

ESTUDIOS BASICOS REGIONALES  
EN LA CUENCA DEL RIO SALADO  
Tramo Inferior Santiagueño

TOMO . II

C A P I T U L O I I

H I D R O L O G I A S U P E R F I C I A L

## A G R A D E C I M I E N T O S

Se agradece la colaboración de la Provincia a través de los siguientes Organismos:

- SECRETARIA DE PLANEAMIENTO Y DESARROLLO
  
- ADMINISTRACION PROVINCIAL DE RECURSOS HIDRICOS
  
- AGUA Y ENERGIA ELECTRICA - INTENDENCIA DE RIEGO DEL RIO DULCE
  
- AGUA Y ENERGIA ELECTRICA - JEFATURA ESTUDIOS Y PROYECTOS  
REGION I

Responsable del Trabajo

Renato José NAVARRO

I N D I C E

MAPAS - GRAFICOS-- CUADROS - FOTOS

	Pág.
MAPA N° 1	19
MAPA N° 2	20
GRAFICO N° 1	21
GRAFICO N° 2	22
GRAFICO N° 3	23
GRAFICO N° 4	24
GRAFICO N° 5	25
GRAFICO N° 6	26
GRAFICO N° 7	27
GRAFICO N° 8	28
GRAFICO N° 9	29
GRAFICO N° 10	30
GRAFICO N° 11	31
CUADRO N° 1	32
CUADRO N° 2	33
CUADRO N° 3	34
CUADRO N° 4	35
CUADRO N° 5	36
FOTO N° 1 y 2	37
FOTO N° 3 y 4	38
FOTO N° 5 y 6	39
FOTO N° 7 y 8	40
FOTO N° 9 y 10	41
FOTO N° 11 y 12	42
FOTO AEREA N° 1	18

# I N D I C E

## BALANCE HIDRICO - PERIODOS 1984 - 1985 ; 1985 - 1986

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. CUANTIFICACION DE LA DESCARGA EN FUNCION DEL TIEM- PO EN LA ESTACION SUNCHO CORRAL	2
2.1. Ubicación de la estación	2
2.2. Recopilación de datos básicos	2
2.3. Comprobación preliminar de la información	2
2.3.1. Alturas limnimétricas	2
2.3.2. Aforos realizados	3
2.4. Curva de descarga o "H - Q"	4
2.4.1. Ajuste de la curva "H - Q"	4
2.5. Caudales Medios	5
2.5.1. Caudales medios diarios	5
2.5.2. Caudales medios mensuales	5
2.5.3. Caudales medios anuales	5
2.6. Volúmenes o derrames	5
2.6.1. Derrame mensual	6
2.6.2. Derrame acumulado	6
2.7. Módulo del Período	6
2.7.1. Módulo del período 1972/73 - 1984/85	6
2.7.2. Módulo del período 1972/73 - 1985/86	6
2.8. Curva de caudales clasificados	7
2.8.1. Método	7

## CAMPAÑAS DE AFOROS

	Pág.
1. INTRODUCCION	8
2. EPOCA DE REALIZACION DE LAS CAMPAÑAS	9
2.1. Ubicación de los puntos de aforo y caudales medidos	9
2.1.1. Suncho Corral	10
2.1.2. Puente Taco Atún	10
2.1.3. Canales habilitados para riego	10
2.1.4. Puente de Añatuya	11
2.1.5. Puente Casares - Bandera	11
2.1.6. Puente Pinto - Bandera	12
2.1.7. Zona de trasvasamiento entre los / bañados del Río Dulce y el Río Sa- lado	12
3. CAUDALES CLASIFICADOS	14
4. CONCLUSIONES	
5. RECOMENDACIONES	17

BALANCE HIDRICO  
PERIODOS 1984/85 - 1985/86

1. INTRODUCCION

El presente trabajo, es una actualización de otros estudios hidrológicos realizados por el Convenio Bajos Submeridionales ("Introducción al Estudio y Conocimiento Hidrológico // del Río Salado en el Tramo Inferior Santiagueño"). Este podrá ser utilizado como complemento de los proyectos de obras de regulación de la cuenca.

A medida que se avance en la determinación de los parámetros hidrológicos y se disponga de un mayor número de datos lo suficientemente representativos, se ajustarán los cálculos con el objeto de lograr un balance más aproximado.

2. CUANTIFICACION DE LA DESCARGA EN FUNCION DEL TIEMPO EN LA / ESTACION SUNCHO CORRAL DE LOS PERIODOS HIDROLOGICOS 1984/85 1985/86 (Cuadros N° 1 y 2)

2.1. Ubicación de la estación (Mapas N° 1 y 2)

- Lugar: Suncho Corral, Dpto. Matará; Pcia. de Santiago del Estero.
- Latitud: 27°57'
- Longitud: 63°26'
- Altitud: 133 m.s.n.m.

