

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DE LOS SUELOS DEL OASIS REGADO POR EL RÍO TUNUYÁN MEDIO

Carlos Mirábile

Instituto Nacional del Agua y del Ambiente-Centro Regional Andino
Belgrano (oeste) 210 (5500) Mendoza, Argentina

Telefax: 0261-428 8251. E-mail: carlosmirabile@hotmail.com

Profesor del Liceo Agrícola– Universidad Nacional de Cuyo

RESUMEN

Vastas extensiones de suelos cultivados bajo riego están degradados por problemas de drenaje y o salinidad. Uno de los parámetros más importantes para determinar el espaciamiento de los drenes en un saneamiento y recuperación de suelo, es la conductividad hidráulica. Dicha propiedad interviene en todas las fórmulas de cálculo de espaciamiento de drenes.

La instalación de un buen sistema de drenaje demanda una muy fuerte inversión y un costo permanente de mantenimiento, por lo que el espaciamiento entre drenes interviene en forma fundamental en la economía del proyecto. Muchos son los factores que influyen en la variación de la conductividad hidráulica, entre ellos la textura, porosidad, estructura y capacidad de intercambio catiónico del suelo, como también la salinidad y tipo de sales del agua entre otros.

Dada la importancia descripta, el objetivo del trabajo es la elaboración de un mapa de conductividad hidráulica de los suelos del oasis regado del río Tunuyán medio (90.000 has), de las cuales el 50 % presentan problemas de drenaje y salinización en los periodos hidrológicos ricos.

Este mapa de isolíneas de igual **CH**, será de mucha utilidad para la realización de proyectos de drenaje a nivel zonal y parcelario, permitiendo un correcto cálculo de espaciamiento de drenes.

Para ello se realizó dos ensayos de **CH** frente a cada uno de los freatómetros (que acusaron nivel freático hasta los 3 m), de la red existente en el área, y se obtuvo el mapa de isolíneas de igual **CH** que permite inferir que el área posee una conductividad hidráulica moderada a moderadamente rápida, según la clasificación del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos.

Sólo un 10% de los sitios muestreados presentan valores de **CH** cercanos al límite inferior del rango moderada (0,5-1,5 m/día), e igual porcentaje de sitios poseen valores levemente mayores a el límite superior del rango moderadamente rápida (1,5-3 m/día).

Existen dos zonas con **CH** menor a 1 m/día, la primera se ubica entre las ciudades de Palmira, San Martín y la localidad de Barreales, la segunda entre la ciudad de Junín y el pueblo de Phillips.

Ambas zonas presentan los niveles freáticos más elevados del área 1 a 1,5 m, como también la freática más salina, 12 a 16 dsm^{-1} en la primera zona y de 8 a 16 dsm^{-1} en el sector este de la zona 2. También las dos zonas presentan síntomas de degradación por problemas de salinización de suelos y freática elevada la que no solo produce asfixia radicular sino intoxicación debido a su elevada salinidad.

Palabras claves: conductividad hidráulica, recuperación de suelo, drenaje, salinidad.

INTRODUCCIÓN

Para una agricultura bajo riego sostenible, es necesario el funcionamiento de un buen sistema de drenaje, sea éste natural o artificial

Vastas extensiones de tierra cultivadas bajo riego están degradadas por problemas de drenaje y o salinidad. Uno de los parámetros más importantes para determinar el espaciamiento de los drenes en un saneamiento y recuperación de suelo, es la conductividad hidráulica, la cual representa la capacidad de los suelos para transmitir el agua en condiciones de saturación. Dicha propiedad del suelo interviene en todas las fórmulas de cálculo de espaciamiento de drenes.

La instalación de un buen sistema de drenaje demanda una muy fuerte inversión y un costo permanente de mantenimiento, por lo que el espaciamiento entre drenes interviene en la economía del proyecto en forma fundamental. La escasa rentabilidad que en la actualidad tienen la mayoría de los cultivos, unido al elevado costo de ejecución de este tipo de obras, impiden por lo general su realización, por lo que es sumamente necesario contar con parámetros reales para el cálculo de espaciamiento de drenes a fin de no sobre dimensionar el proyecto.

Son muchos los factores que influyen en la variación de la conductividad hidráulica del suelo, entre ellos su textura, porosidad, estructura, capacidad de intercambio catiónico, como también la salinidad y tipo de sales del agua entre otros.

