

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



DETERMINACION DE CALENDARIOS DE RIEGO
USANDO LA PLANTA COMO INDICADOR

SEMINARIO
(OPCION 11-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JOSE LUIS RUIZ LEAL

TL
QK970
33
1985
c.1

JULIO DE 1985

FA. 3
1985
C. 5

TL
QK870
.R3
1985
c.1

FA. 3
1985
C. 5



1080063427

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



DETERMINACION DE CALENDARIOS DE RIEGO
USANDO LA PLANTA COMO INDICADOR

SEMINARIO
(OPCION 11-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JOSE LUIS RUIZ LEAL

MARIN, N.L.

JULIO DE 1985

BIBLIOTECA Agronomía U.A.N.L.

6621

T
QK 870
R8



040.631
FA3
1
c5

A LA MEMORIA DE MI PADRE:

Sr. Leopoldo Ruiz Ramirez

A MI MADRE:

Sra. Ma. Luisa Leal Vda. de Ruiz

Como reconocimiento a su valor y entereza con los que pudo sobrellevar: las adversidades y ayudar a la realización personal de sus hijos.

Para ella mi eterno agradecimiento por - todos los esfuerzos y sacrificios realizados por nuestra causa.

A MIS HERMANOS:

Con gran afecto, rogando a Dios que siempre siga perdurando la unidad entre nosotros.

A MI ASESOR:

DR. RIGOBERTO VAZQUEZ

*Con admiración y respeto por sus enseñanzas,
consejos y la asesoría del presente trabajo.*

A MIS MAESTROS:

Con agradecimiento y respeto.

A MIS COMPANEROS Y AMIGOS:

Por el apoyo que me brindaron.

I N D I C E

	PAGINA
RESUMEN	1
1.- INTRODUCCION	2
2.- REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Importancia del Agua	4
2.1.1. Funciones del Agua en la Planta	4
2.2 El Papel del Agua en la Fisiología de la Planta	5
2.2.1 El Agua y la Producción de los Cultivos	7
2.3 El Agua en la Célula	9
2.3.1 El Potencial Hídrico	9
2.3.2 Las Ventajas de usar la Terminología del Potencial Hídrico	10
2.4. Captación de Agua por la Planta	10
2.4.1 Captación de Agua por la Raíz	11
2.4.2 Conducción del Agua	16
2.4.3 Pérdida de Agua	18
2.5. Desarrollo Fenológico de los Cultivos	19
2.5.1 Desarrollo Vegetativo	20
2.5.2 Período de Floración	20
2.5.3 Período de Fructificación	21
2.6. Períodos Críticos	21
3.- MATERIALES Y METODOS	24
3.1. Método de Volumen	24
3.2. Método Gravimétrico	25

	PAGINA
3.3. Método de Shardakov	26
3.4. Método Refractométrico	28
3.5. Método Psicrométrico	28
3.6. Método Basado en la Cámara de Presión	30
3.7. Método de la Conductividad Eléctrica en las Plantas .	31
3.8. Métodos Basados en la Apariencia de la Planta . .	32
3.8.1 Método Basado en el Color de la Planta	33
3.8.2 Método Basado en Medición del Tamaño de la Fruta.	33
3.9. Método del Termómetro de Radiación Infrarojo . .	34
4.- RESULTADOS Y DISCUSION	36
5.- DISCUSION	38
6.- BIBLIOGRAFIA	40

LISTA DE FIGURAS

		PAGINA
FIG. 1.-	Diagrama de una raíz, mostrando la relación entre la anatomía y las zonas absorbentes de agua y sal (Kramer 1954).	12
FIG. 2.-	Diagrama de un corte transversal de raíz de cabeza en la zona en que se produce la máxima absorción de agua y sal (Según Crafts y Broyer, 1938)	13
FIG. 3.-	Esquema de dependencia del potencial hídrico de un suelo arenoso y otro limoso con respecto al contenido de agua del suelo (Según Kramer 1949)	15
FIG. 4.-	Diagrama de una planta dicotiledónea que muestra la continuidad del sistema de conducción (Según Kramer 1969).	17
FIG. 5.-	"A" Durante el ciclo de cultivo de cuatro a cinco meses, la parte aérea de la planta puede crecer hasta una altura Aprox. de 160 cm. Al mismo tiempo, el sistema radicular se desarrolla hasta una profundidad de 95 cm. "B" La gráfica de las necesidades de agua sigue un patrón similar al crecimiento de la planta.	23
FIG. 6.-	Medida del potencial hídrico de tejido de patata por los métodos de volumen (□...□) y pesada (0 - 0).	26
FIG. 7.-	Comparación de pruebas y referencia de soluciones coloreadas, en el caso "A" el color azul de la solución se eleva si absorbe agua y en el caso "B" si pierde agua el color se ira hacia abajo.	27
FIG. 8.-	Representación esquemática de posible error en el método RI, para determinar el potencial de agua - debido a la dilución en soluciones de ensayo por agua de la pared de la célula.	29
FIG. 9.-	Sección cruzada a través de una cámara de presión usada para medir el potencial del agua de un retoño frondoso.	31

R E S U M E N

El presente trabajo se realizó con el propósito de obtener mas información acerca del problema de cuando regar ya que ésto es de capital importancia en la agricultura de riego. El objetivo principal de este trabajo es considerar los diferentes métodos que mas puedan servir como una alternativa para proponer el riego usando a la planta como indicador.

Los diferentes métodos que se consideraron son los siguientes: El de Volumen, Gravimétrico, Shardakov, Refractométrico, Psicrométrico, Cámara de Presión, Conductividad Eléctrica de la Hoja, Apariencia de la Planta y el Método del Termómetro de Radiación Infraroja.

DETERMINACION DE CALENDARIOS DE RIEGO USANDO

LA PLANTA COMO INDICADOR

INTRODUCCION.

El riego se define como la reposición al suelo del déficit de humedad que resulta de la insuficiencia de la precipitación para compensar la evapotranspiración de los cultivos. Complementariamente, el riego asegura la lixiviación de sales para mantener el balance salino del suelo y garantiza en general mejores condiciones ambientales para el desarrollo de los cultivos y así obtener de ellos el óptimo rendimiento y calidad de productos. Los criterios para establecer un calendario de riego varía de una situación a otra, pero de cualquier manera para establecerlo se requiere básicamente: Aportaciones del agua de lluvia o riego; las necesidades hídricas de las plantas; características de retención del suelo; y la profundidad de enraizamiento del cultivo.

El problema de cuando regar para maximizar económicamente los rendimientos de los cultivos bajo condiciones de riego, es de capital importancia. Muchos intentos para resolver dicho problema se han hecho, habiéndose obtenido éxito parcial; en general, los métodos obtenidos son algo complicados y/o laboriosos, por lo que resulto deseable obtener un método más simple, que pudiera ser manejado por la mayoría de los agricultores, para determinar el momento de riego.

Un sistema práctico que usan la mayoría de los agricultores es para determinar el momento preciso en que deba aplicarse el riego, es observar

continuamente el estado de la planta, y cuando el aspecto de marchitez se prolonga durante todo el día ello indica que ha llegado el momento preciso de aplicar el riego, este método es difícilmente cuantificable. Otros productores aplican los riegos siguiendo un calendario de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo.

Existen otros métodos con bases más científicas, los que toman en cuenta determinaciones de la humedad del suelo, datos meteorológicos; estos métodos desafortunadamente están tan solo al alcance de unos cuantos agricultores. Sin embargo, puede decirse que en muy pocos de estos métodos se consideran las variables mencionadas asociadas a la planta. Si se consideran que la planta se encuentra en equilibrio con el medio ambiente, las medidas tomadas en el medio pudieron reflejar las condiciones existentes dentro de la planta, sin embargo este es un método caro y laborioso, por lo que resulta de difícil aplicación para los agricultores.

El objetivo principal de este trabajo es analizar los diferentes métodos que nos puedan servir como una alternativa para proponer calendarios de riego usando la planta como un indicador.

IV.- Además el agua es el soluto en el que se disuelven otras sustancias y en el que se realizan las reacciones químicas.

V.- Gran cantidad de agua de las plantas se encuentra en grandes vacuolas del protoplasma, donde es responsable en gran manera del mantenimiento de la rigidez (turgencia) de las células y, por lo tanto, de la planta como un todo.

VI.- Alrededor de cada una de las células de la planta hay una delgada capa de agua, que penetra por los microespacios existentes entre el material sólido de la pared celular. Esta película superficial, que es continua de una a otra célula y forma un retículo por toda la planta, es importante en la entrada y movimiento de sustancias disueltas.

VII.- El agua realiza una variedad de funciones adicionales en las plantas, por ejemplo, constituye un medio para el movimiento de sustancias disueltas en el xilema y folema. Es el medio en el cual se efectúa la fecundación.

VIII.- Es el compuesto más abundante en todo tejido vivo de la planta; a medida que el contenido del agua disminuye, la actividad fisiológica decrece lo que trae como consecuencia la muerte parcial o total de la planta.

La cantidad de agua requerida, para realizar todas las funciones antes mencionadas es poco menos del 5% en comparación del total del agua absorbida y perdida por transpiración.

2.2 El Papel del Agua en la Fisiología de la Planta.

El aspecto más importante de la relación agua-planta es el balance

interno del agua, porque la turgencia y el balance interno del agua estan intimamente relacionados con el papel de varios procesos fisiológicos que controlan la calidad y cantidad del crecimiento de la planta. El balance interno del agua no es una condición independiente, pero es controlada - por el papel relativo de la absorción y pérdida de agua (26, 28).

El crecimiento de la planta es afectado por el déficit interno de - agua, ya que este afecta numerosos procesos y condiciones internas; tanto como a la turgencia, "Deficit de presión de Difusión" (D.P.D.), fotosíntesis, respiración y alargamiento celular. Los cambios de estos procesos y condiciones modifican la cantidad y calidad del crecimiento de la planta (15, 38).