2.2. Recopilación de datos básicos

Como primera medida se procedió a la recopilación de / datos básicos de dicha estación consistentes en:

- Serie de alturas limnimétricas diarias practicadas / por la Administración Provincial de Recursos Hídri- / cos, desde el 1° de Setiembre de 1984 hasta el 31 de Agosto de 1986
- Aforos practicados por la Administración Provincial de Recursos Hídricos (Gráfico N°1)
- Aforos practicados por el I.N.C.Y.T.H. Centro Regio- nal Litoral en Marzo de 1984 (Cuadro N°3)
- Aforos realizados por el Convenio Bajos Submeridiona- les (Gráfico N°2)

2.3. Comprobación preliminar de la información

2.3.1. Alturas limnimétricas

Al realizar aforos se detectó el mal estado de las escalas hidrométricas, como también la lectura incorrecta de las mismas durante el mes de Agosto del año 1986; que se corrigieron al pasar a la planilla de balance hidrométrico mensual (Cuadro N°2). Estas alturas son instantáneas de la hora 8 de cada día, por esta causa / no se pudo calcular los máximos y mínimos instantáneos de estos dos períodos; los valores obtenidos se los podría considerar como no significativos, ya que este río en esta zona recibe los valores extremos de estiaje o creciente atenuados y diferidos en gran lapso por el Bañado de Figueroa

#### 2.3.2. Aforos realizados

En el Cuadro N°4 se los detallan en orden cronológico y califican de acuerdo al método de medición utilizado, organismo que realiza la tarea y estado del río.

#### 2.4. Curva de descarga o "H - Q"

La característica de este río, de modificar la sección de aforo por erosión, sedimentación o transportes de restos vegetales, hace que las curvas "H - Q" varíen / de manera imprevisible en forma continua a lo largo // del tiempo. Por lo tanto la precisión de ésta, estará dada por la frecuencia en que se realicen las mediciones de caudal, capaces de definir las relaciones "H - Q" válidas para cada lapso. Debido a esta inestabilidad morfológica del río podemos decir, que los datos

existentes no serían los óptimos para una curva de buena calidad de representación de caudal a partir de las escalas tomadas; pero dada la circunstancia, y la necesidad de conocer el movimiento que se produce en la // cuenca baja, se realiza este trabajo que con nuevas y continuas mediciones podría corregirse o corroborar la información emitida.

#### 2.4.1. Ajuste en la curva "H - Q"

Para comprobar si existía una correlación de aumento areal con respecto al caudal se realizó / una curva Altura - Area (Gráfico N°4), de la // que se destacaron dos irregularidades:

a) A pesar de aumentar la escala entre el día 23 y 27 de Marzo de 1984 no varía la sección.

b) Entre el 31 de Marzo y el 2 de Abril también aumentó la escala pero el área disminuyó en forma notable.

De esto se dedujo que era imposible utilizar // fórmulas como las de Chezy, Maning o Stevens; que sólo se pueden utilizar en ríos con curvas estables influenciadas sólo por el cambio de / pendientes y no por variaciones morfológicas / continuas del cauce.

En base a esto se realiza una curva "H - Q" // por determinación gráfica (Gráfico N°3) de ésta en forma directa se leen los metros y decímetros, y los centímetros se los calcula por / interpolación entre decímetros.

## 2.5. Caudales Medios

### 2.5.1. Caudales medio diarios

No se los calcula por la falta de lecturas limnimétricas a distintas horas del día, pero hay que destacar que las variaciones no son considerables ya que los caudales de un día no sufren variaciones con respecto a los anteriores o posteriores (Por lo explicado en el punto 2.3.1.).

### 2.5.2. Caudales medios mensuales

Según fórmula

$$Q_m = \frac{Q \text{ diarios}}{n}$$

$$n = N^\circ \text{ días}$$

### 2.5.3. Caudales medios anuales

Según fórmula

$$\bar{Q}_a = \frac{1}{n_a} \sum_{i=1}^{12} n_{m_i} \cdot \bar{Q}_m$$

$n_a = N^\circ$  de días del año

$n_{m_i} = N^\circ$  de días del mes  $i$

$Q_m =$  caudal medio del mes

## 2.6. Volúmenes o derrames

### 2.6.1. Derrame mensual

Según fórmula

$$D M = \bar{Q}_m \cdot n_{m_i} \cdot t$$

$\bar{Q}_m$  = Caudal medio del mes

$nm_i$  = N° de días del mes i

t = segundos de un día

### 2.6.2 Derrame acumulado

Según fórmula

$$D A = \sum D M$$

### 2.7. Módulo del período

#### 2.7.1. Módulo del período 1972/73 - 1984/85

Según fórmula

$$M P = \frac{1}{ta.s} \sum_{i=1}^{13} D A$$

ta = 13 por la cantidad de días de un año

s = segundos de un día

DA = derrame anual de cada período

#### 2.7.2. Módulo del período 1972/73 - 1985/86

Según fórmula

$$M P = \frac{1}{ta.s} \sum_{i=1}^{14} D A$$

ta = 14 por la cantidad de días de un año

s = segundos de un día

DA = derrame anual de cada período

## 2.8. Curva de caudales clasificados

### 2.8.1. Método

Se acomodan en orden decreciente los valores caudal de cada período (Clasificación monótona), se representan en ordenadas los caudales separados equidistantemente en las abcisas donde se representan la probabilidad en días o porcentajes de ser sobrepasado un caudal (Gráficos N° 5 y 6).

