

ESTUDIOS BASICOS PARA EL DIQUE JUME ESQUINA

INFORME FINAL

II.- HIDROECONOMÍA

Para la evaluación del funcionamiento del Sistema Jume Esquina se realizó un modelo matemático de simulación que contempla el funcionamiento global del aprovechamiento de los Ríos Dulce y Salado, considerando además la regulación que resultaría en el embalse Jume Esquina y los caudales excedentes del Sub-sistema Figueroa.

El modelo de simulación del funcionamiento se desarrolló en planilla de cálculo y considera aportes, demandas actuales y futuras, capacidad de embalse disponible, como así también la capacidad de las facilidades que posibilitan la derivación y la evacuación de caudales de las distintas fuentes.

Para la oferta de agua se utilizaron datos estadísticos de caudales de los ríos Dulce, Salado y Horcones. La operación de los embalses de regulación se ajustó a criterios que permitan la optimización de los sistemas.

Se determinaron las demandas: para riego, para abastecimiento de agua potable y para uso ganadero. Con esta información y los registros de caudales (oferta de agua) se construyó un modelo de simulación de funcionamiento del Sistema, para distintas opciones de infraestructura y de manejo. El modelo de si-

mulación se planteó siguiendo como eje central la ley de continuidad, realizando balances entre la oferta y la demanda de agua.

Como resultado del modelo se obtuvieron los niveles de garantía de cubrimiento de la demanda y las superficies factibles de riego para distintas hipótesis y para años típicos seleccionados.

Para el caso específico del movimiento del embalse Jume Esquina se adoptó el criterio de que en el mismo se acumularán volúmenes transportados a través del Canal de Jume Esquina durante los meses de grandes caudales, coincidentes con bajos consumos en ruta. En época de altos consumos en ruta se trasvasará el máximo caudal posible, el que será complementado con los desembalses de Jume Esquina.

Las demandas para riego del área que se propone como ampliación se fijaron en función de las posibilidades de derivación, contemplándose, en principio que la superficie máxima sería de 20.000 ha.

Para el área de aprovechamiento ubicada aguas abajo de Codo Bajada (Departamento Avellaneda) se consideró una superficie de 15000 ha, que sería compatible con el volumen de trasvase previsto de 225,4 hm³/año. En la actualidad la actividad agrícola bajo riego está muy deprimida, debido en gran medida a la salinización de los suelos y de las aguas. No existen cifras oficiales, pero las estimaciones realizadas indican que la totalidad de la superficie regada no supera las

5.000 ha, cifra que estaría de acuerdo con los volúmenes que se han derivado en los últimos años por el Canal de Jume Esquina.

En todos los casos se consideraron los requerimientos hídricos de los cultivos existentes en la información antecedente de estudios ejecutados por el Consejo Federal de Inversiones. Se consideró además el requerimiento de volúmenes adicionales para mantener el equilibrio salino en los sistemas productivos (requerimiento de lixiviación)

Para abastecimiento de agua potable se tuvo en cuenta la población existente en la zona de trabajo, discriminando las poblaciones agrupadas en núcleos municipales y la población rural. Se tuvo en cuenta también el requerimiento de los establecimientos escolares, cuya población se estimó a partir de los datos clasificados por grupos etarios. Se trabajó con datos oficiales del INDEC, los que se proyectaron en base a un horizonte de diseño de 25 años, utilizando tasas de crecimiento poblacional históricas. Además se utilizaron tasas de crecimiento que se estimaron en base al grado de desarrollo que se espera a partir de la mayor actividad humana como consecuencia de las obras y acciones programadas.

Para uso ganadero, se estimó el consumo máximo previsible en el área de influencia de la zona de trabajo, asumiendo que habrá un incremento de la carga ganadera por mejor manejo de los rodeos.

El modelo de Hidroeconomía se planteó siguiendo como eje central la ley de continuidad, haciendo cumplir la misma para las condiciones de funcionamiento de los embalses, realizando balances de volúmenes de ingreso y egreso de agua de los mismos en función de los aportes, las derivaciones y las pérdidas.

II.1.- Cálculo de los requerimientos de riego de los cultivos seleccionados por su adaptación agroecológica, en cada área de riego.

Los cultivos se seleccionaron atendiendo a su adaptación agroecológica, considerando las características climáticas, las edáficas y la calidad del agua.

Algunos de los cultivos seleccionados son frecuentes ya en los subsistemas, tales como algodón o alfalfa saladina o salinera, principalmente por su tolerancia a las condiciones de salinidad de los suelos regados y porque, aún en condiciones de riego poco favorables, producen un rendimiento que permite la subsistencia. Sin embargo, se estima que en el futuro se introducirán otras especies y variedades, atendiendo a que se regularizará la provisión de agua para riego y se aplicará una tecnología de manejo del sistema productivo que mejorará y preservará la productividad de los recursos naturales.

II.1.1.- Nómina de cultivos seleccionados por su adaptación agroecológica:

- Alfalfa: Es un cultivo tradicional en toda la provincia, cuya superficie sufrió importantes oscilaciones debidas principalmente a la irregularidad en el suministro de agua, a la salinización de los suelos y a cuestiones de mer-

cado y rentabilidad. El mejoramiento del riego y el retroceso de la salinidad por aumento de la eficiencia permitirá el óptimo desarrollo de las variedades tradicionales y la introducción de otras de mayor productividad. Su capacidad de fijar nitrógeno y de aumentar los contenidos de materia orgánica de los suelos, como así también la acción de las raíces sobre la estructura de las capas inferiores, lo hacen un cultivo indispensable en las rotaciones, independientemente del esquema agrícola o ganadero que se plantee en el sistema productivo. Solamente los esquemas de aprovechamiento agrícola de muy alta intensidad podrían prescindir de incluir la alfalfa en las rotaciones, en cuyo caso se deberán incorporar fertilizantes nitrogenados y materia orgánica de otras fuentes.

- Algodón: Es un cultivo tradicional de muy buena adaptación al área, pues su tolerancia a la salinidad lo privilegia en la preferencia de los agricultores en suelos con cierto nivel de degradación salino – alcalina de los suelos. En las condiciones actuales no alcanza adecuados niveles de rentabilidad debido a bajos rendimientos y precios muy deprimidos. Los bajos rendimientos actuales se deben principalmente a deficiente manejo del cultivo, del suelo y del riego. A partir de la próxima campaña (2002-2003) se avizora un mejoramiento en los precios, con lo cual seguramente se dedicará una gran superficie a su cultivo. Y, como ocurre tradicionalmente cuando se mejoran los precios, eso motiva a los productores a mejorar el perfil en cuanto al manejo cultural.

- Cítricos: Su adaptación agroecológica es buena para especies como pomelo rosado y mandarina. En cambio, solamente algunas variedades de naranja tienen adaptación media y no se recomienda el cultivo de limón. En todos los casos hay que seleccionar cuidadosamente los portainjertos, las variedades y adecuar las técnicas de manejo a cada caso. Podrán introducirse solamente en los suelos de máxima aptitud y en los sectores donde se pueda garantizar una buena calidad del agua, siempre con adecuada técnica de riego y control de la salinidad y de la freática. En las condiciones actuales no alcanza adecuados niveles de rentabilidad debido principalmente a bajos rendimientos que reconocen su origen principalmente en deficiente manejo del cultivo, del suelo y del riego.
- Hortalizas de Hoja: Comprenden lechuga, acelga, espinaca, achicoria, etc. Son cultivos comunes en las zonas de riego de la provincia, requieren un suministro de agua muy regular y con intervalos cortos. Por tal razón su cultivo está limitado a las áreas que cuentan con un regular abastecimiento de agua. Al mejorar el funcionamiento de los sistemas, seguramente su superficie se va a incrementar. Si paralelamente se utilizan técnicas apropiadas de manejo de cultivo, de suelos y de riego, la productividad y la rentabilidad estarán aseguradas.
- Cebolla: También es cultivo común en las áreas de riego de la provincia, que requiere un suministro de agua muy regular y con intervalos cortos. También es sensible a la salinidad. Por tal razón actualmente se cultiva so-

lamente en sectores donde existen buenos suelos, la calidad del agua es adecuada y el suministro de riego está garantizado. Las principales deficiencias actuales se manifiestan en la calidad del producto, como consecuencia de falta de homogeneidad en el tamaño y de escaso tiempo de conservación. Seguramente se puede ampliar su superficie en los suelos de mayor aptitud, utilizando técnicas apropiadas de manejo de cultivo, de suelos y de riego que apunten a corregir las deficiencias apuntadas y a incrementar sensiblemente la productividad y la rentabilidad.

- Batata: Es otro cultivo tradicional en las áreas de riego de la provincia, que requiere un suministro de agua muy regular y con intervalos cortos. También es sensible a la salinidad. Por tal razón se cultiva solamente en los sitios con suelos aptos y con agua garantizada en calidad, en cantidad y en oportunidad. El destino histórico era la producción de dulce en pasta, pero la desaparición de la actividad fabril limitó su destino al consumo en fresco, restringiendo severamente la demanda. Por otra parte, solamente en las plantaciones más tempranas (que se cosechan hasta fines de enero) se consiguen buenos precios, aunque con rendimientos medios a bajos. La técnica de obtención de plantines en almácigos protegidos permite adelantar suficientemente las plantaciones, mejorando notablemente el rendimiento económico, sobre todo cuando se utilicen técnicas apropiadas de manejo de cultivo, de suelos, fertilización y de riego. Seguramente se prefe-

rirá la plantación temprana, que es la que alcanza los mejores precios en el mercado.

- Maíz y Sorgo: También son cultivos comunes en las áreas de riego de la provincia, que requieren un adecuado suministro de agua. El maíz conforma, junto con la alfalfa, la batata y las cucurbitáceas, un grupo de cultivos tradicionales que han servido de base para el sustento de los productores minifundistas, principalmente en el nivel de autoconsumo. Por ser sensibles a la salinidad actualmente sólo se obtienen rendimientos aceptables en los suelos libres de sales que se riegan y fertilizan adecuadamente. Los efectos de la salinidad sobre el cultivo son muy marcados, razón por la cual los rendimientos promedio difícilmente superen el 25 % de la productividad máxima potencial. Si se manejan adecuadamente las técnicas de manejo de los cultivos, de los suelos y del riego, de manera de alcanzar rendimientos promedio cercanos al 75 % de la productividad potencial, se difundirán en todos los sitios donde existan suelos libres de sales, parcelas de tamaño adecuado y facilidades para el riego. El destino de la producción generalmente es la venta como grano, aunque también se siembra como complemento forrajero o para mejorar el poder nutritivo de las raciones en establecimientos ganaderos.
- Soja: Cultivo común en las áreas de riego y de secano de la provincia. Cuando se cultiva bajo riego el suministro de regular de agua incrementa notablemente los rendimientos. Es moderadamente sensible a la salinidad,

pues el umbral de salinidad a partir del cual comienza a disminuir los rendimientos corresponde a $CEes = 5 \text{ dS/m}$ en el extracto de pasta saturada. Sin embargo, la tasa de disminución de la producción relativa es alta, alcanzando el 20 % por cada unidad de conductividad eléctrica que aumenta la salinidad del suelo. Por tal razón los rendimientos promedio son bajos. En las parcelas donde se manejan adecuadamente las técnicas de cultivo, de los suelos y del riego, se alcanzan buenos rendimientos, sobre todo en los sitios donde existan suelos libres de sales, parcelas de tamaño adecuado y facilidades para el riego. Seguramente su superficie se verá incrementada cuando existan mejores facilidades para el riego en parcelas medianas a grandes, donde es posible optimizar las variables productivas., seleccionando los suelos de mayor aptitud y utilizando técnicas apropiadas de manejo de cultivo, de suelos y de riego.

- Melón: Es un cultivo común en las áreas de riego de la provincia, que requiere un suministro de agua muy regular. Por ser sensible a la salinidad actualmente no se alcanzan los mejores rendimientos. La clave del éxito en este cultivo es un adecuado manejo, que comienza con la elección de la variedad, incluye plantación de plantines obtenidos en vivero, riegos frecuentes con agua de buena calidad y en láminas adecuadas a la capacidad de almacenaje del suelo y al nivel tecnológico del sistema productivo. Es un cultivo apto para el desarrollo de riego localizado de alta frecuencia, con una respuesta muy significativa en la productividad y en la rentabilidad.

- Sandía y Zapallo: Son cultivos tradicionales en las áreas de riego de la provincia. Por ser sensibles a la salinidad actualmente no se alcanzan los mejores rendimientos. La clave del éxito en estos cultivos es un adecuado manejo, que comienza con la elección de la variedad, riegos con agua de buena calidad y en láminas adecuadas a la capacidad de almacenaje del suelo y al nivel tecnológico del sistema productivo. Podrían ser aptos para el desarrollo de riego localizado de alta frecuencia, con una respuesta muy significativa en la productividad, pero por el precio que alcanzan en el mercado difícilmente podrían alcanzar adecuada rentabilidad.
- Tomate: Es cultivo común en las áreas de riego de la provincia, que requiere un suministro de agua muy regular. Es sensible a la salinidad, razón por la cual actualmente no se alcanzan los mejores rendimientos. Los rendimientos mejoran notablemente con adecuado manejo, que comienza con la elección de la variedad, riegos frecuentes con agua de buena calidad y en láminas adecuadas a la capacidad de almacenaje del suelo y al nivel tecnológico del sistema productivo. Es un cultivo apto para el desarrollo de riego localizado de alta frecuencia, con una respuesta muy significativa en la productividad y en la rentabilidad. La producción de las siembras de Primavera – Verano suele destinarse principalmente a industrialización, mientras que las de Verano – Otoño se destinan al consumo fresco, en cuyo caso la respuesta al riego presurizado se traduce también en un alto retorno económico. Lamentablemente el decaimiento de la actividad agroindustrial inci-

de desfavorablemente en las perspectivas de ampliación del área destinada a este fin. Por otra parte, la demanda del mercado para consumo en fresco es muy inestable, tanto en cuanto a cantidades demandadas como a precios, lo que influye desalentando las intenciones de siembra por parte de los productores.

- Trigo: Al igual que la Alfalfa, era un cultivo tradicional en las áreas de riego de la provincia, que fue abandonándose principalmente por baja rentabilidad. El mejoramiento del riego y el retroceso de la salinidad por aumento de la eficiencia permitirá la introducción de variedades de mayor productividad. Su mediana tolerancia a la salinidad y sus potentes raíces que actúan sobre la estructura de las capas inferiores del suelo, lo hacen un cultivo elegible para las rotaciones, independientemente del esquema agrícola o ganadero que se plantee en el sistema productivo. Por otra parte, se insinúa un leve mejoramiento en los niveles de precio internacional del grano, razón por la cual puede esperarse un interesante crecimiento de la superficie sembrada.

II.1.2.- Requerimientos Hídricos para Riego:

Conforme a lo previsto, se obtuvieron las necesidades de riego de los cultivos a partir de la información antecedente de estudios ejecutados por el Consejo Federal de Inversiones, principalmente de:

- Proyecto Canal del Oeste, que contempla los requerimientos de los subsistemas Canal del Oeste, Los Quiroga y Tuhama.

- Cuenca del Río Salado – Subsistema de Riego Figueroa – Estudios Básicos, que contempla los requerimientos de los cultivos del Subsistema de riego Figueroa, extrapolables al área al sur de Codo Bajada (Añatuya, Colonia Dora, Herrera, Icaño, Real Sayana)
- Estudios Básicos para el Desarrollo del Área Bajo Riego Sistema Río Horcones, que contempla los requerimientos de los cultivos del Subsistema Dique La Fragua, extrapolables al área potencial del Río Urueña.

En todos los casos se tuvo en cuenta el agregado de una dosis adicional de agua para mantenimiento del equilibrio salino en el suelo del sistema productivo.

De los estudios de suelos realizados se desprende que, tanto en las áreas actualmente cultivadas como en las nuevas áreas propuestas para ampliación de la superficie regada, los suelos son de textura media, predominando los francos y franco limosos.

A los fines del riego, se define la lámina de reposición dr como la cantidad de agua que hay que agregar para llevar el contenido hídrico del suelo desde un umbral determinado qu hasta capacidad de campo qf . El umbral varía según la especie, el momento del ciclo vegetativo en que se encuentra y el nivel de productividad esperado. A los fines de este estudio se consideró que, en promedio, el umbral de riego es el promedio entre capacidad de campo y punto de marchitamiento

permanente q_m , lo cual corresponde a una succión matriz de aproximadamente 1 bar.

$$\text{lámina de reposición} = d_r = ?f - ?u$$

En base a las características observadas, las láminas de reposición para cultivos de raíces poco profundas (hasta 0,50 m de exploración radicular) oscilan entre 30 y 40 mm, mientras que para cultivos de raíces profundas (hasta 1,00 m de exploración radicular) los valores varían entre 65 y 75 mm.

Para determinar las láminas de riego se requiere adicionar un exceso controlado y uniforme de agua, de tal manera que la cantidad de sales que se incorpora con el riego sea eliminada con la fracción de agua que drena hacia capas de suelo ubicadas por debajo de la zona de exploración radicular. A tal fin se define el requerimiento de lixiviación **RL** como el cociente entre **CEi** (conductividad eléctrica promedio del agua que ingresa al suelo) y **CEd** (máxima conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada del suelo en el fondo de la zona de exploración radicular, compatible con el nivel de productividad esperado en el cultivo). **CEi** es el promedio ponderado de conductividad eléctrica de toda el agua que ingresa al suelo, proveniente del riego y de las lluvias.

La lámina de riego **di** deberá ser la suma entre la lámina de reposición **dr** más la lámina que debe drenar **dd** para eliminar las sales y mantener el equilibrio:

$$d_i \cdot CE_i = d_d \cdot CE_d$$

siendo $di = dr + dd$

por lo que $dr = di - di \cdot \frac{CEi}{CEd}$

y en consecuencia $di = \frac{dr}{1 - \frac{CEi}{CEd}}$

La relación **CEi:CEd** dependerá de la tolerancia de los cultivos a las sales y del nivel de productividad esperado. En tal sentido, se acepta que el nivel de rendimiento relativo de un cultivo se mantendrá en su máximo potencial mientras la conductividad eléctrica del extracto de pasta saturada del suelo no supere un umbral de salinidad determinado. Cuando se supera ese umbral, los rendimientos comenzarán a disminuir con una determinada tasa. Tanto el umbral de salinidad como la tasa de disminución de rendimientos dependen de la tolerancia del cultivo a la salinidad. Esto puede sintetizarse mediante la ecuación:

$$RR\% = 100 - B \cdot (A - CEes)$$

donde:

RR% es el rendimiento relativo expresado en porcentaje del rendimiento máximo potencial,

B es la tasa de disminución de rendimientos expresada en porciento de rendimiento que se pierde por cada dS/m que se incrementa la salinidad por encima del umbral **A**

A es el umbral de salinidad hasta el cual se manifiesta el máximo potencial del cultivo, expresado en dS/m

CEes es la conductividad eléctrica promedio del extracto de pasta saturada del suelo dentro de la profundidad explorada por raíces.

En la tabla siguiente se muestran valores de **A** (dS/m) y **B** (%/dS/m) para los cultivos seleccionados y otros de buena tolerancia a la salinidad.