Los déficit de agua ocurren en la planta porque la cantidad de agua que pierden frecuentemente exceden a la cantidad de absorción. Aunque los procesos son en cierto modo independientes, la absorción es controlada - principalmente por los factores del suelo y la mayor pérdida de agua por los factores atmosféricos, y estos frecuentemente ocurren con diferente intensidad. El déficit de agua puede ocurrir por una pérdida rápida de - agua o una absorción lenta, o una combinación de las dos. Esto es difícil de explicar técnicamente, solamente el crecimiento de la planta es un indicador en términos de cualquiera de los dos, el de abastecimiento del - agua o el de evapotranspiración de la misma. (19).

El factor mas importante en la relación agua-planta es el balance del agua, porque este es el resultado de la interacción de toda la planta y los factores ambientales, donde dichos factores ambientales son integra-

dos por la misma planta, además, estos son: el contenido interno del agua que afecta el proceso que controla el crecimiento, por lo tanto un método preciso es necesario para evaluar el balance interno del agua en la planta. En función de lo anterior algunos métodos han tenido que desarrollarse para medir el balance del agua de las plantas cultivadas y así detectar el déficit interno de agua antes que ocurra el marchitamiento (19, 24).

2.2.1 El Agua y la Producción de los Cultivos.

Los efectos de la falta de agua en la fisiología de la planta son numerosos y tienen que ver prácticamente con todos los aspectos de su vida, esto no es de extrañar puesto que la célula para funcionar correctamente debe de estar hidratada (27).

Aunque en la ecología de las plantas cultivadas, tiene importancia fundamental con todos los tipos de humedad existentes, como la atmosférica, precipitaciones y su efectividad, también es muy importante tener en cuenta la adaptación de las plantas a condiciones de distinta humedad del suelo, transpiración, evaporación, uso del agua, etc. Podemos concluir que la razón para estudiar el regimen hídrico de la planta es que de hecho su vida depende del agua (23). El ensanchamiento de la célula depende específicamente de por lo menos un grado mínimo de la turgencia donde el alargamiento del tallo y la hoja esta controlado o detenido rápidamente por un déficit de agua (7, 9).

La planta no soporta el exceso, ni la falta de agua. El exceso de -

agua en el suelo ocasiona una falta de oxidación que interfiere en la respiración de la raíz. Los máximos crecimientos se obtendrán manteniendo la humedad óptima en el suelo que es el contenido de humedad aprovechable y ésta se encuentra entre capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). Es claro que esto es poco práctico, pero debe preferirse dar riegos ligeros frecuentes y riegos separados. Pues con este sistema, la planta sufre dos periodos en que sus funciones se ven interferidas, cuando el suelo esta casi seco antes del riego y cuando esta a saturación dos ó tres días después del riego (9, 27).

La mayoría de las plantas tienen un grado mayor de eficiencia en la toma del agua, si el nivel de humedad es alto. Al aumentar la tensión de la humedad del suelo llega el momento en que la planta comienza a marchitarse y el crecimiento se retarda o cesa por completo. Cuando se restablece el nivel de humedad por medio del riego, hay algunos cultivos que siguen creciendo y no demuestran haber sufrido daños apreciables. Sin embargo hay otros que si sufren daños permanentes, y si el nivel se aproxima o llega a punto de marchitez permanente, el fracaso de la cosecha es muy probable. Aun cuando el cultivo se recupere sin sufrir daños apreciables el tiempo perdido en el desarrollo afecta los rendimientos. Los suelos que tienen poca humedad, retienen fuertemente la que les queda, y así las plantas deben de efectuar un gasto extraordinario de energía para obtener el agua que necesitan. Si la velocidad de absorción no es lo suficientemente elevada como para mantener la turgencia de los tejidos se produce un marchitamiento (29).

2.3 El Agua en la Célula

Al penetrar el agua en las células, produce en ellas un estado de turgencia, es decir una tensión interna variable que caracteriza su vitalidad. Los fenómenos de ósmosis que se producen en estas condiciones, o sean los cambios equilibrados de una y otra parte de las membranas, constituyen un mecanismo regular de la nutrición mineral a expensas de las sales disueltas por el agua (33). Una deficiencia elevada en el vapor de agua atmosférico conduce a una pérdida de agua por parte de las células, afectando a su hidratación y así el potencial hídrico se desplaza a valores negativos extremos. Por lo contrario, las disoluciones en los compartimientos celulares sobre todo en el jugo vacuolar debido a su potencial osmótico capta agua disponible de su entorno y son capaces de reternerla frente a otras acciones que intentan deshidratar las células (8, 33).

2.3.1 El Potencial Hídrico.

El estado termodinámico del agua celular puede compararse con el agua pura y expresarlo como una diferencia de potencial. El potencial hídrico y más exactamente, la diferencia de potencial hídrico es según definición de R.O. Slatyer y S.A. Tylor, el trabajo necesario para movilizar el agua fijada al nivel de potencial del agua pura. Por ello los potenciales hídricos se dan en unidades energéticas $\text{erg} \cdot \text{gr}^{-1}$ ó $\text{erg} \cdot \text{cm}^{-3}$ que pueden transformarse en unidades de presión según la relación $10^6 \text{ erg} \cdot \text{cm}^{-3} = 1 \text{ bar}$. El agua pura tiene un potencial de cero. En las disoluciones el agua esta fijada osmóticamente y hay que aplicar energía para que pueda estar disponible. El potencial osmótico es menor que el del agua y por lo tanto es siempre negativo. El agua esta unida a coloides y

superficies hidrófilas, tiene también un potencial negativo (Potencial matricial ψ_m). Si se somete el agua a una presión, se elevará su energía libre y el potencial de presión se hará positivo con respecto al agua que no sufre ninguna presión (19, 33, 39).

2.3.2 Las Ventajas de usar la Terminología del Potencial Hídrico son las siguientes:

I.- Se basa en conceptos termodinámicos extensos y por lo tanto, las relaciones del agua en las plantas pueden describirse en terminos que son fáciles de comprender tanto para un fisicoquímico como para un biólogo.

II.- Estos conceptos pueden aplicarse al medio ambiente físico así como a organismos vivos y permite que los científicos del suelo, los fisiólogos, botánicos y los meteorólogos utilicen un lenguaje común y además, hace posible una descripción unificada del movimiento del agua desde el suelo a través de la planta y hacia la atmósfera.

III.- Los antiguos términos se aplicaron solo a las células y al fenómeno de imbibición, es decir la entrada del agua en las semillas en germinación o a la retención de la misma por el suelo seco tenían que discutirse como procesos separados. La terminología del potencial del agua permite que el fenómeno de la imbibición sea considerado dentro de los mismos conceptos básicos de la ósmosis (21, 33).

2.4 Captación de Agua por la Planta.

Las plantas pueden captar agua a través de toda la superficie, aun-

que su mayor parte tiene lugar a partir del suelo. Las raíces constituyen un órgano especializado de absorción en las plantas superiores. Las plantas inferiores carecen de raíz y por lo tanto se ven en la necesidad de captar agua directamente a través de sus partes aéreas. La mayoría de las plantas tienen un grado mayor de la eficiencia de la toma de agua a través de sus raíces (21, 40).

2.4.1 Captación de Agua por la Raíz.

Las raíces absorben agua del suelo valiéndose de sus elementos más finos o sea de los pelos radicales que aparecen perfectamente en el extremo de las raíces nuevas, por eso el crecimiento de la raíz es un factor de primer orden en la nutrición de la planta Fig. 1 y 2.

La planta capta agua del suelo mientras sus raíces tengan una succión que pueda competir con la que ejerce el suelo. La captación es tanto mayor cuando mayor sea la superficie absorbente de la raíz y cuanto más fácilmente entren en contacto las raíces y el agua del suelo.

$$\Delta a = A \cdot \frac{\psi_{\text{Suelo}} - \psi_{\text{raíz}}}{r}$$

Según esta fórmula de W.R. Gardner la cantidad de agua absorbida por las raíces en la unidad de tiempo Δa es proporcional a la superficie de intercambio A en el espacio ocupado por la raíz (superficie radical activa por unidad de volumen del suelo multiplicado por el volumen del suelo ocupado por la raíz) y de la diferencia de potencial entre raíz y suelo. E inversamente proporcional a las resistencias al transporte del agua r en el suelo y en el tránsito del suelo a la planta. La superficie ra-

