su iniciador lo fue el Dr. Symcha Blass que en 1959 empezó a trabajar en el Desierto de Negev en Israel.

Gustafson (15) ha recopilado los trabajos que sobre - riego por goteo se han venido haciendo en California, por - lo menos durante los últimos 10 años. Los agricultores del

área de San Diego, California, han estado usando riego por goteo con ventajas tales como mantener siempre húmedo el suelo y además poder aplicar el fertilizante e insecticidas sistémicos a través del sistema de irrigación. Además han observado beneficios tales como: mejor calidad de plantas y mayor uniformidad en crecimiento.

Experimentos realizados en Pomona, California, han planteado las interrogantes sobre la evaluación del sistema, movimiento del agua en el suelo, comparación con otros sistemas y finalmente determinar volúmenes de agua (15).

Naturalmente que regar por goteo no es simplemente aplicar el agua de riego gota a gota para obtener los magníficos resultados que hasta ahora se conocen (41), es necesario cumplir con algunas condiciones de tipo general de las cuales - las más importantes son las siguientes:

- 1.- Regar diariamente o cuando más cada tercer día.
- 2.- Aplicar el agua a la zona radicular de tal forma - que una parte de esta zona se encuentre en condiciones de saturación; es decir, que se provoque una condición potencial.
- 3.- Debe regarse únicamente durante el día.
- 4.- Debe aplicarse el fertilizante, en especial el nitrógeno a través del agua de riego.

- 5.- La cantidad de agua que se aplique debe ser la necesaria para reponer el uso consuntivo de las plantas en el intervalo de riego transcurrido.
- 6.- Es necesario provocar un desarrollo radicular que sin ir en detrimento de la estabilidad de las plantas exploren al máximo posible las capas superficiales del suelo.

Al proporcionar el agua con estas condiciones, la planta tendrá que ejercer un mínimo esfuerzo para la absorción del agua (41).

El riego directo.

El riego directo consiste fundamentalmente en llevar el agua directamente a cada árbol por medio de un tubo conductor principal que tiene como fuente de abastecimiento un tanque elevado llenado directamente con la descarga de la bomba o pozo evitando un rebombeo a fin de verterla al cajete de cada árbol. Con este método de riego se han logrado regar 750 árboles diarios con tres personas trabajando ocho horas al día aplicando de 150 a 200 litros por árbol según su edad. Este sistema aumenta la eficiencia por conducción al igual que el riego por goteo (29).

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo fue realizado en los terrenos del - Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de - la U.A.N.L., municipio de Gral. Escobedo, N. L., cuyas coordenadas son 23°45' de latitud Norte y 99°10' de longitud Oeste y se encuentra a una altura de 427 metros sobre el nivel del mar.

El clima de la región es semi-árido con un ciclo de - lluvias muy irregular teniendo una precipitación pluvial que varía de 360 a 720 milímetros anuales y con una temperatura media anual de 21 a 24°C. (Estos datos se muestran en la Tabla N° 1.

Se levantó un plano topográfico del área estudiada; posteriormente se determinaron los puntos de siembra de los frutales en tal forma que hubiera competencia perfecta entre sí. Por otra parte se muestreó el suelo cada diez centímetros - hasta una profundidad de 2.00 Mts., para practicarles un análisis físico químico complementado éste con las determinaciones del coeficiente de infiltración básico, capacidad de campo, coeficiente de marchitez permanente, densidad aparente y lámina de agua disponible y cuyos resultados se muestran en las tablas N° 2 a N° 6 y gráficas N° 1 y 3.

Posteriormente se procedió a la calibración.

De los tres tipos de recipientes probados, tomando dos botes de cada tipo, con estos resultados se procedió a determinar la curva de calibración de cada tipo de recipiente, y que se ilustran en las gráfica N^o 2. Durante esta prueba se utilizaron goteros regulables y después de dos meses de observación se llegó a la conclusión de que el gotero dejaba de funcionar cuando la carga hidráulica llegaba a la mitad del bote, por lo que se cambiaron los goteros por otros de tipo spaguetti.

Las características de los botes probados son las siguientes:

Bote Tipo A.- Es un recipiente de tipo rectangular que tiene una capacidad de 18 litros y una carga hidráulica máxima de 30.15 cms. y 23.02 cms. de lado; fabricado de metal laminado.

Bote Tipo B.- Es un recipiente de tipo cónico con una capacidad de 20 litros, una carga hidráulica máxima de 34.0 cms. y su fabricación es de plástico flexible.

Bote Tipo C.- Recipiente cilíndrico, con una carga hidráulica máxima de 41.0 cms. y 14.27 cms. de radio, de fabri

cación metálica laminada y con una capacidad de 29 litros.

TABLA N° 1. Datos climatológicos de la estación "El Canadá" promedio de 1974-77.

MES	TEMPERATURA \bar{X} °C	EVAPORACION TOTAL mm.	PRECIPITACION mm.	HORAS LUZ
Enero	13.23	73.29	11.60	115.1
Febrero	15.32	110.45	11.42	165.1
Marzo	19.26	137.05	9.25	119.1
Abril	20.40	158.78	18.50	255.1
Mayo	25.42	161.98	49.46	133.6
Junio	26.40	197.91	36.31	284.0
Julio	26.27	168.63	138.03	148.4
Agosto	27.08	175.99	63.60	265.3
Sept.	25.33	123.02	87.16	204.2
Oct.	22.50	98.50	31.73	125.0
Nov.	18.15	80.47	46.53	97.3
Dic.	15.23	61.91	18.30	119.0

TABLA N° 2. Determinación de la Textura por el Método del Hidrometro del Suelo Estudiado.

PROFUNDIDAD	% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	TEXTURA
0-10	14.6	33.8	51.6	arcilla
10-20	14.6	35.2	50.2	arcilla
20-30	14.6	33.4	52.0	arcilla
30-40	14.6	32.0	53.4	arcilla
40-50	14.6	32.0	53.4	arcilla
50-60	14.6	32.0	53.4	arcilla
60-70	14.6	32.0	53.4	arcilla
70-80	14.6	32.0	53.4	arcilla
80-90	14.6	30.0	55.4	arcilla
90-100	14.6	30.0	55.4	arcilla
100-110	13.6	32.0	54.4	arcilla
110-120	13.6	32.0	54.4	arcilla
120-130	13.6	32.0	54.4	arcilla
130-140	13.6	32.0	54.4	arcilla
140-150	13.6	32.0	54.4	arcilla
150-160	13.6	38.0	48.4	arcilla
160-170	13.6	42.0	44.4	arcilla limosa
170-180	13.6	42.0	44.4	arcilla limosa
180-190	13.6	42.0	44.4	arcilla limosa
190-200	13.6	42.0	44.4	arcilla limosa

TABLA N° 3. Análisis químico del suelo en que se llevó a cabo el experimento.

