

29459

**VERSION PRELIMINAR
SUJETA A CORRECCION**

1241

PROFUNDIDAD FREATICA CRITICA EN COLONIA SANTA ROSA

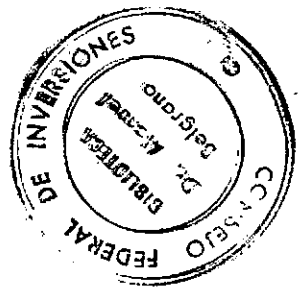
-ASPECTOS AGRONOMICOS-

Area: COLONIA SANTA ROSA

(Provincia de Salta)

CATALOGADO

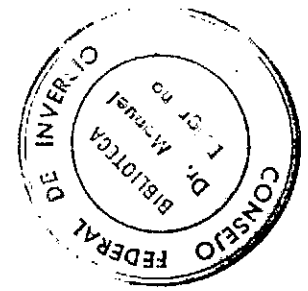
PROYECTO NOA HIDRICO
SEGUNDA FASE



Realizado por: Ing. Agr. Salomón Lafi
Jefatura de Riego y Drenaje Zona Norte
Asistencia Técnica Convenio Proyecto NOA HIDRICO-
A. y E. E. de la Nación

X.12
H.1112

A Ñ O 1981



I N D I C E

Pág.Nº

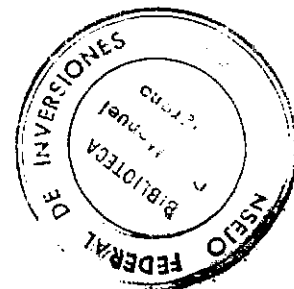
-	-	Introducción	1
1.	-	Dinámica del movimiento de agua y sales	1
1.1	-	Características del espacio poroso	1
1.2	-	Concentración salina del agua freática	5
1.3	-	Balance de agua y sales en el suelo	8
1.4	-	Procesos que conducen a evitar el revenimien- to salino	8
2.	-	Medio ambiente del suelo	9
3.	-	Conclusiones	14
4.	-	Recomendaciones	15

PROFUNDIDAD FREÁTICA CRÍTICA EN COLONIA SANTA ROSA

-ASPECTOS AGRONOMICOS-

Area: COLONIA SANTA ROSA

(Provincia de Salta)



Introducción

La profundidad freática crítica en Colonia Santa Rosa, con fines de la formulación del Proyecto de Drenaje, merece ser analizada al menos de dos puntos de vista:

El de la dinámica del movimiento de agua y sales en el perfil del suelo, y el del medio ambiente del suelo donde se desarrollan las raíces en relación con los hábitos de crecimiento radicular de los cultivos.

1. Dinámica del movimiento de agua y sales

En este aspecto es importante considerar:

1.1 Características del espacio poroso que condicionan el movimiento del agua dentro del suelo, específicamente los valores de ascensión capilar y de conductividad hidráulica en medios porosos insaturados, que determinan la velocidad del flujo ascensional juntamente con el gradiente de potencial existente.

La ascensión capilar está relacionada directamente al radio de los espacios porosos, y éstos lo están a su vez con la composición granulométrica del suelo como se observa en el Cuadro N°1.

CUADRO N°1

Fracción Textural	Diámetro máximo de las partículas	Altura teórica potencial máxima de ascensión calculada	Determinaciones Experimentales Medias
	Micrones ($\text{cm } 10^{-4}$)	cm	cm
Arcilla	2	más de 3.600	1.280
Limo fino	20	de 360 a 3.600	631
Limo grueso	50	de 144 a 360	200
Arena muy fina	100	de 72 a 144	91- 109
Arena fina	250	de 29 a 72	21- 49
Arena mediana	500	de 14 a 29	9- 25
Arena gruesa	1.000	de 7 a 14	5- 13

La altura teórica potencial máxima de ascensión capilar (h_{max}) fue calculada mediante la ecuación:

$$h_{\text{max}} = \frac{0,36}{r_s}$$

en la que r_s es el radio medio de las partículas sólidas del suelo. Utilizando la misma ecuación para los suelos de Colonia Santa Rosa, asumiendo un diámetro medio para arcilla de 2 micrones, para limo de 20 micrones y para arenas 50 micrones, se obtuvieron los siguientes valores:

Serie Santa Rosa

Horizonte	A ₁	B ₁	B _{21t}	B _{22t}	B ₃
Textura	FA	F	Fa	Fa	F
h_{max} (m)	2,18	2,52	2,80	2,96	2,60

Serie Lipan

Horizonte	A _p	A ₁₁	A ₁₂	B ₂	B ₃
Textura	FA	FA	FA	FA	FA
hmax (m)	1,80	1,86	1,89	1,97	1,95

Serie Pomalina

Horizonte	A	B _{2t}	II
Textura	FaI	FaI	aI
hmax (m)	4,26	5,40	6,01



Serie La Trinidad

Horizonte	A	II	III	IV
Textura	FA	AF	AF	AF
hmax (m)	1,81	1,75	1,62	1,58

Serie Altamirano

Horizonte	A _p	A ₁	II	III	IV	V
Textura	FAg	FAg	AFg	F	FA	FA
hmax (m)	1,79	1,81	1,63	2,25	2,15	1,77

Serie Las Palmeras

Horizonte	I	II	III	IV
Textura	FA	FA	FA	FA
hmax (m)	1,95	2,08	1,93	1,86

Serie Víbora Atada

Horizonte	A _p	B _{21t}	B ₂₂	B ₃	II B _{2b}
Textura	aL	a	aL	FL	a
hmax (m)	5,66	7,23	5,87	3,67	11,22

Serie Romero

Horizonte	A	AC	C
Textura	FA	AF	AF
hmax (m)	1,73	1,51	1,53

Serie Zapallar

Horizonte	I	II	III	IV	V
Textura	FL	FL	FL	FL	FA
hmax (m)	2,68	2,75	3,18	3,14	1,79

Serie Valda

Horizonte	A ₁	B ₂	B _{2t}
Textura	F	Fa	F
hmax (m)	2,32	2,76	2,48

Desde el punto de vista de la altura máxima de ascensión capilar se observa que se presenta un peligro latente de salinización por efecto freático en las series Pomalina y Víbora Atada, y en forma menos marcada ese peligro existe también en las series Santa Rosa, Zapallar y Valda, mientras que en el resto de los suelos el peligro es considerablemente menor.

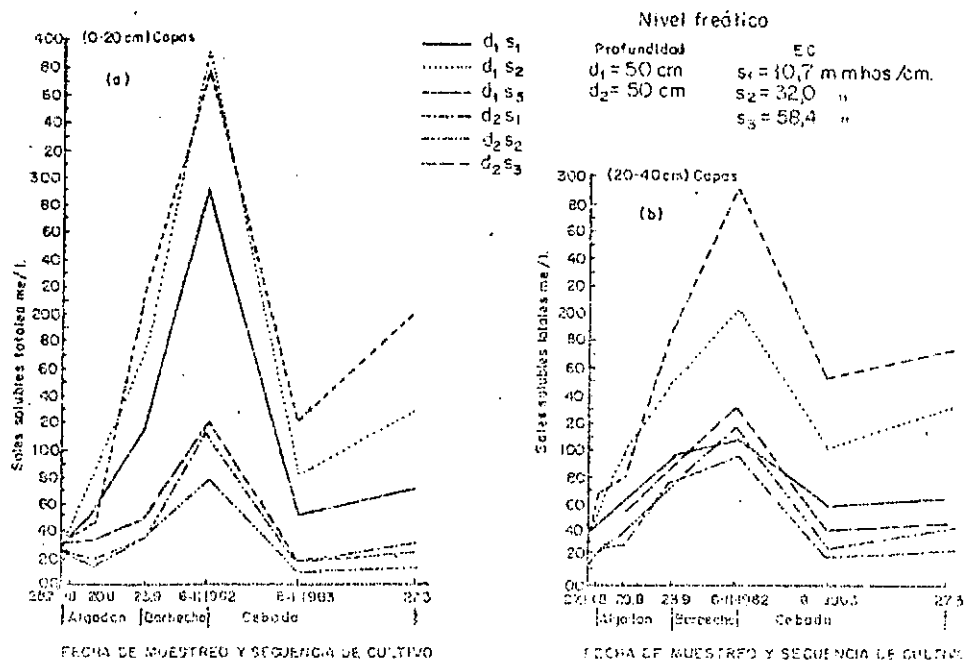
Sin embargo, el aspecto analizado hasta ahora es sólo uno de los factores a tener en cuenta, debiendo considerarse también la velocidad del flujo ascensional del agua freática a través del perfil del suelo, condicionada principalmente a la conductividad hidráulica del suelo insaturado y al gradiente de potencial. La acción combinada de estos factores, que son función del contenido hídrico del suelo, hace que la velocidad del flujo ascensional sea considerablemente mayor en los suelos de textura media que en los arcillosos o arenosos. Desde este punto de vista los suelos de las series Pomalina y Zapallar son los que presentan mejores condiciones texturales para una alta velocidad de flujo ascensional del agua freática acentuando los procesos de revenimiento salino. En la