Tolerancia de los Cultivos a la Salinidad

	A (dS/m)	B (%/dS)
Alfalfa	2,0	7,4
Algodon	7,7	5,4
Cítricos	1,7	16,1
Lechuga	1,3	12,8
Maíz	1,7	11,9
Soja	5,0	20,0
Melón	2,2	7,2
Tomate	2,5	9,8
Trigo ^{(1) (2)}	6,0	7,1
Cebolla	1,2	16,1
Batata	1,5	11,1
Cebada ⁽¹⁾	8,0	5,0
Gramma bermuda ⁽³⁾	6,9	6,4
Granada	2,7	8,8
Higuera	2,7	8,8

⁽¹⁾La cebada y el trigo son menos tolerantes durante las fases de germinación y plántula. CEes no debería exceder de 4 o 5 dS/m

⁽²⁾Los datos de tolerancia pueden no ser aplicables a nuevas variedades semienanas de trigo

⁽³⁾Valor medio para las variedades Bermuda, Suwannee y Coastal son alrededor de 20 % más tolerantes; Common y Greenfield son alrededor de 20 % menos tolerantes

Fuente: Estudio FAO Riego y Avenamiento N° 29 "Calidad del Agua para la agricultura" (1976), en base a datos notificados por Maas y Hoffman, Bernstein y Comité Consultivo de la Universidad de California.

A los fines prácticos se acepta que $CE_{es} = \frac{CE_i + CE_d}{2}$, con lo cual es posible estimar el valor necesario del requerimiento de lixiviación para cada uno de los cultivos seleccionados y para distintos niveles de productividad.

En la tabla siguiente, a modo de ejemplo, se dan los valores de requerimiento de lixiviación calculados para algunos cultivos, para distintos niveles de productividad, para la hipótesis de años normal. para aguas que en promedio tienen aproximadamente 1 dS/m de Conductividad Eléctrica, que podría llegar a ser un valor medio de conductividad si el agua del Canal Jume Esquina se manejara cuidadosamente, atendiendo a los problemas observados en este Estudio, Tomo V, Edafología y Calidad del Agua. Si la salinidad del agua de riego fuera mayor, corresponderá incrementar los valores de requerimiento de lixiviación.

Para el cálculo de CE_i se consideró en todos los casos el valor promedio de peligrosidad salina del agua de riego multiplicado por el porcentaje que representa la necesidad de riego nr sobre la evapotranspiración total de cada cultivo ET_{cult} :

**Requerimientos de Lixiviación para año normal,
para distintos niveles de disminución de rendimientos**

	nr/ETcult	CEi dS/m	Disminución de rendimientos					
			0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
Alfalfa	65%	0,71	0,22	0,12	0,08	0,06	0,05	0,04
Algodón	47%	0,52	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Cítricos	62%	0,68	0,25	0,17	0,13	0,11	0,09	0,08
Lechuga	82%	0,90	0,53	0,28	0,19	0,14	0,11	0,10
Maíz	50%	0,55	0,19	0,12	0,09	0,07	0,06	0,05
Soja	43%	0,48	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03
Melón	82%	0,90	0,26	0,14	0,10	0,08	0,06	0,05
Tomate	75%	0,83	0,20	0,13	0,10	0,08	0,07	0,06
Trigo	75%	0,83	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03
Cebolla	67%	0,73	0,44	0,25	0,18	0,14	0,11	0,09
Batata	58%	0,64	0,27	0,15	0,11	0,08	0,07	0,06
Cebada	75%	0,83	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02
Gramma bermuda	50%	0,55	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Granada	60%	0,66	0,14	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04
Higuera	60%	0,66	0,14	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04

Fuente: elaboración propia

Desde el punto de vista de la economía del agua, los cultivos menos tolerantes como cítricos, lechuga, maíz, melón, tomate, cebolla y batata deberán ser regados con métodos de riego de alta eficiencia, tales como aspersión, microaspersión y goteo. En caso contrario, el consumo de agua será muy grande y el exceso aplicado incrementará notablemente el nivel freático, lo cual tendrá como consecuencia la disminución de la superficie regada y también la necesidad de instalar, operar, conservar y mantener sistemas de drenaje artificial, con el consecuente incremento de los costos de producción.

Los cultivos con menor requerimiento de lixiviación son los más tolerantes (algodón, trigo, cebada) y los que se realizan durante la época de lluvias (soja). En estos casos podrían aplicarse métodos de riego por gravedad, pero dimensionando, construyendo y conservando siempre los elementos de riego de tal manera que los niveles de eficiencia de aplicación y los coeficientes de uniformidad de aplicación se mantengan en niveles altos. Se sugiere que la eficiencia en la parcela no sea inferior al 75 %. El cultivo de alfalfa admitiría también el riego en estas condiciones, pero con una disminución del rendimiento potencial del orden del 20 %.

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

II.1.2.1.- Requerimientos Hídricos Río Dulce Sistema Los Quiroga: Los cultivos previstos i
dón, Maíz, Sorgo, Sandía, Melón, Zapallo, Lechuga, Batata, Cebolla, Tomate y Cereal

C U L T I V O S	Superficie		Eficiencia		Requerimientos de riego e							
	ha	%	dis- trito	par- cela	ene	feb	mar	abr	ma y	jun	jul	ago
Alfalfa	15000	12,3%	0,65	0,70	9,9	8,6	10,7	10,6	13,1	11,7	36,3	26,5
Cítricos	1500	1,2%	0,65	0,70	0,6	0,8	1,1	1,0	1,2	3,6	1,3	3,6
Algodón 1ª Siembra	30000	24,6%	0,65	0,65	54,3	18,4						
Algodón 2ª Siembra	45000	36,9%	0,65	0,65	51,7	74,2	34,6					
Maíz y Sorgo 1ª Siem- bra	5000	4,1%	0,65	0,65	7,5	0,6						
Maíz y Sorgo 2ª Siem- bra	2500	2,0%	0,65	0,65	4,5	3,5	0,6					
Sandía - Melón - Zapallo	5000	4,1%	0,65	0,65							13,0	4,6
Lechuga 1ª Siembra	3000	2,5%	0,65	0,65			4,2	2,9	2,9	2,9		
Lechuga 2ª Siembra	2000	1,6%	0,65	0,65				2,9	1,9	1,9	1,9	
Batata 1ª Plantación	1000	0,8%	0,65	0,65	0,9							
Batata 2ª Plantación	1000	0,8%	0,65	0,65	1,4	0,7						
Batata 3ª Plantación	3000	2,5%	0,65	0,65	1,6	3,9	2,6					
Cebolla	1500	1,2%	0,65	0,65			2,1	1,1	1,8	1,5	1,9	3,0

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

Tomate	1500	1,2%	0,65	0,70							3,6	1,1
Cereales de Invierno	5000	4,1%	0,65	0,60						14,1	5,1	14,1
Totales P.R.D.	12200 0	100,0 %	0,65	0,66	132,4	110,8	55,9	18,5	21,0	35,7	63,1	53,0

Fuente: Convenio CFI – Provincia de Santiago del Estero – Anteproyecto Canal del Oeste

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

II.1.2.2.- Requerimientos Hídricos Río Dulce Subsistema Canal del Oeste: Los cultivos pre
secos, aromáticas, higuera, hortalizas, semillas hortícolas, semillas forrajeras y legum

II.1.2.2.1.- Área Ruta 64

		Requerimientos de riego en finca (m3/ha) con efici								
Cultivos	sup.	sep	Oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	ma
Frutales	10,9%	700	900	700	900	300	400	300	200	2
Frutos secos	6,7%	850	1200	950	1200	550	550	450	350	2
Aromáticas	27,6%	600	800	600	600	300	300	300	300	3
Higuera y otros	15,0%	500	650	400	550					
Hortalizas	12,7%	600	600	600	700	300	100	200	200	2
Semillas hortícolas	6,0%	600	700	700	700	300	100	200	300	3
Semillas forrajeras	8,0%	700	1000	700	1000	700		700		
Legumbres secas	13,2%	550	550	400	600	450	450	600	600	5
Promedio m3/há	100,0%	819	1022	789	954	431	322	424	334	3
Total (hm3) con eficiencia del 85 % en conducción y operación para 5000 ha		4,82	6,01	4,64	5,61	2,54	1,89	2,49	1,97	1,

Fuente: Convenio CFI – Provincia de Santiago del Estero – Anteproyecto Canal del Oeste

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

II.1.2.2.2.- Área Laprida

		Requerimientos de riego en finca (m3/ha) con eficiencia								
Cultivos	sup.	Set	Oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may
Frutales	10,9%	700	900	1000	1000	1000	500	100	300	100
frutos secos	6,7%	1000	1200	1200	1200	1200	700	400	400	
Aromáticas	27,6%	700	800	800	800	700	500	300	300	300
higuera y otros	15,0%	500	600	600	600	600	200			
Hortalizas	12,7%	600	700	800	800	500	200	200	200	200
semillas hort.	6,0%	700	700	900	900	600	200	200	300	300
semillas forraj.	8,0%	700	1000	1000	1000	700	700	300	300	
legumbres secas	13,2%	600	600	400	650	750	600	500	600	500
Promedio m3/há	100,0%	886	1038	1050	1094	969	589	330	385	200
Total (hm3) con eficiencia del 85 % en conducción y operación para 5000 ha		5,21	6,11	6,18	6,44	5,70	3,46	1,94	2,26	1,10

Fuente: Convenio CFI – Provincia de Santiago del Estero – Anteproyecto Canal del Oeste

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

II.1.2.2.3.- Total de Requerimientos Hídricos Canal del Oeste (en hm³)

Propósito	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Ju
Población	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,
Ganadería	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,
Riego Ruta 64	4,82	6,01	4,64	5,61	2,54	1,89	2,49	1,97	1,81	1,
Riego Laprida	5,21	6,11	6,18	6,44	5,70	3,46	1,94	2,26	1,59	1,
Total	10,34	12,43	11,13	12,37	8,55	5,67	4,75	4,54	3,72	3,

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

II.1.2.3.- Requerimientos Hídricos Río Dulce Subsistema Tuhama:

cultivos	Sup. ha	eficiencia		consumos de agua en hm								
		distrito	parcela	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	
Alfalfa	2.650	0,85	0,70	1,3	1,2	1,4	1,4	1,8	1,6	4,9	3,6	
Cítricos	250	0,85	0,70	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5	0,2	0,5	
Algodón 1ª siembra	5.300	0,85	0,70	6,8	2,3							
Algodón 2ª siembra	8.000	0,85	0,70	6,5	9,4	4,4						
Maíz y Sorgo 1ª siembra	900	0,85	0,70	1,0	0,1							
Maíz y Sorgo 2ª siembra	450	0,85	0,70	0,6	0,4	0,1						
Sandía-Melón-Zapallo	900	0,85	0,70							1,7	0,6	
Lechuga 1ª siemb	550	0,85	0,70			0,6	0,4	0,4	0,4			
Lechuga 2ª siemb	350	0,85	0,70				0,4	0,2	0,2	0,2		
Batata 1ª Plant	150	0,85	0,70	0,1								
Batata 2ª Plant	150	0,85	0,70	0,1	0,1							
Batata 3ª Plant	550	0,85	0,70	0,2	0,5	0,3						
Cebolla	250	0,85	0,70			0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	
Tomate	250	0,85	0,70							0,5	0,1	
Cereales Invierno	900	0,85	0,70						1,7	0,6	1,7	
Total Riego	21.600	0,85	0,70	16,7	14,1	7,2	2,4	2,8	4,5	8,3	6,8	
Otros consumos				0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Total Tuhama				17,2	14,6	7,7	2,9	3,3	5,0	8,8	7,3	

Fuente: Convenio CFI – Provincia de Santiago del Estero – Anteproyecto Canal del Oeste

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

II.1.2.4.- Requerimientos Hídricos Río Salado Subsistema Figueroa:

Cultivo	Sup %	RL	Eficiencia %		Necesidad de riego bruta tot (necesidad riego + requerimiento lixiviación + inefici)							
			parcela	red	sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	Abr
Alfalfa	50%	12%	75%	85%	1.035	997	891	903	800	302	503	478
Algodón	25%	3%	75%	85%		43	20	181	435	216	245	188
Maíz–Sorgo	15%	12%	75%	85%	29	81	164	268	226	39	12	
Hortalizas	10%	15%	85%	85%	103	151	166	135	56			
Necesidad de riego bruta total m3/ha					1.167	1.272	1.241	1.487	1.517	557	760	666

Fuente: Convenio CFI – Provincia de Santiago del Estero – Cuenca del Río Salado: Estudios Figueroa

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

II.1.2.5.- Requerimientos Hídricos Subsistema de Riego Colonia Dora – Herrera – Añatuya **(a abastecer mediante Jume Esquina)**

Cultivos	Sup %	Requer. Lixiviación	Eficiencia		Necesidades de riego (mm)							
			Parc.	Red	sep.	oct.	nov.	dic.	ene.	feb.	mar.	abr.
Alfalfa	50%	12%	75%	70%	1257	1211	1082	1097	971	367	611	580
Algodón	25%	3%	75%	70%		52	24	220	528	262	298	228
Maíz–Sorgo	15%	12%	75%	70%	35	98	199	325	274	47	15	
Hortalizas	10%	15%	85%	70%	125	183	202	164	68			
Necesidad de riego bruta total m3/ha					1417	1544	1507	1806	1841	676	924	808
Necesidad de riego bruta total hm3 para 15000 ha					21,3	23,2	22,6	27,1	27,6	10,1	13,9	12,1

Fuente: Elaboración propia en base a los Estudios Básicos Subsistema de Riego Figueroa (Santiago del Estero – Cuenca del Río Salado)

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

II.1.2.6- Requerimientos Hídricos Río Dulce Área de Ampliación propuesta a partir del Ca

C U L T I V O S	Superficie		Eficiencia		Requerimientos de riego							
	ha	%	distrito	parcela	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago
Alfalfa	2459	12,3%	0,65	0,70	1,6	1,4	1,8	1,7	2,1	1,9	5,9	0,3
Citrus	246	1,2%	0,65	0,70	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,1
Algodón 1ª Siembra	4918	24,6%	0,65	0,65	8,9	3,0						
Algodón 2ª Siembra	7377	36,9%	0,65	0,65	8,5	12,2	5,7					
Maíz y Sorgo 1ª Siembra	820	4,1%	0,65	0,65	1,2	0,1						
Maíz y Sorgo 2ª Siembra	410	2,0%	0,65	0,65	0,7	0,6	0,1					
Sandía - Melón – Zapallo	820	4,1%	0,65	0,65							2,1	0,1
Lechuga 1ª Siembra	492	2,5%	0,65	0,65			0,7	0,5	0,5	0,5		
Lechuga 2ª Siembra	328	1,6%	0,65	0,65				0,5	0,3	0,3	0,3	
Batata 1ª Plantación	164	0,8%	0,65	0,65	0,2							
Batata 2ª Plantación	164	0,8%	0,65	0,65	0,2	0,1						
Batata 3ª Plantación	492	2,5%	0,65	0,65	0,3	0,6	0,4					
Cebolla	246	1,2%	0,65	0,65			0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1
Tomate	246	1,2%	0,65	0,70							0,6	0,1
Cereales de Invierno	820	4,1%	0,65	0,60						2,3	0,8	0,1
Totales Área Ampliación	20000	100,0%	0,65	0,66	21,7	18,2	9,2	3,0	3,4	5,9	10,4	1,8
Totales Área Ampliación incluyendo RL promedio del 3,2 %					22,4	18,8	9,5	3,1	3,5	6,1	10,7	1,9

Fuente: Elaboración propia

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

II.1.2.7- Requerimientos Hídricos Subsistemas de Riego Ríos Horcones y Urueña:

	Sup %	Necesidades de riego en mm /mes									
		sep	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
Alfalfa	35,0%	112	133	112	98	96	66	102	86	68	41
Algodón	10,0%		29	12	78	126	87	90	78	45	
Soja	50,0%			18	98	126	82	59			
Tomate 1ª siembra	5,0%	93	164	149	93						
Tomate 2ª siembra	5,0%						10	92	108	70	
promedio Subsistema mm/mes		49	64	63	103	116	78	85	48	35	16
Volúmenes necesarios a nivel de Subsistema (hm3/mes)	5.000 ha	4,1	5,4	5,3	8,7	9,8	6,6	7,2	4,0	3,0	1,3

Fuente: Elaboración propia en base a los Estudios Básicos Área de Riego Río Horcones (Cor
 tiago del Estero)

II.2.- Cálculo de la demanda de agua para abastecimiento de poblaciones.

Para esta finalidad se tuvo en cuenta la población existente conforme a datos oficiales del INDEC (resultados preliminares del Censo 2001), proyectados en base a la tasa de crecimiento de cada departamento registrada en el período 1991-2001.

La población considerada es la que se abastecería a partir del subsistema Jume Esquina, localizada principalmente en los departamentos Taboada, Ibarra, Avellaneda, Belgrano, Aguirre y Rivadavia. Se consideró también la población existente en las áreas de influencia del Canal de Dios y del Canal de La Patria, en los Departamentos Copo, Alberdi y Moreno, como así también el consumo de la población del Departamento Figueroa vinculada al Subsistema de Riego Figueroa.

Para cada caso se discrimina la población total del Departamento y la población de los principales municipios. Por diferencia se obtiene la población rural.

Población total por Departamentos

Departamento	Año 1991	Año 2001	T.C.P. 1991- 2001	Proyección 2011	Proyección 2021	Proyección 2026
Copo	19220	26982	3,45%	37879	53176	63005
Alberdi	10633	15541	3,87%	22714	33199	40136
Figueroa	16040	17391	0,81%	18856	20444	21288
Moreno	21746	28091	2,59%	36287	46875	53277
Taboada	29400	37456	2,45%	47719	60795	68621
Ibarra	14351	17352	1,92%	20981	25368	27894
Avellaneda	18239	19385	0,61%	20603	21898	22575
Belgrano	5909	7996	3,07%	10820	14642	17032
Aguirre	5936	7041	1,72%	8352	9906	10789
Rivadavia	4763	4945	0,38%	5134	5330	5431
Total	146237	182180	2,22%	229345	291633	330048

T.C.P.: Tasa de crecimiento de la población

Fuente: elaboración en base a datos del INDEC

Población urbana agrupada en Municipios

Departamento	Año 1991	Año 2001	Proyección 2011	Proyección 2021	Proyección 2026
Copo	11108	15594	21892	30733	36413
Alberdi	4401	6432	9402	13741	16612
Figueroa	512	555	602	653	680
Moreno	9272	11977	15472	19987	22716
Taboada	18772	23916	30469	38818	43815
Ibarra	7149	8644	10452	12637	13896
Avellaneda	5501	5847	6214	6604	6809
Belgrano	4215	5704	7718	10444	12149
Aguirre	3618	4291	5090	6038	6576
Rivadavia	2911	3022	3138	3258	3319
Total	67459	85982	110449	142913	162985

Fuente: elaboración en base a datos del INDEC

Población rural por Departamentos

Departamento	Año 1991	Año 2001	Proyección 2011	Proyección 2021	Proyección 2026
Copo	8112	11388	15987	22443	26592
Alberdi	6232	9109	13312	19458	23524
Figueroa	15528	16836	18254	19791	20608
Moreno	12474	16114	20815	26888	30561
Taboada	10628	13540	17250	21977	24806
Ibarra	7202	8708	10529	12731	13998
Avellaneda	12738	13538	14389	15294	15766
Belgrano	1694	2292	3102	4198	4883
Aguirre	2318	2750	3262	3868	4213
Rivadavia	1852	1923	1996	2072	2112
Total	78778	96198	118896	148720	167063

Fuente: elaboración en base a datos del INDEC

A los fines de considerar la población escolar que consume agua potable en los establecimientos escolares, se consideró que un 20 % de la población total está en edad escolar y asiste a algún establecimiento educativo.

