

**VERSION PRELIMINAR
SUJETA A CORRECCION**

29237

1160

CONSIDERACIONES ACERCA DE LOS PROBLEMAS DE DRENAJE EN COLONIA SANTA
ROSA (SALTA) Y PERILAGO DE RIO HONDO (TUCUMAN)

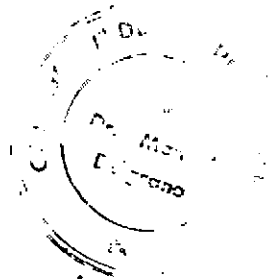
PROYECTO NOA HIDRICO
SEGUNDA FASE

CATALOGADO

Realizado por: Willian R. Johnston
Consultor en Drenaje
Naciones Unidas

X. 12
H. 1112
Salta
Tucuman

AÑO : 1981



I N D I C E

	<u>Pág.</u>
I. INTRODUCCION	1
A. <u>Términos de referencia</u>	1
B. <u>Pedidos específicos</u>	2
C. <u>Período de trabajo</u>	2
II. COLONIA SANTA ROSA	3
A. <u>Introducción</u>	3
B. <u>Los problemas</u>	4
C. <u>Elementos de diseño de drenaje</u>	5
1. Control de Salinidad	6
2. Drenaje Superficial	7
a) Diseño de flujo pico	7
b) Coeficiente de cuenca	8
c) Profundidad del dren	9
d) Velocidad del agua	10
3. Drenaje Subsuperficial	11
a) Capacidad del dren	11
b) Profundidad del dren	13
c) Espaciamiento del dren	13
d) Caños de los drenes	16
e) Recubrimientos	16
f) Cámaras de bombeo de los drenes	18

	<u>Pág.</u>
D. <u>Evaluación de alternativas</u>	19
1. Alternativa 1	19
2. Alternativa 2	19
3. Alternativa No Hacer Nada	20
4. Ventajas y desventajas de las alternativas	20
5. Factores que se deben considerar en la evaluación	23
a) Drenos enterrados	23
b) Drenos abiertos	25
c) Estructuras	26
6. La vida útil (económicamente) de las instalaciones	27
E. <u>Mantenimiento</u>	29
1. Mantenimiento mecánico	30
2. Mantenimiento químico	32
3. Mantenimiento biológico	32
F. <u>Informe sobre un Plan Preliminar</u>	33
G. <u>Planta Piloto</u>	36
H. <u>Mediciones de la conductividad hidráulica</u>	39

	<u>Pág.</u>
III. PERILAGO DE RIO HONDO	41
A. <u>Introducción</u>	41
B. <u>Resultados de los Estudios</u>	42
C. <u>Recomendaciones</u>	42
IV. RESUMEN	43
A. <u>Colonia Santa Rosa</u>	43
B. <u>Perilago de Río Hondo</u>	43
C. <u>Planificación y coordinación</u>	44

ANEXOS:

ANEXO 1 - LISTA DE LAS PUBLICACIONES TECNICAS SUMINISTRADAS POR EL CONSULTOR EN DRENAJE, DR. W.R. JOHNSTON, AL PROYECTO NOA HIDRICO

ANEXO 2 - DESCENSOS DE LA CAPA FREATICA POR ENCIMA DE LA BOCA DEL DREN

I. INTRODUCCION

El Consultor, Dr. William R. Johnston, completó las tareas del Experto en Drenaje, definidas en el puesto ARG-150-8-005-05-X, durante su segunda visita a la región Noroeste Argentino.

A. Términos de referencia

Los términos de referencia para las visitas del Experto en Drenaje al Proyecto NOA Hídrico son los siguientes:

1. Realizar estudios de zonas anegadas.
2. Proponer soluciones para el drenaje de las mismas a fin de acondicionarlas y utilizarlas para la producción agrícola o pecuaria.
3. Diseñar, a nivel de anteproyecto o de área experimental, las obras necesarias.
4. Supervisar los trabajos de campo involucrados en las tareas mencionadas.
5. Participar en la capacitación y perfeccionamiento del personal de contraparte.
6. Presentar a las Naciones Unidas (Departamento de Cooperación Técnica para el Desarrollo) y al Gobierno, cualquier informe parcial y/o final que sea requerido durante el período de trabajo.

B. Pedidos específicos

El Jefe Ejecutivo del Proyecto NOA Hídrico, el Ing. Enrique A. López, manifestó su deseo de que el Consultor se ocupara particularmente de los dos problemas específicos siguientes:

1. La factibilidad técnica de drenar el área de la Colonia Santa Rosa, y
2. Las conclusiones extraídas del estudio de la capa freática y la descripción de los cambios del problema entre los periodos de 1965/72 y 1978/80, en el área del Perilago de Río Hondo.

Se cumplieron todos los puntos contenidos en los términos de referencia.

C. Periodo de trabajo

Durante sus dos visitas, el Consultor residió en Argentina durante 34 días: 4 en Buenos Aires; 25 en Salta; 1 en el área de la Colonia Santa Rosa; 1 en el área del Perilago de Río Hondo y 3 en Santiago del Estero.

El Consultor efectuó su primera visita del 18 de febrero al 8 de marzo de 1981 y la segunda del 19 de abril al 9 de mayo de 1981. Además, pasó tres días en California (EE.UU.), recopilando literatura técnica para el personal del Proyecto NOA Hídrico. La lista de dichas publicaciones constituyó el Anexo 1 de este informe.

El Consultor preparó este informe que debería considerarse como final, de acuerdo a los términos de referencia de la misión.

II. COLONIA SANTA ROSA

A. Introducción

Además de la visita al área de la Colonia Santa Rosa, el Consultor revisó los siguientes informes a fin de adquirir el máximo conocimiento del área en el tiempo disponible:

1. Relevamiento Geológico Expeditivo en el Río Colorado y Colonia Santa Rosa.
2. Estratigrafía e Hidrogeoquímica, octubre de 1980.
3. Evaluación de la Situación Hidrológica y Piezométrica Actual, junio de 1980.
4. Recopilación y Análisis de la Información Recogida y Elaborada, Tomos I, II y III, marzo de 1980.
5. Sistema de Drenaje Parcelario (Planta Piloto) y Anexo (Planta Piloto "Sucesión Gómez"), noviembre de 1980.
6. Evaluación Preliminar de la Situación Hidrológica, noviembre de 1980.
7. Carta de Suelos de la Colonia Santa Rosa, INTA, 1978.

La factibilidad técnica de drenar el área de la Colonia Santa Rosa fue discutida exhaustivamente con los Ings. Carlos E. Cerozo (del Proyecto NOA Hídrico) y Luis Vera, Alfredo Quinzio y Salomón Lafi (de Agua y Energía Eléctrica de Santiago del Estero). Los profesionales mencionados están trabajando en el diseño del sistema de drenaje en el área de la Colonia Santa Rosa.

Se acordó que:

1. El objetivo del programa es determinar el sistema de drenaje más factible económica y físicamente, que solucionará los problemas de drenaje tanto superficial como subterráneo que existen en el área, y
2. Cualquier sistema de drenaje debería funcionar suficientemente bien como para permitir la producción óptima de un programa agrícola permanente en el área.

B. Los problemas

Los principales problemas del área son los siguientes:

Existen aproximadamente 2.800 ha. afectadas por un nivel freático salino poco profundo a menos de dos metros de la superficie del terreno y una parte de la tierra (5 %) antes cultivable en el área ha dejado de ser trabajada, según lo informado en "Evaluación de la Situación Hidrológica y Freática Actual", Proyecto NOA Hídrico, junio de 1980.

El canal colector general al final de su recorrido es coincidente con un tramo mejorado del Arroyo Maravilla, en la actualidad tiene capacidad insuficiente para transportar toda la escorrentía superficial originada por las lluvias en la cuenca hidrográfica, por ello áreas considerables de la región se inundan durante los períodos de precipitación pico. Por añadidura, las tierras inundadas no drenan inmediatamente después de la lluvia, pues no existen drenos que conduzcan el agua fuera de las tierras inundadas.

Los profesionales de A. y E.E. y del Proyecto NOA coinciden en afirmar que grandes cantidades de sedimentos son transportadas por la escorrentía superficial y que dichos sedimentos son despositados en la limitada red de drenaje existente, por lo que la pendiente del dren disminuye y la velocidad del agua merma. Obviamente, el sedimento limita la capacidad del sistema de drenaje.

El dren original a través del área se diseñó para acarrear aproximadamente $60 \text{ m}^3/\text{s}$ fuera del área. Sin embargo, desde que se construyó el dren original, se desarrollaron terrenos adicionales y el agua de drenaje de dichas áreas es descargada en el sistema de drenaje existente. Esta agua adicional no puede ahora ser conducida por el dren principal existente.

