

**VERSION PRELIMINAR  
SUJETA A CORRECCION**

29327

EVALUACION PRELIMINAR DE LA SITUACION HIDROLOGICA

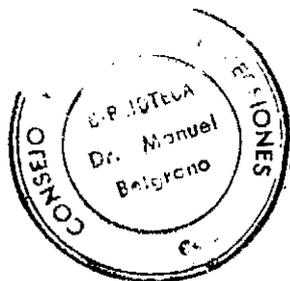
Area: COLONIA SANTA ROSA

(Provincia de Salta)

1187

**CATALOGADO**

PROYECTO NOA HIDRICO  
SEGUNDA FASE



Realizado por: Lars Moroe  
Hidrólogo  
Naciones Unidas

X 12  
H. 1112  
Salta

AÑO : 1980

## I N D I C E.

	<u>Pág.</u>
1. Introducción	1
2. Generalidades y objetivos del estudio	1
3. Datos disponibles	3
3.1. Datos climatológicos	3
3.2. Datos hidrométricos	6
Canales de riego	6
Arroyo Maravillas	7
Río Colorado	8
4. Observaciones sobre el manejo del agua	9
5. Modelo hidrológico conceptual de la cuenca del Arroyo Maravillas	10
6. Utilidad de un balance hídrico	17
7. Recomendaciones para futuras observaciones hidrométricas	19

## 1. Introducción

El Consultor ha sido encargado de una investigación hidrológica de la Colonia Santa Rosa con el fin de preparar un balance hídrico, razón por la cual se estudió la extensa documentación existente, incluyendo los informes ya preparados. Después se analizó a fondo los datos hidrometeorológicos recopilados por el Proyecto y se efectuó un viaje de reconocimiento a la Colonia. El problema del ascenso de la napa freática y de la salinización del suelo es de carácter esencialmente de hidrogeología y riego y el estudio de la situación hidrológica se dirige principalmente a un entendimiento más completo de los factores que intervienen en la filtración de las aguas en el subsuelo.

Como contribución para futuros estudios, enfocados bajo una óptica integral, se elaboró un modelo hidrológico conceptual, en estrecha colaboración con el Asesor Principal.

## 2. Generalidades y objetivos del estudio

La Colonia Santa Rosa está ubicada en el norte de la Provincia de Salta (Departamento de Orán) y se extiende sobre una superficie de 10.000 ha., al pie de la Sierra de Santa Rosa y en la ribera sur del Río Colorado.

En algunos terrenos de la Colonia se nota, desde hace muchos años, un ascenso de la napa freática, proceso que afecta gravemente los cultivos, tanto por haber saturado la zona de las raíces como por la salinización de los suelos. El consenso común es de que una aplicación excesiva de agua de riego ha producido los efectos antes mencionados. Sin embargo, no se tomaron, hasta la fecha, medidas para cambiar las prácticas de riego y parar así el crecimiento continuo de los terrenos afectados.

La pérdida de terrenos ha llegado a un nivel tal que las autoridades se vieron obligadas a investigar el problema y a proponer soluciones con la más alta prioridad.

Como el estudio debe referirse principalmente a la infiltración y al drenaje, y a la relación de estos procesos con las lluvias y con el riego, las disciplinas principales son la hidrogeología y la ingeniería de riego y drenaje. La hidrología debe agregar elementos que influyen en los procesos antes mencionados, así como el régimen de la escorrentía superficial, tanto la provocada por las lluvias sobre el terreno como la que pasa por los canales de riego y drenaje, y presentar un balance hidrológico, siempre que sea posible lograr tal objetivo con una precisión aceptable. (Véase capítulo 3.2.).

Ahora bien, el examen de la información disponible ha manifestado que no se dispone en este momento de datos que permitan la preparación de un balance hídrico razonablemente realista. Por ende, esta tarea debe postergarse hasta una etapa posterior, es decir, con un año de registro de los datos obtenidos por las recomendaciones en el capítulo 7. El objetivo de este informe es el de presentar algunas observaciones y aspectos hidrológicos que deben considerarse a continuación de los estudios, y esbozar un modelo hidrológico conceptual que sirva en el futuro como base para la preparación de un balance hídrico, y en el presente, como una guía para completar los datos faltantes.

### 3. Datos disponibles

#### 3.1. Datos climatológicos

El área en estudio comprende aproximadamente  $100 \text{ Km}^2$ , con una altura que varía entre 310 m y 410 m. Dentro de esta zona hay dos estaciones meteorológicas y una estación pluviométrica. La estación "Chacra Experimental de los Ingenios" está ubicada en la parte noroeste del área a una altura de 385 m, y fue instalada en 1955. Tiene registros diarios de temperatura y precipitaciones.