Los poros de los suelos son sumamente pequeños, de sección transversal totalmente irregular y los conductos capilares que se forman de la unión de ellos sumamente sinuosos, por lo que:

El **tamaño de las partículas** de arena afecta a la **CH** ya que los espacios de los orificios que quedan entre partículas dependen del tamaño de ellas, ya que mientras más grandes sean las partículas, mayor es el diámetro del sistema capilar y por ende mayor la conductividad hidráulica.

La forma de las partículas de arenas también influye en la **CH** de los suelos. Los granos de arena, contrario a la creencia general, presentan una variedad de formas y son frecuentemente muy angulares, esto influye en el perímetro de la sección transversal de los poros y conductos capilares, además influye en la compactación de la arena modificando así la porosidad del sistema.

Las partículas de arcillas son hasta 1000 veces de menor diámetro que las de arena, por lo que los poros entre dichas partículas son muy pequeños, influenciando a la **CH** del suelo, no sólo la cantidad de partículas de arcilla sino también el modo como están agregados y el tipo de arcilla influyen.

El contenido de sal en el agua de riego; generalmente el calcio es el catión dominante en el complejo de adsorción, pero cuando hay sodio el suelo es fácilmente peptizado y las partículas de arcillas migran y se acumulan en los poros del sistema capilar bloqueando la circulación del agua del suelo. Una alta concentración de salina del agua retrasa la peptización.

OBJETIVO

Es la elaboración de un mapa de conductividad hidráulica de los suelos del oasis regado del río Tunuyán medio, aproximadamente unas 90.000 has, de las cuales cerca del 50 %, por elevación del nivel freático, presentan problemas de drenaje y salinización en los periodos hidrológicos ricos.

Dotar al área de una herramienta necesaria para el correcto diseño y cálculo de proyectos de recuperación de suelos con problemas de drenaje y / o salinidad.

DESCRIPCION Y ANTECEDENTES DEL AREA

El área de estudio es el oasis este de Mendoza, regado por el río Tunuyán Medio e Inferior, que comprende las áreas bajo riego de los departamentos San Martín, Junín y Rivadavia.

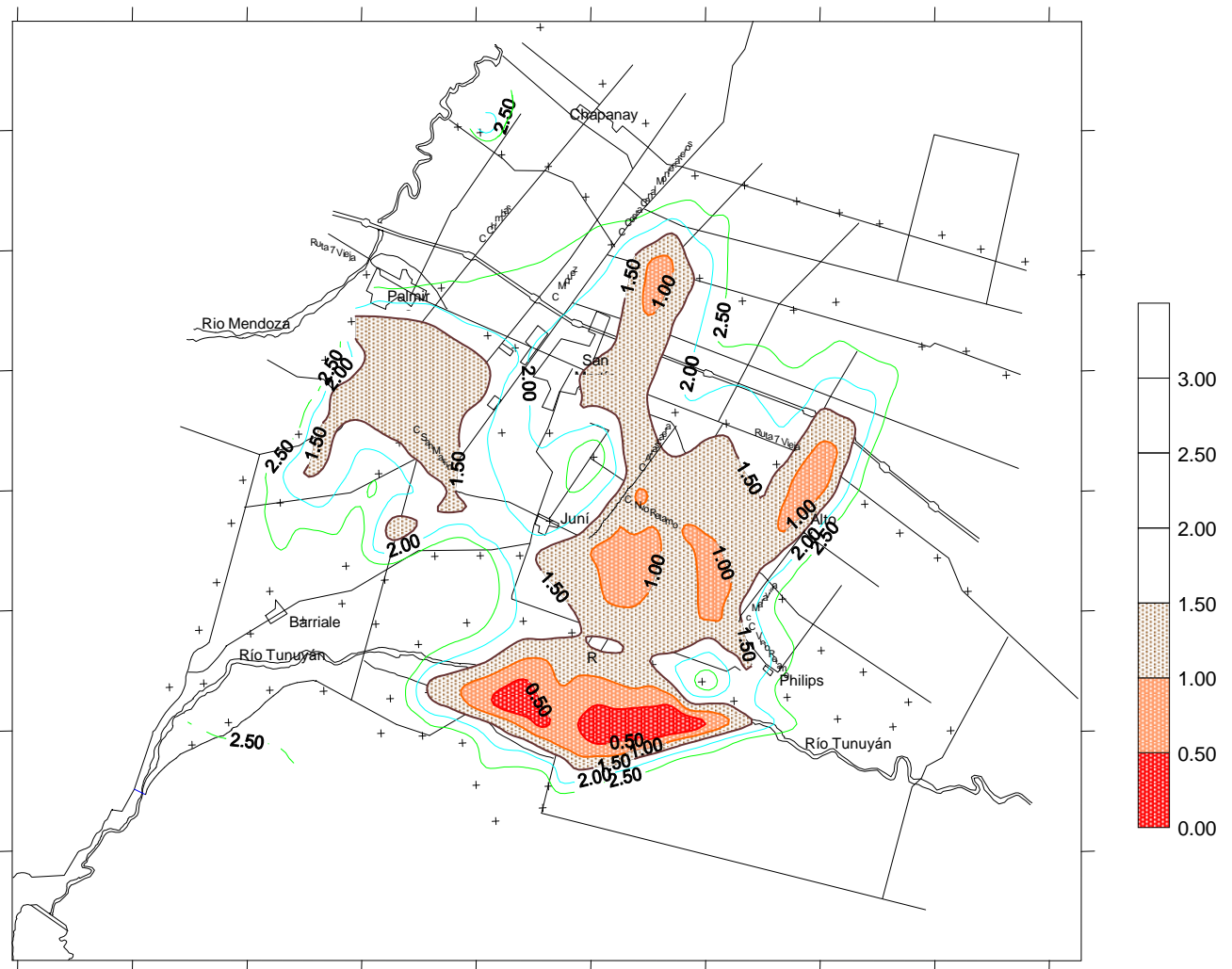
En este área se encuentra el dique de embalse Carrizal con una capacidad de 360 hm³, el dique derivador Gobernador Benegas con capacidad de regulación de 60 m³/s que abastece a una amplia red de canales de aproximadamente 1300 km. de longitud, de esta red sólo unos 80 km están impermeabilizados. El total de la superficie bajo riego es de aproximadamente 90.000 ha, de las cuales 62.914 son regadas con recurso superficial y el resto con recurso subterráneo aportado por unas 1700 perforaciones.