C. Elementos de diseño de drenaje

Durante las reuniones entre el Consultor y los profesionales del Proyecto NOA y de A. y E.E., se trataron los numerosos factores que intervienen en el diseño de drenaje. Algunos se discutieron en detalle y otros superficialmente. Aquí se resumen los factores analizados. Sin embargo, se incluyen cuando corresponde algunas consideraciones adicionales. Todos los factores que se mencionan son importantes para diseñar un sistema de drenaje para el área de la Colonia Santa Rosa o para cualquier otra área con problemas similares.

Además, los ingenieros en drenaje deberían familiarizarse con la información adicional presentada en el Manual de Drenaje del Bureau of Reclamation de los EE.UU. (6) (*).

(*) Los números entre paréntesis se refieren al material enumerado en el Anexo 1 de este informe.

1. Control de Salinidad

Muchos factores contribuyen al desarrollo de suelos salinos; muchos suelos se vuelven salinos mediante el uso consuntivo de agua subterránea y de agua de riego que contengan sales. Las concentraciones de sales en el suelo variarán ampliamente tanto en sentido vertical como horizontal, dependiendo de condiciones variables tales como textura de suelos, conductividad hidráulica y crecimiento de las plantas. Esta variación de la salinidad se manifiesta notablemente como manchas de crecimientos en la vegetación y con una reducción en el crecimiento y rendimiento de los cultivos. La extensión de la salinización es gobernada por la tasa de evapotranspiración del agua y por el aporte de agua de lluvias y riego.

La conductividad eléctrica del agua poco profunda que existe en el área de la Colonia Santa Rosa varía desde aproximadamente 1,0 hasta 19,0 mmhos/cm, con grandes áreas en el rango de 2,0 a 4,0 mmhos/cm.

En esta área prevalece el cultivo de citrus y cuando hay agua del rango de salinidad de 2,0 a 4,0 mmhos/cm en la zona de las raíces del cultivo, se puede esperar una reducción de por lo menos un 10-25 % en el rendimiento de los naranjos, aunque exista un buen drenaje (1) (2). Cuando la salinidad del agua excede los 6,0 mmhos/cm, aunque haya un drenaje adecuado, se puede esperar que la disminución del rendimiento de los naranjos llegue al 50%. Por lo tanto, es importante que se produzca una lixiviación para que bajen los niveles de salinidad en los suelos del área de la Colonia Santa Rosa, una vez que se provea de drenaje. Naturalmente, esto debería tener lugar durante la estación lluviosa, de acuerdo a lo indicado por los resultados del análisis de pre-

precipitaciones preparado por el hidrogeólogo (N.U.) del Proyecto (VIII. Estratigrafía e Hidrogeoquímica). Además, se debería aplicar suficiente agua de riego a fin de asegurar un buen balance de sales durante la estación seca.

Los citrus son también muy sensibles a las concentraciones relativamente bajas del elemento Boro (2). No se recibió aún la información disponible respecto a la cantidad de boro presente en el nivel freático superficial o en el suministro de agua derivada del Río Colorado. Es conveniente hacer análisis de boro de por lo menos dos muestras de agua del Río Colorado, dos del agua del Arroyo Maravillas y dos de cada uno de los niveles freáticos superficiales de tres lugares diferentes donde el agua sea más salina. Una de las dos muestras de cada lugar debería recogerse durante la estación seca y la otra durante la época lluviosa. Si se detecta boro, se debería emprender un programa de muestreo más intensivo para determinar la extensión del problema. Si no se halla boro, no es necesario hacer nada más al respecto.

2. Drenaje superficial

Cualquier sistema de drenaje para el área de la Colonia Santa Rosa debe ser diseñado para manejar frecuencias esperadas de tormentas de 15 a 25 años, a fin de proporcionar un drenaje apropiado y de proteger las instalaciones físicas del sistema.

a) Diseño de flujo pico

Se acordó usar una frecuencia de tormenta de 20 años para el área de la Colonia Santa Rosa y que se usaría una precipitación pico de 200 mm/día para calcular las capacidades de canal necesarias.

Durante los 15 años más recientes, de 1965 a 1980, la precipitación diaria más alta que se registró en el área de la Colonia Santa Rosa fue de 224,5 mm/día. Estos datos indican que la tasa de diseño pico de 200 mm/día es suficiente.

b) Coefficiente de cuenca

Con respecto al coeficiente "c" que se usará para representar las características de la cuenca en la fórmula: $Q = \frac{C i A}{360}$, se recomienda que se determine el coeficiente a partir de la tabla siguiente (6):

Condiciones de escorrentía	Vegetación	Suelos	Topografía
Baja	0,08 (cubierto de hierba)	0,08 (arcenosos)	0,04 (llano)
Moderada	0,12 (buena cobertura)	0,12 (livianos)	0,06 (pendiente leve)
Mediana	0,16 (de buena a regular)	0,16 (medianos)	0,08 (de inclinado a montañoso)
Alta	0,22 (de regular a rala)	0,22 (pesados)	0,11 (de montañoso a escarpado)
Extrema	0,30 (de rala a desnuda)	0,30 (de pesados a roca)	0,15 (escarpado)

Se recomienda también que $c=0,4$ se aplique a las áreas "no desarrolladas" altas y a las "desarrolladas" centrales y bajas y que $c=0,5$ se use aplicándolo a las áreas "desarrolladas" altas. Esta recomendación se basa en los siguientes valores tabulados para el

Área de la Colonia Santa Rosa:

<u>Área</u>	<u>Ubicación</u>	<u>Vegetación</u>	<u>Suelos</u>	<u>Topografía</u>	<u>Total</u>
No desarrollada	Alta	0,12	0,16	0,11	0,39
Desarrollada	Alta	0,16	0,22	0,11	0,49
Desarrollada	Central	0,16	0,16	0,08	0,40
Desarrollada	Baja	0,16	0,22	0,04	0,42

c) Profundidad del dren

La profundidad de un dren abierto depende de las propiedades físicas e hidráulicas de los suelos, niveles freáticos admisibles para el crecimiento de los cultivos y la cantidad de agua que debe conducir. En el área de la Colonia Santa Rosa hay un problema de diseño importante puesto que es deseable eliminar grandes cantidades de agua de escorrentía superficial y aun controlar los niveles freáticos superficiales en todas las áreas, de ser posible, todo el flujo por gravedad.

Es importante que las derivaciones de los drenes subterráneos permanezcan por encima del nivel freático en los drenes abiertos a excepción de períodos muy cortos una o dos veces por año como máximo. Cuando se producen inundaciones frecuentemente, como en el área de la Colonia Santa Rosa, puede ser más económico proveer sistemas de drenaje separados, subterráneos y superficiales.

Cuando drenes cerrados o enterrados descargan en drenes abiertos, el agua superficial normal en el dren abierto debería estar aproximadamente 40 cm por debajo de la boca de los drenes cerrados a fin de evitar la salinización de la zona de las raíces de los cultivos y para mantener el agua cargada de sedimentos fuera de los drenes cerrados.

d) Velocidad del agua

La velocidad máxima permisible del agua en los drenes abiertos variará de acuerdo al tipo de suelo. Siempre se debería usar el gradiente máximo permisible bajo condiciones dadas, siempre y cuando se mantenga a la velocidad del agua por debajo de aquella que ocasionaría erosiones importantes. Donde la pendiente de la superficie sea escarpada, se deben proveer estructuras o revestimiento de canal para controlar la erosión.

El gradiente mínimo ideal en un dren no revestido es aquel que tendría una velocidad suficiente con flujos bajos para evitar acumulación y crecimiento de plantas acuáticas. Dicha velocidad estaría en el rango de 0,23 a 0,3 metro por segundo para evitar depósitos de sedimentos y arena fina, de 0,46 a 0,61 metro por segundo para evitar malezas o hierba, y 0,76 metro por segundo o más para impedir el crecimiento de plantas acuáticas. En áreas donde no se pueden obtener velocidades ideales, se deben diseñar los drenes con una velocidad mínima de aproximadamente 0,3 metro por segundo para el flujo normal.

En el Valle Coachella de California, se determinó que todos los drenes abiertos construidos en suelos similares a aquellos que se encontraron en la Colonia Santa Rosa, con declives de mayor pendiente que 0,0025, tienen problemas de erosión y derrumbes. Sin embargo, cuando se colocan pequeños diques de roca en la parte inferior de dichos drenes para crear estructuras de saltos, se produce una sedimentación natural que aplanan el declive del dren y elimina los problemas de erosión y derrumbes.