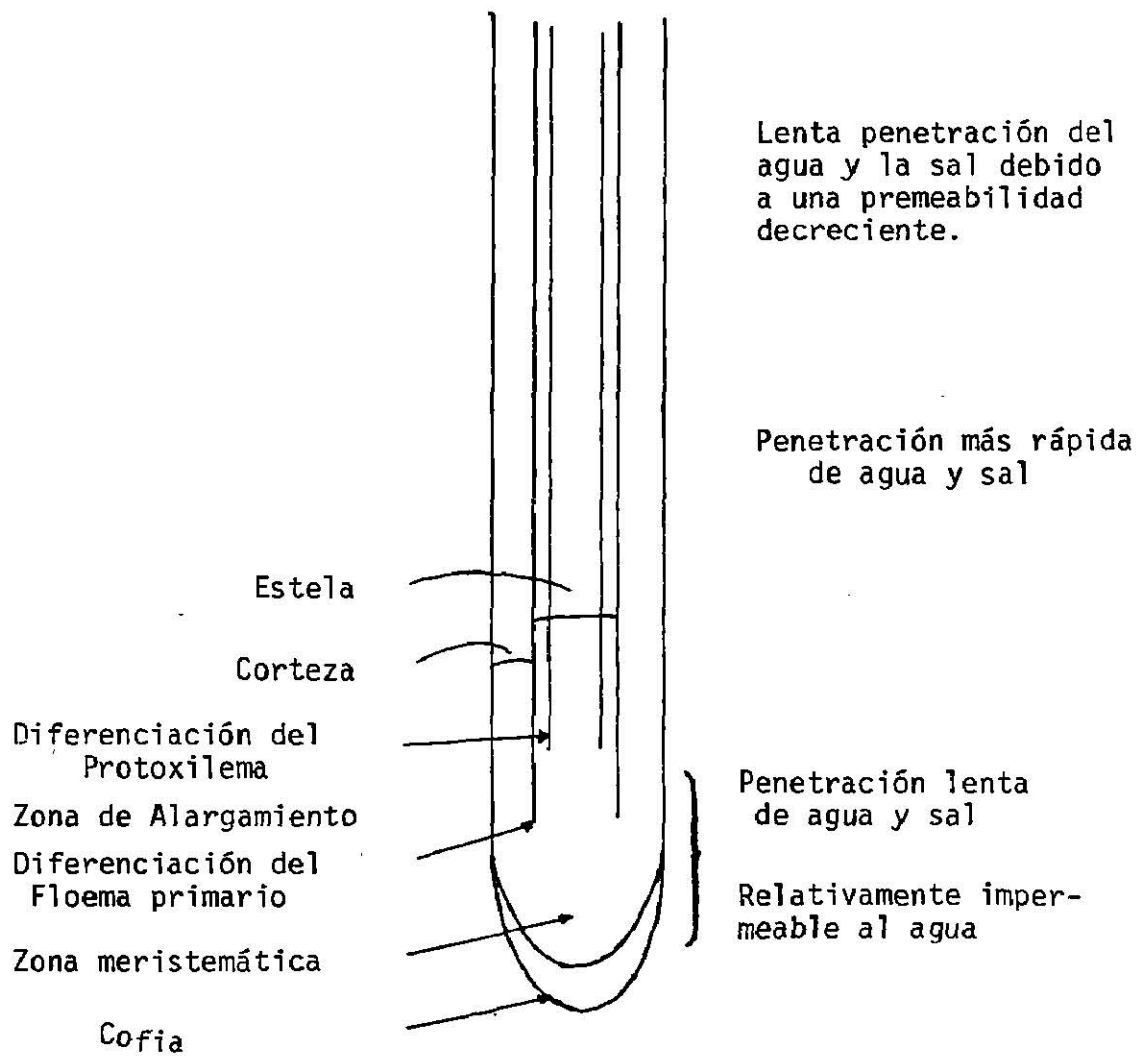


Fig. 1 Diagrama de una raíz, mostrando la relación entre la anatomía y las zonas absorbentes de agua y sal (Kramen 1954)

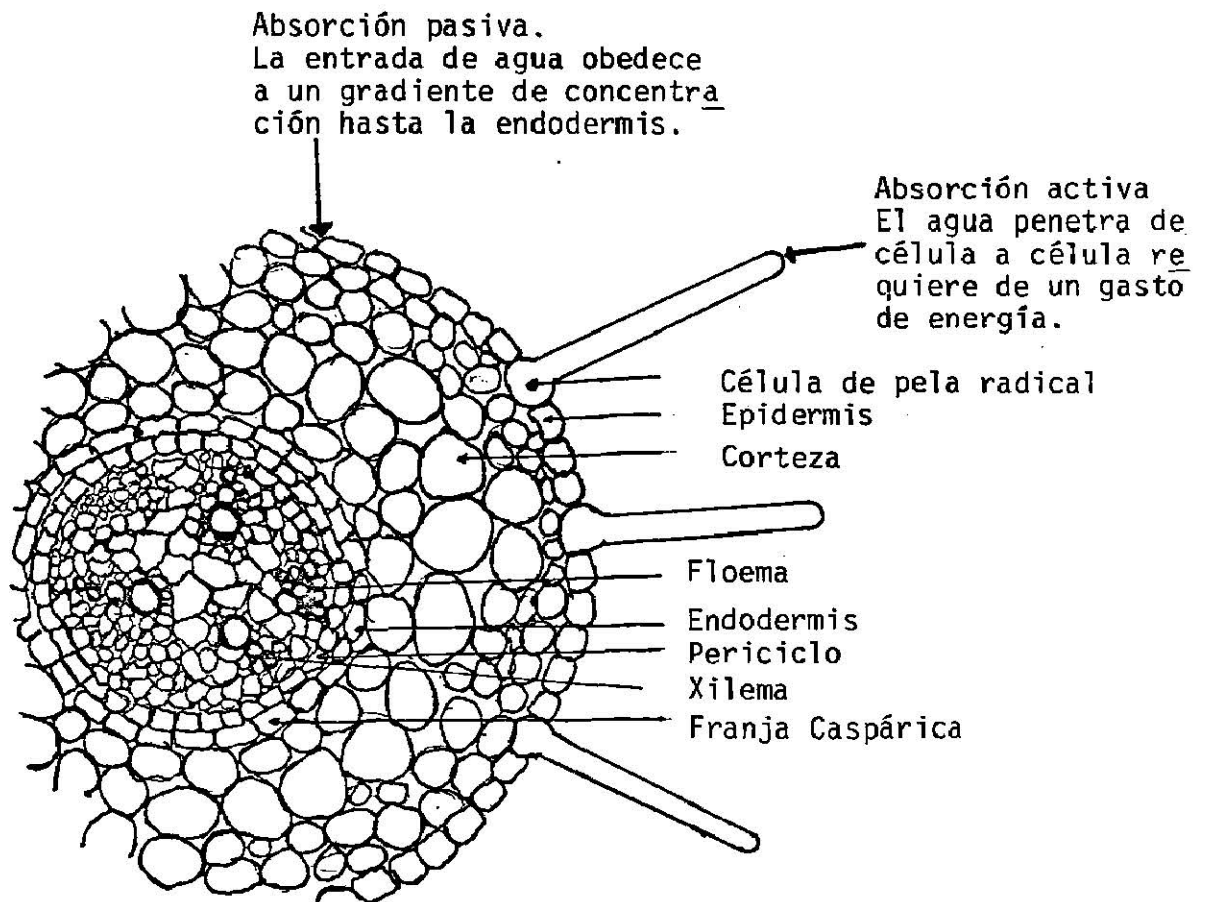


Fig. 2 Diagrama de un corte transversal de raíz de Calabaza en la zona en que se produce la máxima absorción de agua y sal. (Según Crafts y Broyer, 1938).

dical activa de las plantas herbáceas de cultivo es aproximadamente de un cm^2 y en las plantas leñosas de aproximadamente 0.1 cm^2

Debido a la concentración de su jugo celular las raíces desarrollan una tensión de succión de pocos bars los que son suficientes para captar parte del agua capilar del suelo. Esto se puede ver en la Fig. 3, tan solo con una succión de dos bars pueden captar las raíces más de $2/3$ de agua almacenadas en un suelo arenoso; en un suelo arcilloso, que retiene con mas fuerza el agua debido a que sus poros son mas pequeños, solo obtendrá la mitad de agua almacenada con una succión por las raíces de seis bars. Algunas plantas pueden aumentar la tensión de succión de las raíces y tomar mayor cantidad de agua del suelo. Las plantas herbáceas de zonas templadas pueden elevar la tensión de succión hasta valores algo por encima de 40 bars; las plantas de lugares secos hasta algo más de 60 bars y los árboles de bosques alcanzan valores que oscilan alrededor de 80 bars. La succión del suelo aumenta en estos casos rapidamente a valores extremadamente altos cuando el contenido en agua disminuye un poco. Una posterior captación de agua ya solo es posible cuando fluye agua de zonas del suelo en las que no hay raíces. Cuando se han agotado las reservas de agua en torno a las raíces la planta puede recurrir todavía a una posibilidad que es la del crecimiento de la raíz y aumentar la superficie radical. Las raíces de una planta estan siempre en movimiento en función de gradientes de potenciales para obtener el agua, puede suceder que muera o que se seque una parte de la raíz, mientras que en otro lado suceda que se extienda varios metros y se ramifique de un modo muy denso. Estas características son muy generales sobre todo en plantas que habitan en zo-