Los datos parecen muy confiables y deben analizarse estadísticamente. También hay registro de la duración de las lluvias. Hasta ahora, sin embargo, se ha recopilado solamente datos promedios mensuales (precipitación diaria para 1978-79). En 1970 se instaló un pluviógrafo, pero éste quedó sin funcionar después de algunos meses.

La estación "Colonia Santa Rosa" está ubicada en la finca Potrero, a unos 8 Km al SE del pueblo, con registros desde 1976. Tiene una altura de 322 m. Los datos tomados son la temperatura máxima y mínima, húmeda y seca, evaporación y precipitación diaria, así como la velocidad del viento. Los datos recopilados constituyen valores mensuales y medios mensuales. Faltan datos sobre la temperatura del suelo, pero eso se obtendrá con la instalación de un juego de termómetros del suelo en una de las estaciones.

La estación pluviométrica "Citrus Salta" queda a 1,5 Km al SE del pueblo a una altura de 340 m, y fué instalada en noviembre de 1979.

En base a la información recopilada se observa una variación significativa entre las dos estaciones meteorológicas. Aunque no se dispone de registros correspondientes a los mismos períodos, es evidente que el clima no es uniforme en el área. Sin embargo, se pueden determinar ciertos valores como representativos para el área.

La temperatura media anual es de 20°C con una mínima en junio de 15°C y una máxima en enero de 26°C. Las temperaturas absolutas promedio varían entre -2°C en julio y 41°C en noviembre para la zona baja y entre 2°C en julio y 39°C en noviembre para la zona alta, donde casi no hay heladas. En la zona baja es común que cada año haya algunos días con temperaturas de hasta -5°C.

Sin embargo, la humedad relativa es bastante uniforme durante todo el año, variando entre 50% y 80%, con mínimas en septiembre y máximas en mayo.

Los únicos datos de evaporación de tanque disponibles, de la estación Colonia Santa Rosa, indican una variación en los tres años de registro, entre 1.200 mm y 1.700 mm, con una diferencia de un mes a otro de hasta 100%; el mes de junio ha registrado un mínimo de 40 mm y el mes de octubre ha registrado un máximo de 259 mm. Estos datos deben verificarse.

Tampoco los valores de la velocidad del viento son confiables. Se han registrado para el año 1976, velocidades que varían entre 4-8 m/s. Para el año 1979 este valor ha aumentado hasta 8-14 m/s y para 1980 el mínimo registrado hasta la fecha es de 10 m/s. El promedio anual no puede aumentar en un 100% de un año a otro, y será necesario re-calibrar el instrumento.

La precipitación, finalmente, tiene una variación y distribución que es muy irregular, algo que es más pronunciado en los meses más lluviosos. Esto es una de las razones por las cuales se ha encontrado necesaria la continuación del riego durante la época de lluvia.

La tendencia de más lluvia en la zona alta es bien clara. En comparación con la estación "Colonia Santa Rosa" (322 m), la estación "Chacra" (385 m) tiene mucha más precipitación. En 1977, por ejemplo, que fue el año más lluvioso en 25 años, la precipitación en "Chacra" fue 46% mayor. Por otra parte, el año anterior, o de 1976, hubo una precipitación de 790 mm en ambas estaciones, y este año era uno de los más secos en todo el período del registro. Este año, 1980, sin embargo, ha tenido una precipitación en "Chacra" que es 47% mayor que la de "Colonia Santa Rosa".

Es interesante la comparación que se muestra en la siguiente tabla:

Precipitación anual (en mm)

Año	"Chacra" (1955-79)	"Santa Rosa"
1976	794 (mínima 761 en 1967)	790 (99%)
1977	1.686 (máxima 1.686 en 1977)	1.153 (68%)
1978	1.002 (media 1.009)	839 (84%)

Para valores mensuales, sin embargo, hay diferencias en precipitación entre la parte alta y la parte baja de hasta un 100%.

Como consecuencia de lo arriba mencionado, se hace imposible el cálculo de la precipitación promedio del área, hasta que se disponga de una red más completa de estaciones (Véase capítulo 7).

Para el diseño de canales de desagüe será necesario un análisis de la intensidad-duración de las lluvias y máximas probables en 5 minutos hasta 24 horas.

En los estudios de precipitación-escorrentía se necesita también conocer la relación precipitación-área.

Todo eso hace necesaria la información procesada de un pluviógrafo.

### 3.2. Datos hidrométricos

Los datos hidrológicos existentes, consisten en dos lecturas diarias en las estaciones limnimétricas en la entrada de la toma B en el canal matriz y en la Ruta No.34 en el Arroyo Maravillas.

Además hay aforos esporádicos en el Río Colorado y en algunos canales de drenaje.