## CAMPAÑA DE AFOROS

### 1. INTRODUCCION

En base a dos campañas de aforos realizadas entre la estación Hidrométrica Suncho Corral y la Ruta Pinto - Bandera, / se intentará bosquejar estimativamente el funcionamiento de los bañados en esta zona.

Es de destacar que para un completo y correcto análisis serían necesarias estaciones hidrometeorológicas estables con registros diarios en los puntos aforados.

Asimismo también se realizó un aforo expeditivo en la zona / de trasvasamiento entre los bañados del río Salado y Dulce / cerca de la población de Argentina.

## 2. EPOCA DE REALIZACION DE LAS CAMPAÑAS

Las dos se realizaron entre los últimos días y los primeros del primer y segundo mes de estiaje respectivamente, considerando la siguiente clasificación:

Febrero - Marzo - Abril	Meses de alta o creciente
Enero - Mayo - Junio	Meses de media
Julio - Agosto - Setiembre - Octubre - Noviembre - Diciembre	Meses de baja o estiaje

Por realizarse dentro del período de Baja, los caudales son muy estables, con amplitudes poco significativas entre /// los máximos y los mínimos, tanto instantáneos como medios / diarios, que generalmente tienen valores iguales.

### 2.1. Ubicación de los puntos de aforo y caudales medidos

En el Mapa N°2 se encuentran ubicados los puntos en // que se realizaron aforos

#### 2.1.1. Suncho Corral

La ubicación de éste ya fue descripta en el punto 2.1.; el caudal de la primera campaña es el aforado en forma instantánea por la Administración Provincial de Recursos Hídricos ( $23,67 \text{ m}^3/\text{s}$ )

Para la segunda campaña el valor caudal se lo / consideró como el medio mensual de Julio de /// 1986,  $26,90 \text{ m}^3/\text{s}$  (Cuadro N°5)

### 2.1.2. Puente Taco Atún

Hasta este punto se llega por un camino vecinal desde la Ruta Nacional N° 34 recorriendo una distancia aproximada de 7 Km (Gráfico N° 7). Para / la primera campaña al caudal se lo conoce realizizando lecturas de profundidad y velocidades medias en la vertical desde un puente colgante o pasarela, que cruza el río de margen derecha a margen izquierda en forma perpendicular a la // disposición de los filetes líquidos. El caudal medido fue  $22,35 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para la segunda campaña por no haber puntos ni registros de referencia (escalas, mojones, etc.) que indiquen el nivel que el río tenía en esa época, tan sólo se limitó a utilizar el mismo porcentual de pérdida de la primera campaña, estimando un caudal de ////  $25,40 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### 2.1.3. Canales habilitados para Riego

Canal Sauce: El Canal principal Sauce se alimenta del río Salado 5 Km aguas abajo del Puente / Taco Atún, a través de una toma directa consistente en dos compuertas, que regulan su apertura por un sinfín. En la primera campaña se aforó el pasante de este principal y una deriva-// ción primaria (Canal Tala Pozo), arrojando un / caudal de  $4,57 \text{ m}^3/\text{s}$ .; en la segunda campaña se calculó a partir de la escala en el frontón de El Sauce teniendo en cuenta que en las dos épocas las compuertas no estaban controlando el acceso; el caudal estimado fue  $3,30 \text{ m}^3/\text{s}$

#### 2.1.4. Puente de Añatuya

A mitad de camino entre las poblaciones de Colonia Dora y Añatuya, sobre la Ruta N° 34, un puente de hormigón armado y una serie de alcantarillas permiten el pasaje de agua del río para el primero y de los bañados para las segundas. En la primera campaña se aforó  $19,75 \text{ m}^3/\text{s}$  netos pasantes en el río. En la segunda en el río se midieron  $19,66 \text{ m}^3/\text{s}$ , más lo aforado en dos alcantarillas ( $1,105 \text{ m}^3/\text{s}$ )

En el gráfico N° 8 se han dibujado los perfiles transversales tomados en cada campaña, donde se observa el problema existente en la última por obstrucción del puente (retención de ramas y pajá totora en las columnas), produciendo una /// excesiva erosión de fondo en las márgenes y embanque en la parte central del cauce; este proceso puede perjudicar la estabilidad de la obra. La velocidad media para esta segunda campaña // fue de  $39 \text{ cm/s}$  en el río y en las alcantari-/// llas de  $24 \text{ cm/s}$ ; es de destacar que las alcantarillas restantes se encontraban con agua pero / sin presentar escurrimiento.