Población escolar estimada por Departamentos

Departamento	Año 1991	Año 2001	Proyección 2011	Proyección 2021	Proyección 2026
Copo	3844	5396	7576	10635	12601
Alberdi	2127	3108	4543	6640	8027
Figueroa	3208	3478	3771	4089	4258
Moreno	4349	5618	7257	9375	10655
Taboada	5880	7491	9544	12159	13724
Ibarra	2870	3470	4196	5074	5579
Avellaneda	3648	3877	4121	4380	4515
Belgrano	1182	1599	2164	2928	3406
Aguirre	1187	1408	1670	1981	2158
Rivadavia	953	989	1027	1066	1086
Total	29248	36434	45869	58327	66009

Fuente: elaboración en base a datos del INDEC

Las dotaciones consideradas son:

- 400 litros por habitante y por día en las poblaciones urbanizadas que se asientan en el ámbito de los municipios,
- 150 litros por habitante y por día en las poblaciones rurales, y
- 100 litros por estudiante y por día para las escuelas.

Para cada subsistema se calcularon los consumos netos mensuales:

Población Urbana y Consumo de Agua Potable en Municipios por Subsistema

Año	Canal de Dios		Canal de La Patria		Figueroa		Jume Esquina	
Año	Habit.	m ³ /día	Habit.	m ³ /día	Habit.	m ³ /día	Habit.	m ³ /día
1991	15509	6204	9272	3709	512	205	42166	16866
2001	22026	8810	11977	4791	555	222	51424	20570
2011	31294	12518	15472	6189	602	241	63081	25232
2021	44474	17790	19987	7995	653	261	77799	31120
2026	53025	21210	22716	9086	680	272	86564	34626

Fuente: elaboración en base a datos del INDEC

Población Rural y Consumo de Agua Potable por Subsistema

	Canal de Dios		Canal de La Patria		Figueroa		Jume Esquina	
Año	Habit.	m ³ /día	Habit.	m ³ /día	Habit.	m ³ /día	Habit.	m ³ /día
1991	14344	2152	12474	1871	15528	2329	36432	5465
2001	20497	3075	16114	2417	16836	2525	42751	6413
2011	29299	4395	20815	3122	18254	2738	50528	7579
2021	41901	6285	26888	4033	19791	2969	60140	9021
2026	50116	7517	30561	4584	20608	3091	65778	9867

Fuente: elaboración en base a datos del INDEC

Población Escolar y Consumo de Agua Potable por Subsistema

Año	Canal de Dios		Canal de La Patria		Figueroa		Jume Esquina	
Año	Habit.	m ³ /día	Habit.	m ³ /día	Habit.	m ³ /día	Habit.	m ³ /día
1991	5971	597	4349	435	3208	321	15720	1572
2001	8504	850	5618	562	3478	348	18834	1883
2011	12119	1212	7257	726	3771	377	22722	2272
2021	17275	1728	9375	938	4089	409	27588	2759
2026	20628	2063	10655	1066	4258	426	30468	3047

Fuente: elaboración en base a datos del INDEC

Población Total y Consumo de Agua Potable por Subsistema

Año	Canal de Dios		Canal de La Patria		Figueroa		Jume Esquina	
Año	Habit.	M ³ /día	Habit.	m ³ /día	Habit.	m ³ /día	Habit.	m ³ /día
1991	29853	8952	21746	6015	16040	2855	78598	23903
2001	42523	12735	28091	7770	17391	3095	94175	28866
2011	60593	18124	36287	10037	18856	3356	113609	35084
2021	86375	25802	46875	12966	20444	3639	137939	42899
2026	103141	30790	53277	14736	21288	3789	152342	47539

Fuente: elaboración en base a datos del INDEC

II.3.- Cálculo de la demanda de agua para abastecimiento de bebida para ganadería.

Para esta finalidad se tuvo en cuenta la carga ganadera posible sobre una superficie máxima del 70 % de las superficies de cada departamento involucrado en los respectivos subsistemas.

A tales fines se consideró que, con buen manejo, se llegaría a una carga promedio de 5 unidades ganaderas por hectárea, oscilando entre 1,5 ha/UG para los sistemas productivos más tecnificados y 10 ha/UG en los sistemas en los que la ganadería se maneja con muy bajo nivel tecnológico.

El abastecimiento por unidad ganadera se ha considerado que es de 70 litros por día, atendiendo a que durante el verano los animales incrementan su necesidad de bebida y también a que los pastos relativamente secos de fin de invierno y primavera incrementarán también la ingesta de agua.

La población ganadera considerada es la que se abastecería a partir del subsistema Jume Esquina, localizada principalmente en los departamentos Ta-boada, Ibarra, Avellaneda, Belgrano, Aguirre y Rivadavia. Se consideró también la ganadería que pueda desarrollarse en las áreas de influencia del Canal de Dios y del Canal de La Patria, en los Departamentos Copo, Alberdi y Moreno, como así también el consumo que se generará en el Departamento Figueroa, vinculada al Subsistema de Riego Figueroa.

**Requerimientos para abastecimiento de bebida para ganadería
por Departamento**

Departamento:	Superficie km2	Superficie ganadera ha	U.G. proyecto	Consumo m3/día
Copo	12.604	882.300	176.460	12.352
Alberdi	13.507	945.500	189.100	13.237
Figueroa	6.695	468.700	93.740	6.562
Moreno	16.127	1.128.900	225.780	15.805
General Taboada	6.040	422.800	84.560	5.919
Juan F. Ibarra	9.139	639.700	127.940	8.956
Avellaneda	3.902	273.100	54.620	3.823
Belgrano	3.314	232.000	46.400	3.248
Aguirre	3.692	258.400	51.680	3.618
Rivadavia	3.402	238.100	47.620	3.333

Fuente: elaboración en base a datos de superficie del INDEC

**Requerimientos para abastecimiento de bebida para ganadería
por Subsistema**

Subsistema	Superficie km2	Superficie ganadera ha	U.G. proyecto	Consumo m3/día
Canal de Dios	26.111	1.827.800	365.560	25.589
Canal de La Patria	16.127	1.128.900	225.780	15.805
Figueroa	6.695	468.700	93.740	6.562
Jume Esquina	29.489	2.064.100	412.820	28.897
Total	78.422	5.489.500	1.097.900	76.853

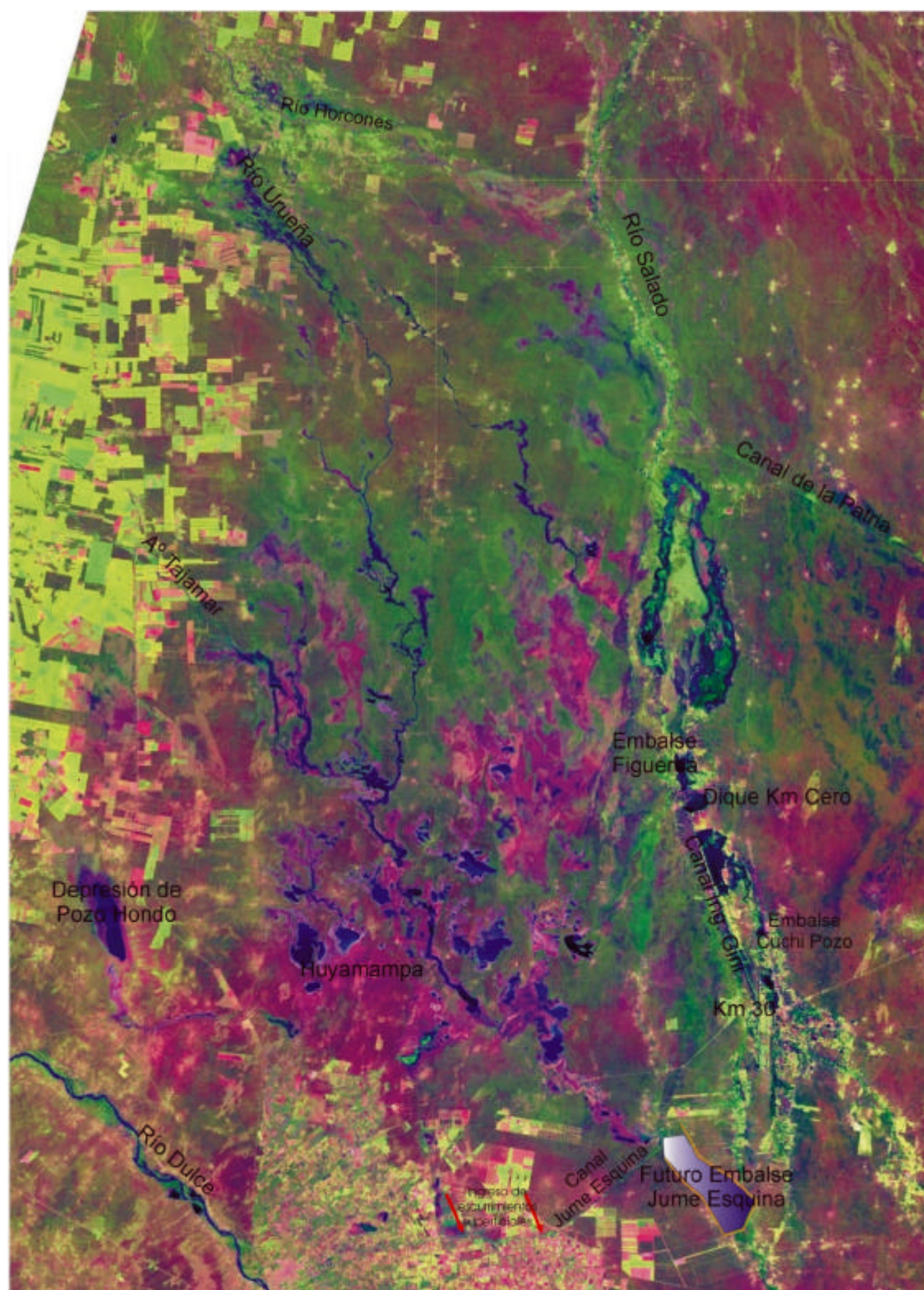
Fuente: elaboración propia

II.4.- Resultados del Modelo de Hidroeconomía del Subsistema Jume Esquina, integrado al Sistema General de los ríos Dulce y Salado:

El Subsistema Jume Esquina, por su concepción de trasvase de cuencas, integra el funcionamiento de dos grandes cuencas: la del Río Dulce y la del Río Salado. Siendo ambos ríos interprovinciales, están sujetos a convenios para el aprovechamiento de sus aguas.

El Río Horcones se ha integrado ya al Río Salado desde que se decidió canalizarlo desde unos 7 Km. aguas abajo de Nueva Esperanza, punto donde el río perdía su capacidad de conducción, hasta llegar al Río Salado. Dicho canal de encauzamiento fue construido en el año 1980, siguiendo un trazado rectilíneo a través del bañado.

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600



Esquema: Principales elementos del Subsistema Jume Esquina

Forman parte también del subsistema los ríos Urueña, Tajamar y otros arroyos menores que bajan desde las Sierras Subandinas de Salta y Tucumán y descargan su caudal en el Río Salado a través del Sistema de Los Saladillos de Huayamampa. En este trayecto el flujo superficial y subsuperficial se mineraliza considerablemente, de tal manera que al ingresar al cauce del Río La Guardia los contenidos salinos superan los 16 gramos por litro (junio de 2001). Si bien los caudales son muy pequeños, tan alta concentración provoca importantes aumentos de la concentración de sales en el agua del Río La Guardia, aún en el caso en que esté operando el sistema de trasvase a través del Canal de Jume Esquina.

II.4.1.- Criterios y parámetros básicos,

El criterio básico que sustenta el modelo de Hidroeconomía es el balance entre las fuentes de aporte, las demandas para diferentes usos, utilizando la capacidad de embalse y la capacidad de las facilidades que posibilitan la derivación, la derivación y la evacuación de caudales de las distintas fuentes.

El balance se ajusta de manera de compatibilizar la oferta, el almacenaje y la demanda de agua con determinados niveles de garantía, con la finalidad de brindar criterios valiosos para uso de las instituciones y personas que tienen la responsabilidad de planificar y de ejecutar los programas de desarrollo y de aprovechamiento de los recursos productivos.

Siendo el agua un recurso cada vez más escaso y vulnerable, se parte del criterio de disminuir tanto como sea posible su contaminación. En tal sentido y en razón de haberse comprobado el alto grado de contaminación con sales a que están sometidos los recursos hídricos y los suelos en las zonas de aprovechamiento, se pone énfasis en conducir y almacenar las aguas de la manera más segura y más económica posible. Por la misma causa se justifica realizar un importante esfuerzo en racionalizar el aprovechamiento de los recursos naturales en los sistemas productivos que utilizan la técnica del riego, pues de otra manera se degradarán los suelos y disminuirán los beneficios que deberían obtenerse a partir de los esfuerzos realizados por los productores, tanto en el orden económico como en el personal.

No debe olvidarse que los recursos productivos son el legado que nuestra sociedad entregará a las próximas generaciones. Sobre la base de ese legado debe ser posible llevar a cabo el ideal de bienestar inherente al ser humano.

II.4.2.- Datos de origen

II.4.2.1.- Oferta de Agua

La oferta considerada es la de agua superficial proveniente de los ríos Dulce, Salado, Horcones y Urueña.

En las tablas y gráficos de las páginas siguientes se muestran los valores característicos de las series estudiadas: Promedio, Desvío estándar, coeficiente de

variabilidad, Máximo, Mínimo, y los volúmenes disponibles con garantía de oferta de 90, 85, 80, 75, 50, 25, 20, 15 y 10 %.

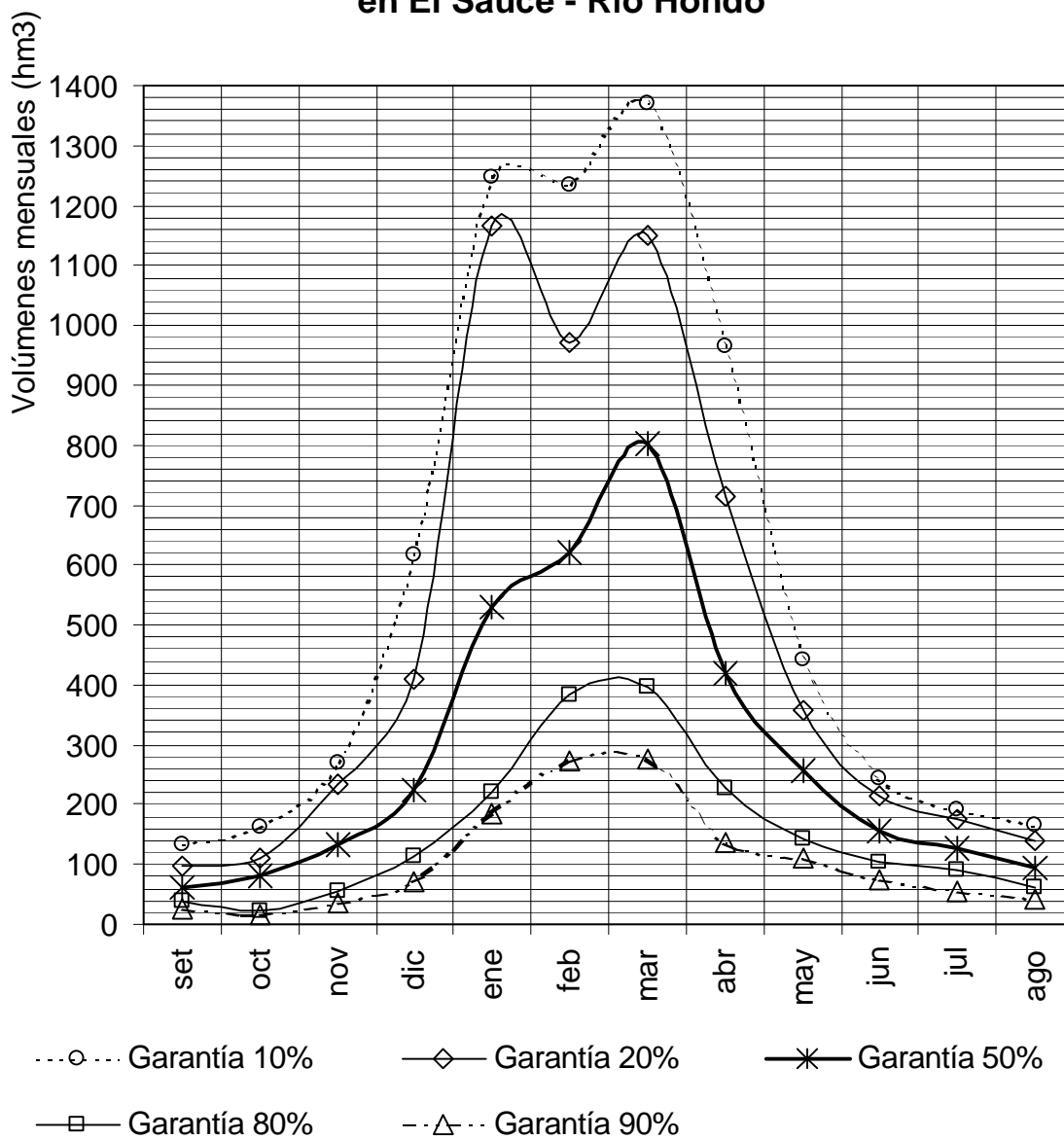
Río Dulce: Estación El Sauce (1954/67) - Río Hondo (1968/00)