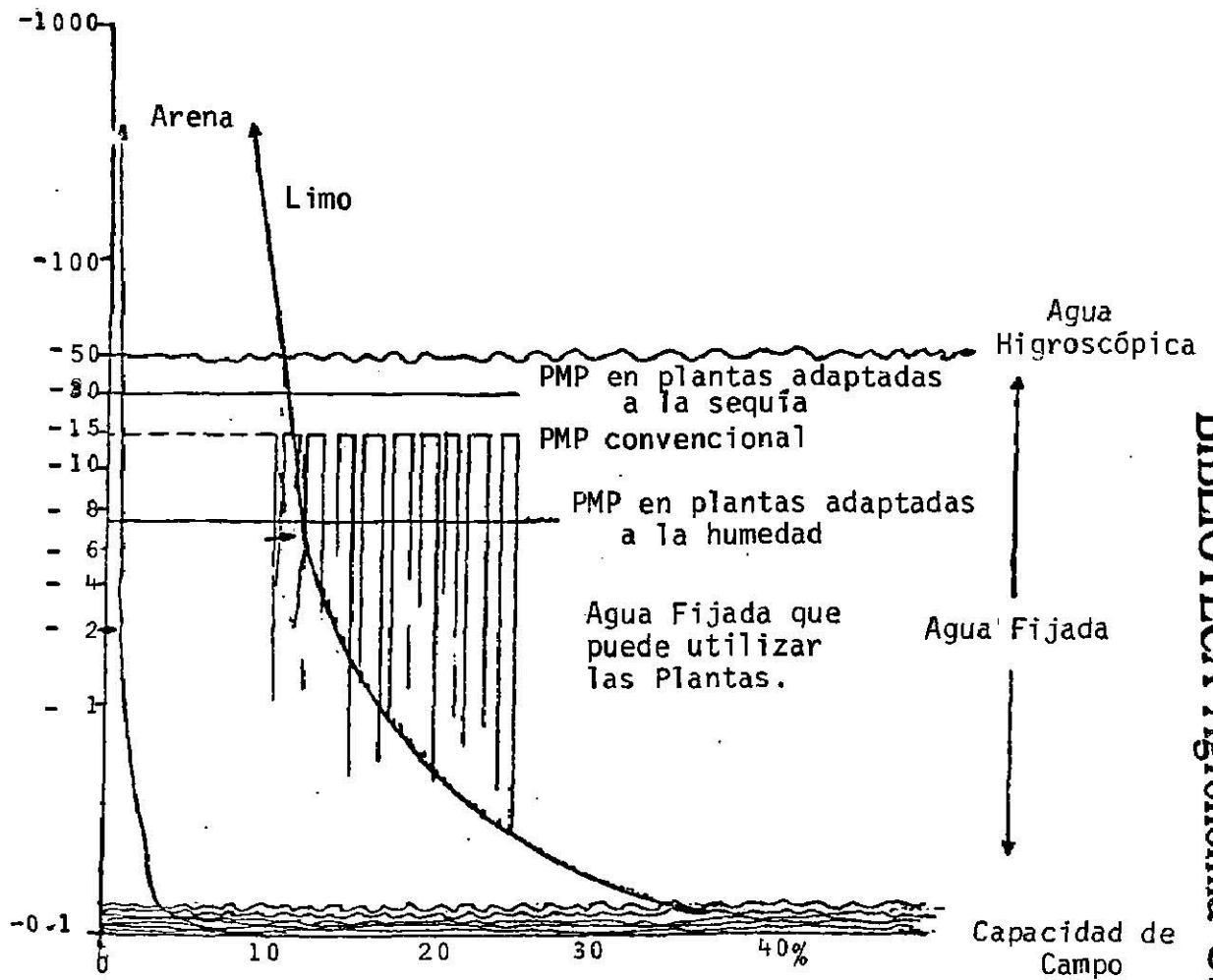


Fig 3 Esquema de dependencia del potencial hídrico de un suelo arenoso y otro limoso con respecto al contenido de agua del suelo (según Kramer 1949).

nas secas. Cuando se han agotado todas las fuentes que abastecían agua y las plantas empiezan a marchitarse y no pueden recuperarse en la noche entonces se alcanza el punto de marchitez permanente. La mayoría de los cultivos se marchitan a tensiones de succión que varían entre 10 - 20 bars, tomando como medida práctica 15 bars (19, 21, 24, 40).

El movimiento de entrada pasiva y activa del agua a las raíces, - Fig. 2 en respuesta a la demanda de transpiración del follaje agota el agua del suelo situado junto a las raicillas individuales y de la rizosfera en general, haciendo disminuir el potencial hídrico del suelo. Esto establece automáticamente un gradiente que inicia un flujo del suelo - circulante hacia el sistema de las raíces. Hay una resistencia substancial a este flujo que aumenta fuertemente al reducirse el contenido de - humedad del suelo por ende, la tensión hidráulica aumenta a un índice que se incrementa al aumentar la demanda de transpiración. La absorción pasiva constituye un proceso osmótico simple en el cual las células vivientes de la raíz funcionan como la membrana diferencialmente permeable de un - osmómetro (10, 19, 21, 33).

2.4.2 Conducción del Agua.

Debemos familiarizarnos ahora con los tejidos recorridos por la circulación del agua desde el suelo hasta las hojas de las plantas. En la Fig. 4 se esquematiza el camino seguido por el agua a lo largo de la planta. El agua es absorbida en primer lugar a partir del suelo por los pelos radicales y otras células epidérmicas existentes en la zona de los pelos radicales o en sus proximidades, el agua sigue después a través del

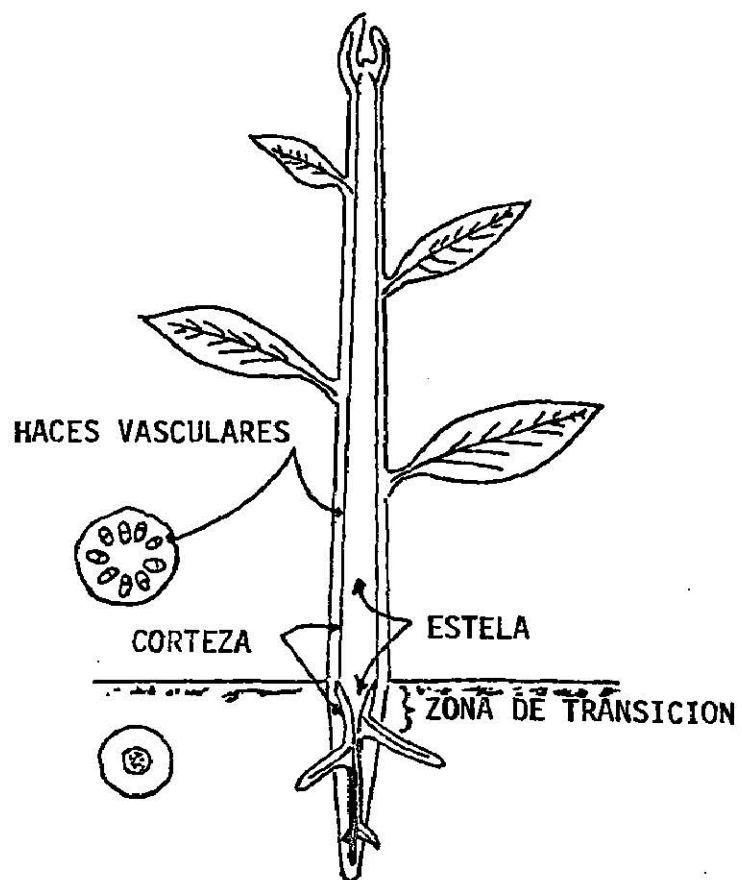


FIG. 4 Diagrama de una planta dicotiledónea que muestra la continuidad del sistema de conducción (según Kramer 1969).

tejido cortical, atraviesa la endodermis y el periciclo y finalmente penetra en los conductos del xilema. El xilema de las raíces conecta sin solución de continuidad con el del tallo, permitiendo así que el agua pase de las raíces al tallo. El xilema del tallo se divide y subdivide repetidas veces para formar una complicada red de tejidos conductores de agua, y va a parar al final de las venas de la hoja. El agua de las venas foliares a las células del mesófilo, entonces se evapora a partir de su superficie para finalmente salir por los estomas en forma de vapor de agua pasando de esta manera a la atmósfera (9. 19).

2.4.3 La Pérdida de Agua.

La planta pierde agua por transpiración principalmente, y en cantidades muy pequeñas en forma líquida (gutación). La gutación es prácticamente despreciable al considerar la economía hídrica y por ello siempre que hablemos de pérdidas de agua nos estamos refiriendo a la transpiración. La transpiración es el factor dominante en las relaciones hídricas de la planta porque la transpiración de agua provoca el movimiento de agua adentro y a través de las plantas. Además, la transpiración causa casi directamente déficit momentáneos de agua foliar, y cuando se seca el suelo causando retraso en la absorción respecto a la pérdida de agua, se produce déficit hídricos permanentes que causan daños y muerte por desecación. El agua se evapora a través de todas las superficies externas e internas de la planta que están en contacto con el aire. La importancia de la transpiración es la pérdida de calor hacia la atmósfera a través de la planta.

$$\text{Transpiración} = \frac{[\text{H}_2\text{O}] \text{ Int.} - [\text{H}_2\text{O}] \text{ Ext.}}{r} = \frac{\Delta [\text{H}_2\text{O}]}{r}$$

Donde: r = resistencia

$[\text{H}_2\text{O}] \text{ Int.}$ = Concentración del vapor de agua interno

$[\text{H}_2\text{O}] \text{ Ext.}$ = Concentración del vapor de agua externo

$\Delta[\text{H}_2\text{O}]$ = Gradiente de vapor de agua.

La pérdida de humedad por parte de la planta esta influenciada por tres tipos de resistencia: cutícula, estoma y la capa de aire estólido (1, 9, 16, 19, 39)..

2.5. Desarrollo Fenológico de los Cultivos.

Sería de mucha utilidad disponer de datos fenológicos para todas las plantas de cultivos, en los últimos años se han hecho estudios con este fin. Pero a pesar de ello, para muchas plantas cultivadas solamente se dispone de información fenológica fragmentaria. Tales datos indican ciertos estados de desarrollo y a medida que progresa la estación, dichos datos son útiles para predecir en la agricultura de riego, la fecha de riego como la cantidad de agua que requiere el cultivo, ya que el estado de desarrollo del cultivo condiciona la práctica de riego (1, 8, 12).

El desarrollo de los vegetales puede dividirse en lo que respecta al riego en tres períodos; vegetativo, floración y fructificación. A lo largo del período vegetativo aumentan las necesidades de agua, alcanzando su máximo durante el período de floración, durante la fructificación las necesidades de humedad disminuyen practicamente en los últimos estados de

la formación del fruto (1, 31).

En el caso del maíz, el ciclo de cultivo y los requerimientos de agua durante este ciclo se desarrollan como se demuestra: Fig. 5A y 5B. 5A durante el ciclo de cultivo de cuatro a cinco meses, la parte aérea de la planta puede crecer hasta una altura aproximada de 160 cm. Al mismo tiempo, el sistema radicular se desarrolla hasta una profundidad de 95 cm. 5B la gráfica de las necesidades de agua sigue un patrón similar al crecimiento de la planta.

2.5.1 Desarrollo Vegetativo.

A lo largo de todos los estudios del desarrollo vegetativo es preciso que las plantas dispongan de humedad en abundancia, así como de nitrógeno, los riegos deben ser frecuentes y ligeros, en general por lo que es necesario que el sistema radicular que es superficial encuentre una humedad abundante en el terreno. En el caso de los cultivos perennes, como la alfalfa, que tienen un sistema radicular profundo los riegos se dan más distanciados, pero deben ser más pesados (22),

2.5.2 Período de Floración.

Puesto que la evapotranspiración alcanza su máximo en el estado de la floración hay que poner un cuidado especial en que la zona radicular alcance un grado adecuado de humedad. Sin embargo, el aumento de la evapotranspiración es frenado por el incremento normal de las raíces cuando estas profundizan la zona radicular se establece a niveles mas bajos y en consecuencia el agua utilizable es mayor. Hay que tener la precaución de

impedir que el terreno este demasiado seco, puede suceder que las flores no lleguen a fructificar (22).