Serie Víbora Atada en cambio, aunque los valores de altura teórica potencial máxima de ascensión sean mayores, la velocidad del flujo ascensional será más baja por estar limitada por un horizonte arcilloso a poca profundidad donde la conductividad hidráulica es muy baja y por lo tanto los riesgos de revenimiento salino no son tan severos.

Estas consideraciones encuentran verificación en los estudios de salinidad mostrada por los suelos y evaluadas por el equipo de INTA en la "Carta de Suelos de la Colonia Santa Rosa" (1978).

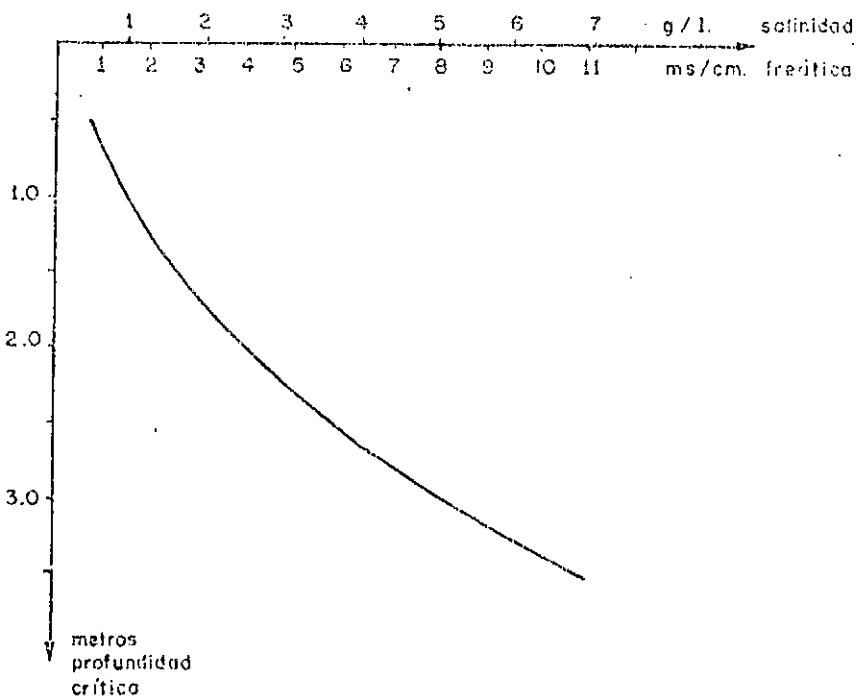
- 1.2 La concentración salina del agua freática, mientras mayor sea la misma, con mayor intensidad se manifestarán los fenómenos de revenimiento. Dado que no se cuenta con datos suficientes es difícil predecir para la Colonia Santa Rosa cuál será el efecto de la salinidad de la freática. A manera de ejemplo se pueden utilizar como referencia los gráficos siguientes correspondientes a trabajos de investigación realizados por Elgabaly y Naguib (1965) tomadas de M.M. Elgabaly (1971) -Gráfico A-. Puede observarse que en condiciones de menor profundidad freática ($d_1 = 50$ cm) los efectos de la mayor concentración salina del agua sobre la acumulación de sales son mucho más notables que con nivel freático más profundo, y en consecuencia mientras mayor sea el nivel salino en el manto freático, mayor deberá ser la profundidad freática. Se observa también que durante el período de barbecho la salinidad de la capa superficial se incrementa notablemente al acentuarse el proceso de revenimiento debido principalmente:
- a) a la desaparición de la cubierta vegetal, que favorece la evaporación directa desde la superficie del suelo, y b) a la falta de lavado de sales de las capas superficiales al suspenderse el riego.