3. Drenaje Subsuperficial

Los ingenieros de A. y E.E. y del Proyecto NOA y el Consultor, acordaron que todos los drenes a nivel de finca deberían ser drenes subterráneos o cerrados.

Sin embargo, también se acordó que sólo los drenes a nivel de finca serían drenes enterrados o cerrados, debido a los grandes volúmenes de agua de escorrentía superficial que se deben manejar.

Los factores de diseño de drenaje que se deben utilizar en el diseño de sistemas de drenaje agrícola subsuperficial son ampliamente discutidos en el Documento 38 de FAO Riego y Drenaje (5). Sin embargo, las opiniones en la publicación de la FAO se aplican específicamente a áreas áridas irrigadas y se deberían hacer las siguientes consideraciones adicionales para el área de la Colonia Santa Rosa.

a) Capacidad del Dren

Uno de los interrogantes fundamentales que deben responderse es la cantidad del efluente de drenaje subsuperficial que podría esperarse de los drenes enterrados a nivel de finca.

Los datos de los drenes enterrados en la Planta Piloto de Santiago del Estero indicaron un rendimiento promedio de alrededor 0,7 litros/seg/hectárea ó 7 mm/día.

Información del Valle Coacholla de California, EE.UU., recogida en suelos de conos aluviales similares y en condiciones geomorfológicas similares, indica que la descarga promedio de drenes cerrados de gravedad varía según el espaciamiento del dren, el tipo de suelo,

las prácticas de riego, el tipo de cultivo, el uso consuntivo, y otros factores (7). Sin embargo, se descubrió que las tasas promedio de flujo de los sistemas de drenos cerrados, de gravedad, instalados en diversos suelos del Valle de Coachella eran las siguientes:

<u>Tamaño del Arca Drenada</u>	<u>Rendimiento Promedio desde el Arca</u>	
<u>Hectáreas</u>	<u>Litros/segundo</u>	<u>L/s/hectárea</u>
16	11	0,68
32	20	0,62
400	20 + 6 l/s para cada 16 ha. agregadas por encima de las 32 originales	0,39
1.200	140 + 3 l/s para cada 16 ha. agregadas por encima de las 400 originales	0,18

La de 0,7 l/s/ha de Santiago del Estero es similar al rendimiento obtenido en el Valle de Coachella. Por consiguiente, se acordó que el rendimiento del dren en la Colonia Santa Rosa podría esperarse que promediara alrededor del 0,7 l/s/ha. debido a que toda la tierra recibiría el efecto simultáneo de la lluvia.

Esta tasa de diseño es, en alguna medida, más alta que la que generalmente se usa en el diseño de sistemas de drenaje subsuperficial, pero aquí estaría probablemente garantizada debido a las condiciones especiales (5).

b) Profundidad del Dren

Todos los drenes subsuperficiales deberían ser diseñados para satisfacer los criterios de control del nivel freático a un costo mínimo. Se llegó a la conclusión de que todos los drenes a nivel de finca en el área de la Colonia Santa Rosa serían diseñados para mantener el nivel freático por lo menos 1,5 m por debajo de la superficie del terreno en forma permanente. (Todos los drenes abiertos serán diseñados y mantenidos de acuerdo a eso). Se necesita tal profundidad para proteger las plantaciones de citrus ya que se trata del principal cultivo del área donde existe nivel freático somero.

c) Espaciamiento del Dren

El espaciamiento adecuado de los drenes es muy importante pero difícil de determinar en áreas donde la experiencia en el campo es inadecuada o no existe. El espaciamiento de los drenes que será eficiente, efectivo y económico, depende de la total consideración de factores como: profundidad del dren, profundidad hasta un límite lentamente permeable, conductividad hidráulica y rendimiento específico del suelo, profundidad requerida de aireación del suelo para el crecimiento de las plantas, efectos de prácticas de riego y de las precipitaciones en percolación profunda, longitud de la época de riego o período de precipitaciones intensas, cantidad de percolación profunda, condiciones climáticas y calidad del agua.

Se debería efectuar cualquier esfuerzo para obtener información de los sistemas que están funcionando en las zonas alodañas al estudio o en otras áreas donde las condiciones similares de sue-

los, topográficas, climáticas y otras, permiten comparaciones.

Antes de hacer el diseño final del sistema de drenes, se calcularán espaciamientos específicos para los drenes a nivel de finca usando una ecuación de espaciamiento de dren transitoria o de estado constante (firme) utilizando los valores de conductividad hidráulica de suelo medidos en las áreas que se drenarán. Sin embargo, para las evaluaciones corrientes, se convino que un espaciamiento de 100 metros satisfaría las necesidades de los cálculos y diseño por hacerse.

Líneas de drenes a nivel de finca, a una distancia de 100 m. deberían incluirse en cada propuesta alternativa para todo terrono con un nivel freático a 2 metros o menos por debajo de la superficie del terreno.

La necesidad de tener líneas de drenes espaciadas en forma suficientemente próxima para proteger la zona de las raíces de los cultivos, se ilustra por las tasas de recesión de los niveles freáticos que se midieron entre líneas de drenes enterrados en 18 diferentes sistemas de drenaje con las líneas de los drenes distanciadas de 61 a 396 metros en el Valle San Joaquín de California, E.E.UU.

Un resumen de estos datos de recesión de los niveles freáticos se presenta como Anexo 2 de este informe. El tiempo o cantidad de días que se requiere para que el nivel freático caiga una distancia dada al punto medio es comparado para varios espaciamientos. Los

incrementos de descensos marcados en la figura son: de 6 a 5, de 5 a 4, de 4 a 3 y de 3 a 1 pie por encima de la boca del dren. Los datos muestran que hay un buen acuerdo entre los sistemas que tienen un mismo espaciamiento, con variabilidad de campo normalmente esperada. Se dibujaron curvas suaves por los puntos que muestran cada aumento de caída. Para determinar el tiempo requerido por un nivel freático para caer, por ejemplo de 6 a 1 pie por encima de la boca del dren, entre dos líneas de drenes distanciadas 400 pies una de la otra, la cantidad de días requerida para que caiga a través de cada incremento señalado debería ser totalizada, es decir, de 6 a 5 pies = 3 días, de 5 a 4 pies = 5 días, de 4 a 3 pies = 7 días y de 3 a 1 pie = 24 días, o tiempo total para caer entre 6 y 1 pie = 39 días.

Aunque los drenes enterrados profundos tienen influencia en el nivel freático a 300-400 metros fuera del dren, el tiempo necesario para que el nivel freático responda al drenaje es demasiado largo para evitar resalinización del suelo y daño del cultivo entre riegos o entre períodos de lluvias en el caso de la Colonia Santa Rosa.

Estos datos y los datos incluidos en dos de los documentos provistos al NOA Hídrico (7) (19) indican que las teorías de drenaje no siempre representan el comportamiento actual del sistema de drenaje en condiciones de campo.

La mayoría de las pautas de drenaje han sido desarrolladas empíricamente. Por lo tanto, es esencial que los ingenieros en drenaje comprendan la importancia de conducir en forma sistemática

el desempeño de los sistemas de drenaje, particularmente en, o cerca, del área donde se llevará a cabo el drenaje.

Esto nuevamente pone énfasis en la importancia de obtener observaciones detalladas del área piloto.

d) Caños de los drenes

Se puede utilizar caños de concreto, de arcilla o plásticos en la construcción de los drenes enterrados a nivel de finca. Sin embargo, los tubos plásticos proporcionan el potencial para los mayores ahorros en términos de costos de embalaje, envío e instalación.

Débedo a la necesidad de instalar miles de kilómetros de drenes a nivel de finca, recomiendo que se usen tubos de 10 cm de plástico perforado corrugado para ese propósito. Esos tubos de plástico corrugado podrían fabricarse en Salta tan fácilmente como otro tipo de caños para drenes. Se deberían realizar estudios para determinar el método más factible de instalar una máquina para fabricar caños de plástico corrugado en la Provincia de Salta. Este tipo de caños se está usando actualmente en todo el mundo con gran éxito.

Se puede obtener información sobre máquinas para fabricar tubos de plástico corrugados de los fabricantes de esas máquinas (13).

c) Recubrimientos

La colocación de un buen material de recubrimiento (como ser grava o arena limpia) alrededor de los drenes instalados en suelos

como los que se encontró en la Colonia Santa Rosa, es extremadamente importante. Un revestimiento de grava o de arena limpia graduada que satisfaga los criterios establecidos por el Bureau of Reclamation de los EE.UU. (6) hace tres cosas: 1°) provee un camino porncable para que el agua entre en las aberturas de los drenos; 2°) sirve como base estabilizante para mantener el suelo en el lugar y 3°) en el caso de caños de plástico asegura que la carga en el tubo del dren se distribuya en el tubo. Se recomienda colocar recubrimientos de por lo menos de 7,5 a 10 cm de espesor alrededor de todas las líneas de drenos enterrados.