2.5.3 Período de Fructificación.

En el período de fructificación, el sistema radicular ha llegado a la profundidad máxima y al final de este período la evapotranspiración ha empezado a disminuir por lo que las necesidades hídricas de los cultivos son menores y no es necesario dar riegos demasiado seguidos. Puesto que las pequeñas necesidades hídricas del cultivo se satisfacen plenamente por el agua almacenada en el terreno.

En complemento a lo anterior se ha observado que las producciones más altas se obtienen cuando se riega más frecuentemente durante los períodos vegetativo y de floración (22).

2.6 Períodos Críticos para algunos Cultivos.

En la mayoría de las plantas cultivadas se presentan períodos críticos durante la época del crecimiento en los que debe mantenerse un alto nivel de humedad para lograr buenos rendimientos. Si hay suficiente humedad para la germinación y el desarrollo, el período crítico casi siempre ocurre en la parte final de la estación cuando se aproxima la cosecha. A continuación citamos algunos ejemplos de períodos críticos para cultivos de riego: (2, 4, 30, 37).

- | | | |
|----------|---|---|
| Aguacate | — | Al formarse los frutos. |
| Algodón | — | Período de floración hasta la maduración de los capullos. |

- Alfalfa — Del florecimiento hasta después del corte.
- Citricos — Al formarse los frutos.
- Duraznero — Al formarse los frutos.
- Trigo — Formado de espiga y llenado del grano.
- Maiz — Desde el surgimiento de los cabellos (estigmas) hasta el desarrollo de la espiga en el período de polinización.
- Melón. — Desde la floración hasta la recolección.
- Papa — De la floración hasta la recolección.
- Tabaco — Desde que la planta tiene 50 cm. de altura hasta la floración.

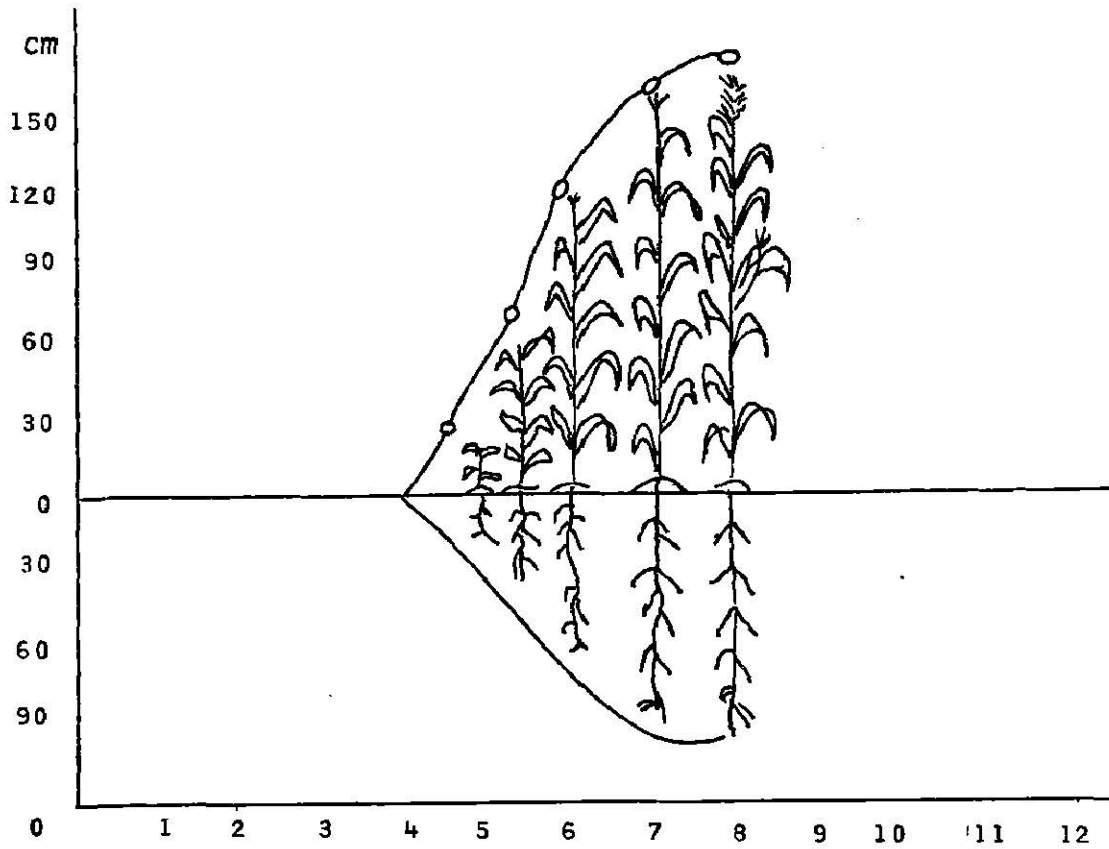


FIG. 5-A MESES

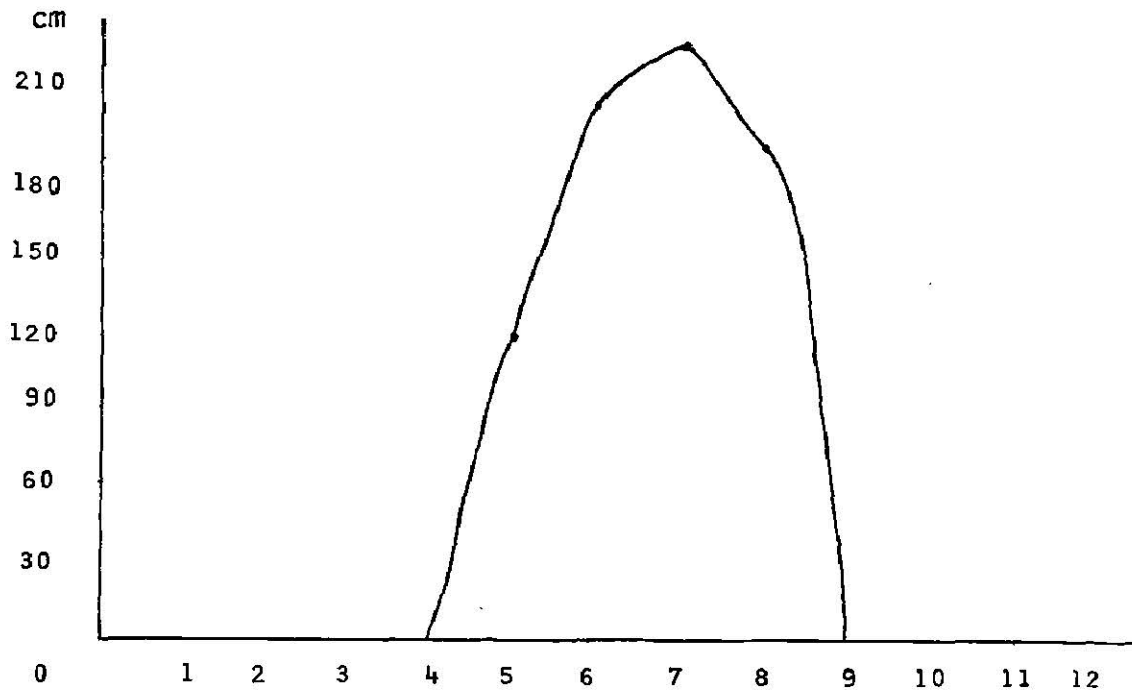


FIG. 5-B MESES

3 MATERIALES Y METODOS

Algunos de los problemas que se le presentan al agricultor en cuanto al agua son la determinación del volumen a utilizar y el espaciamiento de sus riegos para el cultivo. El momento de riego es de suma importancia - para obtener buenos rendimientos del cultivo.

Las metodologías son tan diversas que algunos miden el potencial hídrico de la planta, la conductividad de la planta ó la apariencia de la planta, Con la descripción de los diferentes métodos se pretende encontrar algún método que sea práctico y que le pueda servir al agricultor en la programación de sus riegos dentro de su zona de trabajo.

A continuación se describen los diferentes métodos:

3.1. Método de Volumen

A principios del Siglo XX Ursprung y Blum usaron un método basado en cambios en la medición lineal de células colocadas en soluciones con diferentes potenciales osmótico. Para llevar a cabo su propósito se valieron de un microscopio y pretendían determinar la fuerza de "succión" de cada una de las células. Dicho método ha sido modificado para permitir que sea calculado el potencial de agua como un limite inferior de una población de células. Las franjas de un tejido homogéneo, suponiendo que este mide 2 cm de largo por 2 mm de ancho, se extirpan del órgano de la planta por ejemplo del tubérculo de una papa. La longitud de cada franja se mide con la mayor precisión posible usando una escala milimétrica. Inmediatamente después de esto las franjas se colocan en una serie de soluciones

de sustancias disueltas que son de penetración lenta (sacarosa o el manitol) durante una hora. Después se mide de nuevo las franjas y se hace una gráfica de los resultados y el potencial del agua de la solución en la que las franjas no cambian de longitud se toma como el de la planta. Fig. 6. Para demostrar este método podrían ser usados los segmentos de los entrenudos de los tallos de los guisantes, los tallos en florescencia de diente de león, así como pecíolos cortados longitudinalmente en cuadrantes (21, 33).