#### 2.1.5. Puente Casares - Bandera

A 15 Km de la población de Casares y 40 Km de / Bandera se encuentra un puente de mampostería, hierro y madera sobre el río Salado, que sirve de comunicación para estas dos poblaciones.

En la primera campaña se logró aforar el río // desde el puente obteniendo un caudal de  $7,98 // \text{ m}^3/\text{s}$ , con una velocidad media de  $24 \text{ cm/s}$ ; en /

la segunda no se pudo medir por encontrarse el camino obstruido por derrames en dirección sur sureste (Gráfico N°9)

#### 2.1.6. Puente Pinto - Bandera

A 10 Km de la población de Pinto y 50 Km de Bandera se encuentra un puente de quebracho colorado y una serie de 34 alcantarillas que sirven / de escurrimiento de las aguas del Río Salado en dirección sur sureste. En la primera campaña // los valores de velocidad media eran tan bajos / que fue imposible medir el caudal, en la segunda se aforó un caudal total de  $28,54 \text{ m}^3/\text{s}$ , de / los cuales  $19,143 \text{ m}^3/\text{s}$  correspondían al río, //  $0,138 \text{ m}^3/\text{s}$  a las dos alcantarillas de la margen izquierda y  $9,257 \text{ m}^3/\text{s}$  correspondían a las 32 / alcantarillas de la margen derecha. La veloci-/ dad media del río era de  $35 \text{ cm/s}$ , y de las al-/ cantarillas de  $37 \text{ cm/s}$  (Gráfico N°10)

#### 2.1.7. Zona de trasvasamiento entre los Bañados del // Río Dulce y el Río Salado

En el sector sur sureste de los Dptos. Aguirre y Rivadavia entre las localidades de Palo Negro y Argentina se encuentra ubicada un área depri- mida por la cual se interconectan la cuenca del río Salado con la del río Dulce. El mecanismo / de la dinámica de funcionamiento del trasvasa-/ miento es desconocida hasta el presente y sólo se han realizado estudios a través de imágenes satelitarias y fotografías aéreas. Como resulta

do de estas investigaciones se ha comprobado la existencia de antiguos cauces y un sistema de / lagunas interconectadas en épocas de máxima. A efectos de corroborar en qué momento se produ- / cen los trasvasamientos de una cuenca a otra, / es necesario efectuar levantamientos topográfi- / cos y profundizar en el conocimiento hidrológi- / co.

Esta zona de subsidencia causa serios problemas a poblaciones muy importantes como el caso de // Tostado (Pcia. de Santa Fe) y puede ocasionar / graves riesgos sobre la estabilidad de la Ruta Nacional N°34.

Esta vital vía de comunicación está amenazada / por procesos erosivos como consecuencia de la in- / suficiente sección de paso de los volúmenes acu- / mulados en ambas cuencas. (Foto aérea N°1)

En forma paralela a la ruta, separados por una / banquina (totalmente inundada) de 50 m aproxima- / damente se ubican: el camino viejo de comunica- / ción entre las localidades arriba mencionadas, y / las vías del ferrocarril Gral. Bartolomé Mitre /

Estas dos, enfrentadas a los caños tienen en for- / ma individual un puente de mampostería que permi- / tía en el momento de aforar el pasaje de lo ero- / gado por los ocho tubos de metal corrugado above- / dados ( $1,172 \text{ m}^3/\text{s}$  Aporte del Río Salado). más lo / de las banquinas  $0,759 \text{ m}^3/\text{s}$ , hacia los bañados / del río Dulce (Gráfico N°11).

### 3. CAUDALES CLASIFICADOS

Por comportarse los bañados como atenuadores y reductores / de crecientes, es de interés conocer en que punto de la // clasificación monótona decreciente se encontraban los caudales de Suncho Corral en las dos campañas de aforos. En la / primera el caudal medio fue sobrepasado durante el 60 % del tiempo y su rango con respecto al máximo fue de  $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$  y con respecto al mínimo de  $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$ . En la segunda el caudal calculado fue sobrepasado durante el 51,6 % en el mes de Julio y su rango con el máximo fue de  $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$  y con el mínimo de  $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Esta clasificación no se la puede realizar en los demás puntos aforados por la falta de estimación de caudales, ya sea directa o indirectamente en forma continua.

#### 4. CONCLUSIONES

La clasificación de caudales y el rango, presume que los aumentos o pérđidas de los mismos en el orden del 10 % entre tramos, puede deberse a la llegada de los máximos o mínimos del mes

- En la primera campaña el bañado de Añatuya se com-  
porta como reservorio natural erogando caudales instantá-//  
neos mayores que los ingresados, en cambio en la segunda ,/  
se registra una disminución de caudales en las erogaciones  
del mismo.