Con respecto a la cantidad de grava o material de recubrimiento necesaria, el uso de tubos de paredes plásticas dobladas, versus los drenes de paredes gruesas de concreto o de arcilla, reduce la cantidad de grava necesaria en un 4% que es equivalente a 1.700 m³ de grava por cada 1.000 km de dren de 10 cm de diámetro.

El uso corriente de materiales sintéticos de revestimiento está en una etapa de evolución, se están desarrollando criterios para el correcto control de fabricación, para el uso apropiado en suelos, donde se puede asegurar su aplicación para lograr sistemas de drenaje exitosos. Sin embargo, en muchas áreas, el uso de materiales sintéticos de recubrimiento ha fracasado. Recomiendo con particular énfasis que no se use material sintético de recubrimiento en el área de la Colonia Santa Rosa.

Recientemente se recolectó información que compara el funcionamiento de drenes instalados en el terreno con material de grava de recubrimiento y drenes instalados con materiales sintéticos de

recubrimiento que ahora se obtienen en los EE.UU. Estos datos se recogieron de un experimento de campo en suelos arcillosos con sedimentos, más bien inestables, en el Valle San Joaquín, en California (EE.UU), similares a algunos de los suelos pesados existentes en el área de la Colonia Santa Rosa.

El resultado del estudio muestra que los drenos con revestimiento de gravas rindieron hasta 7-9 veces más flujo que los drenos con revestimiento de materiales sintéticos (26).

f) Cámaras de bombeo de los drenos

El uso de plantas de bombeo y de cámaras para elevar un poco del agua del drenaje subsuperficial a los drenos de superficie en el área de la Colonia Santa Rosa puede hacer el drenaje del área más económico. Esta es una de las alternativas que se deben estudiar antes de seleccionar el diseño final de un sistema de drenaje.

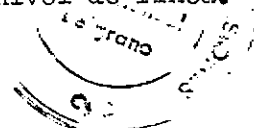
El agua reunida en las cámaras debería ser bombeada a los canales abiertos, que no deberán ser mantenidos tan profundos como sería el caso si no se usaran cámaras de bombeo. Los principales pasos a seguir en el diseño de una cámara de drenaje y una planta de bombeo son: (1) determinar el máximo flujo de entrada a la cámara; (2) determinar la cantidad de almacenamiento requerida; (3) determinar la tasa de bombeo; (4) determinar los niveles de comienzo, de parada y de descarga; y (5) seleccionar la bomba y el motor.

D. Evaluación de alternativas

Los ingenieros de A. y E.E. del Proyecto NOA Hídrico y el Consultor convinieron que, a fin de seleccionar el sistema de drenaje más factible que se recomendará para un estudio más detallado, se deberían evaluar dos alternativas básicas con dos variaciones cada una, más una alternativa de no hacer nada.

Las alternativas que deberían evaluarse son:

1. Un sistema de drenes que tome lo máximo del agua de escorrentía superficial a través del Arroyo Maravillas con drenes totalmente abiertos, que se ubicarán en líneas o a lo largo de líneas que dividan las parcelas de tierra poseídas por diferentes propietarios.
 - a. Grandes drenes abiertos que permitan un sistema exclusivamente por gravedad. Los drenes todo abiertos deberán ser construídos para asegurar flujo por gravedad de drenes enterrados a nivel de finca.
 - b. Drenes abiertos más pequeños y menos profundos, con capacidad suficiente para transportar toda el agua de drenaje, pero con efluente de dren a nivel de finca que se bombeará a los drenes abiertos, siempre que el flujo por gravedad no sea físicamente posible.
2. Un sistema de drenaje que maximice la desviación del agua de escorrentía superficial al Río Colorado. Se permitirá que el dren interceptor principal cruce diagonalmente o divida parcelas de tierra pertenecientes a propietarios individuales.
 - a. Grandes drenes abiertos que permitan un sistema exclusivamente por gravedad. Los drenes todo abiertos deberán ser construídos para asegurar flujo por gravedad de drenes enterrados a nivel de finca.



- b. Drenos abiertos más pequeños y menos profundos, con capacidad suficiente para transportar toda el agua de drenaje, pero con efluente de dren a nivel de finca que se bombeará a los drenes abiertos, siempre que el flujo por gravedad no sea físicamente posible.
3. No hacer nada. A pesar de que esta alternativa parece probablemente no ser atractiva, servirá para la evaluación económica, determinando "valores deplorables" que se compararán con los beneficios que derivarán de alternativas diferentes.

Al respecto, en este momento no parece existir una valuación completa del daño físico actual y anticipado en la Colonia Santa Rosa. Dicha información sería útil para evaluar los beneficios de cualquier proyecto propuesto, pero no es esencial para esta valuación preliminar.

4. Ventajas y desventajas de las alternativas

A continuación hay una lista de algunas de las ventajas y desventajas de cada uno de los esquemas de alternativas de drenaje descritos previamente en esta sección del informe. Cada factor debe ser considerado comparando las alternativas.

a) ALTERNATIVA 1.a.

1) Ventajas:

- Flujo de agua totalmente por gravedad
- Todos los drenes estarán ubicados a lo largo de las divisiones catastrales
- Optimizar la producción agrícola del área

2) Desventajas:

- Drenos abiertos muy grandes-profundos
- Construcción física difícil
- Las estructuras principales demasiado pequeñas para manejar toda el agua del área
- Alto costo de mantenimiento

b) ALTERNATIVA 1.b.

1) Ventajas:

- Todos los drenos estarán ubicados a lo largo de las divisiones catastrales
- Drenos abiertos más pequeños admisibles
- Sería posible revestir los canales para proteger los terraplenos
- Optimizar la producción agrícola del área

2) Desventajas:

- Las estructuras principales demasiado pequeñas para manejar toda el agua del área
- El agua de drenaje subsuperficial a nivel de finca debe ser bombeada
- Se debe construir una red de distribución de la energía eléctrica (*)

(*) La construcción de una red de distribución de energía eléctrica en toda el área será una gran ventaja para los agricultores y propietarios y acrecentará la productividad del área mucho más que el costo del sistema.

c) ALTERNATIVA 2.a.

1) Ventajas:

- Flujo de agua totalmente por gravedad
- Las estructuras principales son lo suficientemente grandes como para manejar el agua
- Optimizar la producción agrícola del área

2) Desventajas:

- Algunas parcelas de tierra serán divididas por el dren principal interceptor.
- Alto costo de mantenimiento
- Drenos abiertos grandes y profundos
- Programa de construcción difícil

d) ALTERNATIVA 2.b.

1) Ventajas:

- Las estructuras principales son lo suficientemente grandes como para manejar el agua
- Drenos abiertos más pequeños admisibles
- Sería posible revestir los canales para proteger los terraplenes
- Programa de construcción menos difícil
- Costos de mantenimiento más bajos
- Optimizar la producción agrícola del área

2) Desventajas:

- El agua de drenaje subsuperficial a nivel de finca debe ser bombeada

- Se debe construir una red de distribución de la energía eléctrica (*)
- Algunas parcelas de tierra serán divididas por el dren principal interceptor

e) ALTERNATIVA NO HACER NADA

1) Ventajas:

- No se incurre en gastos

2) Desventajas:

- Reducción y, posiblemente con el tiempo, desaparición de la producción agrícola valiosa del área

5. Factores que se deben considerar en la evaluación

A continuación se exponen algunos comentarios generales relativos a ciertos factores que se deberían considerar en la comparación y evaluación de los diferentes esquemas de drenaje.

a) Drenos enterrados

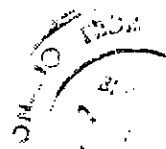
Un sistema de drenaje enterrado debería tener una cantidad mínima de derivaciones, particularmente donde se colecta y bombea el agua de drenaje. Siempre que sea práctico, el sistema debería tener subdrenos largos y un dren principal corto. La longitud máxima de los drenos laterales dependerá de la pendiente del dren, pero en la Colonia Santa Rosa la longitud máxima de los drenos laterales de-

(*) Igual que para l.b.

bería ser de aproximadamente 400 metros. Para una instalación económica, los drenes laterales deberían orientarse a usar la pendiente disponible de la tierra con el dren principal o colector orientado para que sea paralelo a los cursos de agua naturales o drenes abiertos.