3.2. Método Gravimétrico

Se pesan rápidamente finas tajadas de tejido sobre una balanza sensible y se colocan en una serie de soluciones graduadas de potenciales osmóticos conocidos de igual modo que en punto 3.1. Después de alcanzar el equilibrio aproximadamente una hora después, el material experimental se seca superficialmente usando papel filtro y se pesa de nuevo. La solución en la que no ocurre cambio alguno en el peso se considera que tiene un potencial hídrico que corresponde a la planta. El éxito de este método depende de la rapidez con la que se lleven a cabo los pesajes y de la homogeneidad del procedimiento de secado Fig. 6. Un problema que podría surgir al aplicar este método, es que la temperatura debe ser controlada con suma precisión (21, 33).

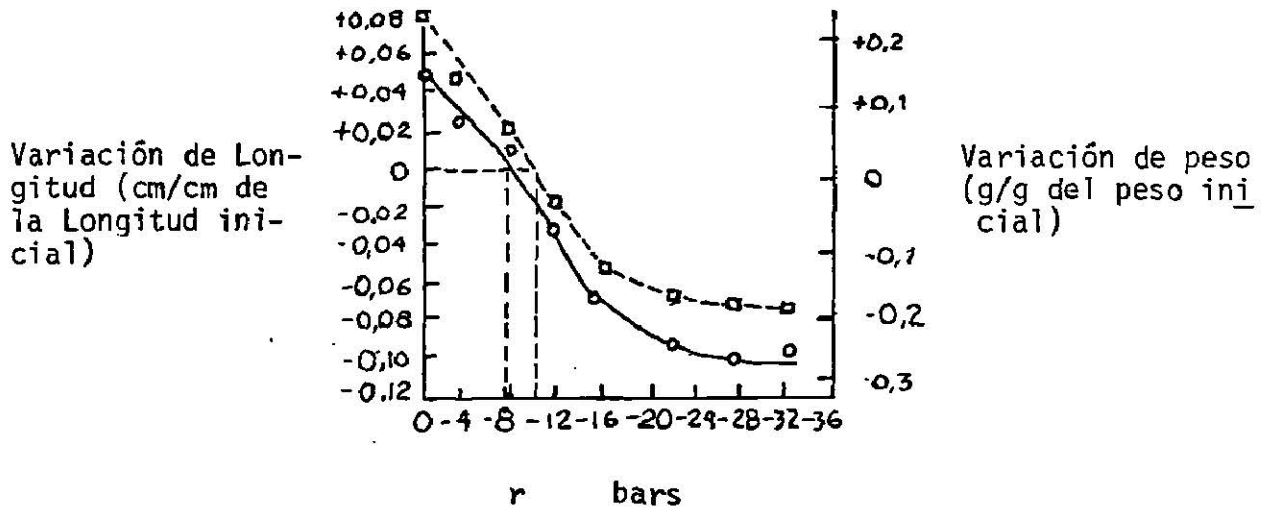


Fig. 6 Medida del potencial hídrico de tejido de patata por los métodos de volumen ($\square \dots \square$) y de pesada ($\circ - \circ$). Meyer y Wallace 1941.

3.3. Método de Shardakov

Es este método se preparan una serie de soluciones de manitol y de cada una se toman 10 ml que se usaran como control. Se añade a cada control una gota de colorante concentrado por ejemplo azul de metileno. Se sumergen trocitos de tejidos en soluciones de 10 cm³ de manitol sin colorante y se dejan que alcancen el equilibrio. Luego se retira el tejido y se añade con una pipeta a cada tubo de ensaye una gota de solución coloreadas por debajo del nivel de la solución. Si el material absorbe agua la solución prueba estará mas concentrada por lo tanto mas denso y el colo azul se elevará, mientras que si el tejido pierde agua ocasiona una dilución del soluto y la gota coloreada se hundira hacia el fondo del tubo. Fig. 7. El potencial osmótico de la solución en la cual la solu--

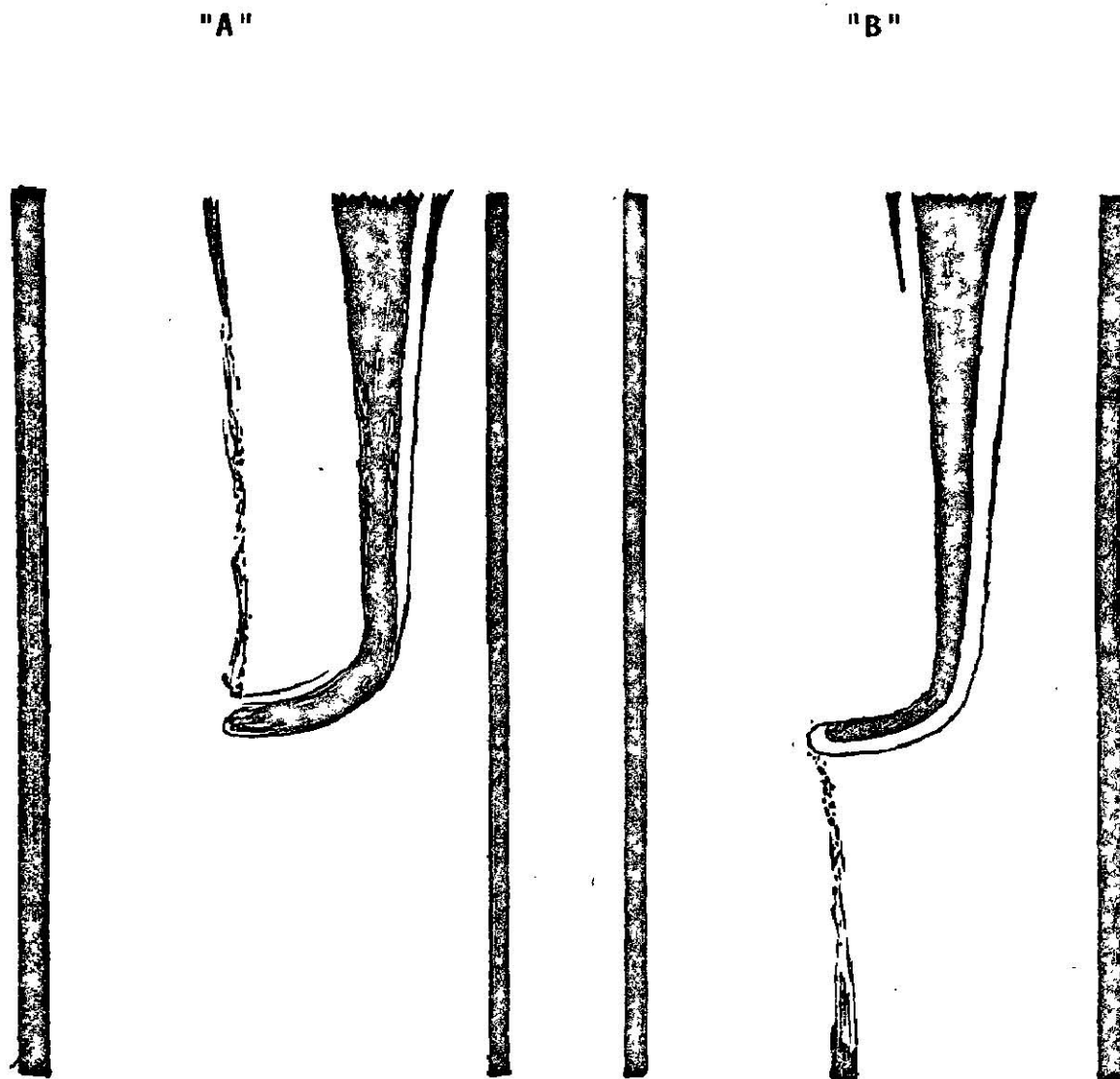


Fig. 7 Comparación de pruebas y referencia de soluciones coloreadas, en el caso "A" el color azul de la solución se eleva si se absorbe agua y en el caso "B" si pierde agua el color se ira hacia abajo. (Shardakov 1931).

ción coloreada difundida fuera de la gota sin tendencia a elevarse o hundirse se toma como el potencial hídrico de la planta. Este método es uno de los más sencillos y puede ser adaptado para trabajos de campo (20, 33).

3.4. Método Refractométrico.

Es un método alternativo para detectar los cambios en el contenido de agua en una solución en presencia del tejido bajo investigación, consistente en medir los cambios en la concentración de una sustancia disuelta como la sacarosa por medio de un refractómetro. Stocking 1945, ideó un procedimiento para detectar el potencial del agua de las células medulares de plantas intactas de cucurbita por medio de este método. Se inyectan soluciones de en el peciolo hueco o tallo y se sacan muestras a intervalos para análisis. Cuando no se observen cambios alguno en el índice de refracción se concluye que el potencial del agua de la solución es el mismo que el de las células que se encuentran en la superficie interna de contacto. El error que puede ser posible en el IR es debido a la dilución de la solución por el agua de la pared de la célula Fig. 8 (20, 33, 39).