GRAFICO A



CAMBIOS DE SALINIDAD DE a) CAPAS SUPERFICIALES Y b) CAPAS SUBTERRANEAS CON c) PROFUNDIDAD Y s) SALINIDAD DE AGUAS SUBTERRANEAS, FECHAS DE MUESTREO Y SECUENCIA DE CULTIVOS.

GRAFICO B



Según Egorov (1964) citado por Nijensohn (1969) para los suelos del Valle de Vaks (URSS), la relación que debe existir entre la salinidad del agua freática y la profundidad crítica está representada por el Gráfico B.

Según Massoud (1980) la profundidad freática crítica se considera que es entre 2,5 y 3 m para áreas áridas y semiáridas cuando el agua subterránea es salina, pero podría estar apreciablemente más alta si el agua no es salina. Con freática dulce y circulante, muchos cultivos anuales pueden tolerar una profundidad de 50 cm, siendo la concentración salina crítica entre 1.500 y 3.000 ppm (aproximadamente 2,5 a 5 mS/cm), mientras que si el agua es sódica no debería exceder de 750 ppm.

La salinidad del agua freática en Colonia Santa Rosa varía entre límites extremos muy amplios (200 a más de 7.000 ppm), pero en la mayoría de los puntos de observación varía entre 400 y 2.000 ppm (Tallione y Shiftan, 1980). En estas condiciones y conforme a lo expuesto, correspondería que la profundidad fuera en algunos puntos alrededor de 2 m. Sin embargo es altamente probable que con el sistema de drenaje en funcionamiento se produzca la disminución de la concentración salina del agua freática. La razón para esto es que los excedentes pluviales y de riego arrastrarán sales del suelo, las que se eliminarán junto con el agua de drenaje, aumentando la probabilidad de que el balance salino sea negativo. En consecuencia se produciría con el tiempo y el buen manejo una dilución efectiva de la salinidad de los suelos y de la freática hasta valores que pueden considerarse normales. En razón de lo expuesto no resulta lógico dimensionar el sistema de drenaje para las condiciones actuales de concentración salina del agua subterránea, pues quedarían sobredimensionados al producirse la eliminación del exceso de sales.

1.3 Balance de agua y sales en el suelo. En general la evaporación desde la superficie libre del suelo y la absorción de agua por los cultivos tienden a aumentar la concentración salina y provocan un gradiente de potencial que favorece el movimiento del agua freática a través de los poros del suelo en dirección a la superficie. Por el contrario, el agregado de agua en la superficie del suelo (ya sea que se trate de lluvia o de riego) crea un gradiente de potencial que cambia el sentido del flujo desde arriba hacia abajo arrastrando sales del suelo por disolución e incorporándola a la freática. Además puede haber aportes externos de agua subterránea debido al movimiento natural del acuífero y por la misma causa una parte del agua y las sales serán removidas del sistema. De tal manera que de los procesos de acumulación y remoción dependerá que el balance salino sea positivo o negativo. En el primer caso se produce aumento paulatino de la salinidad, tanto en intensidad como en superficie afectada, mientras que en el segundo caso se producirá una disminución de la salinidad.

1.4 Procesos que conducen a evitar el revenimiento salino. Entre los más importantes se deben mencionar:

- Disminución del nivel freático.
- Disminución de la concentración salina del agua freática.
- Disminución de la evaporación desde la superficie del suelo.
- Mantenimiento de un gradiente de potencial hídrico en el suelo que disminuya la velocidad de ascenso capilar.
- Un balance hídrico levemente positivo que permita la lixiviación del exceso capilar.

La disminución del nivel freático se consigue por dos vías:

- a) evitando que se infiltren en el suelo volúmenes de agua necesarios para satisfacer el consumo y los requerimientos de lavado;
- b) eliminando los excedentes de agua subterránea mediante el drenaje, que ayuda también a lograr el segundo punto, dado que junto con el agua de drenaje se eliminan las sales disueltas.

La evaporación desde la superficie del suelo se consigue disminuir con el uso de barreras de vapor o cualquier práctica que proteja al suelo de la insolación directa y disminuya la tasa de transferencia de vapor de agua del suelo a la atmósfera. Entre las barreras de vapor más aconsejables figura la formación de un manto vegetal de baja altura, o de una cubierta de restos orgánicos, o bien la formación de una capa muy fina de suelo superficial muy suelto y seco, donde los procesos capilares pierdan significación. Cumplido este objetivo de evitar la evaporación desde la superficie del suelo se consigue también disminuir el gradiente de potencial que gobierna el flujo ascendente del agua capilar. Es importante señalar aquí que el manejo adecuado de agua (ya sea de lluvía o de riego) también contribuye a la disminución de ese gradiente y permitirá también mantener en niveles adecuados la concentración salina de la capa de suelo explorada por raíces.