Se proveerá el drenaje más efectivo si los laterales son paralelos a los contornos freáticos. Se deberían excavar todas las zanjas, comenzando en la derivación y continuando hacia arriba. Primero se debería instalar el colector o dren principal, seguido por los laterales, procediendo otra vez en dirección ascendente. El alineamiento de la zanja debería ser tal que se pueda extender los drenes en líneas rectas o con curvas suaves. Se recomienda el uso de conexiones prefabricadas, siempre que existan. Aún más, se recomiendan las cámaras de inspección donde se encuentren dos líneas principales o colectores o donde dos o más canales laterales se conecten con una línea colectora. Las partes superiores de las cámaras pueden estar enterradas, de modo que no interfieran en las actividades agrícolas. Además se deberían proveer limpiadores de dren en los extremos de cada línea de dren y éstos también pueden ser enterrados. En el caso de estructuras bajo tierra, se debería adherir una tapa metálica, de modo que se puedan encontrar las estructuras con un detector de metales.

Las derivaciones para el sistema de los drenes cerrados debería proveer el flujo libre de agua de drenaje a los drenes abiertos. Una buena práctica es tener una caída libre de por lo menos 40 cm entre la boca del dren y el nivel de agua en el dren de derivación.



En algunos casos, el diseño del sistema de drenes y los requerimientos de profundidad de las líneas laterales puede resultar en una profundidad de derivación requerida por debajo de la profundidad del dren de derivación existente. En tales casos, el procedimiento a seguir es tener menor caída libre, ajustar la profundidad o pendiente de las líneas enterradas, o instalar una cámara con una bomba para descargar el agua del dren en el sistema de derivación de nivel más alto. Debería diseñarse la solución más económica para el área de la Colonia Santa Rosa.

En condiciones óptimas, una máquina de drenaje de alta velocidad puede instalar alrededor de 150 m de dren por hora. Por lo tanto, si una máquina puede trabajar un promedio de 6 horas por día, 200 días al año, lo cual puede ser alto para el área de la Colonia Santa Rosa, una máquina de drenaje debería poder instalar alrededor de 180 kilómetros de dren a nivel de finca por año. Máquinas de drenaje capaces de llevar a cabo tal trabajo, cuestan en los EE.UU., alrededor de U\$S 300.000 cada una.

Cuando fuere necesario, los drenes enterrados podrán ser limpiados mediante inyecciones; en tal caso se debería planificar tal operación para cada cinco años. Si en ese tiempo no se la necesita, no será necesario llevar a cabo dicha operación. Se calcula que una máquina inyectora puede limpiar 1 km de dren por día.

b) Drenes abiertos

Generalmente es difícil construir, estabilizar y mantener en buenas condiciones, drenes abiertos muy largos, particularmente en

un área con una estación lluviosa prolongada como ocurre en la Colonia Santa Rosa. En la mayoría de los casos, cuanto más largo y más profundo sea el dren, más difícil y caro será el programa de mantenimiento. Además, como el tamaño y la profundidad de los drenes en un área aumenta, una gran cantidad de tierra deberá ser abandonada (no explotada). Esto disminuirá la capacidad del área para hacer frente al costo del sistema puesto que los agricultores dispondrán de menos tierra que los brinden ingresos.

Estimaciones respecto a costos de construcción y de mantenimiento de drenes abiertos de diversos tamaños, tanto revestidos como no revestidos, deberían efectuarse a partir de experiencias en esas operaciones en el Noroeste Argentino y dichos costos deberían usarse en esos análisis de comparación.

c) Estructuras

Habrán cientos de cruces de zanjas, y drenes de riego y de estructuras que también necesitarán mantenimiento. También se deberán proteger y mantener todas las estructuras a fin de asegurar el funcionamiento adecuado del sistema de drenaje, particularmente durante las operaciones de limpieza. Se deben construir estructuras de salto donde un declive excesivo pueda ocasionar la erosión de la parte inferior del dren y el derrumbe de los terraplenes.

Los costos de las diversas estructuras para las diferentes alternativas deben considerarse también en la comparación de los esquemas de las diferentes alternativas de drenaje.

Los beneficios totales de una inversión en un sistema de drenaje se cumplirán solamente si se mantiene al sistema en condiciones que permitan su funcionamiento como se diseñó. Es útil, especialmente en proyectos que incluyan a muchos propietarios, proporcionar un plan de mantenimiento escrito que cubra los requerimientos de mantenimiento, métodos de mantenimiento que se usarán, costos de mantenimiento estimados, y el método de financiar el programa, y comunicarse con los agricultores respecto a los planes.

6. La vida útil (económicamente) de las instalaciones

En general, la determinación de los beneficios de las obras de riego y drenaje son responsabilidad de los economistas. Sin embargo, el ingeniero de drenaje tiene la obligación de diseñar una obra que sea lo más efectiva posible a un menor costo posible.

Hay que comprobar la justificación económica de un sistema de drenaje para la Colonia Santa Rosa, comparando el costo anual directo de los drenes con los beneficios anuales directos que resultan del mantenimiento o del mejoramiento de la producción de cultivos. Beneficios netos directos que resultarían de la posibilidad de cultivar el área entera deben ser comparados, pues, con el costo del sistema de drenaje. La comparación debe efectuarse aplicando el valor actual de los beneficios capitalizados y de los costos estimados, en base anual, a través de la vida útil de las instalaciones, más los gastos anuales de operación y mantenimiento correspondientes a distintas alternativas.

A fin de escoger la mejor alternativa para un sistema de drenaje

en el área de la Colonia Santa Rosa, es necesario efectuar una comparación económica preliminar de las diversas alternativas consideradas. Esta evaluación debe realizarse a través de una cooperación entre el ingeniero de drenaje y el economista.

La vida económicamente útil de los caños de plástico, arcilla u hormigón que corresponden a especificaciones estandarizadas aceptadas internacionalmente, y debidamente instalados, pueden considerarse, en el caso de la Colonia Santa Rosa, como de 30 años.

Aunque la vida útil desde el punto de vista económico de muchas zanjas y estructuras bien construidas puede ser mucho mayor de 30 años, mucho dependerá, en el caso tratado, de la calidad de los materiales usados y de la habilidad de los constructores así como del plan de mantenimiento que se implementará después de la construcción. Se recomienda, pues, a fines de la mencionada evaluación, una vida útil económicamente de 30 años para todas las instalaciones. Cualquier revisión mayor del sistema, si es necesaria, puede incluirse en los gastos anuales de operación y mantenimiento.

Una vez comprobado por esta clase de evaluación mutua que la construcción del proyecto es aconsejable, hay que llevar a cabo un estudio de factibilidad más detallado. En este estudio, hay que involucrar todos los organismos nacionales, provinciales y locales que, en alguna manera, tienen relación con el proyecto, así como las entidades que según se espera van a proveer el financiamiento.

E. Mantenimiento

Los drenes abiertos necesitan un mantenimiento rutinario para que cumplan su función según lo diseñado. La frecuencia y la cantidad del mantenimiento dependen del clima, de las lluvias y de la profundidad en la cual se deba mantener el nivel freático, debajo de la superficie.

El programa actual de operación y mantenimiento de las zanjas de drenaje de la Colonia Santa Rosa no parece adecuado como para mantenerlas funcionando apropiadamente. Un mantenimiento preventivo debe iniciarse inmediatamente después de terminarse la construcción. Mantenimiento correctivo deberá efectuarse después de cualquier falla o deterioro del sistema de drenaje, o de una parte de él.

Las causas primarias para fallas en drenes cubiertos o para un deterioro en su funcionamiento son, en la Colonia Santa Rosa, el tapado de los canales por vegetación, sedimentación en el dren, estructuras de control que impiden el flujo, ubicación, alineación o gradiente inapropiado, erosión del cauce del dren y de los taludes, alta carga de sedimentos en el agua drenada y la falta de provisión del mantenimiento preventivo.

Aunque se tomen todas las medidas preventivas como para evitar la erosión y la sedimentación, será necesario limpiar el cauce periódicamente para restituir su buena condición.

El mantenimiento de buenos caminos sobre las tierras excavadas puede facilitar las operaciones de mantenimiento.

El factor más importante es un buen manejo del recurso hídrico por los agricultores a fin de reducir al mínimo posible la cantidad de sedimentos que debe pasar por el sistema de drenaje.

Hay que controlar las plantas acuáticas en todo el sistema de drenaje del terreno de la Colonia Santa Rosa, si se espera que este sistema cumpla su función. Las plantas deben ser identificadas y combatidas con el método más económico y técnicamente efectivo de los disponibles a este fin.