NITROGENO (Método Kjeldahl):

PROFUNDIDAD	LECTURA	CLASIFICACION AGRONOMICA
0-30	.2829	rico
30-60	.3018	rico
60-90	.2949	rico
90-100	.2949	rico
90-120	.2570	rico

FOSFORO (Método Peech y English):

PROFUNDIDAD	Kg./Ha.	CLASIFICACION AGRONOMICA
0-30	30.80	mediano
30-60	56.00	mediano
60-90	16.80	medianamente pobre
90-120	29.36	mediano

POTASIO (Método Peech y English):

PROFUNDIDAD	Kg./Ha.	CLASIFICACION AGRONOMICA
0-30	341.18	medianamente rico
30-60	194.96	medianamente pobre
60-90	48.74	extremadamente pobre
90-120	97.98	muy pobre

MATERIA ORGANICA (Método Walkley y Black):

PROFUNDIDAD	LECTURA	CLASIFICACION AGRONOMICA
0-30	.3420	medianamente pobre
30-60	.8625	medianamente pobre
60-90	1.0000	medianamente pobre
90-120	1.7570	mediano

TABLA N° 4. Reacción del suelo o pH del área estudiada.

PROFUNDIDAD	pH	CLASIFICACION
0 - 30	8.1	Medianamente Alcalino
30 - 60	8.1	Medianamente Alcalino
60 - 90	8.2	Medianamente Alcalino
90 - 120	7.7	Ligeramente Alcalino
120 - 150	7.5	Ligeramente Alcalino
150 - 180	7.5	Ligeramente Alcalino
180 - 200	7.5	Ligeramente Alcalino

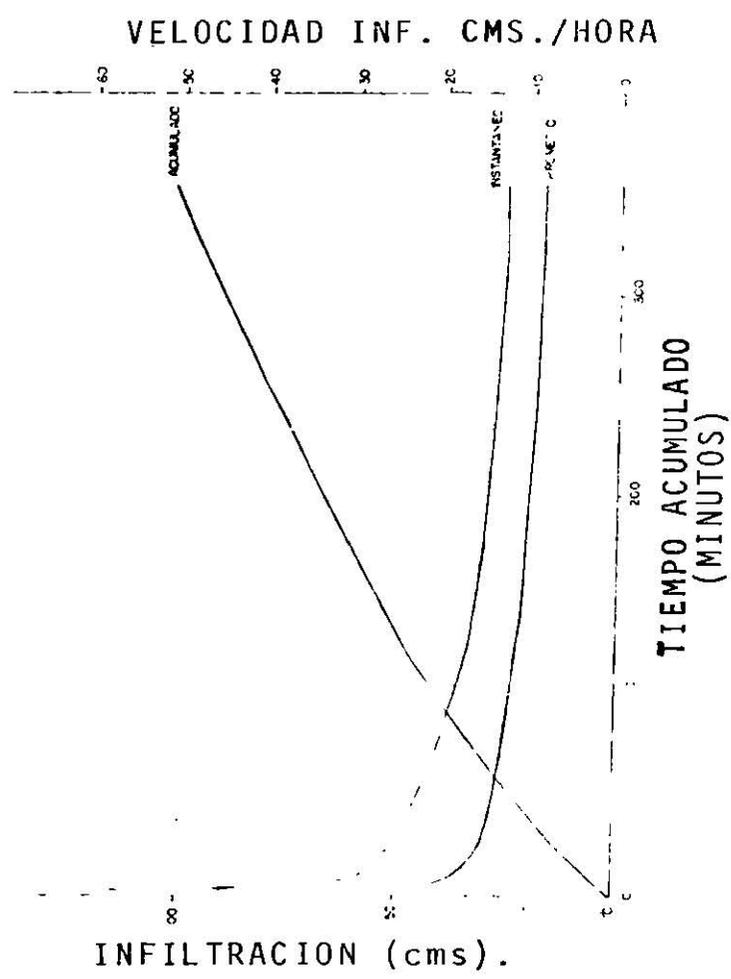
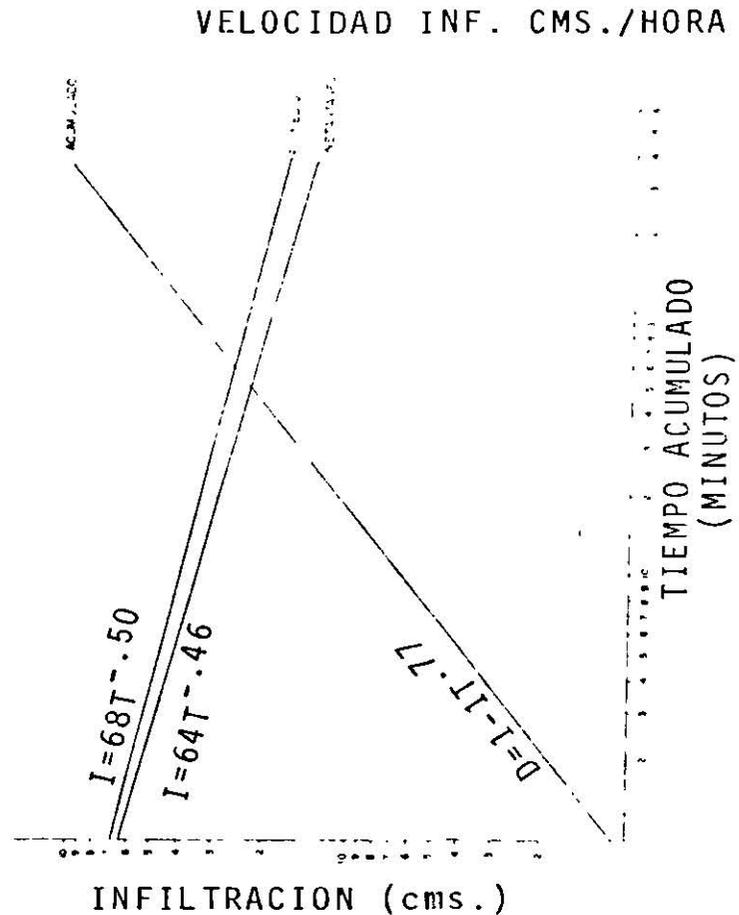
TABLA N° 5. Determinación de Sales por el Método de la Conductividad Eléctrica.