Según Miráble C. (1985) “Mapas y Balance Salino del Área Bajo Riego del Río Tunuyán Medio”, el recurso superficial utilizado posee en promedio una conductividad eléctrica de 1,23 dsm⁻¹ (decisiemens por metro), categoría C₃ S₁ (Riverside-Thorne y Peterson), con un valor mínimo de 940 y un máximo de 1500 dsm⁻¹. Para el recurso subterráneo determinó un promedio de 2067 dsm⁻¹ y se encuadra al igual que el recurso superficial en la categoría C₃ S₁.

El área está cultivada fundamentalmente con viñedos, siguiendo en importancia los frutales de carozo (durazno, ciruelo, damasco), hortalizas (tomate, ajo) y forrajeras. Cuenta con una extensa red vial y es importante por la infraestructura agroindustrial allí localizada.

La zona de Barreales-Palmira siempre tuvo problemas freáticos, agravados desde 1982 debido a una conjunción de factores entre los cuales se pueden citar años hidrológicos ricos, red de distribución de riego no impermeabilizada, bajas eficiencias de uso del recurso hídrico, agua sin sedimentos, etc., lo cual agravó el problema apareciendo nuevas zonas afectadas, como se pueden observar en la figura n° 1.

Miráble C. (1987-1998) determinó para el área que en periodos hidrológicos ricos aproximadamente la mitad de la superficie presentaba niveles freáticos por arriba de los 2,5 m. La conductividad eléctrica promedio del agua freática varía entre 7500 y 5900 dsm⁻¹ a lo largo del año