#### Canales de riego

La toma A actual consiste en dos tubos de fibrocemento bajo un terraplén. La construcción, recién terminada, es sumamente precaria y hecha con el fin de proteger el canal que fue gravemente erosionado en 1977, cuando el río se metió por el canal. Con anterioridad se había construido una toma de tipo permanente, pero un diseño inadecuado de la misma probablemente ocasionó un rebalse del río, que derivó sus caudales por el canal. El caudal de este canal era, en noviembre de 1980, aproximadamente 250 l/s.

La instalación de la escala limnimétrica en la toma A es provisoria y no existe curva de calibración.

La toma B es la toma principal con un caudal promedio anual de  $0,95 \text{ m}^3/\text{s}$ , variando entre  $0,1 - 2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Salvo unos días por año, cuando se cierran las tomas del canal, para su limpieza, se lo opera día y noche y se descarga un volumen anual del orden de  $30.000.000 \text{ m}^3$ .

Una nueva toma C está prevista 2 Km aguas arriba de la toma B, para sustituir a las dos existentes.

#### Arroyo Maravillas

En mayo de 1978 se instaló una escala limnimétrica sobre una columna del puente, en la Ruta No.34. El control no es estable, algo que puede manifestarse por la dispersión de los 10 aforos existentes, que se hicieron hasta lecturas de no más de 20 cm. En niveles bajos - hasta  $0,7 \text{ m}$  - el río está encausado por chapas en una sola sección bajo el puente, pero en crecidas, el río pasa por tres secciones y lluvias fuertes producen avenidas arriba de 1 m. En febrero de 1977, el río pasó por encima del puente.

Las dos lecturas diarias no son suficientes para determinar un caudal medio diario durante la época de lluvia. Una lluvia de 70 mm durante la noche entre el 25 y 26 de marzo de este año, por ejemplo, produjo una avenida en la mañana en la estación en Ruta No.34, con la máxima en el día, no registrada, y una lectura de  $1,10 \text{ m}$  a las 18.00 hs de la tarde; la avenida bajó suavemente durante tres días. Para separar el efecto de la precipitación desde el hidrograma sería necesario contar con limnógrafo o lecturas cada hora.

Como consecuencia de eso, el caudal promedio calculado para el día 26 de marzo sería  $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$  ó  $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , dependiendo esta variación del método de cálculo utilizado. Una extrapolación de la curva logarítmica de descarga da  $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Es obvio que estos datos no justifican un análisis, pues el flujo básico solamente tiene el orden de magnitud del 10% del caudal.

Si suponemos que la precipitación de 70 mm registrada en la Chacra Experimental es representativa para toda el área, y que el 50% de la lluvia sale como escorrentía superficial durante las primeras 24 horas, obtenemos un caudal promedio, derivándose de la lluvia, de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

#### Río Colorado

Se han hecho algunos aforos en el Río Colorado aguas abajo de la toma A y aguas abajo del camino Los Jesuitas. No hay datos de caudales diarios, pero los aforos, entre mayo y octubre de 1980, indican un aumento aguas abajo que varía entre  $0,6$  y  $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Este hecho puede indicar un intercambio de magnitud entre el río y la freática en el área. Debe señalarse, sin embargo, que hay varios canales de riego y drenaje que se comunican con el río en la zona actual.

#### Resumen

#### Caudal promedio mensual ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Mes	1978		1979		1980	
	Toma B	A° Maravillas	Toma B	A° Maravillas	Toma B	A° Marav.
E			0,65	0,20	0,60	0,85
F			0,70	0,35	0,85	0,55
M			0,55	0,90	0,55	2,40
A			0,80	0,45	0,55	2,10
M	Instalación		1,10	0,30	0,75	0,60
J	0,75	0,20	1,10	0,35	0,65	0,50
J	0,85	0,15	1,10	0,60	1,00	0,60
A	1,30	0,20	1,40	0,40	1,40	0,50
S	1,25	0,15	1,55	0,20	1,50	0,40
O	0,95	0,10	1,45	0,15	1,50	0,45
N	0,85	0,15	0,70	0,60		
D	0,65	0,10	0,50	0,35		
Pro- medio	0,95	-	0,95	-	0,95	-

Los datos de la toma B son bastante buenos, con un promedio mensual de casi  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . De esta agua se han desviado unos 100 l/s, y a veces más, hasta la represa Petrero. También debe tenerse en cuenta que unos 100 l/s van directamente al colector general. En la época con poco riego, este valor aumenta hasta 200 l/s.

Los caudales de la Ruta No.34, sin embargo, son muy aproximados, particularmente durante los meses con lluvia.

#### 4. Observaciones sobre el manejo del agua

Como el Consultor en Economía Agrícola ha expuesto en su informe, publicado en septiembre de este año, el aspecto más importante es el problema de las condiciones de riego extremadamente precarias y de un manejo de agua completamente inadecuado.