- De lo descrito en el punto anterior, se podría de-  
ducir que se estaría colmatando el vaso del reservorio, de-  
bido a la sedimentación de los sólidos en suspensión, que /  
en estos últimos años aumentaron en forma considerable por  
los efectos de cárcavamiento en la cuenca media del río Sa-  
lado. (Bañado de Figueroa)

- En el segundo tramo aforado, desde el puente Colo-  
nia Dora - Añatuya hasta el puente Pinto - Bandera, se pre-  
senta la mayor irregularidad. En la primera campaña no se /  
pudo aforar en el último puente, encambio en la segunda se  
produce un incremento muy elevado de caudal en el punto in-  
ferior (Puente Pinto - Bandera) con respecto al superior //  
(Dora - Añatuya).

- Por las alcantarillas escurre el 30 % del caudal to  
tal pasante aguas abajo.

- De lo que sucede en el último tramo se pueden hacer

tres hipótesis; la primera que el bañado se ha desplazado a aguas abajo; la segunda, los bañados todavía se encuentran / descargando los excesos volumétricos que aportó la cuenca / alta y media, durante los períodos 1983/84 - 1984/85, y la tercera las dos combinadas.

#### ZONA DE TRASVASAMIENTO

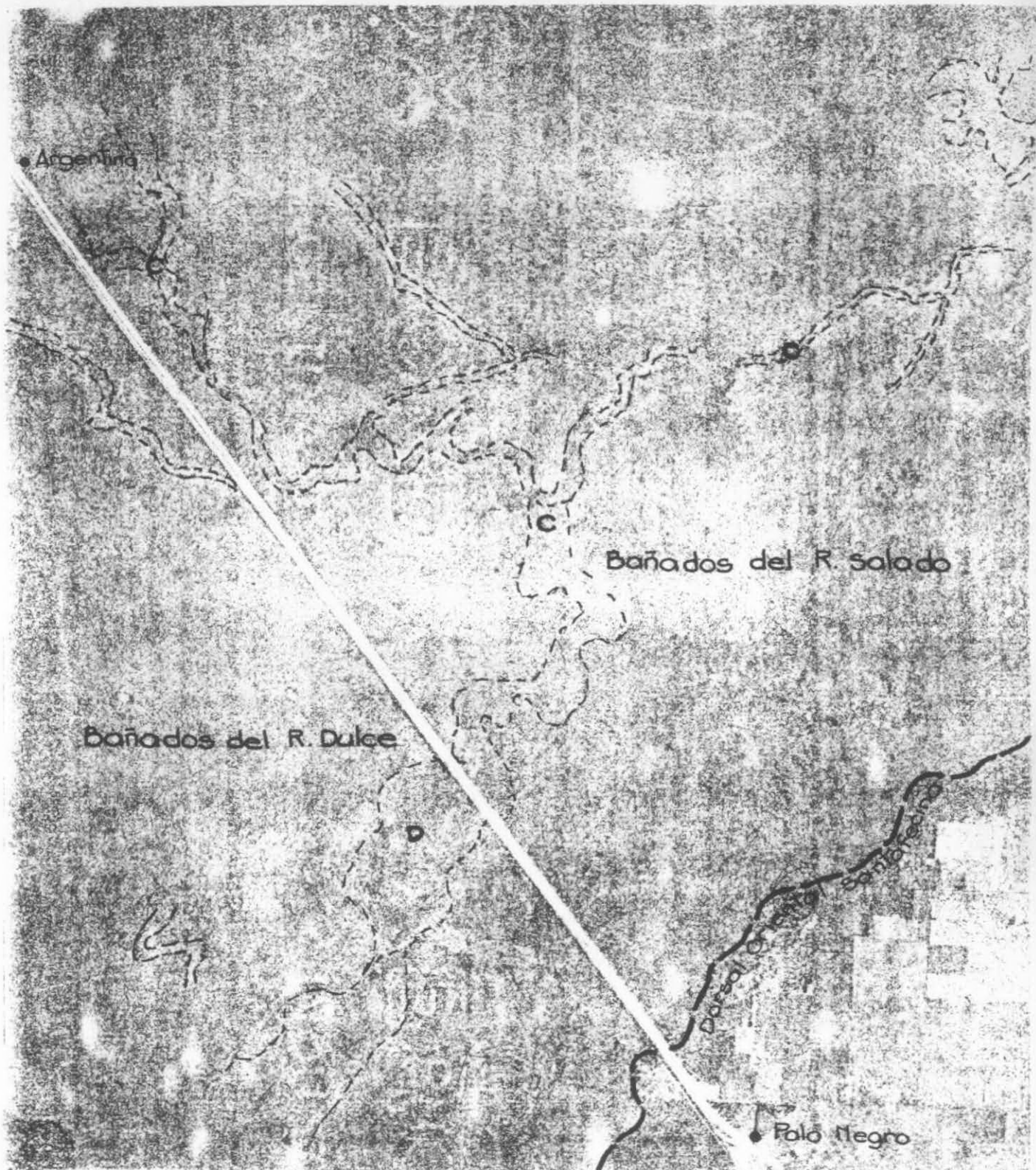
- La capacidad de conducción del puente es mayor // que la de las alcantarillas, donde en las últimas, las velocidades medias se incrementan por la disminución real.