Valores característicos de la serie de volúmenes de aporte mensuales

	set	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	total
Promedio	72,1	80,6	160,0	294,8	638,0	721,5	835,6	488,3	268,4	158,4	128,4	101,0	3947,0
Desvío estándar	42,1	56,3	133,4	248,0	432,3	459,6	518,4	306,9	136,4	60,8	52,9	46,6	1792,8
coefic. variabilidad	58%	70%	83%	84%	68 %	64 %	62 %	63 %	51 %	38 %	41 %	46 %	45 %
Máximo	184,0	214,0	707,6	1116,4	1457,3	2491,8	2486,6	1212,0	695,8	257,9	256,1	201,1	7917,3
Mínimo	13,5	7,2	0,5	8,6	41,8	30,0	119,7	66,4	63,2	39,4	33,2	24,1	786,0
Garantía 90 %	26,2	16,3	36,8	71,6	184,7	271,9	275,2	136,7	111,4	75,3	56,5	43,5	1664,2
Garantía 85 %	33,2	20,9	48,5	84,5	196,8	337,6	325,0	173,8	126,6	92,3	67,7	55,8	1930,4
Garantía 80 %	40,2	22,2	54,7	112,5	219,4	381,8	396,7	226,8	141,7	105,0	90,8	61,3	2437,6
Garantía 75 %	44,6	29,1	65,1	118,3	244,3	397,7	488,9	250,3	169,7	116,8	92,9	64,8	2658,3
Garantía 50 %	61,8	81,2	131,7	224,9	529,0	620,9	803,0	419,9	256,7	156,6	125,8	94,4	4133,2
Garantía 25 %	95,9	106,5	218,3	388,4	1008,3	896,9	1087,2	662,8	352,6	204,7	172,7	130,0	5125,5
Garantía 20 %	98,5	110,4	233,8	410,9	1164,6	972,0	1150,1	715,4	357,0	213,6	174,9	140,1	5517,0
Garantía 15 %	109,5	139,0	248,8	494,3	1216,2	1116,5	1181,5	759,1	408,1	225,1	188,4	157,0	5699,1
Garantía 10 %	133,7	161,8	270,7	618,0	1246,5	1233,8	1370,4	965,7	441,7	243,3	191,6	167,0	6107,2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos de AyEE y UERRD

Oferta Hídrica del Río Dulce en El Sauce - Río Hondo



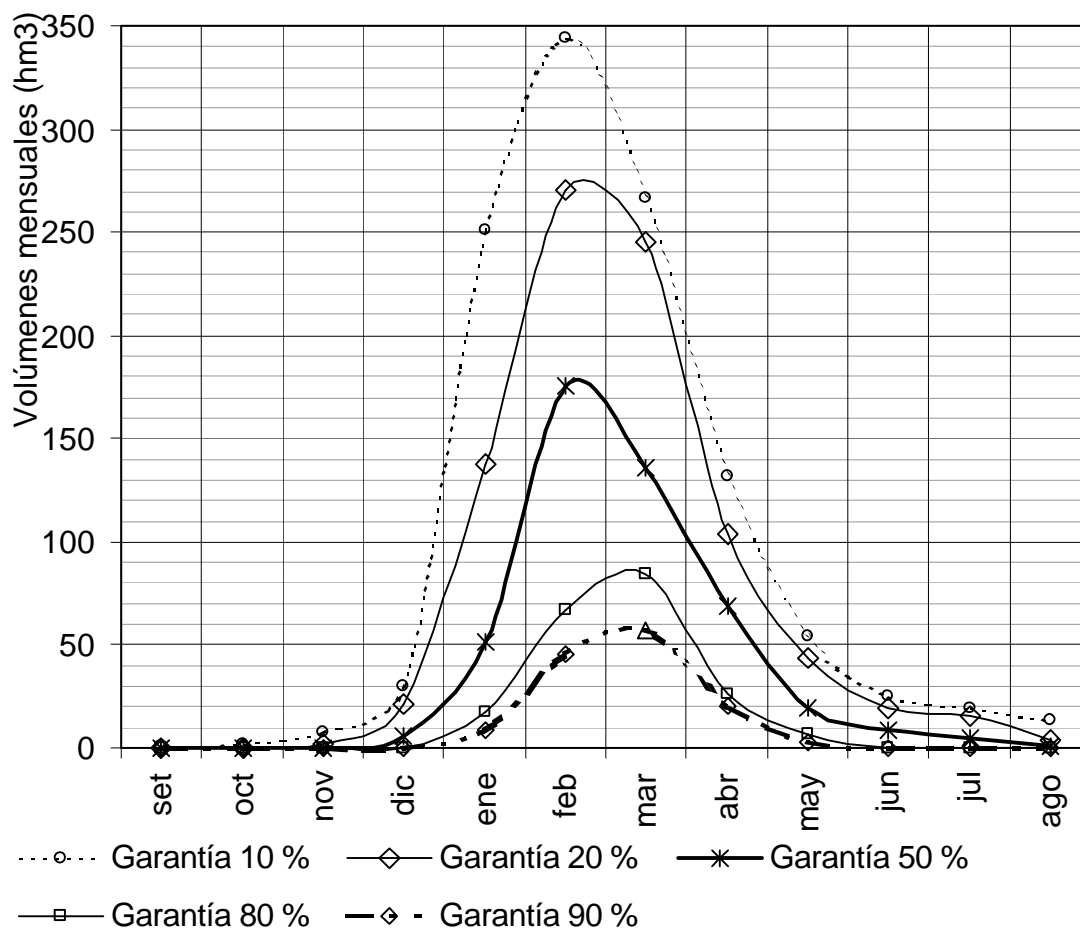
Río Salado: Estación El Arenal (1929/30–1984/85)

Valores característicos de la serie de volúmenes de aporte mensuales

	set	oct	nov	dic	ene	Feb	mar	abr	may	jun	jul	Ago	total
Prome- dio	0,5	0,7	1,8	13,1	86,2	185,3	157,5	71,0	26,1	11,2	7,6	4,0	565,0
Desvío estándar	1,5	2,4	4,5	23,3	93,5	124,1	93,8	44,7	19,6	11,2	9,2	7,5	320,8
coefic. variabil.	319%	320%	244%	179%	108%	67 %	60 %	63 %	75 %	101 %	121 %	189 %	57 %
Máximo	6,7	10,7	20,7	135,0	353,5	548,7	441,9	183,0	74,7	41,5	34,8	27,6	1346, 5
Mínimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	13,4	11,4	0,3	0,0	0,0	0,0	113,0
Garantía 90 %	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	46,0	57,6	20,5	3,3	0,0	0,0	0,0	211,2
Garantía 85 %	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	52,8	67,1	24,4	4,6	0,3	0,0	0,0	271,2
Garantía 80 %	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5	66,5	84,2	26,2	6,5	0,3	0,0	0,0	279,9
Garantía 75 %	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4	80,4	89,1	32,9	12,7	0,6	0,0	0,0	300,1
Garantía 50 %	0,0	0,0	0,0	5,5	51,0	175,6	136,1	69,2	19,6	8,6	4,4	0,5	536,9
Garantía 25 %	0,0	0,0	0,0	19,5	105,4	255,2	227,3	96,0	42,3	16,8	13,2	3,7	734,3
Garantía 20 %	0,0	0,0	1,6	21,3	137,2	270,5	245,1	104,1	44,0	19,8	15,4	4,2	768,0
Garantía 15 %	0,0	0,2	3,6	24,2	145,5	290,9	263,1	115,2	48,9	22,0	16,6	8,0	919,6
Garantía 10 %	1,2	1,8	7,7	30,0	250,8	343,8	266,2	132,0	54,7	24,7	19,1	13,8	970,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos estadísticos de AyEE y EVARSA

Oferta Hídrica del Río Salado (El Arenal) periodo 1929-30/1984-85



Río Horcones: Estación Toma de Ovando (1948/49–1994/95)

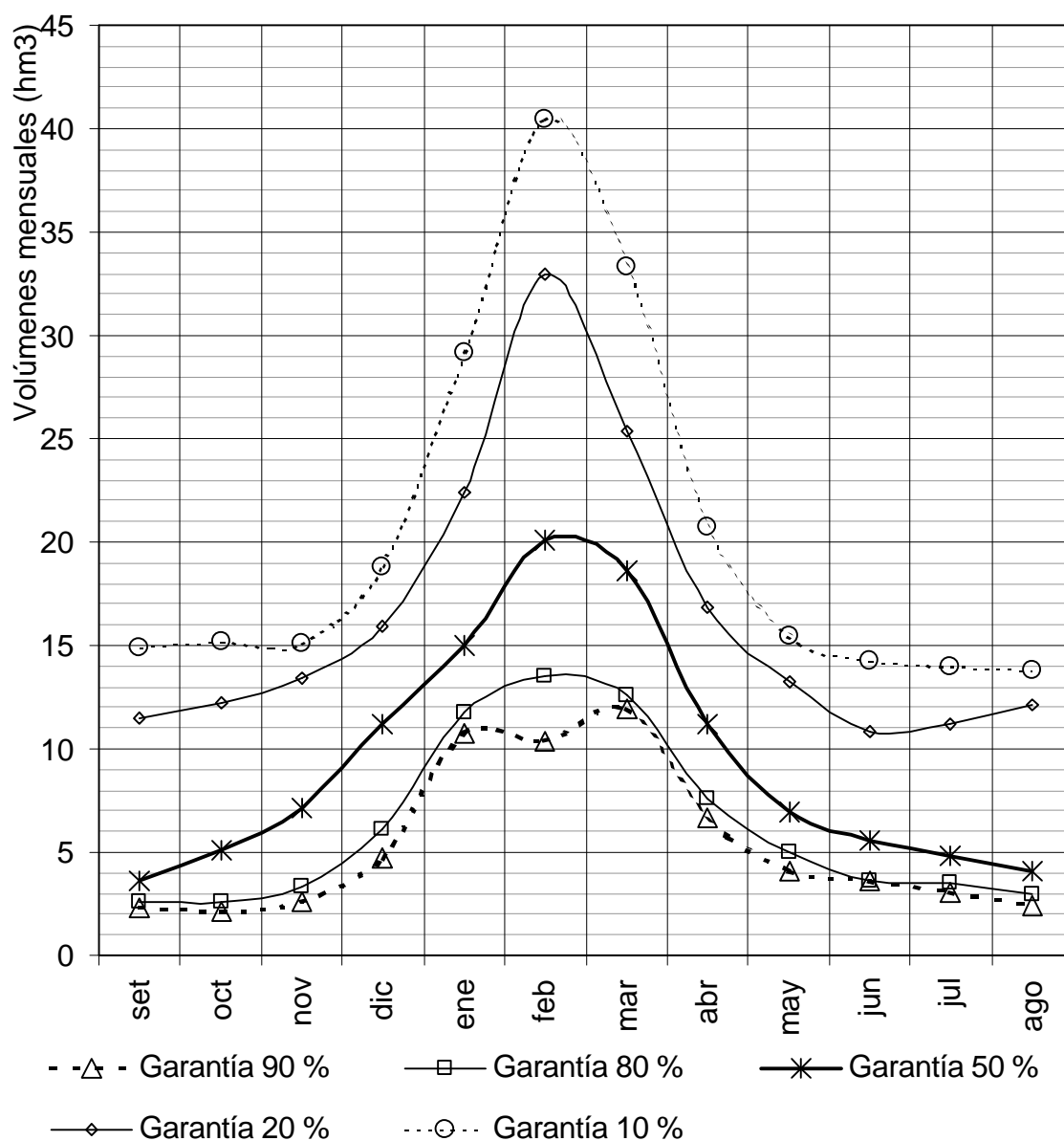
Relleno de Serie Base a Caudales Medidos de El Tunal

Valores característicos de la serie de volúmenes de aporte mensuales

	set	oct	nov	dic	ene	Feb	mar	abr	may	jun	jul	Ago	total
Prome- dio	6,8	7,2	8,5	11,5	18,5	23,9	21,8	12,8	8,6	7,2	7,1	7,1	141,0
Desvío estándar	5,4	5,2	5,2	6,0	11,2	12,7	13,5	6,8	4,6	4,1	4,4	5,0	51,0
coefic. variabil.	80%	72%	61%	52%	60%	53%	62%	53%	53%	57%	62%	71%	36%
Máximo	23,7	19,3	19,5	28,9	72,0	65,1	80,3	37,0	21,1	16,6	17,4	22,5	270,6
Mínimo	1,6	1,3	1,6	2,9	5,9	7,2	7,8	4,1	2,7	2,3	2,1	1,9	48,4
Garantía 90 %	2,3	2,1	2,6	4,7	10,8	10,4	11,9	6,6	4,0	3,6	3,1	2,4	87,5
Garantía 85 %	2,3	2,1	2,8	5,2	11,5	11,4	12,1	6,9	4,5	3,6	3,2	2,7	93,5
Garantía 80 %	2,6	2,6	3,4	6,1	11,8	13,5	12,6	7,6	5,0	3,6	3,5	3,0	96,3
Garantía 75 %	2,6	2,9	3,9	6,6	12,3	15,8	13,0	7,8	5,5	4,1	3,8	3,2	100,7
Garantía 50 %	3,6	5,1	7,1	11,2	15,0	20,1	18,6	11,2	7,0	5,6	4,8	4,1	138,7
Garantía 25 %	10,8	11,7	12,9	14,8	21,3	29,9	25,0	15,2	11,4	9,6	10,4	11,0	179,8
Garantía 20 %	11,5	12,2	13,4	15,9	22,4	32,9	25,4	16,8	13,2	10,8	11,2	12,1	189,9
Garantía 15 %	12,3	13,7	14,9	17,3	23,4	37,5	28,7	17,8	14,1	12,2	13,0	12,7	201,9
Garantía 10 %	14,9	15,2	15,0	18,8	29,2	40,4	33,4	20,7	15,4	14,2	14,0	13,8	211,0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos generados por el Ing. Marcelo Borsellino

Oferta Hídrica del Río Horcones (Toma de Ovando)
periodo 1948-49/1994-95



II.4.2.2.- Garantía de Oferta de Agua y Caracterización de Años Críticos

A los efectos de considerar las garantías de oferta unificada de todas las fuentes de agua superficial, se comparó el derrame anual con determinados niveles de garantía y se los contrastó con la lista de registros históricos, a los efectos de seleccionar el período hidrológico constituido por los años que resultan críticos para el funcionamiento del sistema por escasez de aportes hídricos (garantía del 75 % o mayor) y los años típicos medios (garantía 50 %).

Del análisis efectuado en los registros históricos se seleccionaron como años típicos críticos y típico medio los siguientes:

	Garantía	Período Hidrológico correspondiente		
		Río Dulce	Río Salado	Río Horcones
Período crítico muy seco	90 %	1966-67	1947-48	1950-51
Período crítico seco	80 %	1956-57	1968-69	1966-67
Período crítico moder. seco	75 %	1970-71	1969-70	1969-70
Período típico medio	50 %	1981-82	1974-75	1994-95

Dado que para el mismo nivel de garantía no existe correspondencia cronológica entre los sistemas hídricos considerados, se consideró como año típico de cada categoría al correspondiente al Río Dulce, por considerar que es el que pre-

senta los máximos aportes y por tratarse de la fuente principal de afluencia de caudales hacia el futuro embalse de Jume Esquina.

En los cuadros siguientes se muestran las tablas de valores correspondientes a cada nivel de garantía considerado: 90 %, 80 %, 75 % y 50 %.

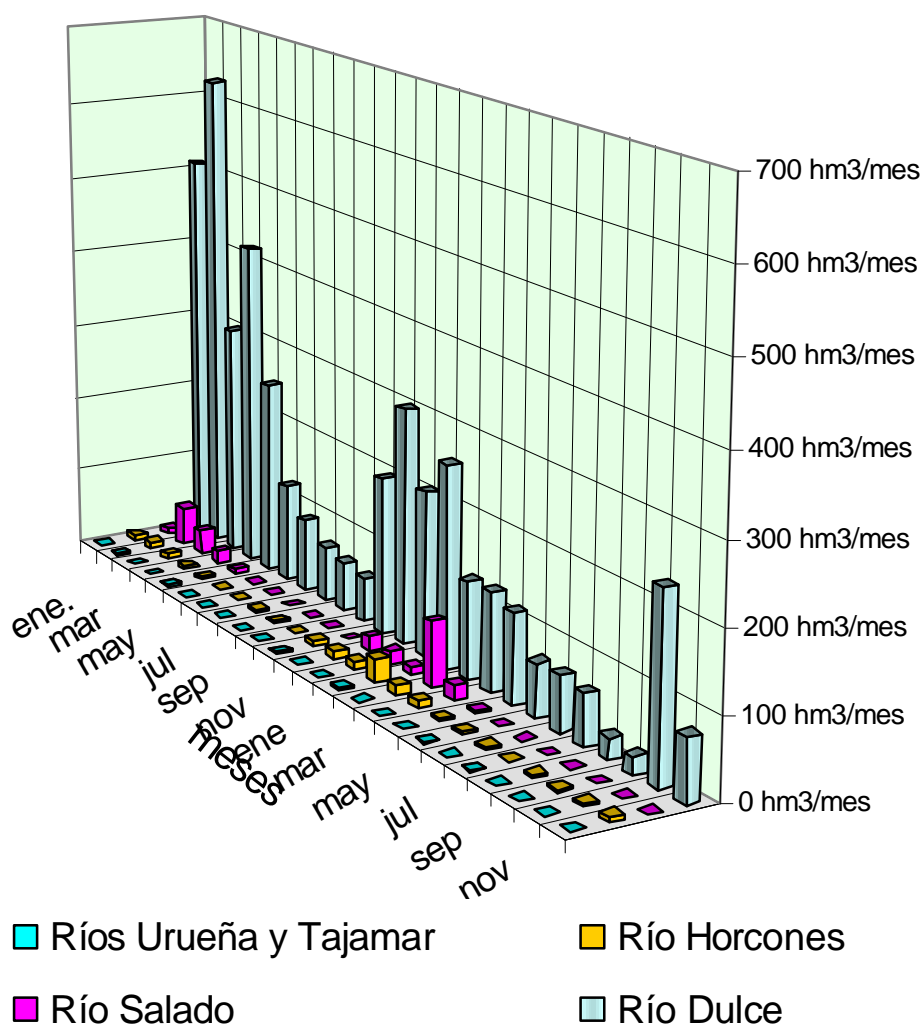
Volúmenes de Aporte [hm³] con Garantía del 90 %

Período 1966-67 (Año típico Muy Seco del Río Dulce)

		Río Dulce	Río Salado	Río Horco- nes	Ríos Urue- ña y Taja- mar	Total
Año 1966	ene.	508,1	7,2	5,9	0,6	521,8
	feb	626,3	49,6	9,7	1,0	686,6
	mar	300,0	32,4	7,8	0,8	340,9
	abr	421,2	17,1	4,1	0,4	442,9
	may	248,8	6,2	3,5	0,3	258,8
	jun	125,2	0,5	2,3	0,2	128,3
	jul	92,7	0,0	2,4	0,2	95,3
	ago	69,9	0,0	2,4	0,2	72,6
	sep	62,5	0,0	2,3	0,2	65,0
	oct	56,2	0,0	1,6	0,2	58,0
	nov	199,8	0,0	6,5	0,6	207,0
	dic	300,8	18,5	10,2	1,0	330,5
Año 1967	ene	209,2	13,9	11,8	1,2	236,1
	feb	257,2	9,9	28,8	2,9	298,7
	mar	124,0	83,6	12,9	1,3	221,7
	abr	127,3	20,2	9,6	1,0	158,0
	may	116,2	2,7	3,5	0,3	122,8
	jun	69,2	0,0	3,6	0,4	73,2
	jul	69,9	0,0	2,9	0,3	73,1
	ago	65,9	0,0	2,4	0,2	68,5
	sep	27,5	0,0	3,1	0,3	30,8
	oct	22,2	0,0	2,9	0,3	25,4
	nov	233,8	0,0	4,8	0,5	239,0
	dic	79,3	0,0	6,9	0,7	86,8

Fuente: elaboración propia en base a datos estadísticos de varios orígenes ya citados.