3.5. Método Psicrométrico.

El potencial del agua de una fracción de tejido puede medirse en la misma manera que el potencial osmótico de una solución usando un psicrometro termopar. El potencial del agua del tejido puede ser calculado midiendo la temperatura del tejido del cual el agua se evapora en aire humedo y comparándola con la temperatura de soluciones de potencial osmótico conocido bajo las mismas condiciones. Este método es quizás el mas preciso de todos los métodos descritos anteriormente. Actualmente se han diseñado -

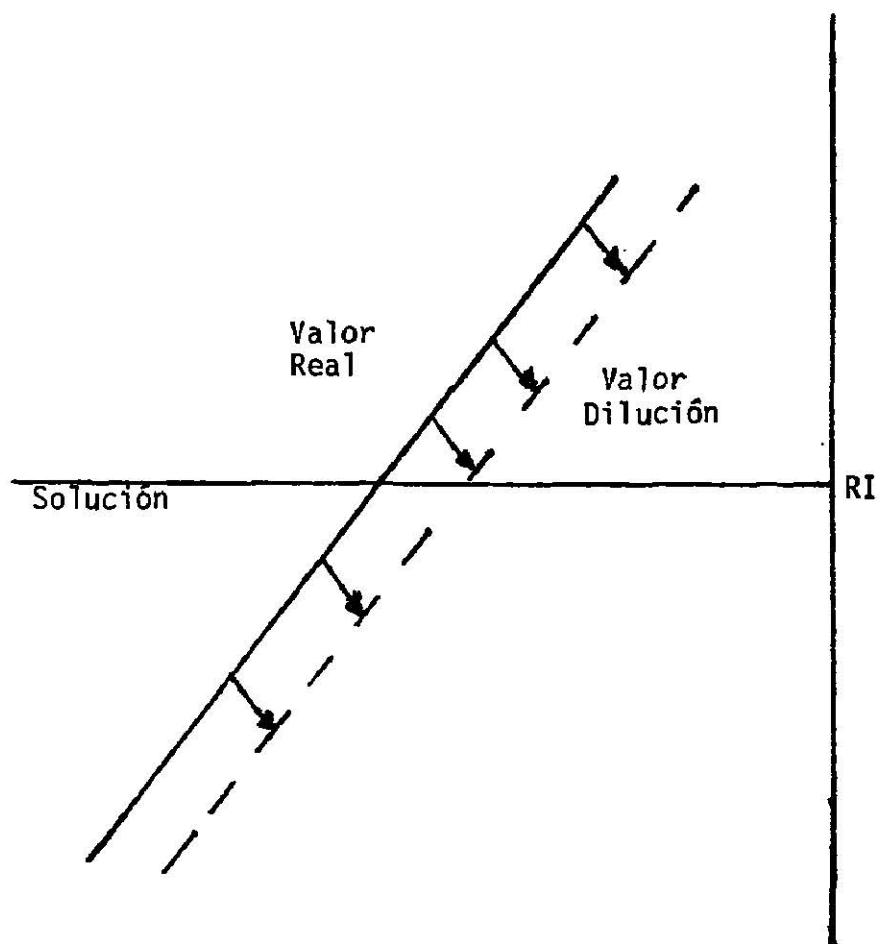


Fig. 8 Representación esquemática de posible error en el método RI, para determinar el potencial de agua debido a la dilución en soluciones de ensayo por agua de la pared de la célula. (RI = Índice Refractivo).

algunos psicrométros termopar que no están expuestos a errores corregidos por fluctuaciones en la temperatura, Hoffman y Rawlings 1972, han desarrollado un psicrometro termopar para uso en el campo, con el cual el potencial del agua de hojas intactas unidas a una planta puede ser medido con una precisión ± 1 bar.

3.6. Método de la Cámara de Presión.

En este método se coloca una hoja o bien un retoño frondoso en una cámara capaz de soportar presiones de 50 bars o aún más con el extremo cortado de un pecíolo o tallo saliendo a través de un sello hermético de gas Fig. 9. Un gas inerte como el nitrógeno entra a baja presión en la cámara y la presión se incrementa hasta que el líquido aparece en la superficie cortada. En este punto se considera que se ha establecido el equilibrio entre las células de la hoja y la savia del xilema y la presión del gas contraresta exactamente el potencial del agua de las células de la hoja.

El potencial osmótico de la savia del xilema se considera insignificante y la conductividad hidráulica se considera tan alta que el gradiente del potencial del agua dentro del tejido es insignificante (20, 33, 39).

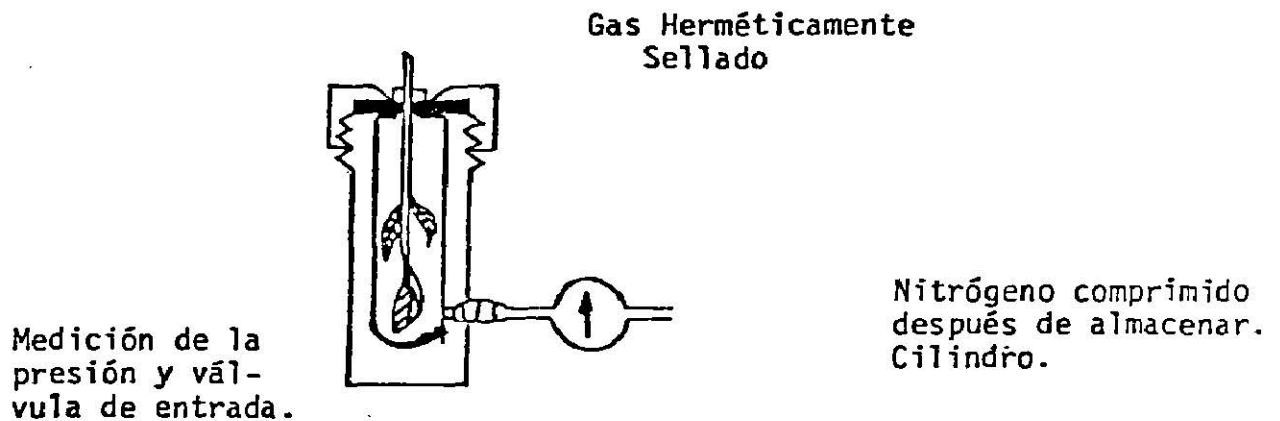


Fig. 9 Sección cruzada a través de una cámara de presión usada para medir el potencial del agua de un retoño frondoso.

3.7. Método Basado en la Conductividad Eléctrica de las Plantas.

Este método se usa para determinar el momento de riego mediante medidas de la conductividad eléctrica en la nervadura de las hojas, con la utilización de un aparato transistorizado de acción recíproca. Midiendo así la diferencia de agua en las plantas proporcionará el efecto integrado de suelo, clima características inherentes a la planta (25).

Sobre la conductividad eléctrica de las plantas influyen teóricamente la concentración de iones y la temperatura, además de las condiciones de hidratación de la planta. Este método se basa en que a mayor contenido de humedad en las plantas se obtendrá mayor conductividad eléctrica.

La determinación de la conductividad eléctrica se determina insertando los electrodos en la nervadura central de las cuatro primeras hojas superiores a una distancia aproximada de un cm. del pecíolo de manera que atravazara diametralmente la nervadura.

En este método se utilizó un aparato compuesto de dos partes; un generador de corriente alterna portátil alimentado con pilas y un galvanómetro. Los electrodos usados consisten en dos agujas de acero inoxidable separados 4 mm con una longitud de 5 mm y fijas a un bloque de lucita.

Este método para determinar el momento de riego es muy rápido y fácil de manejar y una vez refinado puede ser de amplia utilidad para los agricultores. Este método no produce daño alguno a las plantas.

3.8 Métodos Basados en la Apariencia de la Planta.

Se ha intentado usar a la planta como un tensiómetro. Muchos investigadores han procurado encontrar las correlaciones entre varios aspectos del comportamiento de la planta y las condiciones del suelo, con la esperanza de que las observaciones de algunas características podrían servir como guía práctica para saber cuando deben regar. El éxito de estos métodos depende de la naturaleza y precisión de las observaciones, del tipo de los cultivos y de la etapa de desarrollo de los mismos.

En los métodos correctos de riego deben evitarse los marchitamientos repetidos o excesivos. En consecuencia, cualquier criterio que se base en la apariencia de la planta deberá señalar algunos síntomas que precedan al marchitamiento como referencia en algunos cultivos, pueden ser útiles los cambios de color o ligeros enrollamientos de las hojas (16, 34).

3.8.1 Método Basado en el Color de las Plantas.

Al comenzar la deficiencia de agua el follaje de muchas plantas tiende a cambiar de color. Por ejemplo las hojas de frijol, algodón, alfalfa y los cacahuates se vuelven azulados o de color verde obscuro al aumentar las tensiones de humedad y algunas variedades muestran esto con mayor claridad (16, 31, 32).

3.8.2 Medición del Tamaño de la Fruta.

Es reconocido que el tamaño de la fruta y de la planta está relacionado junto con el estado del agua. Algunas propuestas han sido reportadas en limones, naranjas, algodón, etc. El equipo que usaron en la medición del tamaño de la fruta fue desde el termohigrografo vernier, y cinta de acero. Sin embargo todos estos métodos fueron afectados grandemente por factores externos, tales como la temperatura, la humedad relativa, la intensidad de la luz, etc. A pesar del efecto cíclico de la sequía entre las irrigaciones siempre fue detectado.

Uno de los principales problemas detectados en la medición del tamaño de la fruta es que la sensibilidad no es suficiente prevenir el desa--

rrollo en la fuerza del agua.

Así se concluye que la medición en el tamaño de la fruta proporciona solamente datos cualitativos de la fuerza del agua. Estas propuestas probablemente son enfatizadas desde que la fruta es el rendimiento final (16, 31, 32).

3.9 Método del Termómetro de Radiación Infrarojo.

En este método se utiliza como su nombre lo indica un termómetro infrarojo, este método asocia la temperatura del pabellón (hoja) y la temperatura del aire ambiente (SDD).

Las mediciones de temperatura del aire dentro del pabellón se hacen usando como instrumento un termómetro manual de radiación infraroja (Tela-Temp. Corp. Fullerton, Calif) modelo AG-42. El instrumento tiene un campo de observación de 5°, una ventana sensora de 10.5 a 12.5 μm , una resolución de 0.1° y una precisión de 0.5°. La temperatura del aire fueron medidas usando un indicador digital CR-5.

Geiser sugiere que las plantas pueden ser irrigadas cuando las diferencias de temperatura pabellón-aire exceden a un valor predeterminado - basado en la medición de la radiación neta y la humedad relativa.

Jackson utiliza el concepto esfuerzo-grado-día (SDD) para programar los riegos. Idso, la utilizó originalmente para predecir el rendimiento de los cultivos. El SDD está definido por las siguientes fórmulas:

$$\text{SDD}\chi = (T_e - T_a);$$
 donde T_e : es la temperatura del pabellón y T_a : es la

temperatura del aire de un día t_a .

De acuerdo a Idso si las plantas tienen una cantidad adecuada de -
agua $(T_e - T_a)$ sera muy cercano a cero o negativo. Si la cantidad de -
agua en la planta no es la adecuada la diferencia $(T_e - T_a)$ será mucho ma
yor que cero (5).