El uso indiscriminado en la aplicación del agua y las filtraciones y pérdidas en los rudimentarios canales de desagüe y drenaje causan un problema, que puede solucionarse solamente en una forma integral y con la estrecha colaboración de los propietarios. Hasta ahora se ha evitado hacer frente al problema; así los propietarios, al encontrarse con insuficiente drenaje, compran terrenos en las áreas con niveles freáticos más bajos.

Aunque se ha empezado a construir algunos colectores, todavía no existe un sistema adecuado de drenaje de lluvias.

Esto ha resultado en una pérdida notable del horizonte fértil, un hecho que ha sido agravado por surcos en la misma dirección que la pendiente. Debe mencionarse también la erosión en la parte norte del terreno, causada por

el Río Colorado, que probablemente se debe a la construcción y al manejo inadecuado de la antigua toma A, ahora en desuso.

Se ha mencionado en otra parte de este informe que se usa el sistema de riego para abastecer toda el área con agua para uso doméstico. Esta necesidad probablemente requiere una cantidad de agua mínima de bastante magnitud. Como cada quinta tiene su vivienda, es razonable suponer que hay canales en toda la Colonia, que llevan agua "de paso" todo el tiempo, así aumentando a la infiltración.

El Arroyo Maravillas, desde la laguna Cantero hasta la carretera en la Ruta No.34 (una distancia de 11 Km), está cubierto en su mayor parte con plantas acuáticas que reducen el flujo del agua a un mínimo.

#### 5. Modelo hidrológico conceptual de la cuenca del Arroyo Maravillas

El terreno agrícola de la Colonia Santa Rosa está sujeto a un régimen hidrológico complejo, de múltiples ingresos y egresos, cuya determinación cuantitativa presenta considerables problemas. Algunos de los parámetros son observables, otros se calculan con distintos grados de aproximación. La mayoría permanece, sin embargo, difícil de determinar por el momento.

A continuación se presenta un modelo conceptual del régimen hidrológico que pueda servir como guía para la evaluación de los datos que se obtienen ahora en los diversos estudios del Proyecto; también podría servir como base para cualquier estudio futuro que se realice (ver capítulo 2).

Los terrenos cultivados de la Colonia forman parte de una pequeña cuenca, la del Arroyo Maravillas (aproximadamente 100 Km<sup>2</sup>), que abarca, en su mayor

parte, un gran cono aluvial. La cuenca subterránea no coincide completamente con la cuenca del drenaje superficial. El límite es el Río Colorado que constituye en cierto tramo un límite contribuyente y en otro tramo un límite que drena. El límite occidental se considera como impermeable. Es probable que el límite sur sea una divisoria subterránea. Toda esta cuenca subterránea se drena hacia el Arroyo Maravillas, y en parte a través de un flujo subterráneo dirigido hacia el sureste.

En los terrenos cultivados (aproximadamente 8.000 Ha.) se encuentra un régimen hidrológico extremadamente complejo, con múltiples ingresos y egresos, tanto en los límites como dentro del terreno mismo.

Si se considera el área cultivada como un sistema pueden definirse los siguientes ingresos y egresos:

A. Ingresos

- $Q_I$  Flujo por las tomas del sistema de riego
- P Precipitación sobre la cuenca
- $I_{RC}$  Flujo subterráneo desde el Río Colorado hacia los terrenos cultivados
- $I_{TL}$  Flujo subterráneo desde los terrenos limítrofes hacia los terrenos cultivados

B. Egresos

- $Q_{EM}$  Flujo de salida en Arroyo Maravillas en la Ruta No.34
- $Q_{EE}$  Flujo superficial que sale del área por otras vías de drenaje (canal, río)
- $E_{RC}$  Flujo subterráneo hacia terrenos limítrofes o pérdidas a acuíferos profundos
- $E_{ET}$  Evapotranspiración total sobre el área

El régimen hidrológico de la cuenca del Arroyo Maravillas se representa por la siguiente redacción:

$$Q_I + P + I_{RC} + I_{TL} = Q_{EM} + Q_{EE} + E_{RC} + E_{TL} + E_{ET}$$

A continuación analizamos cada uno de los parámetros en relación con su definición, utilidad y método de determinación.

#### Flujo por las tomas del sistema de riego ( $Q_I$ )

En la actualidad existen dos tomas, toma A y toma B. La toma B es la cabecera del canal, llamado principal. Recién se ha reactivado la toma A y está proyectada una nueva toma aguas más arriba. Este parámetro es uno de los más importantes y se define por observaciones directas.

#### Precipitación sobre la cuenca (P)

Está definida como la precipitación total sobre la cuenca.

Se necesita esta información para establecer relaciones precipitación-escorrentía, las cuales tienen gran importancia en el diseño de sistemas de drenaje.