Volúmenes de Aporte [hm³] con Garantía del 90 % Período 1966-67 (Año típico del Río Dulce)



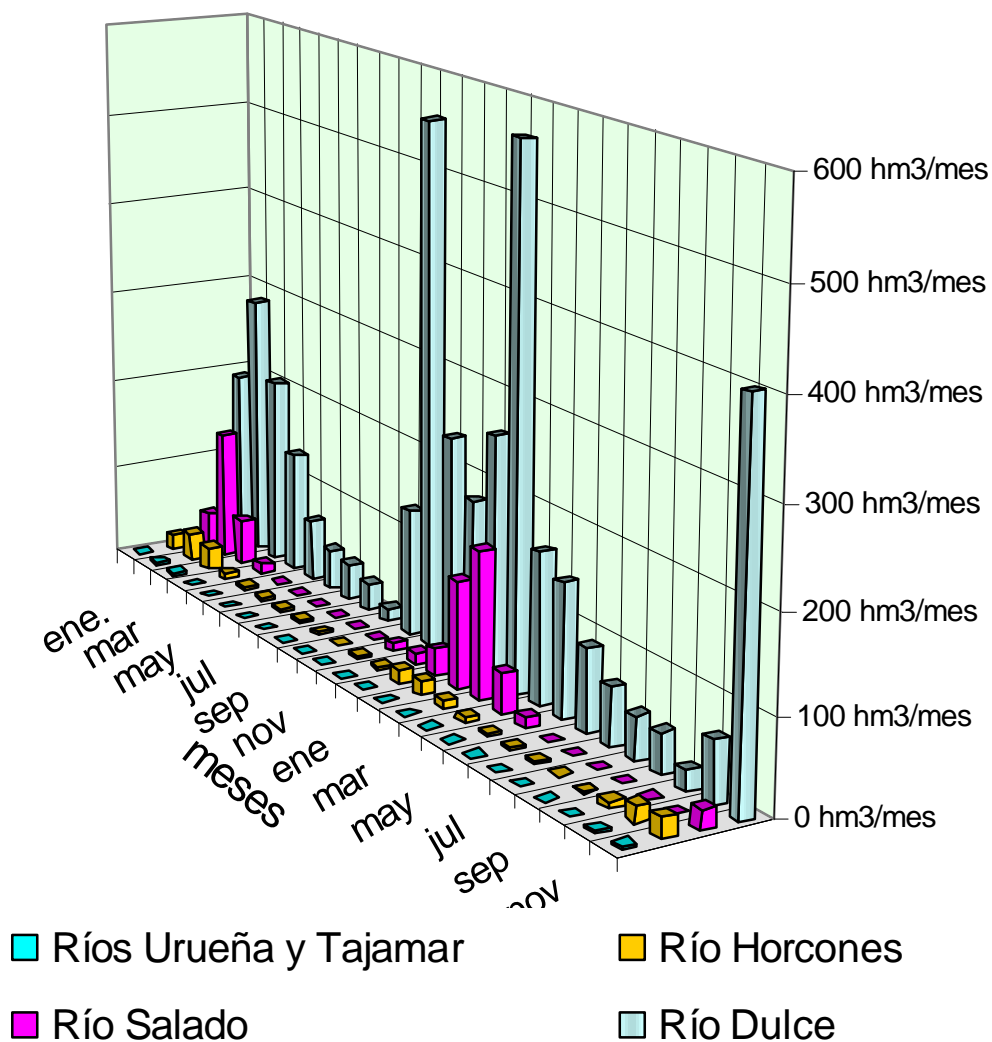
Volúmenes de Aporte [hm³] con Garantía del 80 %

Período 1956-57 (Año típico Seco del Río Dulce)

		Río Dulce	Río Salado	Río Horco- nes	Ríos Urue- ña y Taja- mar	Total
Año 1956	ene.	190,7	34,8	15,5	1,6	242,6
	feb	285,4	138,1	29,8	3,0	456,2
	mar	202,5	50,1	25,2	2,5	280,3
	abr	129,6	11,4	7,0	0,7	148,7
	may	65,9	0,3	4,6	0,5	71,2
	jun	43,8	0,0	3,6	0,4	47,8
	jul	39,4	0,0	3,7	0,4	43,5
	ago	30,5	0,0	3,2	0,3	34,1
	sep	14,5	0,0	2,6	0,3	17,4
	oct	134,2	0,3	2,1	0,2	136,8
	nov	555,2	8,8	3,1	0,3	567,4
	dic	234,6	11,0	4,6	0,5	250,6
Año 1957	ene	178,6	29,2	15,0	1,5	224,3
	feb	258,4	114,2	15,0	1,5	389,1
	mar	564,9	157,5	9,1	0,9	732,4
	abr	160,4	44,6	4,4	0,4	209,9
	may	141,7	12,3	2,7	0,3	157,0
	jun	87,6	0,0	2,9	0,3	90,7
	jul	61,1	0,0	2,1	0,2	63,4
	ago	46,3	0,0	1,9	0,2	48,4
	sep	43,5	0,0	1,6	0,2	45,3
	oct	21,4	0,0	7,0	0,7	29,1
	nov	65,1	0,0	18,4	1,8	85,3
	dic	403,4	19,8	21,2	2,1	446,5

Fuente: elaboración propia en base a datos estadísticos de varios orígenes ya citados.

Volúmenes de Aporte [hm³] con Garantía del 80 % Período 1956-57 (Año típico del Río Dulce)



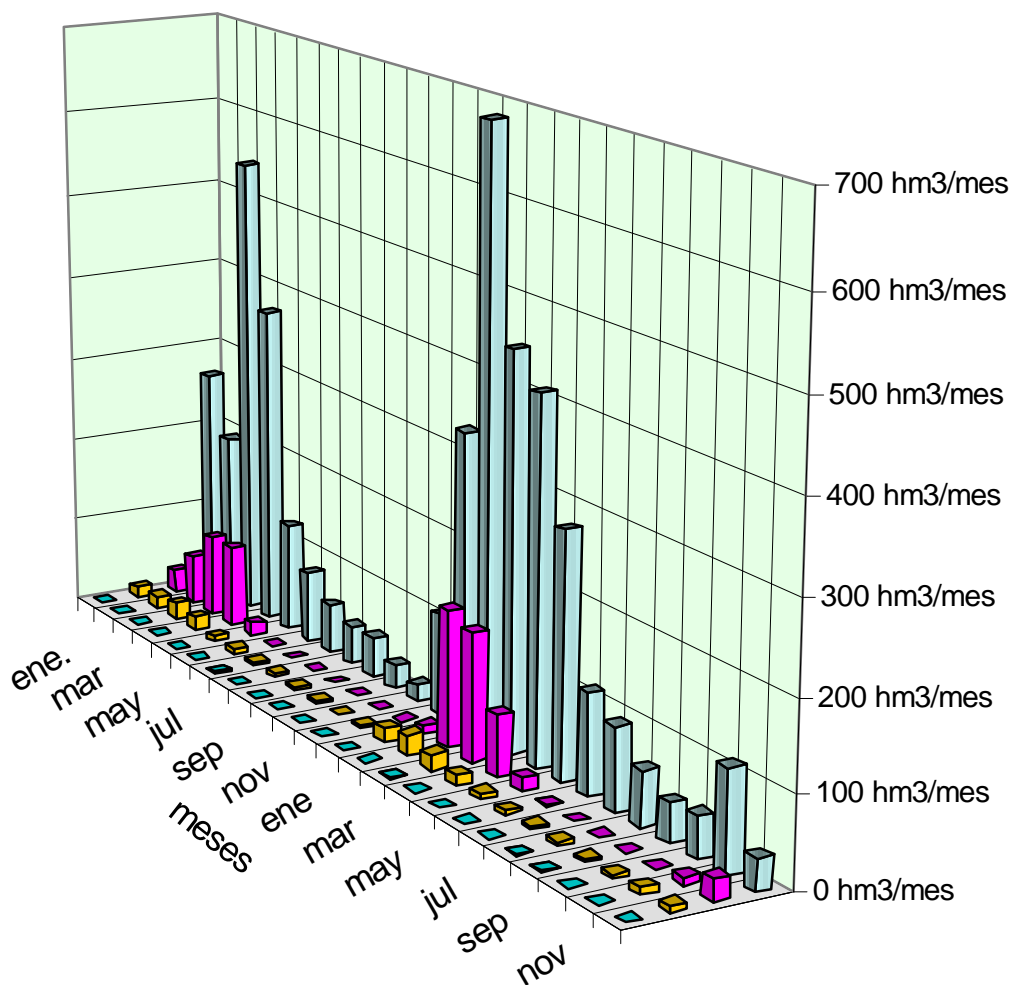
Volúmenes de Aporte [hm³] con Garantía del 75 %

Período 1970-71 (Año típico Moderadamente Seco del Río Dulce)

		Río Dulce	Río Salado	Río Horco- nes	Ríos Urue- ña y Taja- mar	Total
Año 1970	ene.	264,4	25,2	12,5	1,2	303,2
	feb	196,2	56,1	13,9	1,4	267,6
	mar	541,6	93,5	19,1	1,9	656,0
	abr	374,0	94,1	16,5	1,6	486,2
	may	126,7	14,7	6,6	0,7	148,7
	jun	81,4	1,8	5,3	0,5	89,0
	jul	56,0	0,0	4,6	0,5	61,1
	ago	45,5	0,0	4,1	0,4	50,0
	sep	44,8	0,0	3,6	0,4	48,8
	oct	27,9	0,0	3,2	0,3	31,3
	nov	18,1	0,0	2,8	0,3	21,2
	dic	115,7	0,0	3,8	0,4	119,8
Año 1971	ene	334,5	9,4	15,6	1,6	361,1
	feb	684,9	155,8	24,1	2,4	867,2
	mar	448,6	145,2	18,2	1,8	613,8
	abr	412,9	68,9	11,8	1,2	494,9
	may	278,0	15,5	7,4	0,7	301,7
	jun	115,6	0,3	5,0	0,5	121,4
	jul	93,5	0,0	4,6	0,5	98,6
	ago	62,1	0,0	4,1	0,4	66,6
	sep	44,6	0,0	3,4	0,3	48,3
	oct	46,6	0,0	4,1	0,4	51,1
	nov	113,3	8,0	8,2	0,8	130,3
	dic	35,9	24,4	6,9	0,7	67,8

Fuente: elaboración propia en base a datos estadísticos de varios orígenes ya citados.

Volúmenes de Aporte [hm³] con Garantía del 75 % Período 1970-71 (Año típico del Río Dulce)



■ Ríos Urueña y Tajamar

■ Río Horcones

■ Río Salado

■ Río Dulce

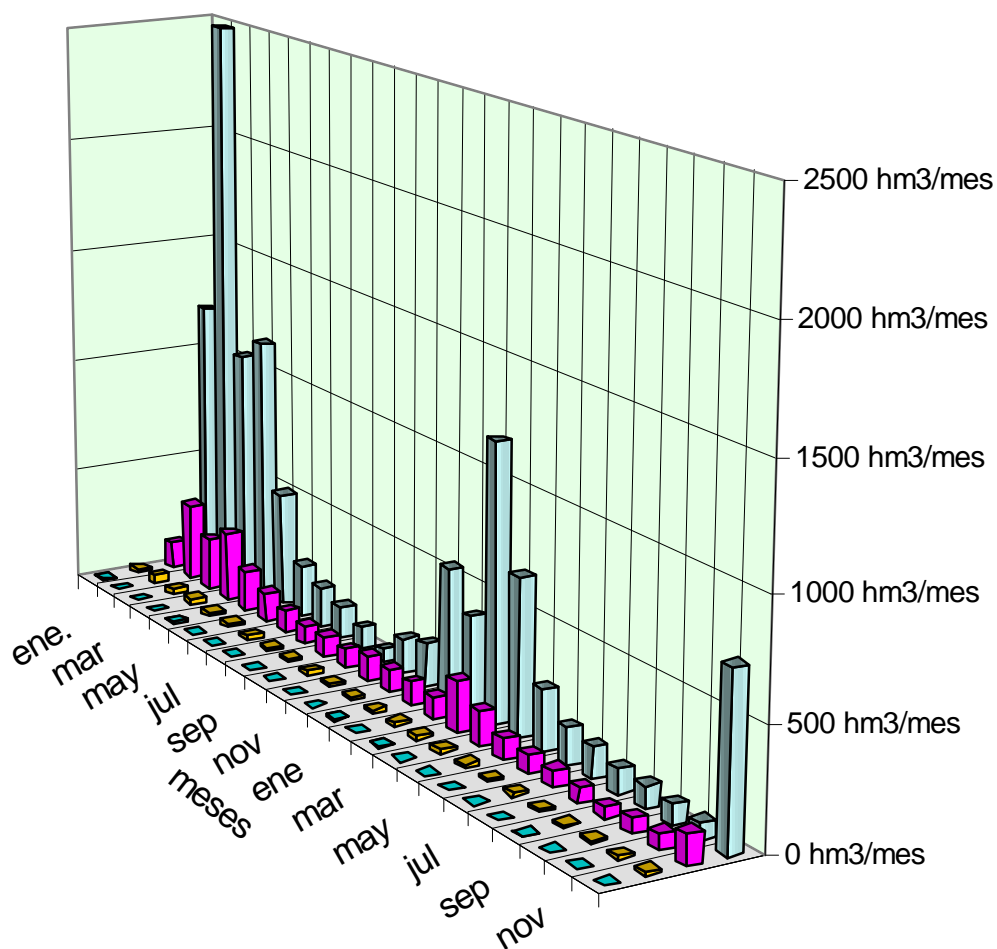
Volúmenes de Aporte [hm³] con Garantía del 50 %

Período 1981-82 (Año típico Medio del Río Dulce)

		Río Dulce	Río Salado	Río Horco- nes	Ríos Urue- ña y Taja- mar	Total
Año 1981	ene.	1190,3	115,4	17,7	1,8	1325,2
	feb	2491,8	338,7	37,3	3,7	2871,5
	mar	1048,1	227,9	24,9	2,5	1303,4
	abr	1142,3	300,7	29,5	3,0	1475,5
	may	500,3	176,8	18,9	1,9	697,8
	jun	225,2	123,1	15,8	1,6	365,7
	jul	174,9	96,2	14,9	1,5	287,4
	ago	132,6	82,0	14,4	1,4	230,4
	sep	96,4	80,4	14,9	1,5	193,1
	oct	49,3	80,1	16,3	1,6	147,3
	nov	149,8	101,3	15,1	1,5	267,8
	dic	179,5	102,0	15,1	1,5	298,1
Año 1982	ene	549,9	99,4	13,7	1,4	664,3
	feb	400,6	90,0	13,4	1,3	505,4
	mar	1175,8	212,7	20,9	2,1	1411,5
	abr	667,7	147,2	17,8	1,8	834,5
	may	259,0	86,5	13,9	1,4	360,8
	jun	161,0	77,2	13,0	1,3	252,5
	jul	135,5	73,7	13,0	1,3	223,4
	ago	104,2	62,1	12,0	1,2	179,5
	sep	94,3	46,1	9,9	1,0	151,4
	oct	80,9	62,7	11,7	1,2	156,5
	nov	71,0	64,8	12,3	1,2	149,4
	dic	729,1	124,8	17,5	1,7	873,1

Fuente: elaboración propia en base a datos estadísticos de varios orígenes ya citados.

Volúmenes de Aporte [hm³] con Garantía del 50 % Período 1981-82 (Año típico del Río Dulce)



■ Ríos Urueña y Tajamar

■ Río Horcones

■ Río Salado

■ Río Dulce

II.4.2.2.- Demanda de Agua

Los datos de demanda ya han sido definidos en los puntos anteriores

- II.1.2.- Requerimientos hídricos para Riego, páginas 11 a 21
- II.2.- Cálculo de la demanda para abastecimiento de poblaciones, páginas 22 a 27
- II.3.- Cálculo de la demanda para abastecimiento de bebida para ganadería, páginas 28 a 30.

II.4.2.3.- Capacidad de Almacenaje de Agua

Las facilidades para almacenaje de agua que fueron consideradas en este estudio son las siguientes:

II.4.2.3.1.- Embalse de Río Hondo, sobre el cauce del Río Dulce

Su capacidad de almacenaje es de aproximadamente 1.400 hm^3 , con un lago de 24.233 ha de superficie en su cota máxima normal recrecida (274,00 metros sobre el nivel medio del mar).

Por ser el embalse que regula la principal fuente de agua del sistema, se la considera como el principal y más importante para el modelo.

Su finalidad primera es el abastecimiento de riego, estando subordinadas las otras utilidades como generación de hidroelectricidad, atenuación de crecidas, turismo, etc.

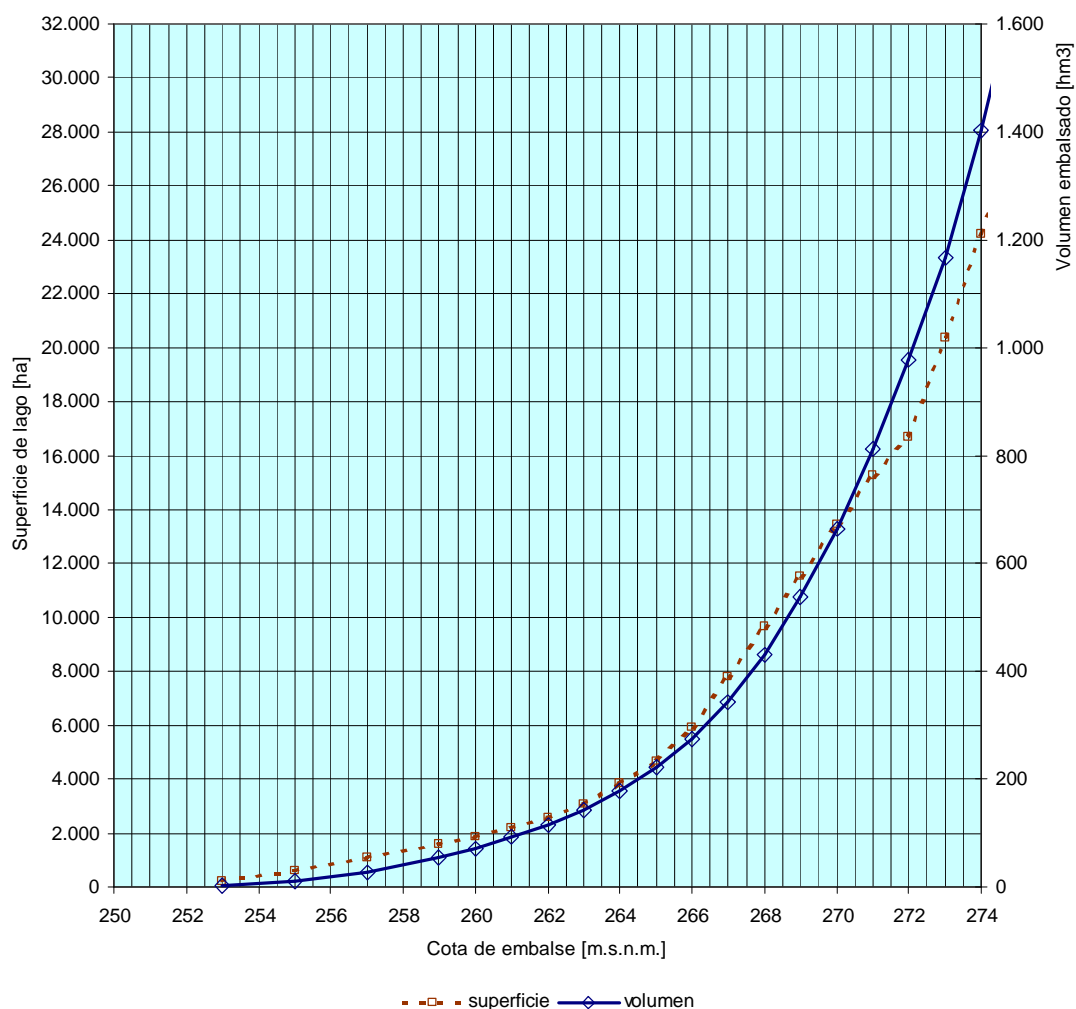
Su manejo se realiza conforme a normas que se establecen en el Contrato de Concesión con la Empresa que opera la presa, Hidroeléctrica Río Hondo, referidas a una programación temporal de cotas mínimas y máximas de embalse para que cumpla eficientemente sus propósitos. Estas regulaciones han sido incorporadas al modelo.