En la práctica, hay tres métodos para el mantenimiento de drenos abiertos: (1) el método mecánico, (2) el químico y (3) el biológico. Una combinación de estos tres métodos debe constituir el programa de mantenimiento óptimo.

A veces, el pastoreo puede utilizarse como medida eficiente de control de hierbas, pero debe ser controlado en el sentido de que el ganado no tenga acceso a los canales y a los taludes cuando está muy húmedo el suelo.

La quema controlada, en particular durante el invierno, es útil a veces para remover plantas muertas, hierbas altas y pequeños arbustos, siempre que las condiciones del lugar lo permitan. Cuando el crecimiento de vegetación arbórea no se controla desde el principio, se necesitan después medidas más costosas así como el uso de equipo especial o labor manual para rehabilitar los grandes drenos abiertos.

1. Mantenimiento mecánico

Para la limpieza del material de sedimentos, la corrección de la forma de las áreas de préstamo de los canales y de la superficie del terreno, de vez en cuando después de completarse la construcción, se utiliza equipo similar al empleado para la construcción.

En muchos casos, se emplean excavadoras (dragalinas) para limpiar drenos abiertos. La razón es que esta clase de equipos sigue siendo

necesaria también después de la construcción . Sin embargo, tres condiciones deben cumplirse en tal caso: (1) es necesario tener un buen operador para lograr un trabajo bien hecho, (2) hay que emplear una "rastra de dientes modificada" o una cuchara densamente perforada para eliminar la vegetación, (3) hay que emplear una excavadora dragalina en caso de que la retroexcavadora no alcance a efectuar el trabajo. Una excavadora con control hidráulico es una máquina mejor adaptada a este fin, pero es más costosa.

Siempre que sea posible, la excavadora de cable se cambia por retroexcavadora. Sin embargo, conviene disponer por lo menos de una excavadora de cable para casos de emergencia, aun cuando no se utilice normalmente para la limpieza de los drenes. Otra ventaja de la retroexcavadora hidráulica positiva es el entrenamiento de un operador que resulta más fácil con esta clase de equipo.

Segadoras rotativas colocadas en montantes operadas desde el tractor, o retroexcavadoras dotadas de movimiento horizontal, se usan frecuentemente para cortar hierbas, malezas y arbustos a lo largo de los taludes y en las soleras de los canales.

Además, se puede utilizar equipo para el corte de vegetación flotante, siempre que esto sea deseable, para mantener limpia de vegetación drenes abiertos mayores como, por ejemplo, el Arroyo Maravillas (34).

2. Mantenimiento químico

La aplicación de herbicidas químicos presenta excelentes posibilidades para el control de la vegetación no deseada. Hay que tomar precauciones para evitar la fuga de los herbicidas hacia los cultivos cercanos al dren y para evitar la contaminación del agua drenada. Normalmente, se dan instrucciones específicas en las etiquetas del empaque del producto, que deberán ser cumplidas.

El herbicida llamado "Karmox" es, según se informa, eficiente en controlar la maleza conocida como totora (*Typhaspp*), cuando se aplica a 45 kg/hectárea, después de haber limpiado los drenes (33). Dicho producto es, según se indica, de rápida descomposición, y no previene el uso de los taludes de los drenes para otros fines.

3. Mantenimiento biológico

El uso de la "carpa de hierba" o el pez llamado "Anur Blanco" que proviene del Río Anur de la China, parece potencialmente atractivo como método para el control de vegetación acuática sumergida (30) (31) (32). Este pez es agresivo en su consumo de vegetación, comiendo hasta el triple de su peso por día, y crece hasta un tamaño de 11,3 a 13,6 kg. Este tipo de pez vive solamente en aguas cuya temperatura no baje de los 13°C.

Posiblemente la introducción de peces no constituya una solución completa para el control de malezas acuáticas sumergidas en los drenes, pero merece ser considerada. Es obvio que hay que mantener cierta cantidad de agua en los drenes para asegurar la supervivencia de los peces.

Según información adicional obtenida por el autor, el pez corno también la totora (Typhaspp) antes de que la vegetación se olove sobre el nivel del agua.

De todo lo anterior se deduce que el control biológico de las malezas por los peces merece ser estudiado. En caso de que se obtengan resultados positivos, hay que adoptar normas estrictas para el control de los peces en los drenes.

F. Informe sobre un Plan Preliminar

La evaluación de las alternativas escogidas para los planes de drenaje y la terminación oportuna de los trabajos actualmente realizados por el equipo del Proyecto NOA Hídrico, permitirán la preparación de un "Informe sobre un Plan Preliminar" para la Colonia Santa Rosa, antes del término de la Segunda Fase del Proyecto.

El Informe sobre un Plan Preliminar para un programa de drenaje del área de la Colonia Santa Rosa debe abarcar los párrafos a continuación enumerados, junto con los mapas correspondientes destinados a una presentación gráfica de los datos relacionados con el problema:

1. Introducción
 - a) Motivos del estudio
 - b) Ubicación
 - (1) Mapa de ubicación
 - c) Exposición del Problema

2. Conclusiones y Recomendaciones

3. Descripción del Área

a) Clima - aquí deben presentarse todos los datos climáticos

b) Topografía

(1) Mapa topográfico

(2) Mapa de división en fincas

(3) Mapa de los límites de la cuenca

c) Geología

(1) Mapas del subsuelo

(2) Cortes hidrogeológicos

d) Cultivos

(1) Mapa de cultivos (actual)

(2) Mapa de cultivos (que muestre los terrenos cultivados una vez en el pasado)

4. Problemas de Drenaje (Presentación de Datos)

(1) Mapa de áreas afectadas por problemas de drenaje

a) Salinidad

(1) Mapa de salinidad de la primera "napa" freática (conductividad eléctrica)

(2) Mapa del máximo nivel freático (C.E.)

(3) Mapa del mínimo nivel freático (C.E.)

(4) Mapa de la tasa del cambio de la salinidad (C.E.)

- Tabulación de análisis de aguas superficiales y subterráneas.

b) Escorrentía superficial

- Estimaciones acerca del flujo de ingresos: escorrentía superficial, agua de riego y precipitación

- Flujo de salida hacia el Río Colorado y al Arroyo Maravillas
- Resumen de aforos de la escorrentía superficial

c) Agua subterránea

- Estimaciones u observaciones acerca del flujo de ingreso de otras áreas, infiltración y flujo de salida.
- Mapa del máximo nivel freático (primera "napa")
- Mapa del mínimo nivel freático (primera "napa")
- Direcciones del flujo y gradientes (primera "napa")
- Hidrogramas de pozos de observación escogidos.

5. Evaluación del Problema

a) Parámetros básicos de diseño

- crecidas pico de diseño
- Coeficiente de la cuenca
- Determinación de :
la capacidad de drenes abiertos, volúmenes de agua, profundidad, velocidad máxima del flujo
- capacidad para drenes cerrados (subterráneos)

b) Supuestos

- Formulación de los supuestos adoptados para estandarizar el procedimiento de evaluación (espaciamiento de drenes subterráneos y profundidad)
- Para construcción
- Para el mantenimiento del sistema durante su vida prevista

c) Selección de alternativas

- Enumeración de alternativas
- Lista o tabulación de las cantidades para cada ítem, o número de kilómetros de cada tipo general y tamaño de dren, para cada una de las alternativas
 - (1) Plan de alternativa 1.a. (mapa)
 - (2) Plan de alternativa 1.b. (mapa)
 - (3) Plan de alternativa 2.a. (mapa)
 - (4) Plan de alternativa 2.b. (mapa)
 - (5) Plan de la red actual de drenaje

d) Método de evaluación

- Enumeración de beneficios y detrimentos para cada alternativa
 - técnicos
 - económicos

e) Selección del "Plan Preliminar"

6. Importancia de un mantenimiento apropiado

7. Importancia de una base institucional apropiada

g. Planta Piloto

Durante la primera visita del Consultor se presentaron algunas recomendaciones específicas relacionadas con la recolección de datos considerados necesarios para el diseño del sistema de drenaje para la Colonia Santa Rosa.