Los datos se obtienen por observaciones, pero como se mencionó en el capítulo 3, será necesario ampliar la red existente e instalar dos pluviógrafos y dos pluviómetros.

#### Flujo subterráneo desde el Río Colorado hacia los terrenos cultivados ( $I_{RC}$ )

Este parámetro debe ser determinado como marco de un estudio hidrogeológico utilizando la fórmula de flujo subterráneo.

Flujo subterráneo desde los terrenos limítrofes hacia los terrenos cultivados

( $I_{TL}$ )

Es válida la misma observación del párrafo anterior.

Se supone que se trata de volúmenes relativamente pequeños.

Flujo de salida en la Ruta No.34 ( $Q_{EM}$ )

El flujo en el Arroyo Maravillas se compone de tres constituyentes principales :

- a) El flujo producido por lluvias sobre la cuenca del Arroyo -  $Q_{EMP}$
- b) El flujo producido por el drenaje superficial de aguas de riego -  $Q_{EMR}$
- c) Un flujo básico proveniente del drenaje de agua subterránea -  $E_{AM}$

Las lecturas de escala se efectúan hasta ahora dos veces por día, y, por consiguiente, no se obtienen hidrogramas suficientemente detallados para un análisis dirigido a la separación de las mencionadas componentes. Se considera necesaria la instalación de un limnógrafo o, por lo menos, lecturas horarias de la escala durante la estación lluviosa. Junto con eso, se debe construir una sección controlada (pequeño dique) para una mejor determinación de la curva de gastos.

Durante la estación seca será suficiente con dos lecturas por día.

a) Flujo producido por lluvias sobre la cuenca del Arroyo Colorado ( $Q_{EMP}$ )

Este flujo es la escorrentía superficial producida por lluvias sobre toda la cuenca, terrenos cultivados y no cultivados.

Los valores de este parámetro servirán como insumo para la planificación de sistemas de drenaje. Se obtendrán por análisis de hidrogramas, basados en lecturas horarias de precipitación y caudal.

b) Flujo producido por el drenaje superficial de aguas de riego ( $Q_{EMR}$ )

Este parámetro abarca las escorrentías superficiales de exceso de riego que se vierten en los canales de drenaje. También están incluidas las aguas que pasan directamente de los canales de riego a los canales de drenaje. Como el sistema de canales de riego sirve también como fuente de agua para uso doméstico, se mantiene cierto flujo mínimo en los canales de riego durante todo el año, lo cual pasa a los colectores y finalmente al Arroyo Maravillas, uniéndose al flujo básico. Es lógico, que se aproveche sólo una pequeña parte de este flujo.

La cuantificación de este parámetro es necesaria para la determinación del flujo básico, es decir, será necesario llevar un registro de caudales en los canales de drenaje y colectores antes de su salida al Arroyo Maravillas.

c) Flujo subterráneo hacia el Arroyo Maravillas ( $E_{AM}$ )

El flujo básico hacia el Arroyo Maravillas es el flujo correspondiente al drenaje de agua subterránea, o sea el flujo total menos las avenidas producidas por lluvias y exceso superficial de agua de riego. La determinación de este parámetro interesa a fin de conocer los volúmenes totales que se drenan mensual y anualmente desde los terrenos de la Colonia bajo las condiciones existentes (niveles freáticos, y sistema de riego actual).

Este flujo servirá como control para los cambios de almacenamiento subterráneo a ser evaluados en base a los cambios de los niveles freáticos.

El flujo básico de la estación lluviosa se obtendrá por los métodos establecidos para análisis de hidrogramas.

En la estación seca el caudal se compone del flujo básico más el exceso de riego no infiltrado, que escurre por los canales.

Flujo superficial que sale del área por otras vías de drenaje ( $Q_{EE}$ )

Con este parámetro se define la cantidad de flujo superficial (exceso de riego y lluvia) que se drena directamente al Río Colorado, a través de un colector ubicado en la parte noroeste de los terrenos cultivados. Se debe incluir también el agua que se deriva del canal principal a la represa de la finca Potrero.

La determinación de este parámetro sirve para completar el total de egresos. En la actualidad no se observan ni las derivaciones hacia la finca Potrero ni el desagüe hacia el Río Colorado. No es posible presentar estimaciones razonables, y el parámetro queda desconocido hasta que se ejecuten observaciones directas en el colector y en el canal mencionados.

Flujo subterráneo hacia el Río Colorado ( $E_{RC}$ )

La cuantificación de este parámetro entra dentro de un estudio hidrogeológico, y se obtiene por análisis de la información freaticométrica, actualmente en proceso.