Manejo adecuado de agua significa no solo la utilización eficiente desde el punto de vista de la satisfacción de las necesidades de los cultivos y de los requerimientos de lavado, sino además la eliminación rápida y sin causar daños de los excedentes superficiales tanto de lluvia como de riego. En este aspecto una buena sistematización de las tierras es fundamental.

2. Medio ambiente del suelo

Las condiciones de freática cercana a la superficie crean en la capa de suelo explorada por las raíces situaciones de deficiencia de oxígeno (por mala aireación) y de altos contenidos de humedad, provocando:

- Disminución efectiva del volumen de suelo explorado por raíces.
- Alteración en la actividad radicular por falta de la cantidad necesaria de oxígeno para la respiración, y en casos extremos muerte de las raíces por la misma causa.

- Modificación de los procesos de oxidorreducción del suelo y como consecuencia se produce indisponibilidad de algunos elementos fertilizantes, principalmente hierro y nitrógeno.
- Creación de condiciones adecuadas para el desarrollo de hongos y otros parásitos que producen enfermedades de las raíces.

La respuesta de los cultivos a estas condiciones ambientales adversas en el suelo varía considerablemente entre especies y aún entre variedades o razas de una misma especie. En los cuadros siguientes se muestra el rendimiento relativo de algunos cultivos con distintos niveles freáticos (Cuadros Nos. 2 y 3).

a) Según Van Hoorn (1958)

CUADRO N° 2

Cultivos	Rendimiento relativo por ciento a profundidades freáticas de:					Rendimiento a nivel 100% en kg/ha
	40 cm	60 cm	90 cm	120 cm	150 cm	
Trigo	58	77	89	95	100	4.600
Cebada	58	80	89	95	100	4.100
Avena	49	74	85	89	100	5.000
Arveja	50	90	100	100	100	2.750
Porotos	79	84	90	94	100	3.100
Alcavarea	80	96	98	100	100	1.700
Colza	79	95	95	98	100	2.500
Remolacha (semilla)	75	82	90	96	100	4.250
Remolacha (raíces)	71	84	92	97	100	40.500
Papas	90	100	95	92	96	26.000

CUADRO N° 3

Cultivos	Rendimiento relativo porciento a profundidades freáticas de:				Rendimiento a nivel 100% en acre
	40 cm	60 cm	80 cm	100 cm	
Papas	46	94	97	100	327 bu
Maíz	71	100	103	100	126 bu
Menta	48	91	100	100	32 lb
Cebolla	63	109	113	100	3.335 lb
Maíz dulce	61	100	92	100	5,1 tn
Zanahoria	59	93	96	100	2,7 tn

En árboles frutales normalmente los sistemas radiculares son profundos o muy profundos y por lo tanto son más afectados por los niveles freáticos altos. La susceptibilidad de las plantas a los problemas de drenaje dependen de su edad y de la estación: los daños serán mayores cuando se trate de plantas adultas y el problema se presente durante la época cálida y seca. En cambio en los primeros años de vida de la planta o durante la estación de reposo vegetativo la tolerancia a altos niveles freáticos es mayor. En cuanto a la oscilación del nivel freático, la norma es que la planta soporta mejor una freática a relativamente poca profundidad con pequeña oscilación a lo largo del año, que freáticas muy fluctuantes. En este caso cuando el nivel freático está bajo se desarrollan raíces profundas, las que mueren al producirse la elevación del nivel. En el caso de Colonia Santa Rosa los cultivos más afectados serían los de citrus, en los que se puso especial énfasis para tratar de obtener información dado su importancia, tanto en superficie cultivada como desde el punto de vista económico.

La bibliografía cita que Penman (1938) observó que los citrus permanecían saludables durante los primeros 8-10 años de vida con la freática a unos 4 pies (1,20 m) de profundidad y después de esa edad requerían que la freática estuviera más profunda. La extensión y profundidad de raíces se incrementa cuando la freática es más profunda y los mayores rendimientos se obtienen solamente en árboles que crecen en suelos con profundidad freática mayor de un metro.