A partir de información de EVARSA y de Hidroeléctrica Río Hondo, se calcularon las ecuaciones que lo representan matemáticamente en sus relaciones altura – volumen embalsado – superficie, las que se indican a continuación:

Ecuación volumen – altura:

$$\begin{aligned} V = & 2,394159419 + 49,45325839 * (h-253) - 59,93089717 * (h-253)^2 + \\ & 30,73293729 * (h-253)^3 - 8,20866467 * (h-253)^4 + 1,304518732 * (h-253)^5 - \\ & 0,1293606807 * (h-253)^6 + 0,008069555774 * (h-253)^7 - 0,0003070740603 * (h- \\ & 253)^8 + 6,501440454^{-6} * (h-253)^9 - 5,863062593^{-8} * (h-253)^{10} \end{aligned}$$

Embalse de Río Hondo



II.4.2.3.2.- Embalse Jume Esquina

Se trata de la obra que actúa como núcleo central del presente estudio. Los estudios topográficos realizados permitieron confeccionaron las curvas de altura-volumenes y altura-áreas para diferentes cotas de nivel de agua a embalsar, desde 139,5 hasta 148,0 m.s.n.m., límites impuestos por la topografía del terreno y del

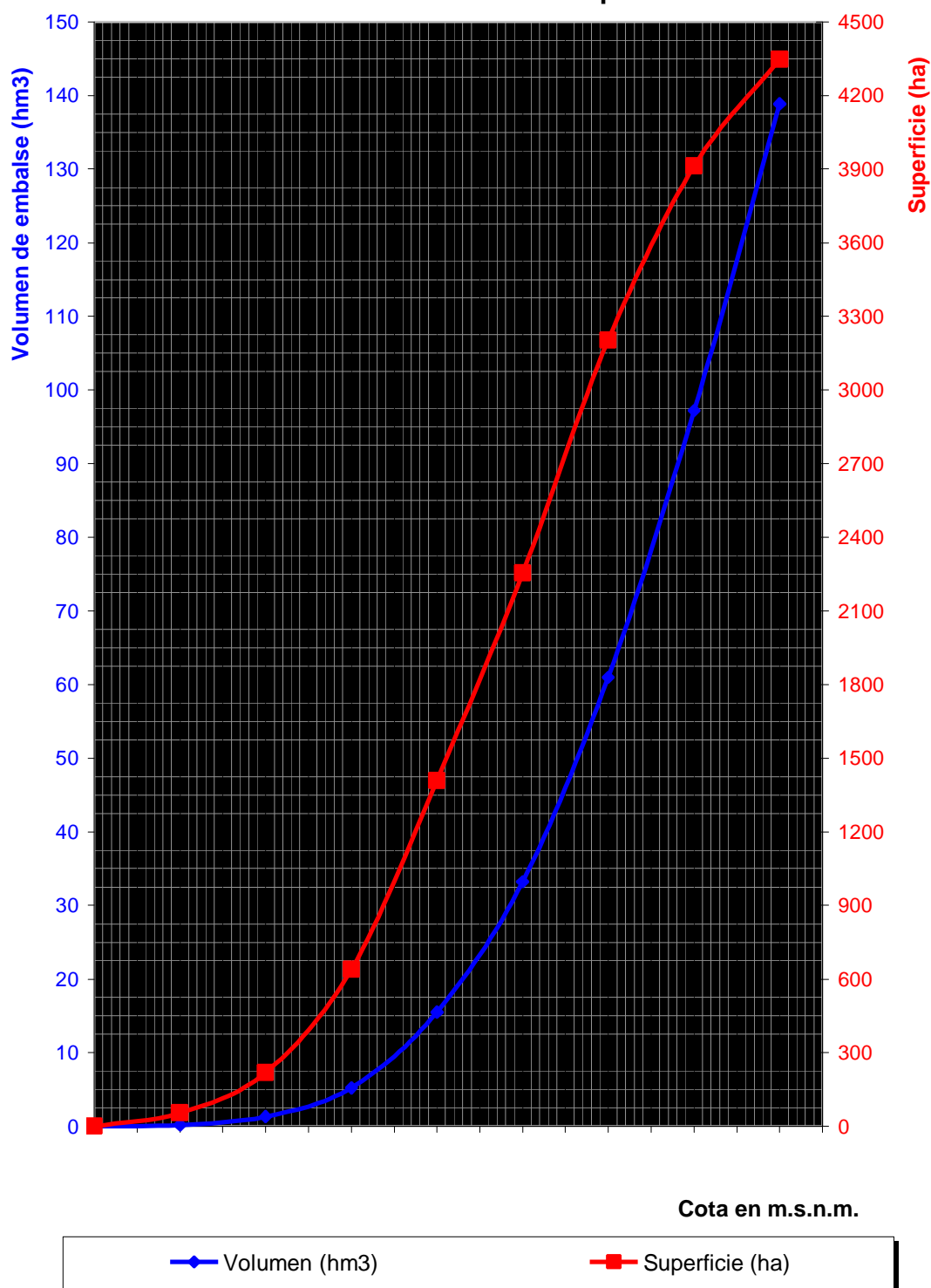
Canal. Para el cálculo de volúmenes y superficies se limitó el área de embalse por una poligonal lateral, ubicada en base a la topografía del terreno. La cota de máximo embalse no debería superar los 148,0 m.s.n.m., dado que la curva de remanso invadiría en forma significativa el último tramo del Canal Jume Esquina. A los fines del estudio, se considera que el volumen disponible útil sería de unos 150 hm³

Cota del nivel de agua	Volumen a embalsar	Superficie del lago
139,5 m.s.n.m	0,0 hm ³	15 ha
140,0 m.s.n.m	0,2 hm ³	55 ha
140,5 m.s.n.m	0,6 hm ³	104 ha
141,0 m.s.n.m	1,3 hm ³	218 ha
141,5 m.s.n.m	2,8 hm ³	368 ha
142,0 m.s.n.m	5,2 hm ³	640 ha
142,5 m.s.n.m	9,3 hm ³	1018 ha
143,0 m.s.n.m	15,5 hm ³	1409 ha
143,5 m.s.n.m	23,3 hm ³	1743 ha
144,0 m.s.n.m	33,2 hm ³	2254 ha
144,5 m.s.n.m	45,9 hm ³	2781 ha
145,0 m.s.n.m	61,0 hm ³	3203 ha
145,5 m.s.n.m	78,1 hm ³	3619 ha
146,0 m.s.n.m	97,2 hm ³	3913 ha
146,5 m.s.n.m	117,5 hm ³	4119 ha
147,0 m.s.n.m	138,9 hm ³	4348 ha
147,5 m.s.n.m	161,5 hm ³	4645 ha
148,0 m.s.n.m	186,0 hm ³	5131 ha

Fuente: elaboración propia en base a datos del estudio topográfico realizado.

Esquema preliminar embalse Jume Esquina

Relaciones Cota:Volumen:Superficie



II.4.2.3.3.- Embalses Cabra Corral y El Tunal, sobre el Río Salado

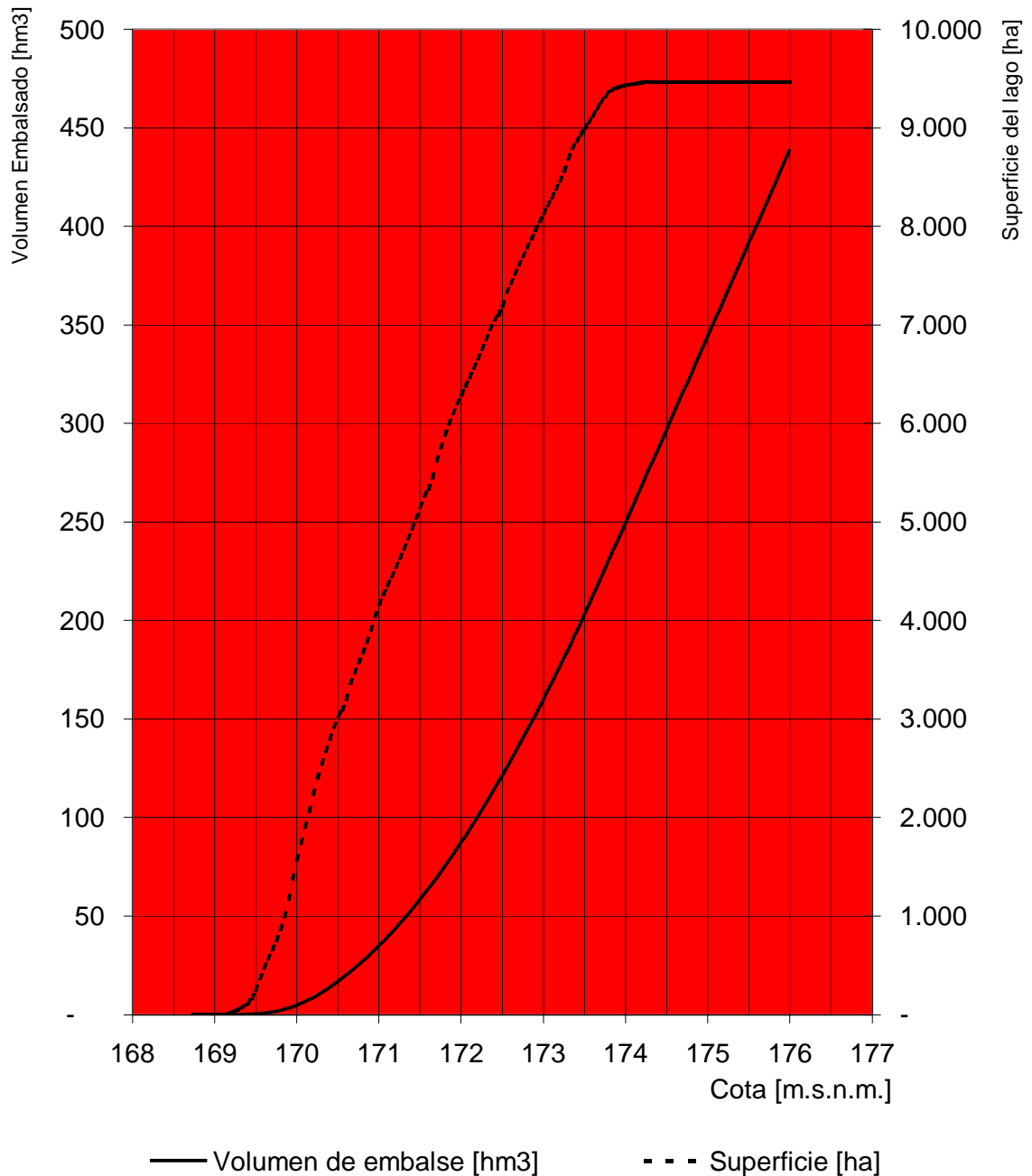
La capacidad de almacenaje conjunta de ambos embalses permite una regulación plurianual del derrame del Río Salado, lo cual debería manifestarse en una mayor regularidad de los caudales que ingresan a Santiago del Estero.

Sin embargo, los usos del agua en la provincia de Salta y la falta de un adecuado canal de conducción hasta el embalse Figueroa hacen que, a los fines prácticos, su presencia resulta de muy poca utilidad para la satisfacción en tiempo y forma de la demanda de riego de los aprovechamientos provinciales. Por tal causa resulta imperioso que se restituya la capacidad de almacenaje y la funcionalidad de los embalses Figueroa y Km. 0.

II.4.2.3.4.- Embalses Figueroa y Km Cero, también sobre el Río Salado, que se encuentran prácticamente fuera de servicio y se está diseñando su remodelación.

Su capacidad de almacenaje y superficie para los embalses remodelados fueron suministrados por el Ing. Antonio Roldán y se muestran en el gráfico de la página siguiente.

Embalse Figueroa



Fuente: Ing. Antonio Roldán

II.4.3.- Resultados numéricos mensuales

II.4.3.1.- Sistema Río Dulce

MOVIMIENTO DE EMBALSE DE RIO HONDO **Pautas mensuales**

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
vol.min	380	200	200	1424	1328	1228	1114	1035	942	826	683	644
vol.máx.	976	1068	1168	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1278	1168	1067
cota.máx.	272,0	272,5	273,0	274,0	274,0	274,0	274,0	274,0	274,0	273,5	273,0	272,5

embalse máximo = 1400,3 hm³

cota = 274,00 m.s.n.m.

embalse mínimo = 200 hm³

cota = 264,44 m.s.n.m.

Demanda [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
Canal del Oeste	9	6	5	5	4	4	6	7	10	12	11	12
Area del Sistema Los Quiroga	137	114	58	19	22	37	65	55	78	187	191	165
Trasvase al Río Salado	12	17	30	39	38	34	28	30	0	0	0	0
Ampliación Jume Esquina	17	14	7	2	3	4	8	7	9	23	23	20
Futura Area de Riego Tuhama	17	15	8	3	3	5	9	7	10	24	24	21
Bañados y Mar Chiquita	54	47	30	16	16	16	33	30	30	69	70	62
Pérdidas en el cauce	19	17	11	6	7	8	11	10	10	24	25	21
Evaporación en el embalse	3	-1	2	7	8	6	9	14	17	14	7	5
Total	267	227	150	96	100	114	169	161	165	354	352	306

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

Movimiento de Embalse Río Hondo
Año típico muy seco – Garantía de Oferta 90 %

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	886	1068	1168	1400	1400	1400	1324	1233	1130	833	681	675
1967	618	648	622	654	670	669	636	604	530	337	356	248

Demanda cubierta [hm3]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	267	444	200	189	249	125	169	161	165	354	352	306
1967	267	227	150	96	100	70	103	98	101	216	215	187

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1967	100%	100%	100%	100%	100%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	61%

Aportes [hm3]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	508	626	300	421	249	125	93	70	62	56	200	301
1967	209	257	124	127	116	69	70	66	27	22	234	79

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

Movimiento de Embalse Río Hondo
Año típico seco – Garantía de Oferta 80 %

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1956	568	626	679	713	679	631	535	436	318	168	441	429
1957	394	470	914	998	1059	1056	982	900	812	550	335	416

Demanda cubierta [hm3]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	267	444	200	189	249	125	169	161	165	354	352	306
1967	267	227	150	96	100	70	103	98	101	216	215	187

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1956	267	227	150	96	100	92	136	129	133	284	283	246
1957	214	182	120	77	80	91	135	128	132	283	281	244

Aportes [hm3]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1956	191	285	202	130	66	44	39	31	15	134	555	235
1957	179	258	565	160	142	88	61	46	44	21	65	325

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

Movimiento de Embalse Río Hondo
Año típico moderadamente seco – Garantía de Oferta 75 %

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	642	611	1003	1281	1308	1276	1166	1053	935	614	286	100
1971	172	633	934	1253	1400	1400	1325	1226	1106	798	560	289

Demanda cubierta [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	267	227	150	96	100	113	166	159	163	349	347	302
1971	263	224	147	94	131	116	169	161	165	354	352	306

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	100%	100%	100%	100%	100%	99%	98%	99%	99%	99%	99%	99%
1971	99%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Aportes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	264	196	542	374	127	81	56	46	45	28	18	116
1971	335	685	449	413	278	116	93	62	45	47	113	36

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

Movimiento de Embalse Río Hondo
Año típico medio – Garantía de Oferta 50 %

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	1568	1068	1168	1400	1400	1400	1400	1372	1303	998	796	670
1982	953	1068	1168	1400	1400	1400	1367	1310	1239	966	685	1068

Demanda cubierta [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	267	2992	948	910	500	225	175	161	165	354	352	306
1982	267	286	1076	435	259	161	169	161	165	354	352	347

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1982	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Aportes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	1190	2492	1048	1142	500	225	175	133	96	49	150	179
1982	550	401	1176	668	259	161	136	104	94	81	71	729

II.4.3.2.- Sistema Jume Esquina

MOVIMIENTO DE EMBALSE JUME ESQUINA **Pautas mensuales**

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
Demanda	33	12	16	14	14	6	5	14	25	27	27	32
vol.min	33	12	14	28	52	76	104	127	143	118	91	65
vol máx.	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

embalse máximo = 159,6 hm³ cota = 147,50 m.s.n.m.
embalse mínimo = 10,0 hm³ cota = 142,56 m.s.n.m.

Movimiento de Embalse Jume Esquina **Año típico muy seco – Garantía de Oferta 90 %**

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	44	49	62	86	110	138	160	160	135	107	81	49
1967	28	33	47	71	94	109	121	126	101	82	63	41

Demanda cubierta [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	33	12	16	14	14	6	6	30	25	27	27	32
1967	33	12	16	14	14	6	5	14	25	19	19	22

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1967	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	70%	70%	70%

Aportes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	12	17	30	39	38	34	28	30	0	0	0	0
1967	12	17	30	39	38	21	17	19	0	0	0	0

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

Movimiento de Embalse Jume Esquina
Año típico seco – Garantía de Oferta 80 %

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1956	44	49	62	86	110	131	149	159	134	107	81	49
1957	26	27	35	51	68	89	106	116	91	69	47	20

Demanda cubierta [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1956	33	12	16	14	14	6	5	14	25	27	27	32
1957	33	12	16	14	14	6	5	14	25	23	22	26

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1956	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1957	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	83%	83%	83%

Aportes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1956	12	17	30	39	38	28	23	24	0	0	0	0
1957	9	14	24	31	30	28	22	24	0	0	0	0

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

Movimiento de Embalse Jume Esquina
Año típico moderadamente seco – Garantía de Oferta 75 %

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	44	49	62	86	110	137	160	160	135	107	81	49
1971	28	33	46	69	93	121	144	160	135	107	81	49

Demanda cubierta [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	33	12	16	14	14	6	5	30	25	27	27	32
1971	33	12	16	14	14	6	5	15	25	27	27	32

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1971	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Aportes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	12	17	30	39	38	34	28	30	0	0	0	0
1971	12	17	29	38	38	34	28	30	0	0	0	0

Movimiento de Embalse Jume Esquina
Año típico medio – Garantía de Oferta 50 %

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	44	49	62	86	110	138	160	160	135	107	81	49
1982	28	33	47	71	94	122	145	160	135	107	81	49

Demanda cubierta [hm3]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	33	12	16	14	14	6	6	30	25	27	27	32
1982	33	12	16	14	14	6	5	16	25	27	27	32

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	33	12	16	14	14	6	6	30	25	27	27	32
1982	33	12	16	14	14	6	5	16	25	27	27	32

Aportes [hm3]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	12	17	30	39	38	34	28	30	0	0	0	0
1982	12	17	30	39	38	34	28	30	0	0	0	0

II.4.3.3.- Sistema Río Salado

MOVIMIENTO DE EMBALSE FIGUEROA **Pautas mensuales**

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
Demanda	46	17	23	20	20	9	7	19	35	38	37	45
vol.min	37	17	86	157	231	226	218	211	192	157	119	82
vol máx.	148	169	186	222	222	222	222	222	222	222	222	222

embalse máximo = 221,6 hm³

cota = 173,70 m.s.n.m.

embalse mínimo = 20,3 hm³

cota = 170,60 m.s.n.m.