PROFUNDIDAD	TEMPERATURA	LECTURA	CLASIFICACION
0 - 30	24°C	4.32	Moderadamente Salino
30 - 60	24°C	4.60	Moderadamente Salino
60 - 90	24°C	5.36	Moderadamente Salino
90 - 120	24°C	4.40	Moderadamente Salino
120 - 150	24°C	4.08	Moderadamente Salino
150 - 180	24°C	4.32	Moderadamente Salino
180 - 200	24°C	4.16	Moderadamente Salino

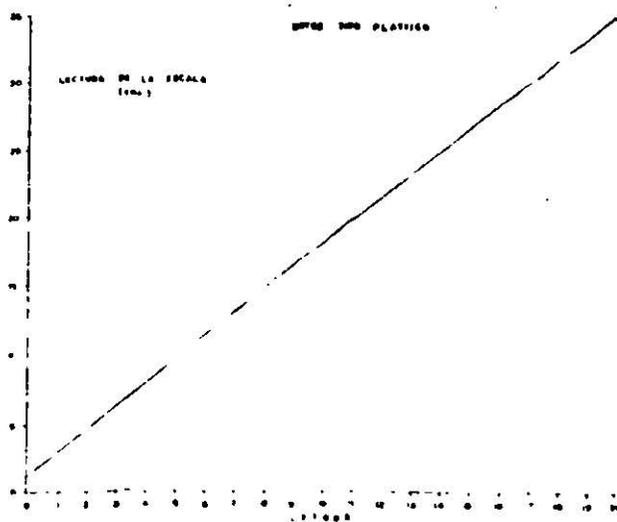
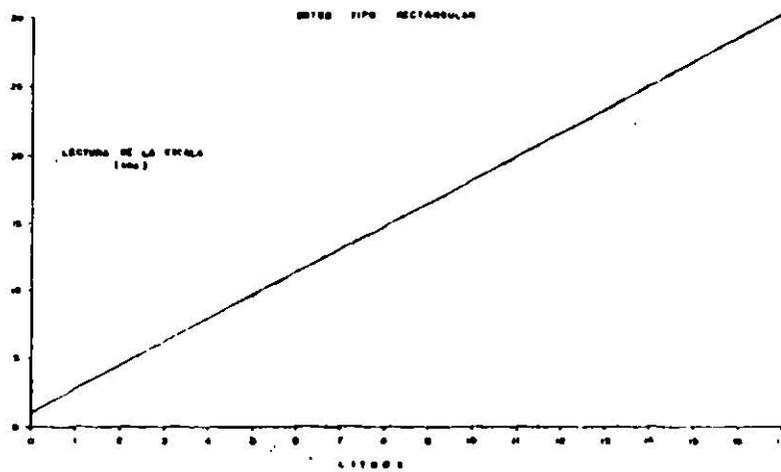
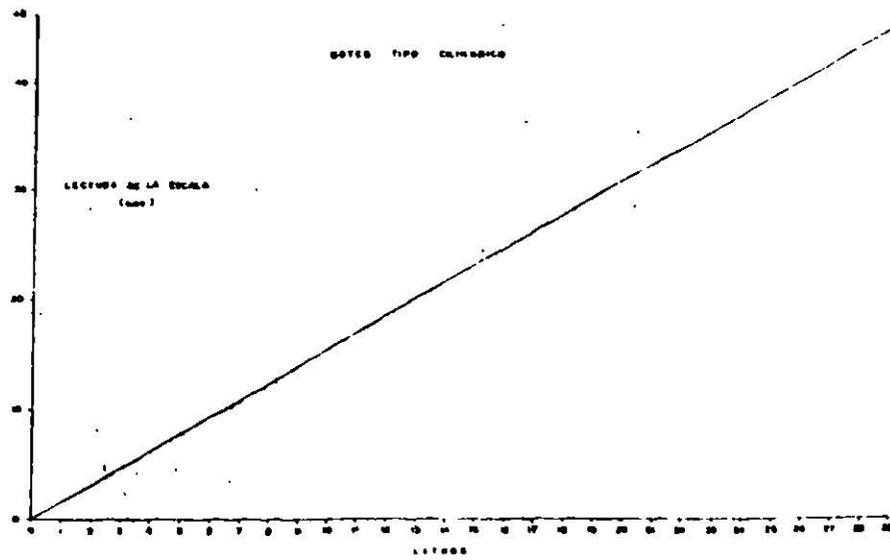
TABLA N° 6. Capacidad de Campo, Coeficiente de Marchitez - Permanente, Densidad Aparente y Agua Disponible del suelo a la máxima retención de humedad, a diferentes profundidades del suelo.

PROFUNDIDAD	% de Humedad A:		Densidad Aparente	Lámina de Agua Disponible en cms.
	Capacidad de Campo	Coef. de Marchitez Permanente		
0 - 10	25.90	11.26	1.257	1.84
10 - 20	24.05	10.47	1.181	1.60
20 - 30	20.37	8.85	1.125	1.30
30 - 40	20.36	8.85	1.129	1.30
40 - 50	19.14	8.32	1.145	1.24
50 - 60	19.08	8.29	1.124	1.21
60 - 70	18.77	8.16	1.106	1.17
70 - 80	19.69	8.56	1.089	1.21
80 - 90	19.72	8.57	1.116	1.24
90 - 100	17.58	7.64	1.094	1.09
100 - 110	18.04	7.84	1.116	1.14
110 - 120	18.57	8.07	1.240	1.30
120 - 130	19.54	8.49	1.227	1.36
130 - 140	22.16	9.63	1.334	1.67
140 - 150	22.31	9.70	1.292	1.63
150 - 160	22.55	9.80	1.389	1.77
160 - 170	23.01	10.00	1.441	1.87
170 - 180	23.61	10.26	1.412	1.89
180 - 190	22.78	9.90	1.368	1.76
190 - 200	22.55	9.80	1.468	1.87