Al parecer, estas recomendaciones sólo se limitarán a un control mensual del nivel freático en la planta piloto y, a lo sumo, aforos del flujo en el dren principal. Se insiste en el cumplimiento de las recomendaciones contenidas en el primer informe, que son las siguientes:

- a) Realizar ensayos comparativos de conductividad hidráulica para verificar los datos recogidos anteriormente, por medio de 12 pozos, que deben ser perforados a distancias de no más de unos pocos metros uno del otro, como sigue:
 - 1°) 2 pozos - 1 metro de profundidad - sin tubos ranurados
 - 2°) 2 pozos - 2 metros de profundidad - sin tubos ranurados
 - 3°) 2 pozos - 1 metro de profundidad - con tubos ranurados - sin pistoneo
 - 4°) 2 pozos - 2 metros de profundidad - con tubos ranurados - sin pistoneo
 - 5°) 2 pozos - 1 metro de profundidad - con tubos ranurados - con pistoneo
 - 6°) 2 pozos - 2 metros de profundidad - con tubos ranurados - con pistoneo
- b) Después de evaluar los datos anteriores (1° y 2°, deberían proveer resultados muy exactos si no hay derrumbos en el pozo), preparar y efectuar los ensayos adicionales de conductividad hidráulica que sean necesarios.
- c) Estimar los caudales pico del agua superficial que fluirá en los drenes contruidos para la parcela piloto.
- d) Estimar las cantidades y describir la frecuencia de los riegos y de las escorrentías superficiales de varios terrenos.

- o) Estimar en mm. el caudal pico y total de escorrentía superficial que deberían ser descargados mediante drenos superficiales, utilizando todos los registros de precipitación existentes - tanto de intensidad como totales, en base diaria, semanal y mensual.

- f) Estimar la cantidad de terreno que es regada en forma simultánea.

- g) Recoger los datos de los costos relativos a la construcción y mantenimiento de drenos abiertos de diversos tamaños.

- h) Tabular los kilómetros totales de cada tamaño de dren actualmente usados y las cifras correspondientes para los drenes que se construyan en el futuro.

- i) Concertar entrevistas con autoridades de la Provincia de Salta y con el Sr. García, para tratar sobre la organización de una entidad de terratenientes para controlar el agua de riego y para hacer funcionar y mantener el sistema de riego y drenaje.

- j) Establecer estaciones recolectoras de datos y encaminar programas de observaciones para la parcela piloto según se expuso más arriba.

- k) Averiguar cuales procedimientos se siguieron al analizar las muestras de suelos recogidas en el área.

- l) Completar el trabajo topográfico en las áreas del noroeste y sudoeste.

H. Mediciones de la conductividad hidráulica

El autor expresó cierta preocupación en cuanto a la técnica de pistoneo empleada en la limpieza de los orificios que sirven para efectuar mediciones de la conductividad hidráulica. A fin de averiguar la confiabilidad de los datos obtenidos referentes a la conductividad hidráulica del terreno en el área de la Colonia Santa Rosa, el Consultor sugirió la realización de mediciones comparativas de la conductividad hidráulica. El experimento llevado a cabo fue solamente parcial (Véase tabla).

El técnico que llevó a cabo esta medición mencionó que derrumbes impidieron la realización de las mediciones en los orificios cavados sin camisa. Sin embargo, los resultados logrados con las pruebas parciales tabuladas a continuación, comprueban la preocupación del Consultor, en el sentido de que la relación entre los valores de conductividad medidos en los pozos "pistoncados" y la conductividad hidráulica real del suelo será de difícil determinación.

En cada medición comparativa, el pozo pistoncado produjo una conductividad hidráulica mayor. En el experimento N°4 el ingreso de agua fue tan rápido que no fue posible terminar la prueba.

PRUEBA COMPARATIVA^{1/} DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA
EN LA COLONIA SANTA ROSA (M/DIA)

Descenso aproxima- do del nivel	PRUEBA 1		PRUEBA 2		PRUEBA 3		PRUEBA 4	
	S ^{2/}	NS	S	NS	S	NS	S	NS
0,7-0,75 m	0,46	0,28	0,39	0,31	0,39	0,37	0,24	0,18
1,5 m	0,80	0,65	0,57	- ^{3/}	1,42	1,12	1,99	1,74
2,0 m	1,07	0,56	0,45	-	1,53	1,22	- ^{4/}	2,07

1/ Las pruebas se llevaron a cabo en orificios cavados a una profundidad de aproximadamente 3,7 m - todos perforados a distancias de 1-2 m, uno de otro.

2/ S = prueba con pistoneo

NS = prueba sin pistoneo

3/ El técnico decidió que no había necesidad de completar la prueba porque "los primeros valores obtenidos fueron iguales"

4/ La tasa del ingreso de agua fue tan rápida que no se pudo determinar la conductividad hidráulica.

Es posible que el pistoneo desarrolle artificialmente al pozo, de modo que la prueba indique valores de conductividad mayores de los reales. Además, el técnico informó que al sacar los caños ranurados, aquellos de los pozos pistoneados estaban limpios, mientras que los sacados de los pozos no pistoneados contenían partículas de suelo.

El Consultor recomienda que, antes de utilizar los valores de conductividad hidráulica para calcular el espaciamiento de los drenes, se realicen las pruebas anteriormente indicadas en pozos de un metro de profundidad, en terrenos con niveles de agua a menos de un metro de profundidad, y donde un pozo no revestido permanecerá abierto durante el tiempo requerido para efectuar una prueba.

III. PERILAGO DE RIO HONDO

A. Introducción

El área del Perilago de Río Hondo es un área anegada con suelos salinos y sódicos. El interrogante original fue si la creación del lago artificial ha influido en las condiciones de anegamiento y salinización de los suelos aguas arriba. Sin referencia a la respuesta a dicho interrogante, se considera conveniente sugerir algunas alternativas para superar los problemas existentes, en base a la información elaborada por el Proyecto NOA Hídrico.

El Consultor visitó el área del Perilago de Río Hondo y revisó los siguientes informes que se refieren a dicha área:

1. Informe sobre la Consultoría en Economía Agrícola (Región NOA) - N.U.
2. Investigación de la freática, noviembre de 1980.
3. Características químicas de aguas superficiales y freáticas, noviembre de 1980.

4. Relevamiento agro-hidroológico de la llanura deprimida al sur de la Provincia de Tucumán, áreas del sur de los Dptos. de Montero, Chichigasta, Río Chico y Graneros.

B. Resultados de los estudios

El análisis de los datos acerca de: 1. el nivel freático superior; 2. los niveles del agua en el lago; 3. las tasas de precipitación y 4. la salinidad de los suelos, así como la comparación de las fotografías aéreas e imágenes satelitarias tomadas en 1967 (antes de la construcción de la presa) y en 1973 (después de haberse llenado el embalse), indican que el embalse de las aguas no ha afectado el nivel freático somero, y que no hubo cambios en la extensión del problema de la salinidad de los suelos en el área, durante el período indicado.

C. Recomendaciones

Es difícil proponer una recomendación que conduzca a una solución del problema de los suelos anegados y salinos en el área del Río Hondo, sin saber cuales son los problemas que resultarían del drenaje y del renovación de las aguas subterráneas salinas. Parece que una gran parte del área del Perilago de Río Hondo puede recuperarse para algún tipo de actividad agrícola. Sin embargo, antes de proponer recomendaciones acerca del desarrollo de una costosa red de drenaje, hay que efectuar un estudio para aclarar cómo y a dónde se conducen las aguas saladas, y si el traslado de éstas no creará un problema posiblemente más serio todavía que el problema que se pretende resolver en el área del Perilago.

IV. RESUMEN

A. Colonia Santa Rosa

La comparación y evaluación de los esquemas alternativos de drenaje permitirán tomar una decisión con respecto a la planificación y construcción de las obras de drenaje para el área de la Colonia Santa Rosa. El Consultor entiende que uno, o posiblemente todos los esquemas alternativos de drenaje, indicarán un beneficio económico significativo para el área.

Sin embargo, debido al mantenimiento inadecuado actual del sistema existente de riego y drenaje, un problema significativo parece estar relacionado con respecto a quien, o a cual institución, debería ser o será responsable del funcionamiento y mantenimiento de cualquier obra, nueva o reconstruída, de riego y drenaje en el área. No se debería incurrir en gastos para reconstruir las instalaciones existentes o para construir nuevas, mientras no existan garantías institucionales y financieras de que las instalaciones serán manejadas y mantenidas en forma adecuada.

B. Perilago de Río Hondo

Los análisis de los datos del área de Perilago de Río Hondo muestran que el problema de suelos salinos anegados en esa área, se ha desarrollado durante un largo período y que no es el resultado de haber construído y llenado el Embalse de Río Hondo. Se recomienda que, antes de desarrollar una propuesta para que se drene el área, se determine que el agua subterránea salina que se extraiga pueda ser desviada a otro lugar sin consecuencias dañinas.

C. Planificación y coordinación

Drenaje, salinidad y suelos anegados son los problemas principales en todo el Noroeste Argentino, tanto en áreas bajo riego como sin riego. En el Noroeste Argentino, estos problemas pueden ser notablemente mejorados con un mejor manejo del agua, particularmente en las áreas bajo riego.