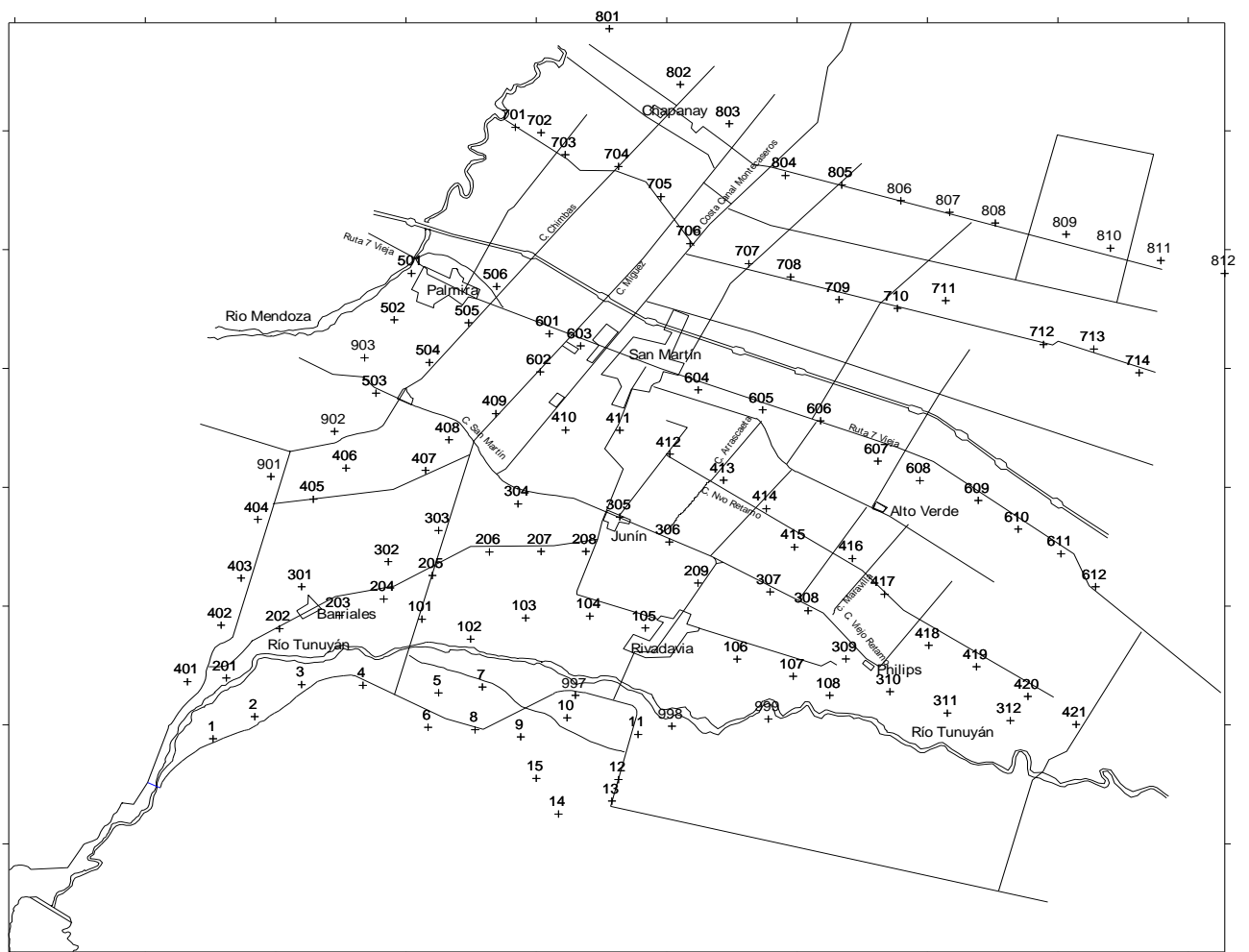


**Figura 1 - Área Irrigada por el río Tunuyán Medio
Niveles freático (isobatas. Mayo, 1985)**

MATERIAL Y METODO

El área posee una red de 130 freatómetros, dispuestos en 10 líneas (de la 0 a la 9), y se realizaron próximo a cada uno de los que acusaban registro de agua hasta los tres metros, dos ensayos de conductividad hidráulica a campo por el método del pozo barrenado (J Martínez Beltrán, 1986). La red de freatómetros y el área en que efectuaron los ensayos de conductividad hidráulica se observan en la figura 2.

Dicho método se utiliza para medir la **CH** in situ por debajo del nivel freático, para ello se efectúa un orificio en el suelo mediante un barrenado, hasta unos 70 cm por debajo de dicho nivel luego de alcanzado el equilibrio entre el agua del orificio y el del suelo, se mide el nivel, después se extrae una parte del agua debiéndose bajar el nivel de la misma en el orificio unos 20 a 40 cm, entonces se produce la infiltración del agua del suelo hacia el orificio y se mide la velocidad con que asciende.