- Las banquetas erosionan elevados caudales que en momentos que el río Dulce aporta al Salado se vería dificultada la salida de las aguas por lo explicado en el punto anterior.

- En dirección al poblado de Argentina hay dos puentes más sobre la ruta vieja y las vías del ferrocarril, totalmente obstruidos por la falta de alcantarillas en la nueva Ruta Nacional N° 34, es posible que sea ésta la causa / del comportamiento de las banquetas como acumulador de excesivos volúmenes, que no pueden ser saneados en forma continua.

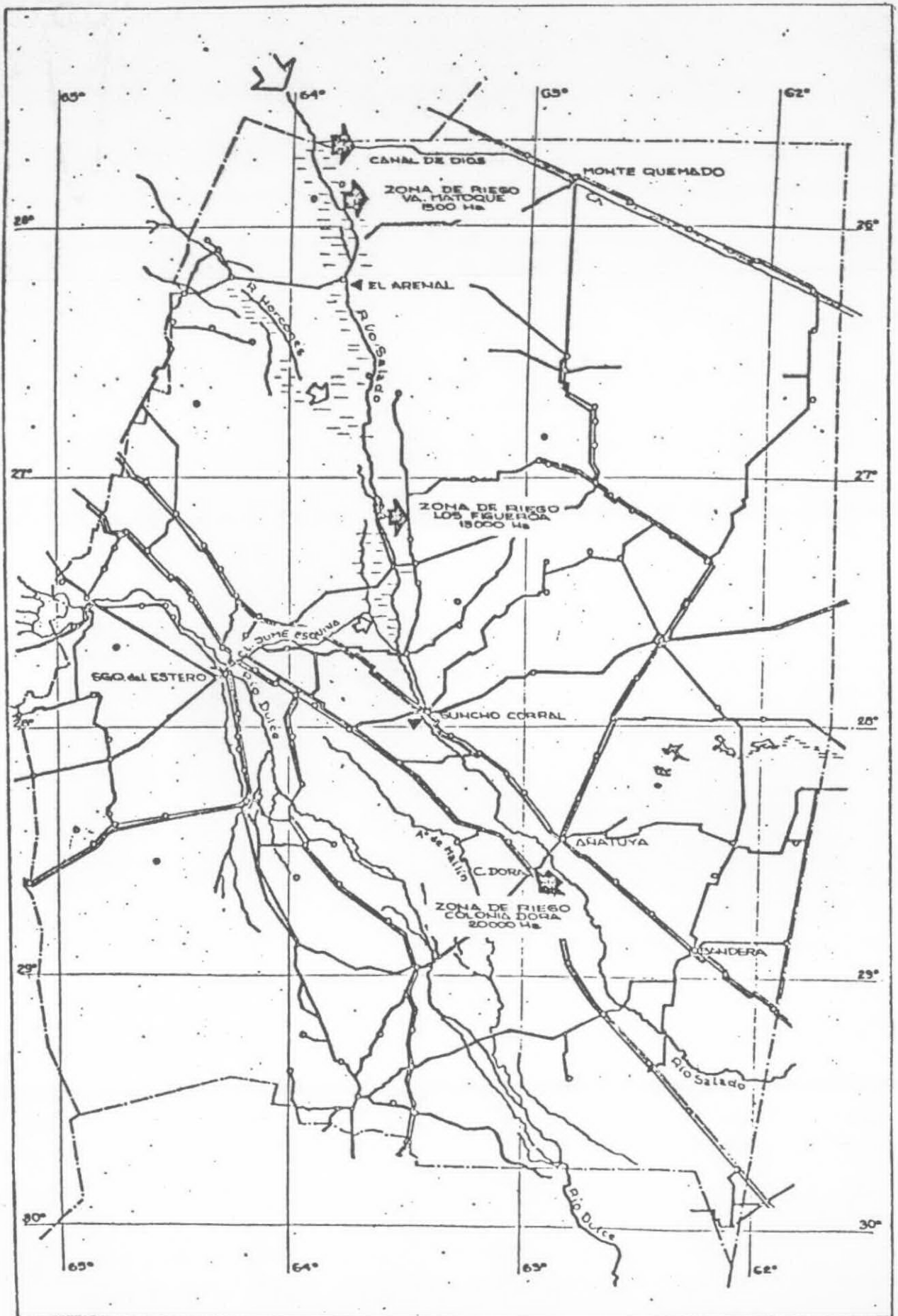
## 5. RECOMENDACIONES

- Instalación de una estación hidrometeorológica de primer / orden, con registros diarios instantáneos continuos, en // Suncho Corral.
- Colocación y calibración de escalas hidrométricas en el acceso a los canales de riego, a cargo de la Administración Provincial de Recursos Hídricos.
- Calibración de la escala en el frontón de el canal Sauce, a fin de conocer el acceso volumétrico neto al Bañado de / Añatuya.
- Instalación y calibración de una escala, al igual que en / en cada alcantarilla para estimar los escurrimientos en dirección sur sureste, en el puente de Añatuya.
- Aforo en canales colectores de Añatuya
- Instalación y calibración de escala, en el camino Casares-Bandera.
- Instalación de una estación hidrométrica con registros diarios de escala y aforos mensuales, en el puente Pinto-Bandera.
- Trasvasamiento, estimación de dos curvas H-Q y aforos en / forma periódica para determinar los caudales de aporte de banquinas y bañados.
- En cada estación que se instalen escalas hidrométricas se hará una nivelación y ubicación de un punto fijo con cota sobre nivel del mar.