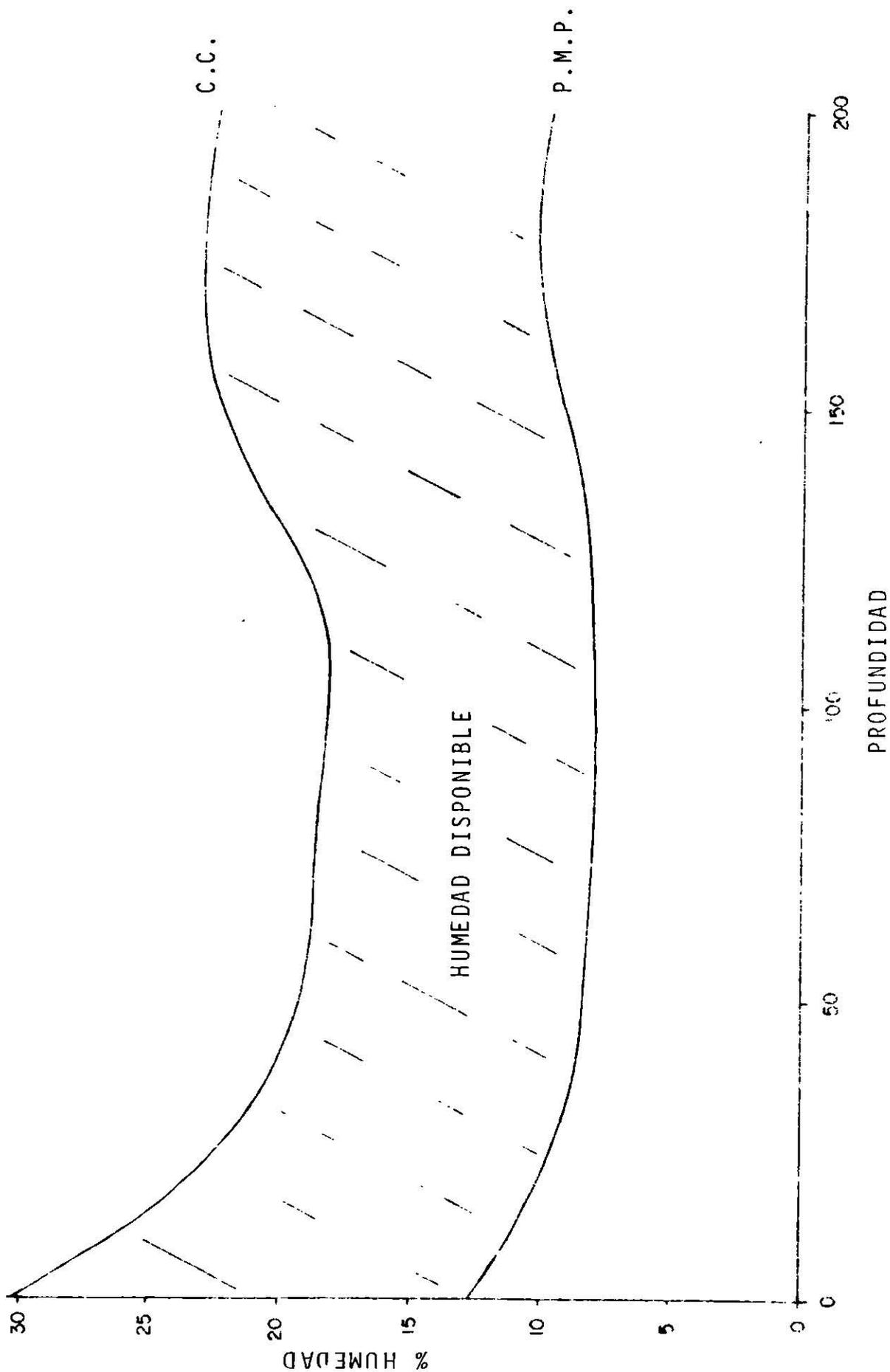
GRAFICA N° 1. VELOCIDAD DE INFILTRACION DEL SUELO EN QUE SE REALIZO EL EXPERIMENTO.



GRAFICA No. 2. CURVAS DE CALIBRACION DE LOS TRES TIPOS DE BOTES PRBADOS



GRAFICA N° 3. CURVAS DE CAPACIDAD Y DE CAMPO, COEFICIENTE DE MARCHITEZ PERMANENTE DEL SUELO ESTUDIADO.



PLANTACION DEL HUERTO.

Se marcaron los puntos de plantación de las diferentes especies de frutales, se hicieron los cepos de 80 x 80 x 80 cms. para higuera, palma datilera y pistaches; y 60 x 60 x 60 cms. para duraznos. (Ver Plano)

El volumen de tierra sacado a la mitad de la profundidad de cada cepo se colocó en un lado y la otra mitad al lado opuesto, después se cubrió con un plástico toda la tierra extraída y el cepo para esterilizarlo, para lo cual se aplicó Bromuro de Metilo y permaneció cubierto durante 3 días. Se retiró el plástico y el trasplante se efectuó a los 5 días después, al momento del trasplante se aplicó el tratamiento Arizona al suelo para proteger a los árboles de la pudrición texana.

Una vez trasplantados los frutales se colocó el sistema de riego el cual consta en su mayor parte de botes de plástico y lámina de volumen variable entre 18 y 29 litros, llaves plásticas y mangueras con regulador de goteo (desecho de hospitales).

Las especies frutícolas fueron: Palma Datilera, Pistache e Higuera, sembrados a una distancia de 10 x 10 Mts.; y Durazno sembrado a 8 x 8 Mts. procurando en la distribución establecer competencia perfecta entre las especies.

DISCUSION DE RESULTADOS

El suelo estudiado tiene una textura arcillosa hasta los 170 centímetros de profundidad y cambia a una arcilla limosa de los 170, a los 200 centímetros, lo cual se muestra en la Tabla N° 2. Es un suelo mediano a pobre en materia orgánica, sin problemas de deficiencia de nitrógeno y deficiente en fósforo y potasio; se clasifica como medianamente alcalino, ya que su pH varía de 7.5 hasta 8.2 (Tablas 3 y 4).

El suelo tiene una conductividad eléctrica comprendida entre 3.88 y 6.00 MMHOS/cm. a 25°C (Tabla N° 5), lo cual clasifica al suelo como moderadamente salino, condición que puede restringir el crecimiento de varios cultivos.

La capacidad de campo varió de 18.04 % a 25.90 % de humedad. Esta cantidad de humedad es característica de los suelos arcillosos; y el coeficiente de marchitez permanente varió de 11.26 a 7.64 % de humedad, lo que se observa en la Tabla N° 6 y en la Gráfica N° 3.