En áreas del Noroeste Argentino donde el drenaje debe realizarse para mantener la producción agrícola, es importante que se lleve a cabo una correcta colocación del agua salina de drenaje, de modo que no surjan problemas adicionales de calidad de agua, de anegamiento de tierras y de salinidad, una vez que se solucione el problema original.

Es importante destacar aquí que el problema de drenaje es importante y que debe ser incorporado al esquema total de desarrollo de los recursos hídricos del Noroeste Argentino. Esto debería comenzar con las etapas de planeamiento del programa de desarrollo, y con cualquier plan para extender la producción agrícola de toda el área.

Se debe enfatizar en un buen planeamiento para el desarrollo de los recursos hídricos y la producción agrícola. Es esencial involucrar a todos los organismos nacionales, provinciales y regionales de planeamiento en el desarrollo, así como a los ciudadanos locales que pueden estar involucrados en las decisiones que resulten del proceso de planeamiento, a fin de arribar a un programa bien equilibrado. Es particularmente importante comprometer a todos desde el comienzo hasta el fin del programa de planificación. Esto evita superposición de esfuerzos y permite a todos los organismos actuar coordinadamente.

A N E X O 1

LISTA DE LAS PUBLICACIONES TECNICAS SUMINISTRADAS POR EL CONSULTOR EN
DRENAJE, DR. W.R. JOHNSTON, AL PROYECTO NOA HIDRICO

ANEXO 1 - LISTA DE LAS PUBLICACIONES TECNICAS SUMINISTRADAS POR EL CONSULTOR
EN DRENAJE, DR. W.R. JOHNSTON, AL PROYECTO NOA HIDRICO

CONTROL DE SALINIDAD

1. Control de Salinidad en Valle Imperial, California, por L. BERNSTEIN y otros, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, 1955.
2. Calidad del Agua para Riego, por R.S. AYERS, Journal Irrigation & Drainage, Div. ASCE IR2, pp. 135-154, 1977.
3. Cultivos Tolerantes a las Sales y Agua Salina: Recursos para Tierras Aridas, por D.B. KELLEY y otros, Univ. de California-Davis, CA, U.S.A., 1980.
4. Folleto sobre: a. Cultivos Campo/Hilera b. Cultivos forrajeros y c. Cultivos vegetales relacionando salinidad a producción de cultivos, por A.D.S. Inc., U.S.A., 1980.

DRENAJE

5. Factores de Diseño de Drenaje, FAO Irrigation and Drainage Paper N°38, FAO Rome, 1980.
6. Manual de Drenaje, Bureau of Reclamation, U.S. Department of Interior, 1978.
7. Comportamiento de los Drenos (Tubos), Valle de Coachella-California, por A.F. PILLSBURY y otros, Irrigation & Drainage Journal, ASCE, 91:IR2, pp. 1-10, junio de 1965.
8. Manual de Drenaje, Advance Drainage Systems Inc., (ADS), U.S.A., 1978.

9. ADS Green, Un folleto de calidad de entubado, por ADS, Inc., U.S.A., 1981.
10. Protección de Drenaje, Un folleto por ADS, Inc., U.S.A., 1979.
11. El único, Folleto sobre tubos de drenaje por L.F. WELLS, U.S.A., 1979.
12. Manual de Productos de Drenaje y Manejo de Agua, HANGOR, Inc., U.S.A., 1981.
13. Contratista de Drenaje, Agri-Book Magazine 5 N°1, Ontario, Canadá, 1979.
14. Especificaciones Estándares para Tubos de Drenaje de Plástico Polietileno Corrugado, Bureau of Reclamation, U.S. Department of Interior, octubre de 1974.
15. Especificaciones Estándares Tentativas para Tubos de Drenaje de Polivinil-Cloruro Corrugado, Bureau of Reclamation, US Department of Interior, junio de 1976.
16. Especificaciones Estándares Tentativas para Tubos de Drenaje de Polietileno de Gran Diámetro y Polivinil-Cloruro Corrugado y Tubo de Drenaje de Paredes de Goma-espuma, Bureau of Reclamation, U.S. Department of Interior, enero de 1978.
17. Especificaciones Tubos de Polivinilclorido No Plastificado (UPVC) y sus Accesorios para ser Usados en Drenaje Subterráneo, Traducción Referencial de ISO 138/1/384.
18. Desarrollo de una Guía de Drenaje Agrícola, por G.L. DICKEY y W.R. JOHNSTON y otros, Trans. de ASAE pp. 97-99, 1973.

19. Comportamiento de los Drenos Comparado a Predicciones Teóricas, por W.R. JOHNSTON y otros, Trans.de ASAE 8: N°4, pp. 548-552, 1965.
20. Sistema de Colección de Drenaje para el Distrito de Aguas de las Tierras Occidentales, por A.V. AISENBREY, Jr., Concrete Pipe News, pp.62-65, 1970.
21. Resultados de Experimentos y Desarrollos de Drenaje en el Distrito de Aguas de las Tierras Occidentales, por W.R. JOHNSTON y otros, Concrete Pipe News, pp. 83-88, 1973.
22. Filtros de Fibra de Vidrio para Drenos, por W.R. JOHNSTON y otros, California Agriculture, 17:N°10, pp. 8-9, 1963.
23. Un estudio Suolo-Drenaje en el Condado de Fresno Sureste, por W.C. BIANCHI y otros, Hilgardia, 33:N°5 pp. 171-178, 1962.
24. Un Registro de Etapa-Agua Barato, por W.C. BIANCHI y W.R. JOHNSTON, Agric. Eng. 43: N°4, pp.224 y 227, 1962.
25. Formularios de Muestras para Registrar Descargas de Agua y Sal de los Sistemas de Drenaje, Westlands Water District, U.S.A.
26. Resultados Preliminares de un Experimento de Campo de los EE.UU. y Rusia para Comparar Recubrimientos de Grava y Otros Sintéticos Alrededor de los Tubos de Drenaje Subterráneos, 1980.
27. Calculador de Flujo de Agua y Estimador del Tamaño de los Tubos, ADS Inc., U.S.A.

CONTROL DE LAS MALEZAS ACUATICAS

28. Postes Acuáticas en los Sistemas de Riego - Guía de Identificación, Water and Power Resources Service, U.S. Department of the Interior, 1980.
29. Pautas Sugeridas para el Control de las Malezas, Agricultural Handbook Nº565, Science and Education Administration, U.S. Department of Agriculture, 1980.
30. Nueva Arma Probada en la Batalla contra Maleza Acuática, Fuente desconocida.
31. Control de Malezas Acuáticas por "Carpa de Hierba" (*Ctenopharyngodon idellus* VAL), por Minoru TSUCHIYA, Japan Agricultural Research Quarterly 13: Nº3, pp. 200-203, 1979.
32. El Anur Blanco como un Agente Biológico de Control de las Malezas Acuáticas en el Canal de Panamá, por P.E. CUSTER y otros, Fisheries 3, Nº5, pp.2-9, Sept.-Oct. 1978.
33. Una Guía para un Efectivo Control de Maleza en Tierras sin Cultivos en los EE.UU., Folleto sobre Químicos por DUPONT, U.S.A.
34. Control de Vegetación Acuática, Folleto sobre control mecánico de las malezas acuáticas por Aquanarino Corporation, con Lista de Precios, U.S.A.
35. Mantenimiento de Zanjias, Folletos sobre Control Mecánico de Malezas Acuáticas y de Riberas de Zanjias por Hordor B.V. Holland.

MEDICION DE AGUA

36. Manual de Medición de Agua, Bureau of Reclamation U.S. Department of Interior.

37. Midiendo Agua de Riego, Division of Agricultural Sciences, Univ. of California, Leaflet 2956, 1977.

38. Pérdida de potencial en Aforadores Largos, por M.G. BOS y Y. REININK, Journ. of Irrigation and Drainage, ASCE 107: N° IR 1, pp. 87-102, 1981.

A N E X O 2

DESCENSOS DE LA CAPA FREÁTICA POR ENCIMA DE LA BOCA DEL DREN

CANTIDAD DE DIAS PARA QUE LA CAPA FREATICA DESCienda AL PUNTO MEDIO ENTRE LAS LINEAS DE TUBOS

DESCENSOS DE LA CAPA FREATICA POR ENCIMA DE LA BOCA DEL TUBO (DREN)

- 6' - 5' $\Delta \Delta \Delta$
- 5' - 4' $X X X$
- 4' - 3' $\circ \circ \circ$
- 3' - 1' $\square \square \square$