Si bien los mapas isofreaticométricos indican un flujo desde el río hacia el terreno de la Colonia, no se puede ignorar que aforos esporádicos aguas arriba y aguas abajo de la zona, muestran claramente que el río Colorado recibe un aporte de  $0,6 - 2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Este aporte puede explicarse posiblemente por un flujo subálveo que pasa por cauces abandonados, reuniéndose con el cauce actual aguas más abajo.

Flujo subterráneo hacia terrenos limítrofes o pérdidas a acuíferos profundos  
( $E_{TL}$ )

Los mapas isofreáticos indican un flujo subterráneo dirigido en dirección sureste, que pasa por el Arroyo Maravillas. Este flujo debe ser cuantificado

a fin de agregarlo a los demás parámetros que definen los egresos de agua de los terrenos y constituyen su drenaje.

La cuantificación se realizará dentro del marco de un estudio hidrogeológico, aplicando la fórmula del flujo subterráneo:

Evapotranspiración total sobre el área ( $E_{ET}$ )

La evapotranspiración se debe obtener para diferenciar entre pérdidas por este factor y pérdidas de otros tipos, así como infiltración.

Este parámetro debe ser considerado separadamente para los terrenos con niveles freáticos relativamente profundos, es decir, donde la franja capilar no alcanza la superficie del terreno, y otros con niveles relativamente altos, en los cuales se produce una evapotranspiración desde el nivel freático. Entre ambas clases de terrenos no existe un límite fijo y claramente definido, ya que los niveles freáticos están sujetos a fluctuaciones anuales y cambios a más largo plazo. Suponemos que el espesor de la franja capilar varía también de un terreno a otro; no será factible considerar este detalle y se va a asumir algún valor límite algo arbitrario.

En lo que se refiere a los terrenos con niveles freáticos profundos, una primera aproximación, aún muy grosera, sería suponer que la evapotranspiración real sea igual a la potencial, obtenida de un tanque ajustándola por un factor. Con tal actitud, la evapotranspiración potencial por año servirá para calcular las pérdidas debidas a este parámetro. Ahora bien, la evaporación de tanque varió entre 1.200 y 1.700mm en el transcurso de los últimos cuatro años, y por ende no es satisfactorio aplicar un valor "promedio".

A fin de obtener datos más reales, deben aplicarse fórmulas empíricas como la de Blaney y Criddle, detallando la clase de cultivos y el uso consuntivo de los mismos, y los terrenos correspondientes a cada cultivo. La

elaboración de la evapotranspiración real según tal fórmula exige un esfuerzo notable de recolección de datos acerca de la extensión de los terrenos correspondientes a los diversos cultivos, tarea que se complica por los cambios en la utilización de los terrenos de un año a otro.

Para los terrenos con niveles freáticos cercanos a la superficie, la evapotranspiración real anual se puede considerar como el valor potencial, debido a que los mismos se encuentran casi siempre saturados y con cobertura vegetal completa.

Se hace hincapié en la necesidad de basar futuros cálculos de la evapotranspiración en valores mensuales de años definidos a ser estudiados. Teniendo presente la alta variabilidad de los factores climáticos (véase capítulo 3.1.) resultados basados en valores promedios pueden ser significativos solamente para períodos de muchos años, pero no pueden representar la situación actual en unos pocos años.

## 6. Utilidad de un balance hídrico

La descripción anterior, algo detallada, de los parámetros que intervienen en el régimen hídrico de la Colonia Santa Rosa demuestra que no se dispone en la actualidad de datos suficientes para elaborar un balance hídrico, aún aproximativo. A fin de preparar tal balance se necesita la siguiente información:

- a) un estudio pluviométrico sistemático, basado en valores diarios u horarios, que produzca resultados acerca de la intensidad y duración de las precipitaciones, representativos para toda la cuenca;
- b) caudales horarios en el Arroyo Maravillas, por lo menos durante la estación lluviosa;
- c) un balance hidrogeológico.

Para el estudio pluviométrico hay que evaluar los datos diarios disponibles, o instalar dos pluviómetros en los terrenos de la Colonia (véase Recomendaciones, capítulo 7). Los datos pluviográficos se necesitan también para el diseño de una red de drenaje a cualquier escala.

Los caudales horarios en el Arroyo Maravillas se obtendrán por una intensificación de las lecturas de escala, una mejora de la estación y los aforos correspondientes para una elaboración de la curva de descarga. Se necesita el balance hidrológico, no solamente para el balance hídrico total, sino también para identificar, en el terreno, zonas de altas tasas de infiltración, direcciones del flujo subterráneo e intensidad del mismo en diversas partes del terreno.

Los elementos más necesarios para la elaboración de un balance hídrico total sirven, pues, también para otros fines, en parte muy prácticos.