Según la Tabla N° 7 se observa que las necesidades diarias de agua de las diferentes especies frutícolas es muy superior al gasto diario determinado a los botes aun considerando el bote Tipo C que es el de mayor gasto, salvo en el caso de la Vid en el cual puede este sistema de riego satisfacer

TABLA N° 7. Necesidades hídricas diarias de diferentes especies de frutales y gasto promedio diario de los botes probados.

MES	* Uso Consuntivo diario en Litros					Gasto diario Lts./Bote		
	FRUTAL					Bote Tipo		
	Aguacate	Cítricos	Durazno	Nogal	Vid	A	B	C
Enero	64	56.96	36.48	66.30	3.42	3.02	2.67	3.98
Febrero	100	55.36	49.28	85.80	3.66	3.02	2.67	3.98
Marzo	258	105.28	147.70	292.50	9.60	3.02	2.67	3.98
Abril	365	125.44	275.20	624.00	15.60	3.02	2.67	3.98
Mayo	471	151.36	441.60	1170.00	27.60	3.02	2.67	3.98
Junio	477	149.44	480.00	1443.00	31.80	3.02	2.67	3.98
Julio	444	144.64	460.80	1482.00	31.20	3.02	2.67	3.98
Agosto	451	159.04	428.80	1423.50	31.80	3.02	2.67	3.98
Sept.	332	128.64	230.40	936.00	22.20	3.02	2.67	3.98
Oct.	193	86.40	89.60	448.50	11.40	3.02	2.67	3.98
Nov.	106	57.28	38.48	185.25	5.16	3.02	2.67	3.98
Dic.	52	35.52	23.68	60.95	2.40	3.02	2.67	3.98

* U.C. Para frutales en plena producción.

las necesidades hídricas de este cultivo durante los meses de diciembre, enero y febrero, meses en que el cultivo se encuentra en estado de reposo invernal.

Esto quiere decir que durante estos meses el cultivo no necesita agua ya que se encuentra en un período en que el sistema radicular está inactivo, y la etapa de máxima necesidad de agua es durante los meses más calientes del año. Por lo anterior este método de riego no satisface las necesidades hídricas de la planta.

De acuerdo a diferentes autores los puntos críticos de necesidad de agua en la mayoría de los frutales se presentan en dos etapas: la primera poco antes de la floración hasta el cuajado del fruto y la otra uno o dos meses antes de la maduración del fruto variando con la especie.

Este sistema se probó considerando las alternativas siguientes:

- 1.- Como un método de riego para satisfacer las necesidades hídricas de una plantación bajo la premisa de que se seleccionaron especies de bajos requerimientos hídricos.

Esta alternativa como lo indica la gráfica N° 4 nos demuestra que el uso consuntivo de la vid el cual representa más bajo requerimiento hídrico que el duraznero es muy superior al gasto diario del bote tipo C al cual se determinó como el tipo de bote que ofreció el mayor gasto diario.

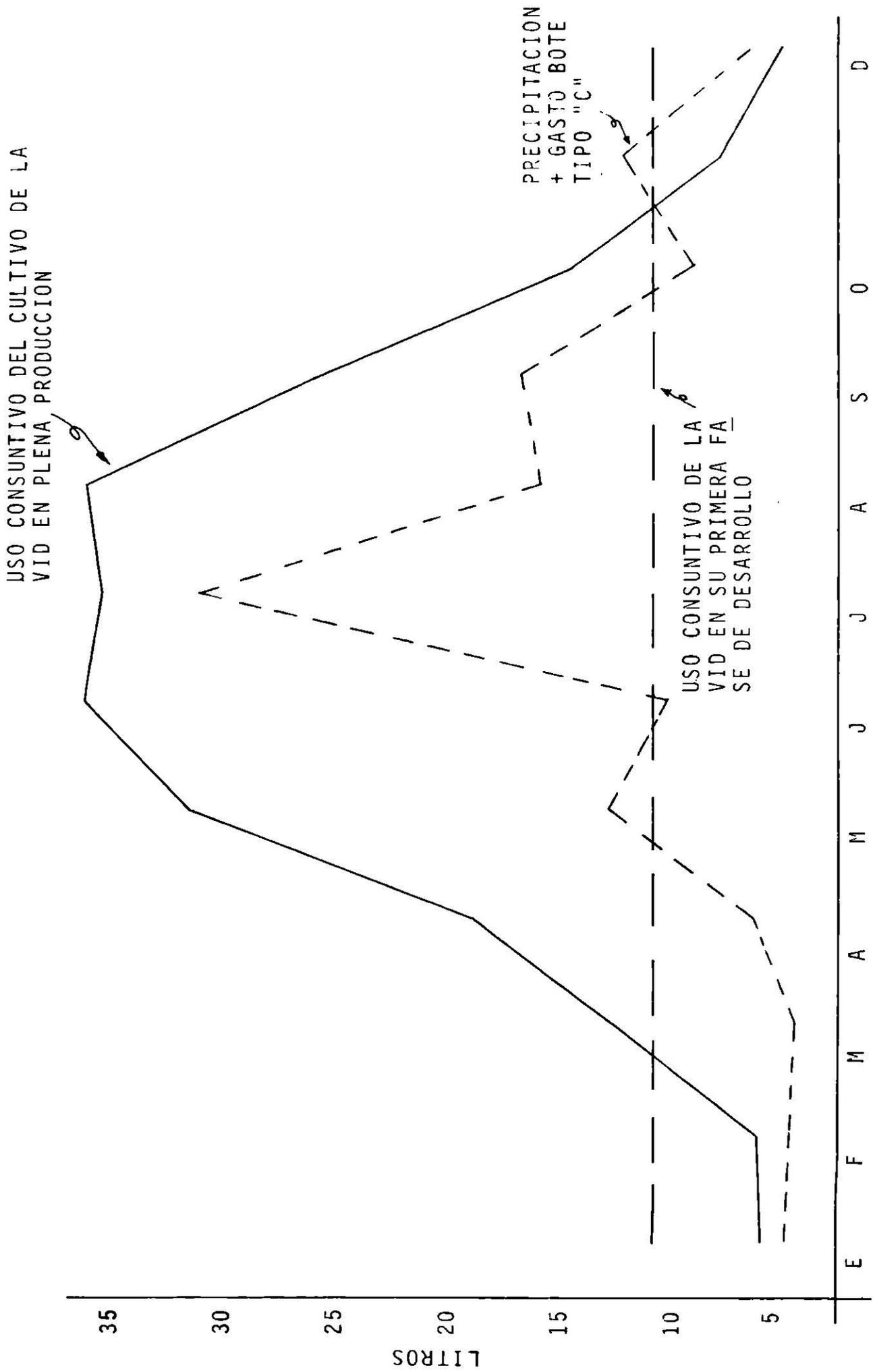
2.- Como un sistema de riego complementario para frutales de bajo requerimiento.