4 RESULTADOS Y DISCUSION

- a) Método de Volumen y Gavimétrico.- Son usados principalmente para trabajos de laboratorio debido a que requieren de ciertos tipos de materiales como son el microscopio, balanza, soluciones. La principal desventaja de estos métodos es que la temperatura debe ser controlada con suma precisión.
- b) Método de Shardakov.- Este tiene la ventaja de que una vez refinada la técnica puede ser adaptada para trabajos de campo y resulta de los mas sencillos.
- c) Método Refractométrico.- Se recomienda principalmente para trabajos de laboratorio, una dificultad que tiene este método es que el índice refractivo cambia mucho mas para soluciones hipertónicas que para soluciones hipotónicas.
- d) Método Psicrométrico es quizás el método más preciso de todos los descritos anteriormente, la desventaja es que no puede ser usado en lugares que tienen una alta humedad relativa, y tienen un requerimiento fundamental que es requieren de un tiempo de equilibrio por ejemplo para Frijol soya 2 a 3 hrs. para cereales 6 a 8 hrs.
- e) Cámara de Presión.- Este método puede ser usado tanto en el campo como en el laboratorio ya que hoy en día existen cámaras de presión miniaturas las cuales han reducido el costo del equipo, en -

en este método es esencial prevenir la transpiración, también - existen otras desventajas como es el que las lecturas sean tomadas lo más rápido posible, las muestras deben de ser del tipo - herbáceo. La ventaja es que el valor obtenido es una medida del potencial del agua en la planta.

Para la determinación del momento de riego por medio de los diferentes métodos que utilizan la medida del potencial hídrico de la planta se hace comparando la lectura que se obtiene con el punto de marchitez permanente (PMP) que es de $-15 \Delta TM$ y comparando los datos podemos determinar el momento de riego.

- f) Continuidad Eléctrica.- Este método para determinar el momento de riego es muy rápido y fácil de manejar y una vez refinado puede ser de amplia utilidad para los agricultores.
- g) La apariencia de la Planta; la desventaja de estos métodos es que son afectados grandemente por factores externos tales como la - temperatura, humedad relativa, luz, etc.
- h) El método de el termómetro de radiación infraroja; este método ha tenido gran éxito en lugares donde no hay gran variación climática, pero no es el mas adecuado para lugares de alta variación de las condiciones ambientales.

5 D I S C U S I O N

De lo anterior podemos concluir que la determinación de los calendarios de riego, usando la planta como indicador puede ser muy práctico. Dada la importancia que tiene la determinación oportuna del riego para evitar la disminución en el rendimiento de los cultivos, los sistemas desarrollados pueden resultar de gran ayuda para los técnicos encargados del asesoramiento en las áreas de uso y manejo del agua.

De los diferentes métodos descritos anteriormente, no se trata de encontrar un método que sea universal para todos los cultivos, sino que encontrar un método adecuado para cada cultivo o área, ya que el 20% de la superficie cultivable en México esta basada en agricultura de riego y es en esta área donde se obtiene el 50% de la producción agrícola nacional, pero la gran mayoría de esta área la aplicación del agua de riego es en forma empírica (1).

Se recomienda efectuar investigaciones para tener la información necesaria, pero estas investigaciones deben realizarse in situ y considerando los diferentes tipos de suelo y registrando las diferentes variables climatológicas de cada área.

Es apropiado insistir en la necesidad de trabajar mas en los problemas apremiantes de la agricultura de riego.

La suma de los valores positivos acumulados de la diferencia ($T_e - T_a$) pueden servir de indicación de cuando regar las plantas. Para trigo por

ejemplo en Phonix, Arizona el valor positivo de SDD fue fijado en 10 días. En California el valor positivo para frijol es de quince.

El método del termómetro de radiación infraroja ha sido usado con éxito para programar riegos en lugares con poca variación de las condiciones ambientales, sin embargo en lugares con alta variación de día a día - de las condiciones ambientales como temperatura y humedad, este método no es el más adecuado (5).

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Aguilar C.M. y Mtz. E.R. 1980, Relación agua-suelo-planta-atmósfera. U.A.CH. 2a. Ed. Chapingo, Mex. pp 289-311.
- 2.- Agronomía 1980, Riego por Surcos, No. 189-190 Ene-Feb., Mar-Abr. 1980 I.T.E.S.M. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas pp 3-7.
- 3.- Andrews S.E. 1970, Principio de Horticultura Ed. C.E.C.S.A. México pp 67-97.
- 4.- Anónimo 1968, Técnicas de Irrigación, "El agua que los Cultivos necesitan, Agr. de las Américas Vol. 17 No. 4 pp 17-20.
- 5.- Bannano R. y Mack H.J. 1983, Use of Canopy-air temperature Differentials as method for Scheduling Irrigations in Snap Beans. J. Amer. Soc. Hort. Si , Vol. 5 pp 826-831.
- 6.- Bear E.F. 1969, Los Suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Ed. Omega, Barcelona. pp 135-144.
- 7.- Daubenmire F.R. 1982, Plants and Environment. Ed. John Wiley & Son. N. York pp 97-193.
- 8.- Demolon A. 1973, Crecimiento de los Vegetales Cultivados. Ed. Omega, Barcelona. pp 113-138.
- 9.- Devlin R.M. 1980, Fisiología Vegetal. Ed. Omega, Barcelona pp 83-103

- 10.- Diehl P., Mateo Box J.M. 1978, *Fitotecnia General* Ed. Mundiprensa. pp 39-58.
- 11.- Fernández G.R. 1980, *Conceptos Fundamentales de Cálculos Útiles en la Aplicación del Agua de Riego*. Chapingo, Colegio de Postgraduados. pp 110-125.
- 12.- Ferrán L.J. 1975, *Horticultura Actual*. Ed. A.D.E.O.S. Barcelona. pp 67-79.
- 13.- Gros An 1981, *Abonos, Guía Práctica de la Fertilización*. Ed. Mundiprensa. pp 75-86, 208-209.
- 14.- Guerrero S.J.L. 1980, *Evolución de Variedades de Maíz y Efecto del número de Riego durante la Primavera '79 en Apodaca, N.L.* Tesis I.T.E.S.M. pp 3-38.
- 15.- Hsido T.C. 1973, *Plant Responses to Water Stress*. *Ann Rev. of Plant Physiology*. pp 363-386.
- 16.- Hudson J.P. 1967, *Control del Medio Ambiente de la Planta*. pp 147-155.
- 17.- Israelsen-Hansen 1975, *Principios y Aplicación del Riego*. Ed. Reverete, S.A. pp 256-277.
- 18.- Kramer P.J. 1961, *Water Stress and Plant Growth*. *Agr. Jour* No. 55 pp 443-446.
- 19.- Kramer P.J. 1974, *Relaciones Hídricas de Suelo y Plantas*. Ed. EDUTEX, S.A. México pp 122-194, 336-391.

- 20.- Larque, S.A. 1980, El Agua en la Planta. C. de Post Graduados, Chapingo, México. pp 53-105.
- 21.- Lacher W. 1977, Ecofisiología Vegetal, Ed. Omega, Barcelona. pp 155-221.
- 22.- Macias A.J. 1968, La importancia de la Irrigación en Maíz , en función a su estado de desarrollo. Tesis I.T.E.S.M. pp 17-25.
- 23.- Medina E. 1977, Introducción a la Ecofisiología Vegetal O.E.A. pp 21-35.
- 24.- Mela M.P. 1966, El Suelo y los Cultivos de Secano. Ed. Agrociencia, Zaragoza. pp 256-290.
- 25.- Oyarzabal T.F. y Del Valle F.H. 1972, Agrociencia No. 7 serie "C" Chapingo, Mex. pp 3-17.
- 26.- Poirre M. Ollier Ch. 1965, El Regadío, Redes, Teoría, Técnicas y Economía de los Riegos. Ed. E.T.A.S.A. Barcelona pp 113-157.
- 27.- Rojas G.M. 1972, Fisiología Vegetal Aplicada. Ed. Mc Grow Hill, México pp 9-37.
- 28.- Russell M.B. 1952, Water and its relations to soil and crops Advance in agronomy XI. pp 125-137.
- 29.- Sánchez G.L. 1979, Guía del Agricultor. Ed. A.E.D.O.S., Barcelona pp 79-95.
- 30.- S.A.G. 1975, Conservación del Suelo y el Agua. México, D.F. pp 125-129.

- 31.- S.R.H. 1971, Memorándum Técnico No. 5, México, D.F.
pp 290, 291, 295.
- 32.- S.R.H. 1979, Memorándum Técnico No. 289, México, D.F.
- 33.- Sutcliffe J. 1979, Plants and Water, Studies in Biology, No. 14
pp 1-5, 22-47.
- 34.- Thorne D.H. Peterson H.B. 1981, Técnicas del Riego, Fertilidad y
Explotación de los Suelos. Ed. C.E.C.S.A. pp 69-82.
- 35.- Trisoldi A. 1967, El Riego, Planificación y Prácticas.
Ed. A.E.D.O.S. Barcelona. pp 63-90.
- 36.- Torres O.J. 1977, Estudio del Efecto Combinado de tres criterios de
Riego y Seis dosis de Fertilizante nitrogenado al suelo en -
Producción de Maíz. Tesis I.T.E.S.M. pp 23-38.
- 37.- U.S.D. of Agriculture 1984, Relación entre Suelo-Plantas-Agua.
Ed. Diana pp 115-127.
- 38.- Vaadiana W.R. 1961, Plant Water Deficits and Physiological Pro-
cesses Ann Rev. of Plants Physiology No. 12.
pp 265-292.
- 39.- Vazquez A.R. 1984, Relación Suelo-Agua-Planta (notas de clase) Co-
legio de Graduados F.A.U.A.N.L., Marín, N.L.
- 40.- Winter J.E. 1977, El Agua, El Suelo y La Planta. Ed. Diana,
pp 134-159.