**Figura 2 - Área Irrigada por el río Tunuyán Medio
Red freaticométrica y área de ensayos de CH**

La velocidad de ascenso en el orificio se mide inmediatamente después de extraída el agua, se puede tomar el tiempo para intervalos fijos de ascensos o el ascenso en intervalos fijos de tiempo, en este último caso las lecturas se realizan cada 5-30 segundos, según la velocidad de recuperación del nivel del agua en el orificio, y se deben tomar un mínimo de 5 lecturas para obtener un valor fiable de velocidad de ascenso.

Es importante completar las medidas antes que el 25% del volumen de agua extraída del orificio haya sido repuesta por el aporte del agua del suelo, ya que luego se forma una capa freática en forma de embudo alrededor de la parte superior del orificio, lo que aumenta la resistencia del flujo alrededor y hacia el interior del mismo.

La **CH** se calcula con la fórmula de Ernest (1950) que describe la relación entre la velocidad de ascenso, las condiciones de la capa de agua del suelo y la geometría del orificio. Este método mide la **CH** media de una columna de suelo de unos 30 cm de radio y que se extiende desde el nivel freático hasta unos 20cm por debajo del fondo del orificio o hasta una capa impermeable si se presenta antes de los 20 cm por debajo del fondo.

$$K = C \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (1)$$

K= conductividad Hidráulica

C= Factor de geometría

Δh = ascenso promedio en el intervalo de tiempo pre fijado

Δt = intervalo de tiempo prefijado entre lecturas

Determinado los valores de **CH** de cada ensayo, se obtuvo el valor promedio para cada sitio muestreado (freatímetro) y se confecciono un mapa de isolíneas de **CH** superponiéndoles las principales rutas y ciudades existentes en el área.

Para la selección de las isolíneas de **CH** a trazar, se observaron los valores obtenidos y la clasificación de suelos de acuerdo a su conductividad hidráulica del Servicio de Conservación de Suelo de los Estados Unidos, la cual se observa en la tabla 1.

Tabla 1- Clasificación de los suelos según su conductividad hidráulica

C H (m/día)	Tipo
Menos de 0,03	Muy Lenta
0,03 – 0,10	Lenta
0,10 – 0,50	Mod. Lenta
0,50 – 1,50	Moderada
1,50 – 3,00	Mod. Rápida
3,00 – 6,00	Rápida
más de 6,00	Muy Rápida

Como solo dos valores están por debajo de 0,7 m/día y sólo cuatro superan los 3 y a fin de no presentar un mapa sobrecargado de isolíneas se han graficado solamente las de 0,7- 1 -1,5 -2 y 3 m/día.

Dicho mapa se lo cotejo con los mapas de salinidad del agua freática, niveles freáticos, salinidad del agua de riego, textura de suelo y salinidad del suelo a fin de obtener conclusiones al respecto.

RESULTADOS

La tabla 2 muestra los valores promedio de conductividad hidráulica obtenidos en cada sitio muestreado, en ella se observa que solamente cinco sitios poseen valores de **CH** menores a 1 m/día (pero mayores a 0,5) o sea se ubican en el tramo inferior del rango “moderada”; y solo en cuatro sitios los valores son levemente superiores a 3 m/día. Por lo tanto se puede afirmar que los suelos del área poseen una **CH** que va de moderada a moderadamente rápida

Tabla 2 – Valores promedio de conductividad hidráulica obtenidos

(Freatímetro n°)	Cond. Hidr. (m/día)	Ubicación (freat. N°)	Cond. Hid. (m/día)
0-07	1,52	4-15	1,15
0-10	1,08	4-16	1,06
0-11	2,08	5-02	<u>3,37</u>
1-04	1,13	5-03	<u>3,10</u>
1-05	2,77	5-04	0,90
1-06	<u>4,33</u>	5-05	0,67*
1-08	2,69	5-06	1,20
2-08	2,84	6-01	1,30
3-03	1,50	6-02	0,67*
3-04	1,57	6-03	1,45
3-05	1,20	6-04	1,10
3-06	0,70	6-05	1,49
3-07	1,05	6-06	1,40
3-08	0,77	6-07	<u>3,05</u>
3-09	2,15	6-08	1,90
4-06	2,16	7-02	1,58
4-08	1,60	7-03	1,45
4-09	0,74	7-06	2,00
4-11	2,89	7-07	1,86
4-13	1,40	7-08	2,05
4-14	1,44	9-02	2,51

Del análisis de las isolíneas de **CH** que se observan en la figura 3 se desprende que existen dos zonas con conductividades hidráulicas menores a 1m/día, la primera ubicada entre las ciudades de Palmira y San Martín estableciendo sus límites norte y sur la ruta siete vieja y el carril San Martín, y sus límites oeste y este el carril Chimbos y una línea intermedia entre la calle Míguez y el carril Costa canal Montecaseros.