En la gráfica N° 5 nos muestra que aun tomando en cuenta a la precipitación total mensual como efectiva no satisface en la mayoría de los meses del año las necesidades hídricas del cultivo de La Vid.

3.- Como un sistema de riego en el establecimiento de plantaciones en su primera fase de desarrollo.

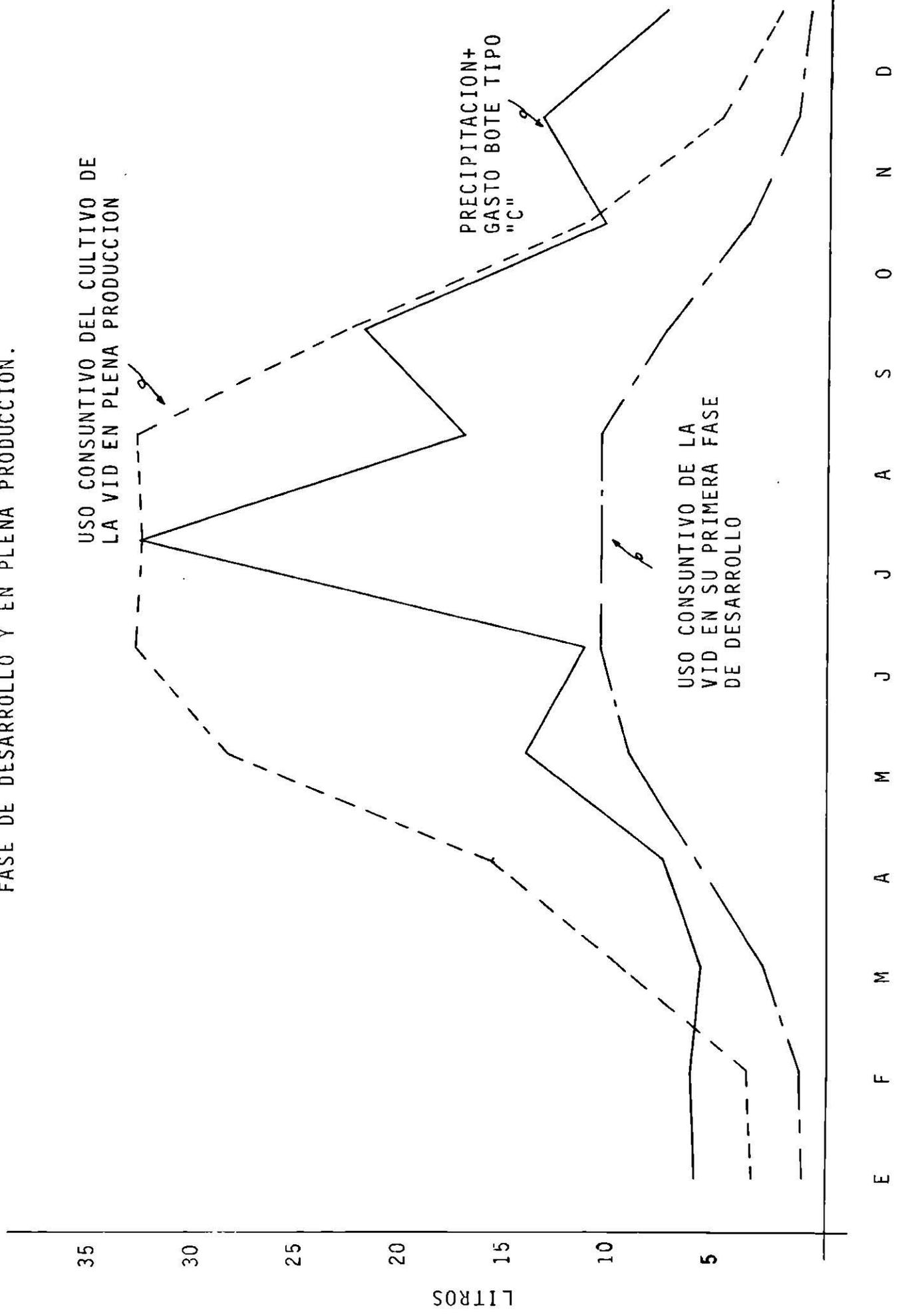
Tomando en el cultivo de la vid la $\frac{1}{3}$ parte del uso consuntivo en plena producción, para la primera etapa de desarrollo y considerando a la precipitación total como efectiva es posible emplear este método dado que las necesidades hídricas de este cultivo no sobrepasan la curva de precipitación más gasto del bote tipo "C" para esta etapa de desarrollo del cultivo, como lo muestra la gráfica N° 5.

GRAFICA Nº 4. REPRESENTACION DEL USO CONSUNTIVO DIARIO DEL CULTIVO DE LA VID RELACIONADO CON EL GASTO DIARIO DOS BOTES TIPO C Y LA PRECIPITACION DURANTE EL AÑO.



GRAFICA Nº 5.

REPRESENTACION GRAFICA DEL USO CONSUNTIVO DIARIO EN LITROS/DIA DURANTE EL MES, LA PRECIPITACION + GASTO EN LITROS/DIA DURANTE LOS MESES DEL AÑO Y EL USO CONSUNTIVO DE LA VID EN SU PRIMERA FASE DE DESARROLLO Y EN PLENA PRODUCCION.



CONCLUSIONES

- * Existe alta posibilidad de respuesta de los cultivos a aplicaciones de fósforo dada la deficiencia marcada en el suelo estudiado.
- * Es factible que se restrinja el crecimiento de una o varias de las especies plantadas en el suelo estudiado ya que éste está clasificado como moderadamente salino.
- * El sistema de riego no cumple la alternativa de método de riego para satisfacer las necesidades hídricas de una plantación frutal con las especies consideradas, éstas en producción.
- * No existe posibilidad de satisfacer las necesidades hídricas, utilizando este método como un sistema de riego complementario para los frutales estudiados en plena producción.
- * Tomando como uso consuntivo de la vid en su primera fase de desarrollo a la tercera parte de su uso consuntivo en plena producción y considerando a la precipitación total como efectiva, es posible abastecer las necesidades hídricas en este cultivo durante su primera fase de desarrollo.