De cálculos y estimaciones muy preliminares se obtiene la impresión de que el margen entre ingresos y egresos totales es muy delicado. Si esta impresión es correcta, cualquier mejora, aún leve, en cualquiera de los parámetros que intervienen en el balance puede tener el efecto de convertir al mismo de positivo (ingresos mayores que los egresos) a negativo (los egresos mayores que los ingresos). Un balance hídrico ayudará a identificar los parámetros más fáciles de ser manejados.

Los efectos dañinos que hoy se manifiestan se han desarrollado en el transcurso de muchos años. Hay que recordar que el ascenso del nivel freático de una profundidad de 10 a 6 m no afecta al terreno y a las plantas, pero el ascenso de 4 m al nivel de la superficie tiene graves consecuencias. No es el propósito de este informe elaborar las medidas que hay que tomar para invertir el proceso del ascenso del nivel freático. Un balance hídrico puede ser útil en la elaboración de tales medidas y en la identificación de posibles soluciones alternativas.

## 7. Recomendaciones para futuras observaciones hidrométricas

De acuerdo a los criterios y a las observaciones expresados en informes anteriores, es de suponer que, en un futuro próximo, se completarán los estudios respectivos.

Los proyectos de mejoramiento del sistema de riego y un adecuado drenaje tendrán, desde luego, el fin de controlar los efectos desastrosos de la elevación de la napa freática. Sin tener en cuenta que las obras pertinentes puedan cumplir su objetivo a corto o a largo plazo, se recomiendan las siguientes medidas para establecer una red básica de estaciones hidrometeorológicas y obtener la información mínima necesaria para hacer factible un balance hídrico:

- a) Que se considere como muy importante la rehabilitación del pluviógrafo en la estación Chacra experimental. Este aparato fué instalado en 1970 por Agua y Energía y funcionó algunos meses. Se retiró el pluviógrafo para reparaciones, pero no se lo volvió a instalar. Debe insistirse en que Agua y Energía reinstale el aparato.
- b) Aprovechando los estudios que actualmente se están realizando en la planta piloto del Proyecto, debe instalarse en este sitio un pluviógrafo que proporcione datos de lluvia para la zona baja (335 n). Además ese aparato es indispensable en la planta piloto para que proporcione la información básica para los estudios de infiltración y drenaje que por supuesto, tendrán lugar en este sitio.
- c) Para un área de  $100 \text{ Km}^2$  y para un estudio de esta índole, se requieren, según normas establecidas, por lo menos seis estaciones pluviométricas. Para completar una red mínima se necesitan entonces dos pluviómetros más,

uno en la parte norte del terreno preferiblemente al lado del Río Colorado en el camino de Los Jesuítas, y el otro en la parte suroeste, por ejemplo en Cantera Ripio.

- d) La estación limnimétrica Arroyo Maravillas en la Ruta No.34 está sujeta a cambios de curvas de descarga, y por lo tanto, es necesario construir una pequeña represa de hormigón de 0,2 m de altura en el arroyo, unos 10 m aguas abajo del puente.

El observador vive al lado del puente; sin embargo, si fuera difícil contratarlo para que efectúe lecturas horarias durante la época de lluvias, es indispensable la instalación de un limnógrafo, tipo semanal, para registrar las fluctuaciones rápidas de niveles en el arroyo.

- e) La escala en la toma B funciona en forma satisfactoria. Cuatro lecturas por día perfeccionarán los datos y esto puede realizarse en cuanto el tomero se haya trasladado a la casa ya en construcción, en el sitio de la toma.

- f) Si se propone operar la toma A en una forma permanente, será necesario construir una sección de aforo o instalar un limnómetro. Lo más adecuado puede ser un vertedero de hormigón con hierro y un ángulo de 90°, directamente acoplado a los tubos de salida a través de un pozo amortiguador de hormigón. El caudal máximo, limitado por los tubos, sería unos 300 l/s