La otra zona (que llamaremos zona 2) es la comprendida entre la ciudad de Junín y el Pueblo de Phillips, siendo sus límites norte y sur el carril Nuevo Retamo y una línea paralela al Carril Viejo Retamo pero ubicada un kilómetro más al sur, mientras que sus límites oeste y este serían aproximadamente la calle Arrascaeta y la calle Maravilla.

La superposición del mapa de **CH** con los de salinidad y textura de suelo permite comprobar que:

La zona 1 se corresponde con suelos de textura franca, cambiando a franco arcillo limoso en el costado oeste, con salinidad elevada 4,5 dsm⁻¹(promedio) en el sector sur. Mientras que la zona 2 posee suelos francos, con salinidad entre 3-3,5 dsm⁻¹.

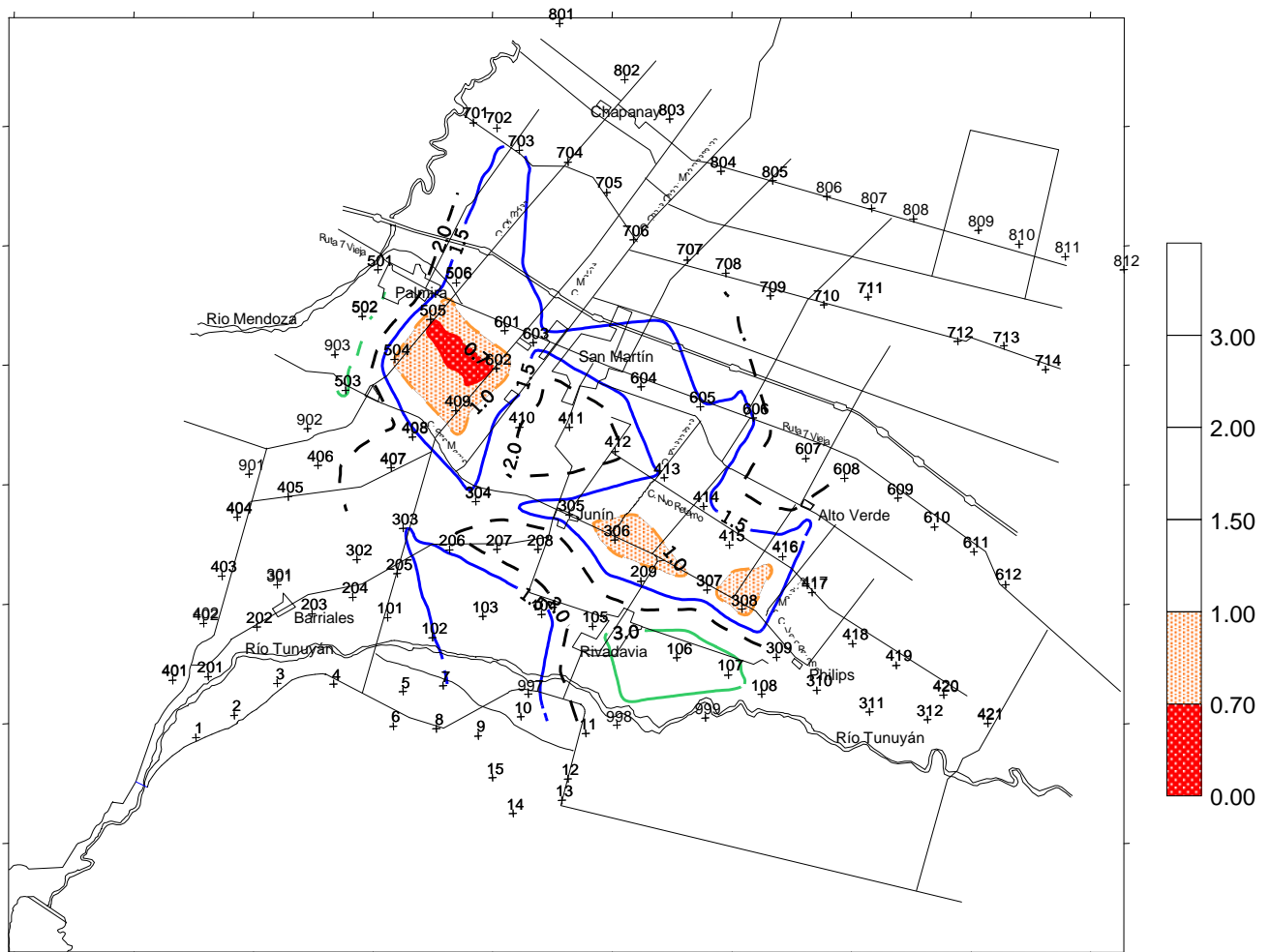


Figura 3 – Conductividad Hidráulica del Área Irrigada por el Río Tunuyán Medio

De la superposición con los mapas de niveles freáticos y salinidad de la freática se desprende que:

Tanto la zona 1 como la 2 se corresponden con los niveles freáticos más elevados del área 1-1,5 m; igual ocurre con respecto a la salinidad en la zona 1 que presenta valores de 12 - 16 dsm^{-1} y en el extremo este de la zona 2 cuyos valores aumentan a partir de la calle Tobares hasta la Guiñazú de 8 a 16 dsm^{-1} .

CONCLUSIÓN

El área posee en general una aceptable conductividad hidráulica (moderada a moderadamente rápida), lo que implica un buen drenaje natural; esto se ha visto corroborado ya que al disminuir la recarga en el periodo seco 91-95 reaccionó con una importante disminución de los niveles freáticos y superficie afectada, a pesar de existir pocas fincas con obras de drenaje y los colectores generales no encontrarse en las mejores condiciones de conservación.

Si bien existe una vasta red de colectores generales, la mayoría no se encuentra en buen estado de funcionamiento debido a que las tareas de mantenimiento se hacen con un intervalo excesivo, por lo que se priva al área de un medio eficaz de evacuación, lo que ha quedado