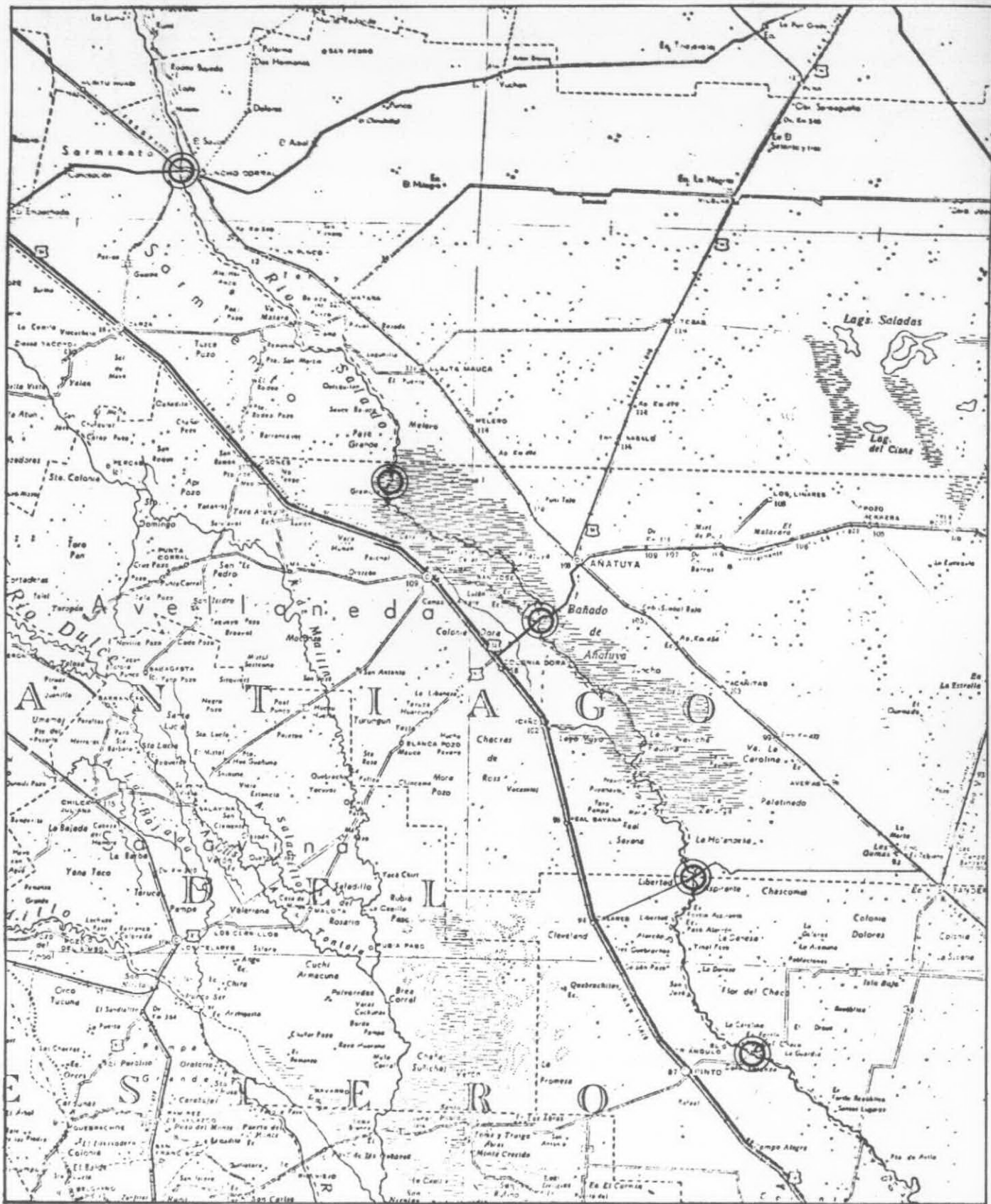


**REFERENCIAS**

- C - Paleocauces del Río Salado
- D - Paleocauces del Río Dulce



Esc. aprox. 1:2.400.000



Esc. aprox. 1:800.000

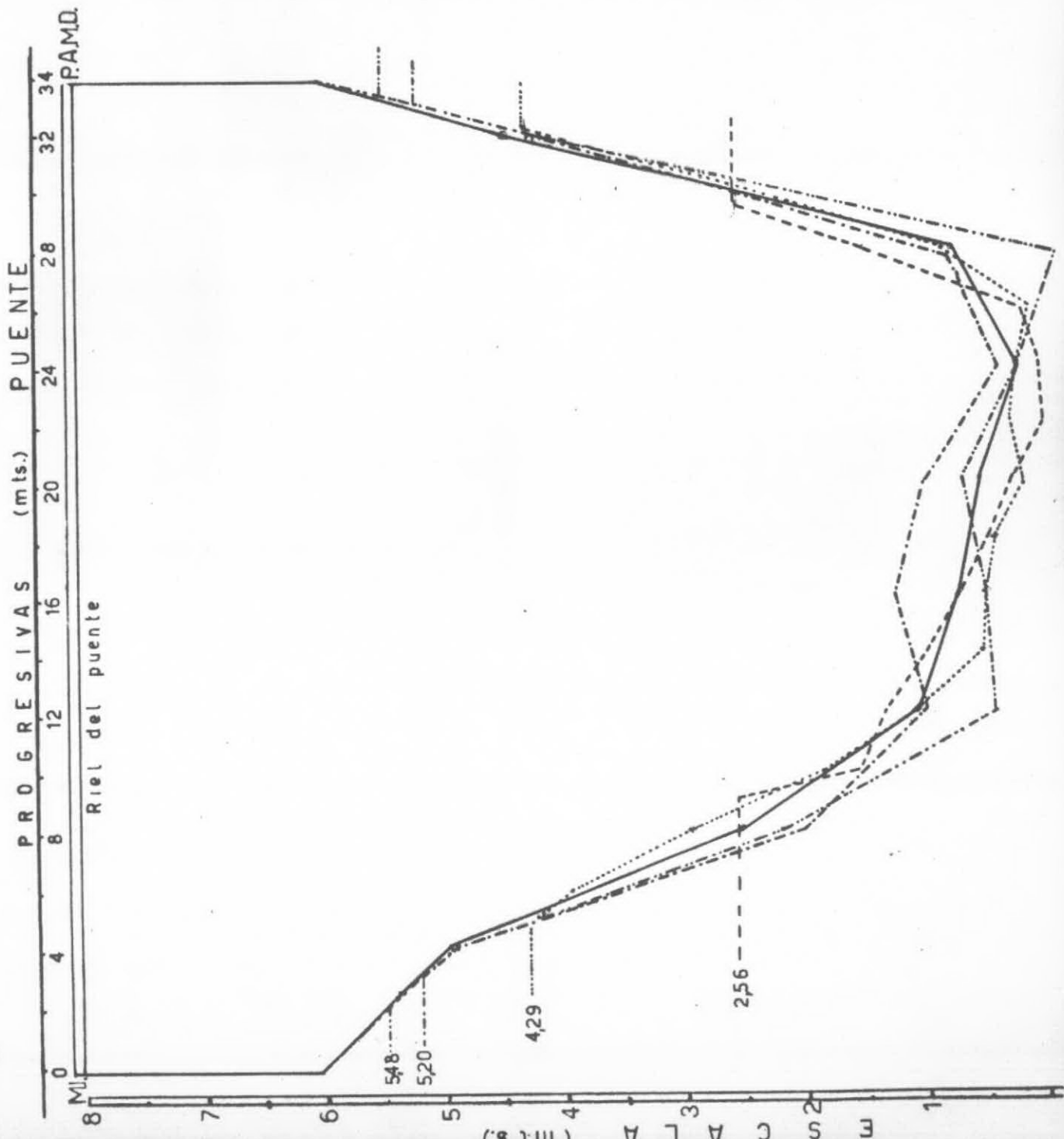
⊙ Puntos de aforo

RESUMEN DE AFOROS REALIZADOS POR LA ADMINISTRACION PROVINCIAL DE RECURSOS HIDRICOS EN SUNCHO CORRAL DESDE EL PUENTE DE ACCESO SOBRE EL RIO SALADO

FECHA	LINEA	ESCALA mts.	CAUDAL m <sup>3</sup> /seg.	AREA m <sup>2</sup>	VELOCIDAD m/seg.		AREA TOTAL m <sup>2</sup>
					MEDIA	MAXIMA	
23/04/82	-----	5,48	60,488	116,40	0,519	0,97	202,62
02/04/82	-----	5,20	58,516	107,08	0,546	1,15	196,00
23/02/83	.....	4,29	60,052	78,00	0,770	0,90	198,11
28/07/82	-----	2,56	23,668	34,04	0,695	0,93	192,38
PROMEDIO	-----	-----	-----	-----	0,632	0,99	197,28

Nota: Las velocidades máximas se encontraban entre las progresivas 18 a 27m.-

PERFIL TRANSVERSAL DEL RIO EN LA SALIDA DEL PUENTE



RIO: Salado

LUGAR: Suncho Corral

CURVA ALTURA-CAUDAL