Movimiento de Embalse Figueroa **Año típico muy seco – Garantía de Oferta 90 %**

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	43	76	86	83	69	61	53	34	25	15	6	12
1967	15	20	98	113	105	101	97	87	69	50	31	8

Demanda cubierta [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	46	17	23	20	20	9	7	19	9	10	10	12
1967	12	4	6	5	10	5	4	10	18	19	19	23

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	26%	26%	26%	26%
1967	26%	26%	26%	26%	51%	51%	51%	51%	51%	51%	51%	51%

Aportes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1966	7	50	32	17	6	1	0	0	0	0	0	18
1967	14	10	84	20	3	0	0	0	0	0	0	0

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

Movimiento de Embalse Figueroa
Año típico seco – Garantía de Oferta 80 %

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1956	48	48	55	73	91	110	125	131	96	57	20	10
1957	10	20	39	50	60	78	94	99	64	26	17	8

Demanda cubierta [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1956	46	17	23	20	20	9	7	19	35	38	37	10
1957	10	4	5	20	20	9	7	19	35	38	8	10

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1956	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	22%
1957	22%	22%	22%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	22%	22%

Aportes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1956	12	17	30	39	38	28	23	24	0	0	0	0
1957	9	14	24	31	30	28	22	24	0	0	0	0

Convenio: Provincia de Santiago del Estero– Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

Movimiento de Embalse Figueroa
Año típico moderadamente seco – Garantía de Oferta 75 %

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	46	169	186	222	217	208	201	182	147	109	80	59
1971	40	147	184	189	173	163	156	137	102	64	27	4

Demanda cubierta [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	46	32	128	33	20	9	7	19	35	38	37	45
1971	46	17	23	20	20	9	7	19	35	38	37	23

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1971	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	51%

Aportes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1970	9	156	145	69	16	0	0	0	0	0	8	24
1971	26	124	60	25	4	0	0	0	0	0	0	0

Movimiento de Embalse Figueroa
Año típico mmedio – Garantía de Oferta 50 %

Volumen Embalsado a fin de mes [hm³]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	152	169	186	222	222	222	222	222	222	222	222	222
1982	148	169	186	222	222	222	222	222	222	222	222	222

Demanda cubierta [hm3]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	46	321	211	265	177	123	96	82	80	80	101	102
1982	173	69	196	112	87	77	74	62	46	63	65	125

% Demanda cubierta

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
1982	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Aportes [hm3]

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
1981	115	339	228	301	177	123	96	82	80	80	101	102
1982	99	90	213	147	87	77	74	62	46	63	65	125

II.4.3.1.3.- Superficies factibles de riego.

En base a los resultados del modelo, se establecen las siguientes superficies factibles de riego:

- Subsistema Jume Esquina: ampliación de 14.000 ha, condicionada por la capacidad de conducción del Canal Jume Esquina. La ampliación a 20.000 ha sería posible sin afectar en mayor medida las garantías de riego, siempre que se consiga un caudal del orden de 20 m³/seg en la toma del Secundario Simbolar, para abastecer adecuadamente a la Colonia El Simbolar, al área de ampliación y quede el remanente de época de crecientes para llenado del Embalse Jume Esquina.
- Subsistema Colonia Dora, Herrera, Añatuya, Icaño, Real Sayana: la superficie factible de riego es de 15.000 ha, que cuenta con buen nivel de garantía de provisión de agua con el abastecimiento desde el Embalse Jume Esquina.

Debe advertirse, para ambos subsistemas, acerca del riesgo de la pérdida de la calidad del agua como consecuencia de los ingresos de aguas salobres provenientes del sistema de los Saladillos de Huyamampa, como así también de las provenientes de filtraciones de aguas subsuperficiales que

actualmente están ingresando al área del Canal de Jume Esquina, tal como se detectó en el presente estudio.

- Subsistema Los Quiroga: se trabajó siempre sobre la hipótesis de regar 122.000 ha contempladas en el proyecto.
- Subsistema Tuhama: se prevé el riego de la superficie considerada en el proyecto de riego del subsistema, es decir 21.600 ha
- Subsistema Canal del Oeste: se prevé el riego de la superficie considerada en el proyecto de riego del subsistema, es decir 10.000 ha
- Subsistema Figueroa: los niveles de garantía obtenidos por el modelo son relativamente bajos si se consideran las previsiones de 30.000 ha del Proyecto. Sin embargo, la potencialidad del sistema se incrementará notablemente con la construcción de un acueducto de buen tránsito. En las condiciones actuales no existen remanentes que puedan ser utilizados complementariamente en el Subsistema Jume Esquina.

II.5.- Esquemas conceptuales de funcionamiento hídrico, que servirán de base a la identificación de alternativas de obras y acciones necesarias para optimizar el Sistema Jume Esquina.

Tomando en consideración todos los elementos reunidos en las distintas especialidades que intervienen en esta primera etapa de estudios básicos, surgen

esquemas conceptuales que se plantean como premisas básicas para asegurar el éxito de los emprendimientos. Dichas premisas son:

II.5.1.-Preservación de la calidad del agua

Habiendo verificado los procesos de contaminación de los caudales transportados por el Canal de Jume Esquina, como así también de los altísimos niveles de concentración salina en las aguas que ingresan a la depresión de Jume Esquina, a través del sistema de los saladillos, se requiere una acción concreta para evitar la contaminación del agua dulce.

Como se señala en el Tomo III – Geomorfología, Geología e Hidrogeología, *“La cuenca de alimentación del sistema de Huyamampa esta formada por diversos cursos de agua semipermanentes que escurren de la paleobajada de las sierras pampeanas, al este de las sierras de Tucumán. Los ríos principales son de norte a sur, Horcones, Urueña, La Overa, La Puerta y la Verde. Las lagunas de mayor extensión son las de Perro Loco, la Colorada, de Juan Cruz y La Cruzanita”.*

“...su régimen hídrico estacional está condicionado al escurrimiento de los ríos provenientes de la vertiente tucumana y a la evaporación.”

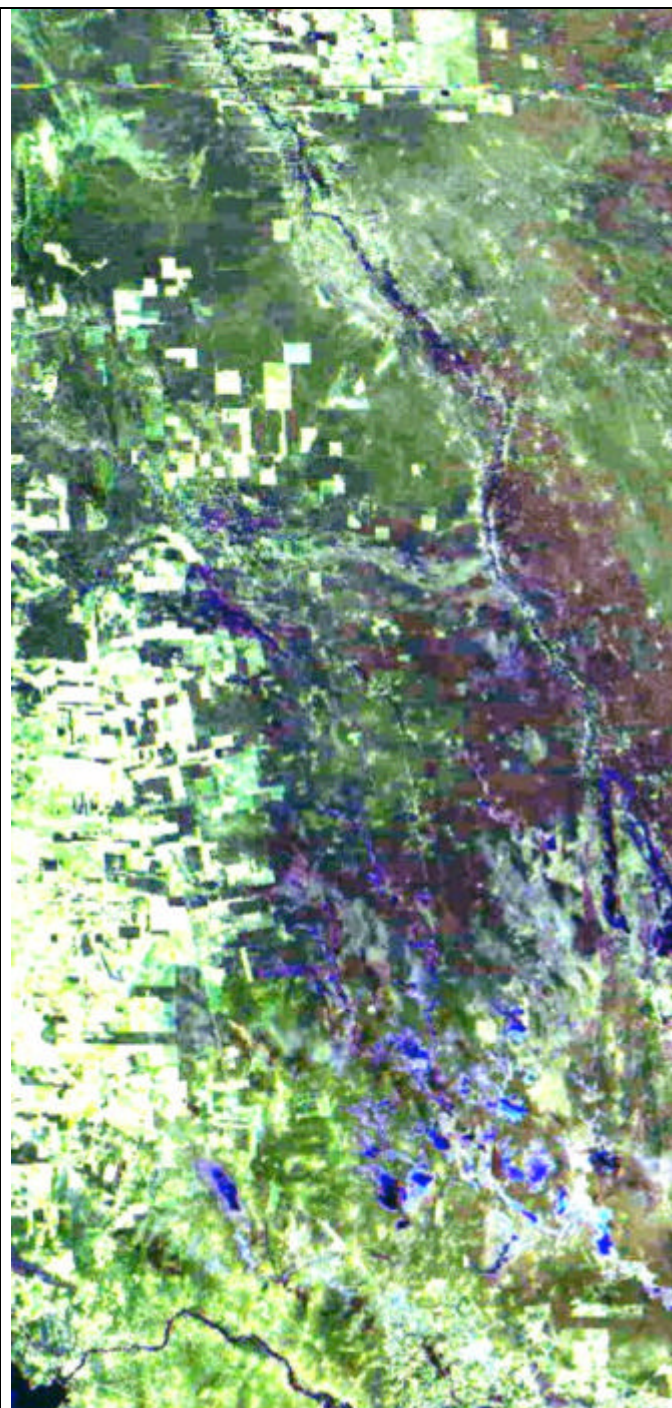
“Los sedimentos de la depresión son limo arenoso finos con laminación muy fina, intercalándose capas salinas con arcilla.”

“Las comunidades vegetales asociadas a las lagunas pertenecen al grupo de las halófitas..”

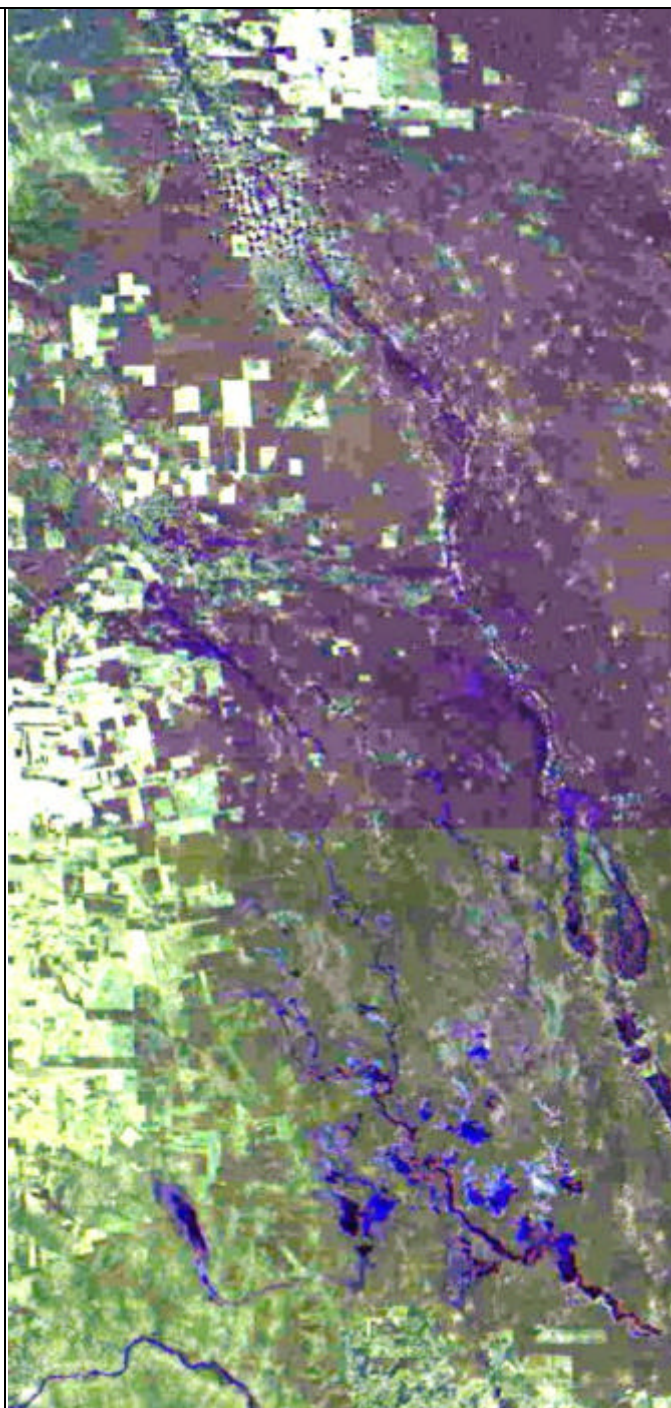
“...son extensas cubetas de contorno irregular, que funcionan como evaporadores en los períodos secos, precipitando salmueras de las sales en disolución...”

Con este panorama, las aguas del sistema de los saladillos de Huyamampa que ingresan al Río Salado a través de su conexión hídrica constituida por el Río de los Saladillos y el Río La Guardia, constituyen una fuente muy importante, si no la principal, de contaminación salina.

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600

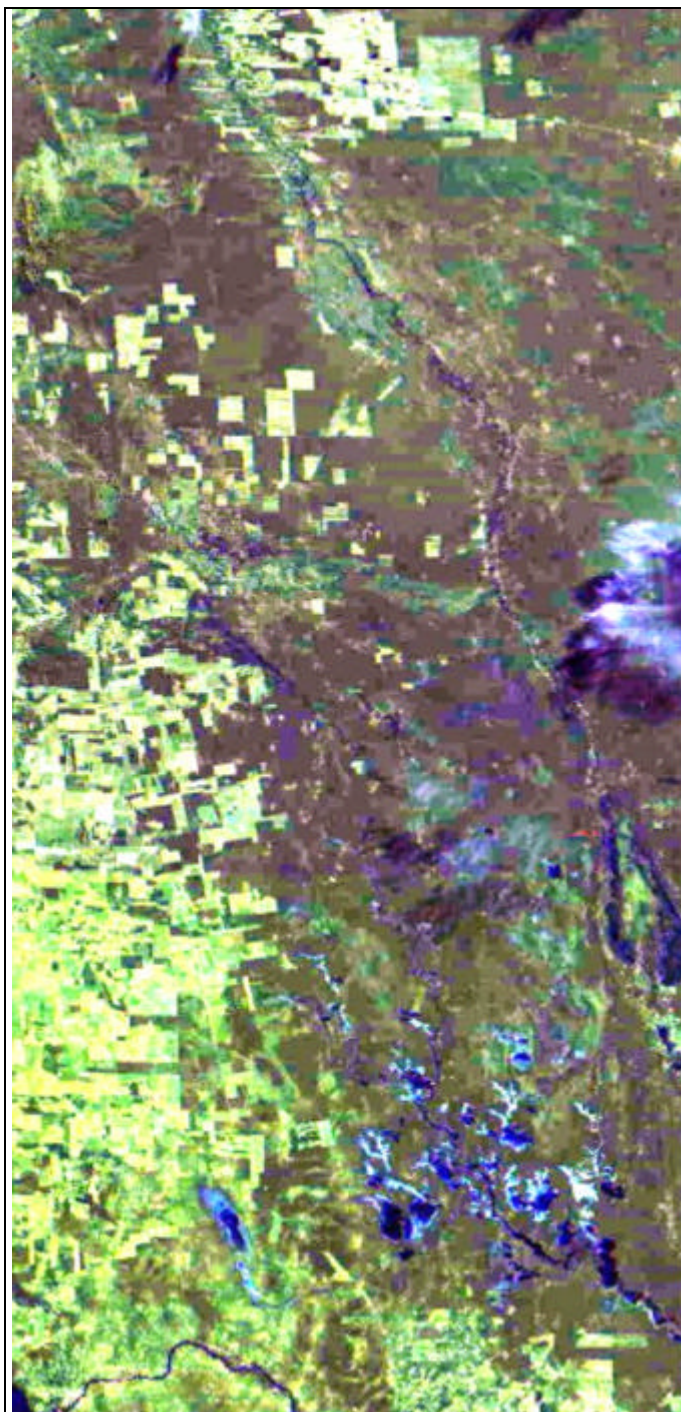


31 de diciembre de 2000



22 de abril de 2001

Convenio: Provincia de Santiago del Estero–Consejo Federal de Inversiones
Programa de Trabajo: Estudios Básicos para el Dique Jume Esquina
Expediente N° 4600



25 de junio de 2001



18 y 26 de diciembre de 2001

La actividad humana que se observa en los sectores más altos ha modificado profundamente el régimen hidrológico natural, incrementando los coeficientes de esorrentía, lo cual modifica el balance hídrico del sistema de los Saladillos en forma muy significativa. El proceso se ve agravado por la ocurrencia de un período bastante largo de años con régimen de lluvias superior al registrado a mediados del siglo pasado. La persistencia de este fenómeno de mayores lluvias es difícil de predecir, pero seguramente los efectos de la modificación del estado natural para la explotación agropecuaria de los recursos naturales van a perdurar, obligando a que se tomen acciones para mitigar sus efectos adversos.

Como se puede observar en las imágenes satelitales seriadas desde diciembre de 2000 hasta diciembre de 2001, el sistema de los Saladillos presenta cierta regularidad hidrológica:

- en diciembre de 2000 el sistema lagunar está bastante seco: subsisten solamente los cuerpos de agua más permanentes, pero no se observa flujo superficial en los cauces. Tampoco hay indicios de aportes superficiales a Jume Esquina por los Saladillos. En cambio, en los sectores altos del sistema comienzan a formarse los bañados que posteriormente avanzarán sobre el sistema lagunar.
- En abril de 2001 ya se observa nítidamente que todo el sistema está cargado con agua, tanto en el sector norte (cuenca de alimentación)

como en las lagunas. El agua llena completamente la vaguada que actúa como conexión hídrica con el sistema del río Salado, hasta más abajo del cruce con la Ruta N° 5 y avanza sobre el Río La Guardia.

- En Junio de 2001 todavía quedan algunos restos de bañados o humedales en el sector norte. En el sistema lagunar se observa que está casi completo el proceso de descarga. Sin embargo, persiste aún el agua en la vaguada que conduce los excedentes del sistema hacia el Río La Guardia.
- En diciembre de 2001 se repite una situación similar a la de diciembre de 2000, aunque con mayor cantidad de agua.

Los procesos de transferencia de agua dentro del sistema son muy lentos, debidos a la baja pendiente y a los escurrimientos predominantemente laminares muy extensos y poco profundos. Esto genera un cierto retardo entre el momento en que se producen los aportes (por lluvia y por descarga de los ríos, arroyos y humedales) y la descarga definitiva.