RECOMENDACIONES

Conforme a los datos recabados con relación al uso consum tivo para las diferentes especies evaluadas y considerando - de los botes estudiados el que obtuvo el mayor gasto diario, tal vez sería posible adaptar este método de riego a espe- - cies arbustivas e incluso a árboles de porte bajo o enanizantes, los cuales cuentan con un sistema radicular reducido.

RESUMEN

Siendo el agua uno de los principales factores limitantes de las áreas cultivables de todos los países del mundo y en especial las áreas agrícolas de México, hace necesario aumentar la eficiencia del agua de riego debido a que en la actualidad se cuenta con volúmenes limitados de agua de riego.

El riego por goteo es una técnica de distribución superficial de agua mediante tuberías que descargan en puntos localizados del terreno a través de difusores o goteros.

Este trabajo se llevó a cabo con el objeto de determinar la factibilidad de emplear un sistema de riego por goteo en base a botes.

El trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental El "Canadá" de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Se practicó un análisis físico químico del suelo estudiado y se determinaron los coeficientes hídricos del suelo estudiado, se utilizaron tres tipos de recipientes de diferente capacidad y características de fabricación de los cuales el de mayor capacidad fue el seleccionado debido a que ofreció el mayor gasto. Los frutales que se utilizaron para este experimento fueron: Palma datilera, Pistache, Durazno e Higuera, - todos sembrados en competencia perfecta.

Por los resultados obtenidos se concluye que existe alta respuesta a fertilizantes a base de fósforo, sin embargo, se presenta también la posibilidad de que se restrinja el crecimiento de una o varias especies plantadas debido a que el suelo se clasificó como moderadamente salino.

Este sistema de riego no cumple la alternativa de utilizarlo para mantener una plantación en producción, teniendo en cuenta especies de bajo requerimiento hídrico como el caso de la vid, ni aun utilizando el sistema como método de riego complementario en áreas en las cuales la precipitación sufra una desviación en determinadas épocas del año.

Conforme a los datos recabados con relación al uso consuntivo para diferentes especies evaluadas y considerando de los botes estudiados al de mayor gasto diario tal vez sería posible utilizar este sistema en especies arbustivas y en árboles de porte bajo o enanizantes los cuales cuenten con un sistema radicular reducido.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ANONIMO 1973. RELACION ENTRE SUELO PLANTA AGUA. MANUAL DE INGENIERIA DE SUELOS. SECC. 15 RIEGO. ED. - DIANA, MEXICO.
- 2.- ANONIMO 1967. IRRIGATION WATER REQUERIMENTS TECHNICAL RELEASE N° 21 U.S.D.A.
- 3.- BLANEY H.G. Y W.D. CRIDDLE. 1965. CONSUMPTIVE USE OF WATER BY CROPS IN ARIZONA TECH. BULL. 169. AGRICULTURE EXPERIMENTAL STATION. UNIV. OF CALIFORNIA.
- 4.- BLASS, S. 1971. RIEGO POR GOTEO (DRIP IRRIGATION) TRADUCIDO POR JOSE MA. DE LA TORRE. PLAN NACIONAL DE OBRAS DE PEQUEÑA IRRIGACION S.R.H. MEXICO.
- 5.- BLASQUEZFG. 1973. EL RIEGO POR GOTEO. DIRECCION GRAL. DE EXTENSION.
- 6.- BRADY, N.L. 1974. THE NATURE AND PROPERTIES OF SOILS.MC MILLAN PUBLISHING CO. INC. NEY YORK.
- 7.- GARDNER R. 1954. RELATION OF TEMPERATURE OF MOISTURE TENSION OF SOIL. SOIL SCI. 79.

- 8.- CHRYSTIANSEN J.E. 1942. HYDRAULICS OF SPRINKLING SYSTEMS FOR IRRIGATION. TRANS. AM. SOC. CIVIL ENG. 107.
- 9.- DAVID W.P. 1969. USE OF SOIL MOISTURE DEPLETION MODELS - AND RAIN FALL PROBABILITY. PREDICTING THE IRRIGATION REQUERIMENTS OF CROPS. TESIS PUBLICADA (ms) TEXAS ASM UNIVERSITY.
- 10.- DE LA LOMA JOSE LUIS. 1969. INFLUENCIA DE LOS FACTORES DEL RIEGO SOBRE LAS NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS. MEMORANDUM TECNICO #266. S.R.H. MEXICO.
- 11.- FARREL P.A. et al. 1966. VAPOR TRANSFER IN SOIL DUE TO AIR TORBULENCE. SOIL SC. 102.
- 12.- GILBERT, M.S. y C.H.M. VAN BAUEL. 1954. A SIMPLE FIELD INSTALATIONS FOR MEASURING MAXIMUM EVAPOTRANSPIRATION. AMER. GEOPHYSICAL UNION.
- 13.- GOLDBERG, D y M. SHMVELI. 1970. DRIP IRRIGATION A METHOD UNDER ARID AND DESERT CONDITION OF HIGH WATER - AND SOIL SALINITY. TRANSECTION OF THE A.S.A.E.
- 14.- GONZALEZ J. 1972. EFECTO DE LA INTENSIDAD DE RIEGOS Y DIFERENTE NUMERO DE GOTEROS POR ARBOL SOBRE EL DESARROLLO DE LA FRUTA EN NARANJOS TANGERINOS. PRO

GRAMA DE GRADUADOS D.C.A.M. ITESM, (TESIS SIN PU
BLICAR) MONTERREY, N.L.