Dado que en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA en Famaillá (Tucumán) se presenta el problema de freática cercana en plantaciones de citrus, se solicitó al personal Técnico de esa Institución algunos criterios técnicos respecto a las relaciones entre el cultivo de citrus, los suelos y la freática. El Ing. Raúl Tan Jun nos concedió una entrevista personal el día 20 de Julio de 1981, durante la cual suministró información que puede resumirse en los párrafos siguientes:

- a) En las condiciones de la E.E.A. del INTA-Famaillá, los citrus resisten un nivel freático elevado (50 cm) durante una semana sin que se produzcan daños irreparables en la mayoría de los porta injertos. Sin embargo una temporada de treinta días con la freática entre 30 y 35 cm causó daño muy intenso a la mayor parte de los porta injertos, mientras que solo Limonero rugoso y Volkamericano (ambos de poco valor para cultivos comerciales) no presentaron síntomas. En cuanto a la calidad del agua freática, es muy buena, no salina y muy oxigenada.
- b) Por observaciones que se efectuaron en Colonia Santa Rosa, en plantaciones realizadas en suelo de textura fina, cuando el nivel freático alcanza aproximadamente a 100 cm no aparecen síntomas vegetativos, pero se desmejora la calidad de la fruta, si el nivel freático llega a 80 cm comienza la aparición de síntomas de asfixia radicular y marchitez por efecto del desequilibrio entre la absorción de agua y la transpiración, sobre todo en verano. Respecto a salinidad, hasta valores de 4 mS/cm en los primeros 30 cm de perfil no aparecen síntomas, mientras que cuando la conductividad de esa capa alcanza a 9 mS/cm la disminución de rendimientos es ya muy grande.

El Ing. Tan Jun sugiere que para suelos de textura fina, donde los árboles presentan un sistema radicular mas superficial, la profundidad freática mínima debe ser de 120 cm, y para suelos de textura gruesa la misma debe ser de 140 cm. En ningún caso debe permitirse que el nivel

freático permanezca mas de 10 días por encima de esos valores, y la profundidad mínima tolerable sería de 80 cm. Si por causas excepcionales se produjera un ascenso freático hasta profundidades menores o por más tiempo prlongados en cultivos adultos, debiera tratarse de hacer coincidir esta situación con la de poda de rejuvenecimiento, a efectos de equilibrar la muerte de raíces con la eliminación de parte aérea y disminuir de esa manera el desbalance hídrico.

- c) En caso de tener que cultivar citrus en condiciones de freática cercana a la superficie, deben adoptarse algunas prácticas agronómicas que ayudan a sobrellevar el problema:
- c.1 No utilizar implementos de labranza que remuevan el suelo, pues con ellos se produce una poda muy severa de raíces superficiales.
 - c.2 Mantener limpio de malezas el sector de terreno bajo el follaje, utilizando herbicidas para no matar raíces de los árboles.
 - c.3 Mantener los interfilares con cubierta vegetal muy baja, utilizando cortadora de pasto o desmalezadoras rotativas para mantener la altura del pasto usado como cubierta.
 - c.4 Utilizar fertilizantes con residuo ácido y/o incorporar azufre para prevenir la alcalinización de los suelos.
 - c.5 Mantener un buen nivel de humedad y fertilizantes en las primeras capas del suelo para favorecer el desarrollo de raíces superficiales.
 - c.6 Mantener un buen equilibrio entre el sistema radicular y la copa de los árboles, tratando de equilibrar con la poda cuando por circunstancias imprevisibles haya muerte de raíces por asfixia.

3. Conclusiones

3.1 Desde el punto de vista de la dinámica del movimiento de agua y sales, la profundidad freática crítica debería fijarse entre 0,80 y 2,50 m para las condiciones actuales de la mayor parte de los suelos.

Sin embargo después de algún tiempo con el sistema de drenaje funcionando, al disminuir el contenido de sales de los suelos y de la freática, estos valores pueden ser considerablemente menores.

3.2 Desde el punto de vista de los cultivos la profundidad freática crítica debiera fijarse entre 120 y 140 m. en cultivos de citrus y entre 90 y 120 cm para cultivos anuales.

3.3 Las oscilaciones en el nivel freático no deben ser mayores de 50 cm sobre todo si se producen durante períodos de altas tasas de crecimiento de las plantas.