La lentitud del proceso de transferencia de agua incrementa las pérdidas por evaporación y disminuye los coeficientes de descarga superficial. Sin embargo, el mismo proceso provoca un incremento de la concentración de sales en las aguas, de manera que cuando se incorporan al Río La Guardia provocan igualmente un daño muy importante.

Los hechos que se observan superficialmente tienen seguramente una estrecha correlación con el escurrimiento subsuperficial, aunque con cierto retardo debido a la menor velocidad de flujo.

Como corolario de lo expuesto, surge la necesidad de encarar un programa de obras y acciones que tienda a evitar el flujo de agua salobre hacia el cauce del Río Salado.

Entre esas acciones podrían mencionarse:

- la sistematización de los terrenos de las respectivas cuencas,
- el máximo aprovechamiento de las lluvias y de las aguas superficiales en sus lugares de origen,
- la conducción de los excesos de aguas dulces hacia sitios donde puedan ser utilizados, o al menos donde no provoquen perturbaciones,
- el incremento de la superficie de evaporación en el área lagunar,
- la captación de los desagües y drenajes salinos y su conducción segura hacia sitios de disposición final, etc.

II.5.2.- Regularización de los aportes del Río Salado al Subsistema Figueroa

Las garantías obtenidas para el cubrimiento de la oferta en el subsistema de riego Figueroa son muy bajas si se considera el aporte histórico del Río Salado en El Arenal. En este hecho inciden notablemente los siguientes elementos:

- Falta de control adecuado del cumplimiento del Convenio Interprovincial Salta – Santiago del Estero para el aprovechamiento de las aguas del Río Salado.
- Los aprovechamientos de aguas arriba en territorio provincial tienen muy baja eficiencia
- El cauce del río presenta tramos donde la capacidad de conducción está muy disminuida por colmatación.
- En tales condiciones de escurrimiento se incrementan notablemente las pérdidas por infiltración y por evaporación.

Si la provincia de Santiago del Estero tiene derecho a utilizar su cupo de agua, deberá recurrir a todos los elementos (legales, instrumentales, fácticos, sociales, políticos, estructurales, organizativos, etc.) a su alcance para conseguir que el agua del Río Salado llegue a destino y sea factor de crecimiento humano y económico de los pueblos de los Departamentos aledaños.

Lamentablemente se perdió la oportunidad de ejecutar el Canal El Tunal – Figueroa, previsto en el programa financiado por la Nación. Los responsables del gobierno debieron insistir con mayor fuerza para lograr este acueducto fundamental, porque no solamente preservará los caudales que se pierden, sino que será un elemento contundente en el momento en que se debe controlar el cumplimiento de la entrega de los cupos establecidos por Convenio. Además, preservará mejor la calidad del agua que llega al embalse.

II.5.3.- Restablecer la capacidad de almacenaje y la operatividad de los embalses Figueroa y Km. Cero.

Por lo que se observa en los registros de caudales de aporte del Río Salado, durante los meses de máximo requerimiento no se registran caudales significativos, pues solamente con garantías tan bajas como el 10 % los caudales son positivos, aunque de una magnitud exageradamente baja (confrontar II.4.2.1.- Oferta de Agua – Río Salado, página 43). Es decir que solamente un año de cada 10 es esperable un caudal pequeño en el mes de septiembre, mientras que 9 años de cada 10 se debe esperar que el cauce esté seco en ese mes. En contraste, para los niveles de garantía aceptables para la programación del aprovechamiento de los recursos hídricos para riego, el caudal del río es importante solamente en el lapso de enero a mayo, mientras que el resto del año el cauce está seco o con caudales no significativos.

El restablecimiento de la funcionalidad de los embalses permitirá regularizar el suministro, aunque con limitaciones. La solución que debe buscarse es que simultáneamente con esta acción se concrete también la regularización de los aportes del Río Salado que se mencionó en el punto anterior.

II.5.4.- Preservación de la calidad del agua del Canal Jume Esquina

Los estudios realizados que se exponen en el Tomo V: Edafología y Calidad del Agua, indican claramente la problemática:

“De este análisis del fenómeno detectado, surge que:

- El agua transportada por el Canal Jume Esquina presenta oscilaciones en su contenido de sales.*
- La calidad del agua depende de la época del año y es de carácter antrópico y ambiental.*
- Desde progresiva Km 0 (Barrera IV del Canal Matriz) hasta progresiva aproximada Km 25 su uso en riego agrícola “no presentaría problemas”.*
- La génesis de la salinización del agua del Canal Jume Esquina se atribuye a fenómenos de intrusión de aguas salobres, tanto superficiales como subsuperficiales.*

- *La salinización de los suelos que se rieguen con esta agua y la disminución de las cosechas y beneficios sería el resultado a corto plazo, si se usan aguas con contenidos salinos como los que se observan desde progresiva Km 25 en adelante.*
- *La reducción del impacto de los fenómenos de salinización requiere de prácticas de manejo que inciden significativamente en los costos de producción.*
- *....la situación puede solucionarse con acciones, ordenación del flujo y obras a diseñar adecuadamente.*
- *Para el diseño de las mismas se requiere realizar estudios tendientes a determinar, en un ciclo hidrológico, la evolución halomigratoria de las aguas. Además, una vez fijada el área de estudio, se deberán considerar, entre otros, los siguientes aspectos:*
 - *Condiciones topográficas,*
 - *Condiciones hidrogeomórficas,*
 - *Condiciones del equilibrio suelo:agua:planta,*
 - *Pautas para el manejo del agua de riego, tanto a nivel de parcela como en la red de conducción y distribución.”*

II.5.5.- Mejoramiento de la capacidad de conducción del Canal Jume Esquina

El Canal fue diseñado para conducir hasta 20 m³/seg., pero presenta un tramo revestido en hormigón denominado “la rápida”, ubicado entre progresivas km 20,5 y 21,2, donde se produce un notable cambio de pendiente y velocidad para salvar el desnivel del terreno. Según información del personal técnico del Servicio de Riego, los caudales máximos que pueden circular por este sector son del orden de 16 m³/seg., lo cual limita las posibilidades de mayores aprovechamientos. De ese caudal se extraen, durante los meses de gran consumo, unos 10 m³/seg para abastecimiento de la Colonia El Simbolar y su zona de ampliación ya cultivada. Para las nuevas áreas de ampliación se extraen además en la progresiva km 40 un caudal variable que puede alcanzar los 2 m³/seg en los meses de mayor consumo. Para que se pudiera cumplir el anhelo de extender el área regada con el Canal de Jume Esquina a unas 20.000 ha en la zona donde se realizaron los estudios edafológicos, se requiere contar con una capacidad de conducción mínima de 20 m³/seg, lo cual implica la remodelación de la obra de hormigón denominada “la rápida”.

Por otra parte, el canal se encuentra en deficiente estado de mantenimiento a partir de la progresiva km. 22, por lo que se requiere un mejoramiento de las condiciones de escurrimiento consistentes en limpieza del cauce de tierra y reconstrucción de obras dañadas.

II.5.6.- Evitar la contaminación del agua en el trayecto desde el Embalse Jume Esquina hasta el subsistema Colonia Dora, Añatuya, Herrera, Icaño, Real Sayana

Por distintas causas el Río Salado va incrementando su concentración de sales, debido a intrusión de aguas salobres desde el Río Horcones y por el Río La Guardia, además de recoger el drenaje de áreas de bañados salinizados y de cárcavas que actúan como drenes a cielo abierto.

Esto es particularmente serio en período de estiaje, que como ya se dijo es considerablemente largo en este río. Por lo tanto, se debería detectar los sitios de intrusión de aguas salobres y evitar que ingresen al cauce. Como solución alternativa podría llevarse el agua del futuro embalse de Jume Esquina por un canal, racionalmente diseñado y construido, hasta la zona de aprovechamiento en el Subsistema Colonia Dora, Añatuya, Herrera, Icaño y Real Sayana.

La salinización del agua, sumada al manejo deficiente del riego superficial, ha provocado la degradación de una importante superficie de suelos, con los consiguientes incrementos de costo unitario para la actividad agropecuaria, disminución de rendimientos, y finalmente disminución de la calidad de vida de los productores del área de riego.

II.5.7.- Racionalizar los aprovechamientos para riego en todos los subsistemas

En todos los subsistemas en funcionamiento las eficiencias globales son exageradamente bajas. Las pérdidas en las redes públicas de acueductos excavados en tierra, sumadas a las pérdidas que se producen por falta de tecnificación del riego en las parcelas, hacen que actualmente se esté trabajando con eficiencias globales del orden de 30 % y menores.

Esto significa que, para regar unas 80.000 ha actuales, se utilizan unos 1.200.000.000 m³/año que contienen, en el mejor de los casos, 0,5 kg de sales disueltas por cada metro cúbico, lo que hace una incorporación de sales global del orden de 600.000 toneladas de sales por año, a razón de unos 7500 kg de sales por hectárea y por año. Resulta paradójico comparar esta cifra con los rendimientos que se obtienen de los cultivos: no más de 3500 kg de algodón por hectárea, o no más de 7.000 kg. de maíz , o no más de 2500 kg de soja. ¡Es decir que, por cada kilogramo de producto obtenido se está incorporando un kilogramo o más de sales al sistema productivo.!

El volumen de agua que se pierde por ineficiencia en estas condiciones es del orden de 800.000.000 m³/año, los que se incorporan a los estratos inferiores del suelo. Semejante volumen de líquido no puede ser evacuado por drenaje natural y generan ascenso freático hasta alcanzar niveles críticos en casi toda el área.

El agua y las sales que se han ido acumulando a lo largo de la historia son el ingrediente necesario para que se produzca el proceso de revenimiento salino de los suelos, o salinización secundaria, que hace perder rápidamente la potencialidad a los sistemas productivos.

Si se pretende un futuro venturoso para la agricultura irrigada de Santiago del Estero, la única opción es mejorar los subsistemas de riego en todos los niveles, de manera que la racionalidad venza a la decadencia y los recursos naturales recuperen, aunque sea parcialmente, su sustentabilidad y su potencialidad.

II.5.8.- Establecer programas de restablecimiento de la capacidad productiva de los distintos ambientes

Lo expresado en el punto anterior puede parecer catastrófico. Sin embargo es una realidad que queda demostrada en las estadísticas provinciales. Cuando se trabajan tierras vírgenes, la productividad es muy alta. Pero después de cierto tiempo los niveles de productividad y de rentabilidad caen estrepitosamente. El agricultor puede considerar que esto es lo natural. Pero desde el ámbito agronómico y ambiental se sabe con claridad que el decaimiento de los sistemas productivos bajo riego se deben, casi siempre, a procesos de salinización secundaria. Y la historia mundial está abarrotada de ejemplos.

Es importante preservar la integridad de nuestra provincia, porque sin agua y sin aire limpios, sin suelos fértiles y sin la riqueza de todas clases de vida – vege-

tal y animal – la Tierra que conocemos se detendrá en su prosperidad y producción.

Planteado el problema productivo en estos términos, la protección del ambiente es esencial para garantizar la alta productividad y la sustentabilidad de los sistemas que generan bienes de origen agropecuario.

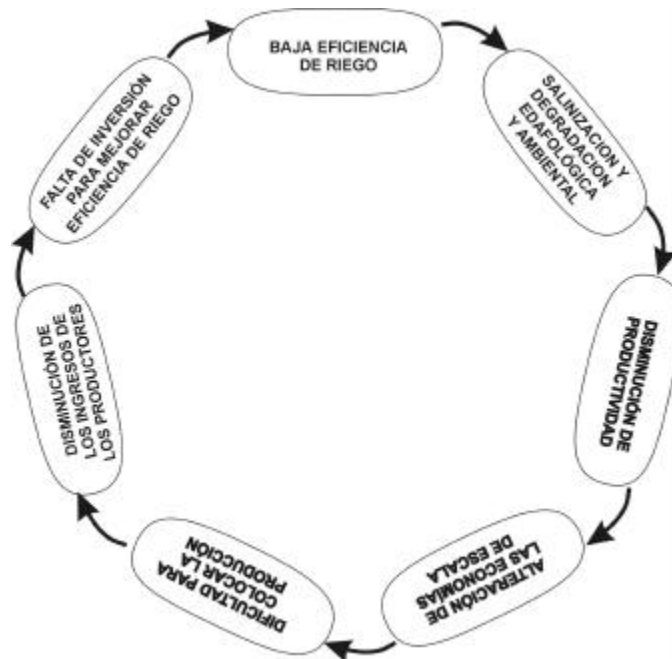
De la protección ambiental dependerá también la habitabilidad, que quedará de esta manera asociada al mejoramiento sustentable del aprovechamiento de los recursos naturales.

Programas de esta naturaleza implican cambiar el comportamiento humano. Representan un propósito de largo plazo para recuperar el potencial productivo de las áreas degradadas y restablecer el balance hidrológico y salino a niveles compatibles con la capacidad de evacuación natural de los excedentes, mediante el trabajo mancomunado con los agricultores, cuyas vidas están estrechamente ligadas a los ciclos del mundo natural.

La formulación y ejecución de cualquier plan de desarrollo requiere de la participación de un considerable número de personas, con niveles diferentes de conocimiento de muchas especialidades. Por esto es necesario incrementar y promover, en forma sostenida, la formación de recursos humanos para elaborar, actualizar y ejecutar programas de desarrollo, como también para la divulgación, análisis e información permanente, pública y privada sobre estos planes.

A medida que las tierras agrícolas se fueron degradando por elevación freática y salinización, los rendimientos de los cultivos disminuyeron. Los agricultores empobrecidos se vieron forzados a emplear prácticas que dañaron el ambiente, para cubrir sus necesidades inmediatas de alimentación y de ingresos. Los ingresos obtenidos apenas alcanzan a cubrir los gastos operativos.

La escasa rentabilidad está asociada a un círculo vicioso: baja eficiencia de riego; salinización y mayor degradación edafológica y ambiental; disminución de la productividad y de la calidad; alteración de la economía de escalas; dificultad para colocar la producción en los mercados; disminución de los ingresos de los productores; falta de inversión para mejorar eficiencia de riego; mayor degradación etc.



A lo expuesto se suman deficiencias en la educación, en la capacitación, en la información y en la comunicación, las que dificultaron los procesos de transferencia y de adopción de tecnologías adecuadas para frenar y revertir los procesos de degradación.

Debido a que los agricultores empobrecidos difícilmente podrían adoptar prácticas que les ayuden a mejorar su nivel tecnológico, se requiere un programa gradual y diferenciado que trate de hacer coincidir el mejoramiento de la práctica del riego con la satisfacción de las necesidades humanas.

Las inversiones en mejoramiento del manejo de la agricultura y de los recursos naturales están condicionadas, además de la pobre calidad del suelo, por la baja confiabilidad de las lluvias, la incertidumbre respecto de la comercialización, el precio de los insumos, la falta de financiamiento de las inversiones a tasas aceptables, por citar solamente algunos.

Las obras y acciones que se deberían considerar en este Programa incluyen:

- Mejoramiento de la administración, operación y mantenimiento de los Subsistemas
- Monitoreo y acciones para la preservación de la calidad del agua de riego
- Monitoreo del nivel y de la calidad del agua del acuífero freático
- Mejoramiento de la eficiencia de riego a nivel de parcelas agrícolas

- Recuperación gradual de suelos degradados
- Mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de almacenaje, captación, conducción y distribución del agua
- Mejor aprovechamiento del sistema de canales de drenaje

Además, el Programa debe prever la acción conjunta con otras acciones oficiales que ayudan a los agricultores a satisfacer sus necesidades de alimentos e ingresos para el corto y el largo plazo, con técnicas agrícolas ambientalmente sintonizadas.

A través de la educación y el entrenamiento en asuntos ambientales, el Programa también debe prever enseñar a los niños y a los adultos que el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales es la única opción para garantizar a largo plazo la calidad de vida de las familias rurales.

La ignorancia es el enemigo más grande de los programas que tienden a resolver problemas en el aprovechamiento de los recursos naturales. Contra ella hay que librar una batalla sin cuartel, desde la Escuela en todos sus niveles, las asociaciones intermedias, las empresas privadas y el Estado.

La concientización de la población para la puesta en vigencia de medidas correctivas, requiere del diseño de un sistema de estímulos adecuado a la realidad

social, cultural y económica. Para ello debe conocerse previamente la realidad actual.

Los tiempos en las modificaciones socioculturales parecen ser demasiado largos para una situación de degradación del agua y del suelo como la que se plantea en casi todo el territorio provincial.

Resulta indispensable un programa de estudio social, sobre la base del cual se definan pautas de acción. También en este aspecto vale el criterio básico de la administración: es imprescindible conocer el recurso con que se cuenta para poder transformarlo y asignarlo correctamente.

II.5.9.- Preservar la capacidad de almacenaje y la calidad del agua en el Embalse de Río Hondo

Demasiado ha sido dicho y escrito sobre el tema de la creciente contaminación del agua almacenada en el embalse de Río Hondo. Cualquier agregado sería redundante.

Desde aquí solamente queremos manifestar que el Estado provincial, pueblo y gobierno, deben enfrentar con decisión el problema. Es utópico creer que los problemas se solucionarán por buena voluntad del pueblo o del gobierno de la provincia de Tucumán, pues las acciones necesarias para revertir la situación se contraponen a sus intereses económicos.

Se señala en los medios de difusión que las empresas industriales son las responsables de la contaminación. Pero no hay que olvidar que gran parte de los desechos domiciliarios y cloacales de las aglomeraciones urbanas son vertidas con casi ningún tratamiento, confiando en que la capacidad depuradora del sistema es infinita. Se obliga de esta manera al lago a procesar una cantidad de residuos superior a sus posibilidades naturales, con la consecuencia de su eutrofización, señal visible de pérdida de la salud del lago. Los contaminantes que no pueden ser procesados se van acumulando en los barros del fondo del embalse, de manera que, aunque en el futuro mediato se produjera una limpieza rápida de los afluentes al embalse, los procesos de eutrofización seguirán estando presentes.

El aprovechamiento de los terrenos de la cuenca merecen una consideración especial. Tanto la agricultura de secano como la ganadería se producen sin tomar los resguardos necesarios para la conservación del suelo. La consecuencia de este accionar es la erosión que arrastra los minerales y la materia orgánica de la capa superficial de los suelos y los acumula en el embalse. Este proceso aporta importantes cantidades de materia orgánica y de fertilizantes necesarios para que se desarrolle el proceso de eutrofización. Los barros que anualmente se van acumulando en el fondo del embalse, que se estima son algunos millones de metros cúbicos, contienen aproximadamente 5 % de materia orgánica, de manera que por este solo concepto todos los años se incorporan al lago algunas decenas de miles de toneladas de materia orgánica del suelo. Es bien sabido que la fertilidad del suelo se ve potenciada por el contenido de materia orgánica. Al perderse por ero-

sión disminuye la potencialidad productiva de los suelos, que cada vez requieren mayor agregado de fertilizantes artificiales, los que son también arrastrados en los próximos años hacia el lago del embalse, profundizando el problema.