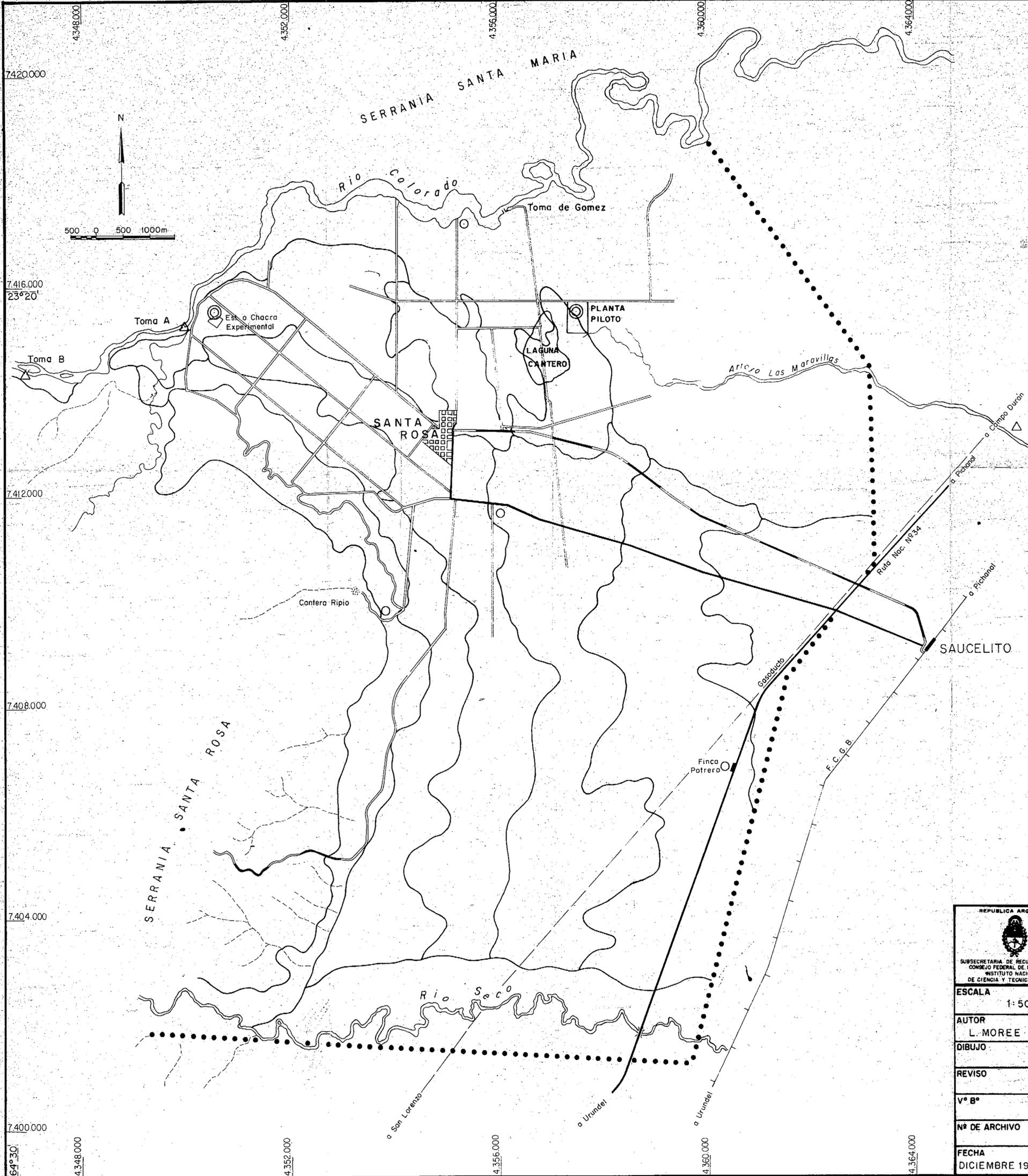
- g) La nueva toma C, propuesta para sustituir la A y la B, debe ser provista con un diseño propio para medir caudales. Debe estudiarse también la posibilidad de combinar esta toma con una estación limnimétrica en el Río Colorado, que hasta ahora no tiene registros.

h) Se considera necesario medir, a través de un vertedero o compuerta, los volúmenes diarios de agua de riego, que salen al Río Colorado a través del colector y que salda la presa Potrero a través del canal correspondiente.

Véase el plano adjunto para más detalles.

Para estudios hidrogeológicos detallados, será necesario contar con más información hidrometeorológica. En el análisis de las características de la infiltración, por ejemplo, será necesario comparar los datos de cambio de almacenamiento, obtenidos por freáticos, con el flujo básico. En este caso hay que medir los caudales en los diversos sistemas de drenaje para poder separar el aporte del flujo superficial. Asimismo, para estudios de uso de agua, debe medirse la aplicación en los distintos sistemas de riego.

PROYECTO NOA HIDRICO , Noviembre de 1980



**REFERENCIAS**

- △ ESTACION LIMNIMETRICA
- ⊙ ESTACION PLUVIOGRAFICA
- ESTACION PLUVIOMETRICA

 REPUBLICA ARGENTINA SUBSECRETARIA DE RECURSOS HIDRICOS CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNICA HIDRICAS	NACIONES UNIDAS  PROGRAMA DE LAS NU.UU. PARA EL DESARROLLO ARGENTINA / TRONCO 2/10/1 DTCC / M. UU. - UN / 150
<b>PROYECTO NOA HIDRICO SEGUNDA FASE</b>	
ESCALA 1: 50.000	
AUTOR L. MOREE	<b>RED DE ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS</b>
DIBUJO REVISO	
Vº Bº	<b>Area: COLONIA SANTA ROSA Prov.: SALTA</b>
Nº DE ARCHIVO	
FECHA DICIEMBRE 1980	