demostrado con la limpieza efectuada a fines de 1985 que motivó descensos importantes del NF en el 86, a pesar de ser un año inmerso en un ciclo hidrológico rico.

Es por ello que se aconseja que la periodicidad de las tareas de limpieza y mantenimiento no superen los dos años, siendo lo más conveniente realizarlas año por medio.

Ambas zonas presentan síntomas de degradación de suelos tanto por freática elevada como por salinización progresiva de sus suelos, por lo que es necesario en la zona n°1 la construcción de colectores secundarios que intercepten en forma perpendicular a las líneas de circulación de flujo, debido a que en la zona los únicos colectores existentes tienen una traza paralela a la dirección del flujo, no actuando como interceptores. Estos últimos quedarían como colectores generales o primarios y recibirían el agua de los secundarios para sacarla del área.

Es necesaria también la construcción de colectores secundarios en la otra zona crítica, Junín-Phillips, ya que en ella la presencia de cultivos de durazneros es importante, y estos son muy sensibles a la asfixia radicular y a la salinidad de los suelos, además de poseer poca adaptabilidad de su sistema radicular a las variaciones periódicas de niveles freáticos.

Una tarea muy conveniente y que se ha comenzado a realizar en los últimos años, es la impermeabilización de aquellos canales o tramos que poseen un régimen de pérdidas elevado. Tal es el caso del canal Viejo Retamo cuyo régimen de pérdidas era una de las principales fuentes de recarga de la zona n° 2.

BIBLIOGRAFÍA

Martínez Beltrán, J. (1986) "Drenaje Agrícola". Ministerio de Agricultura de España. Madrid, España.

Mirábile, C. (1985) "Mapas y Balance Salino del Área Bajo Riego del Río Tunuyán Medio". XII Congreso Nacional del Agua. Mendoza, Argentina.

Mirábile, C. (1987) "Estudio Zonal de Drenaje del Área de Influencia del Río Tunuyán Medio". XIII congreso Nacional del Agua. Santa Cruz, Argentina.

Mirábile, C. (1998) "Estudio Zonal de Drenaje del Río Tunuyán Medio- Diez Años de Control Freatimétrico". XVII Congreso Nacional del Agua. Santa Fé, Argentina.