3.4 En cualquier caso deben adoptarse prácticas de manejo de suelo, agua y cultivo que prevengan el revenimiento salino, aseguren la adecuada aireación del suelo y mantengan el nivel de humedad y fertilidad de las primeras capas del suelo para obtener buenos rendimientos de las cosechas.

3.5 Existen suelos de características texturales que harían poco probable el éxito de cultivos de citrus, tales como las series Víbora Atada (por textura demasiado fina y aireación deficiente) y Pomalina (por condiciones que favorecen el revenimiento salino). Si se insiste en cultivar citrus u otras especies sensibles en estos suelos se deben utilizar portainjertos y variedades adaptadas y adoptar prácticas especiales de manejo.

4. Recomendaciones

- 4.1 La profundidad proyecto en la parte mas alta de la campa de abati - miento de la tabla de agua para los cultivos de citrus puede fijar se en 150 cm como norma general, permitiendo ascensos eventuales hasta no menos de 100 cm de profundidad durante no más de 10 días.
- 4.2 Para los cultivos anuales dicha profundidad puede fijarse en 100 cm como norma general, permitiendo ascensos eventuales hasta no menos de 50 cm. durante no más de 10 días. En este caso la variabilidad existente en la tolerancia de los cultivos puede llegar a modificar en forma notable el diseño de los drenes parcelarios. Se sugiere que en el proyecto se usen los valores recomendados en este informe, y que en caso de tener que cultivas especies sensibles, se aumente pos teriormente la densidad de drenes hasta el nivel requerido.
- 4.3 No utilizar para citrus suelos muy pesados a donde las condiciones na turales favorezcan el revenimiento salino.
- 4.4 Divulgar entre los agricultores las normas de manejo para condiciones de freática cercana, entre los cuales pueden citarse como las más im portantes (aunque no las únicas):
- Evitar la poda de raíces con los instrumentos de labranza, especial mente en citrus.
 - Hacer un buen control de malezas y plagas.
 - Mantener un buen nivel de fertilidad y humedad en el espesor de suelo explorado por raíces.
 - Mantener un buen equilibrio entre el sistema radicular y la parte aérea de los cultivos.
 - Favorecer el lavado de sales en suelos salinos mediante el uso con trolado de excedentes de agua de lluvia y de riego.

- Evitar el revenimiento salino donde los suelos o el agua subterránea presenten niveles altos de conductividad eléctrica.
- Evitar el anegamiento mediante la instalación racional de redes parcelarias colectoras de aguas de escorrentía de lluvia o de riego.
- Evitar la erosión de las capas superficiales del suelo.
- Regar, cuando sea necesario, con la cantidad de agua requerida y con la mejor uniformidad posible.

PROYECTO NOA HIDRICO, AGOSTO DE 1981.-

Bibliografía Consultada

- F.A.O. "Prognosis of salinity and alkalinity". Soil Bulletin 31. Rome, 1976.
- F.A.O. "Salinity Seminar Baghdad" Irrigation and drainage paper 7. Rome, 1971.
- I.N.T.A. "Carta de Suelos de la Colonia Santa Rosa". Salta, 1978.
- JOHNSTON William R. "Consideraciones acerca de los problemas de drenaje en Colonia Santa Rosa (Salta) y Perilago de Río Hondo (Tucumán)". Proyecto NOA HIDRICO. Salta, 1981.
- NIJENSOHN León "Profundidad freática crítica" Mesa Redonda para Riego y Drenaje. Santiago del Estero, 1969.
- SHIFTAN Zeev L. "Situación Hidrogeológica en el Acuífero Freático-Area Colonia Santa Rosa" . Proyecto NOA HIDRICO. Salta, 1981.
- TABALLIONE C y Z.L. SHIFTAN "Estratigrafía e Hidrogeoquímica - Area: Colonia Santa Rosa". Proyecto NOA HIDRICO, Salta, 1980.
- WOLF James "Manejo de agua y agricultura en el área de la Colonia Santa Rosa y comentarios sobre el área del Perilago de Río Hondo". Proyecto NOA HIDRICO. Salta, 1981.
- MASSOUD Fathy I. "Reclamation and management of salt-affected soils" Curso Nacional de Entrenamiento sobre Suelos Afectados por Sales. Tucumán, 1980.