- 15.- GUSTAFSON, C.D. 1970. INTRODUCTION TO DRIP IRRIGATION
PROCEEDINGS OF DRIP IRRIGATION SEMINAR PRESENTED
AT ESCONDIDO HIGH SCHOOL, CALIFORNIA AGRIC. EXT.
SERV. UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
- 16.- HAGAN R.M. 1957. WATER-SOIL-PLANT RELATION CAL. AGR. EXP.
STATION. VOL. II-4-9-13.
- 17.- HAGAN, R.M. y H.P. HAISE. SOIL PLANT AND EVAPORATIVE MEA
SUREMENTS AS CRITERIA FOR SCHEDULING IRRIGATIONS.
IRRIGATION OF AGRICULTURAL LANDS. AMERICAN SOCIEE
TY OF AGRONOMY MONOGRAPH II. MADISON WISCONSIN.
- 18.- HALIL B. J. 1970. INTRODUCTION TO DRIP IRRIGATION. PROC-
CEDINGS OF DRIP-IRRIGATION GEMINAR PRESENTED AT
ESCONDIDO. HIGH SCHOOL, ESCONDIDO CALIFORNIA,
AGRIC. EXT. SERVICE UNIVERSITY OF CALIFORNIA.
- 19.- HANSEN V.E. 1960. NEW CONCEPTS IN IRRIGATION EFFICIENCY
TRANS. AM. SOC. AGR. EMG. 3.
- 20.- HUNTER A.B. Y C.J. KELLY. 1946. THE GROWTH AND RUBBER
CONTENT OF GUAYULE AS AFFECTED BY VARIATIONS IN

SOIL MOISTURE STRESSES. J. AM. SOC. AGROM. 38.

- 21.- ISRAELSEN O.W. 1944. WATER APLICATION EFFICIENT IN IRRIGATION BULLETIN 311. UTAH. AGR. EXP. STA.
- 22.- JENSEN, M.E. et al. 1966. EVAPOTRANSPIRATION AND ITS ROLE IN WATER RESOURCES MANAGEMENT. PROCEEDINGS. - ASAE. CONFERENCE. ST. JOSEPH, MICHIGAN.
- 23.- KELLY O.S. 1954. REQUERIMENT AND AVAILABLE OF WATER ADVANCES IN AGRONOMY, 6.
- 24.- KELLY, P.B.L. y M.D. CHAPMAN. 1949. SOIL SALINITY IN RELATION TO IRRIGATION. HILGARDIA 18.
- 25.- KLAGES K., H.W. 1942. ECOLOGICAL CROP. GEOGRAPH. MAC MILLAN CO. INC. NEW YORK.
- 26.- MONTAÑO G.A. 1957. EFICIENCIA DE ALGUNOS DISEÑOS EXPERIMENTALES EN RELACION CON LA HETEROGENEIDAD DEL SUELO. TESIS SIN PUBLICAR.
- 27.- MATSON, H. 1943. MORE PRODUCTION FROM IMPROVED IRRIGATION. PRACTICES AGR. ENG. 24.
- 28.- NUEVA AGRONOMIA, 1954. ESTUDIOS DE CAMPO MEXICANO. EDI-

CIONES ATENAGRO. ATENEO NACIONAL AGRONOMICO. MEXICO, D. F.

- 29.- OBREGON FORMOSO LEONARDO. 1976. DESARROLLO DE LA FRUTICULTURA POR UN SISTEMA DE RIEGO DIRECTO POR CONDUCCION EN ZONAS SEMIARIDAS. MEMORANDUM TECNICO #354. SRH. MEXICO.
- 30.- OBREGON J.A. 1973. EFECTO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE RIEGO Y NUMERO DE EMISORES POR ARBOL EN NARANJOS TEMPRANOS (CITRUS SINENSIS) REGADOS POR GOTEO EN MONTEMORELOS, N.L. ITESM. TESIS SIN PUBLICAR.
- 31.- PIERRE W.H. D. KIRKMAN, J. PESEK, R. SHAW. 1965. PLANT EVIPORMENT AND EFFICIENT WATER USE. AM. SOC. OF AGR. AND SOIL SC. OF AMERICA MADISON, WISCONSIN.
- 32.- PRUITT W.O. 1966. EMPIRICAL METHOD OF ESTIMATING EVAPO-TRANSPIRATION USING PRIMARILY EVAPOTRANSPIRATION PANS WATER. SCI. AND ENG. DEP. UNIVERSITY OF CALIFORNIA. U.S.A.
- 33.- REYES D. 1972. CIANO INFORMA. MULTIPLICACION DE AGUA DE RIEGO. #4 CD. OBREGON SON. MEXICO.
- 34.- RUBIROSA W.L. 1975. CONSERVACION DE LOS RECURSOS NATURALES. MEMORANDUM TECNICO NUM. 339. S.R.H. MEXICO.

- 35.- SALAZAR G.C. 1964. FRUTAS CITRICAS. BOTANICA. CONF. N° 1.
COLEGIO DE AGRICULTURA MOYAGULS P.R.
- 36.- SHOCKLEY D.R. 1955. CAPACITY OF SOIL TO HOLD MOISTURE. -
AGR. ENG. 36.
- 37.- SISTOS MURILLO E. 1957. LAMINAS DE RIEGO EN FRIJOL. ES-
CUELA DE AGRICULTURA. ITESM. TESIS SIN PUBLICAR
MONTERREY, N. L.
- 38.- TANNER, C.B. 1967. MEASUREMENT OF EVAPOTRANSPIRATION IR-
RIGATION OF AGRICULTURAL LANDS. AMER. SOC. OF
AGRONOMY PUBLISHER. MADISON, WISCONSIN.
- 39.- TORRES LOYOLA FCO. 1974. ESTUDIO SOBRE DIFERENTES PROCE-
DIMIENTOS DE APLICACION DEL RIEGO POR GOTEO EN
EL CULTIVO DEL TOMATE. MEMORANDUM TECNICO #366.
SRH MEXICO.
- 40.- TROOG E. 1953. MINERAL NUTRITION OF PLANTS. THE WILLIAM
BYRD PRESS INC. U.S.A. 361-365.
- 41.- VALENZUELA RUIZ TOMAS. 1971. PRINCIPIOS BASICOS DEL RIE-
GO POR GOTEO. MEMORANDUM TECNICO #296. SRH. ME-
XICO.
- 42.- VOLTH, V. 1970. INTRODUCTION TO DRIP IRRIGATION PROCCE-

DINGS OF DRIP SEMINAR, PRESENTED AT ESCONDIDO,
HIGH SCHOOL. ESCONDIDO CAL. AGRIC. EXT. SERV. -
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

43.- VERNE, H.S. SPRINKLER IRRIGATION. CALIFORNIA AGR. ESP.
STA. EXT. SER. CIRCULAR 456.

44.- ZIMMERMAN D.J. 1966. IRRIGATION. J.WILEY. NEW YORK.

