

89852 CATALOGADO

N
334

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS

PARA EL DESARROLLO

PLAN AGUA SUBTERRANEA

REPUBLICA ARGENTINA



HIDROLOGIA DEL VALLE DE TULUM

(PROVINCIA DE SAN JUAN)

por

ING. HONG-HSI HSU

Traducción: ALEJANDRO VACA

Este informe se eleva al Consejo Federal de Inversiones previo a su aprobación por las Naciones Unidas o por el Programa de Naciones Unidas para el desarrollo y por lo tanto no representa necesariamente los puntos de vista de estas organizaciones.

SEPTIEMBRE DE 1969

Impreso en Argentina - Printed in Argentina

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

(c) 1970 CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Alsina 1401 Buenos Aires República Argentina

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. RESUMEN Y RECOMENDACIONES	3
A. Variabilidad de Caudales	3
B. Recomendaciones	4
III. ORIGEN DEL AGUA SUPERFICIAL	6
IV. MEDICION DE CAUDALES	8
V. VARIABILIDAD DE CAUDALES	10
A. Caudal medio en un periodo de 19 años	10
B. Caudal en La Puntilla	12
C. Caudales bajos	17
VI. OTROS FACTORES HIDROLOGICOS	20
A. Precipitación en el Valle de Tulum	20
B. Precipitación y escurrimiento en cuencas menores	29
C. Pérdidas a lo largo del Río	35
D. Pérdidas a lo largo de la red de irrigación	38
VII. DRENAJE	50
REFERENCIAS	53

MAPAS

- Nº1.- Cuenca imbrífera del Río San Juan
- Nº2.- Polígonos de Thiessen para precipitación del Valle de Tulum
- Nº3.- Pequeñas cuencas adyacentes al Valle de Tulum
- Nº4.- Medición de infiltración en el Río San Juan 15-17 de Julio 1968

FIGURAS

- FIGURA I Diferencias de caudales promedios mensuales en diversas estaciones del Río San Juan entre 1951-1969
- FIGURA II Gráfico de caudales promedios anuales en la Estación Dique José Ignacio de la Roza. San Juan-La Puntilla
- FIGURA III Gráfico comparativo de caudales en períodos de 10 años Estación La Puntilla. San Juan
- FIGURA IV Promedio mensual de caudales año hidrológico. Estación Dique José Ignacio de la Roza, La Puntilla. Río San Juan
- FIGURA V Gráfico comparativo de caudales promedios en los años más secos Estación La Puntilla . Río San Juan

I. INTRODUCCION

El proyecto "Investigación de las Aguas Subterráneas en el Noroeste Argentino" (Plan Agua Subterránea), nació en Junio de 1963 durante la décima reunión del Consejo de Gobierno del Fondo Especial de las Naciones Unidas, luego de una solicitud oficial del Gobierno Argentino presentada en 1961. Los trabajos empezaron en Febrero de 1965 al firmarse el Convenio entre Naciones Unidas y el Gobierno Argentino. El propósito del Proyecto era el de estudiar y evaluar los recursos hídricos subterráneos en áreas seleccionadas al efecto en las provincias de San Juan y La Rioja (esta última se retiró del Proyecto sin haber participado, por lo que más tarde se incorporaron dos zonas de la provincia de Mendoza (Figura I). Simultáneamente, se debía adiestrar a los técnicos y profesionales argentinos en las técnicas modernas de exploración y explotación de las aguas subterráneas.

Los objetivos del Proyecto se han logrado por medio de un programa de exploración geológica, geofísica, geoquímica e hidrogeológica, con perforaciones de prueba y ensayos de bombeo en pozos. Específicamente, el Proyecto emprendió una investigación detallada, cuando las circunstancias lo permitieron, de cinco zonas con un área aproximada de 20.000 Kilómetros cuadrados de sedimentos potencialmente acuíferos.

El propósito de este Informe provisional es el dar la información cuantitativa de que se dispone actualmente sobre las aguas superficiales del sistema del río San Juan. Por lo tanto la información reunida ha sido interpretada desde el punto de vista de la hidrología superficial. Toda la información presentada está referida al año hidrológico Julio a Junio, excepto en los casos en que se especifique lo contrario.

La precisión de las mediciones efectuadas ha sido verificada cuidadosamente dentro de lo posible. Por ejemplo, luego de la inspección "in situ" de ubicación, equipos, métodos usados e idoneidad de los observadores, se ha juzgado que el error incurrido en las mediciones de caudales es menor del 5%, en más o en menos, para los períodos de bajos caudales.

les. Para los períodos de caudales altos, este error se considera del orden del 10% en más o en menos. No obstante, las mediciones que se están realizando y las que se planea realizar en diferentes puntos a lo largo del río, permitirán verificar esto en forma más precisa.

El presente informe se ha realizado teniendo en cuenta:

1. Estudio de las variaciones de caudal del río San Juan en diferentes localidades durante los últimos 60 años (1909-1969).

2. Evaluación del origen y la cantidad de ingresos superficiales al Valle provenientes de distintas fuentes, como precipitación, derrame del dique, infiltración a lo largo de la red de irrigación y drenaje, etc.

La información básica ha sido compilada y archivada por separado, pues dada su abundancia y diversidad no se creyó conveniente incluir la aquí.

Se llevaron a cabo varias reuniones con los técnicos de las distintas reparticiones del gobierno, cuyo resultado ha sido la incorporación al informe de ideas y datos nuevos.

El autor quiere manifestar su agradecimiento al Director del Proyecto, Sr. Fred B. Roberts, por sus instrucciones y aliento durante el estudio. También debe mencionar su reconocimiento al personal del Proyecto, en especial a los señores Hugo Balaguer, Eduardo Ibarra y Pascual Maletacco por su cordial cooperación en la preparación del presente informe. Gracias también al Sr. Alejandro Vaca, quien corrigió la redacción y pasó a máquina el manuscrito original.

II. RESUMEN Y RECOMENDACIONES

A. Variabilidad de Caudales

1. Caudal medio mensual

RIO	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Prom. anual
Tributarios Castaño ⁽⁺⁾ y Los Patos	22	23	29	48	103	113	87	58	40	29	27	24	50
Río San Juan. Estación Km 47	34	32	34	44	74	99	81	58	44	36	35	35	50
Río San Juan. La Puntilla	31	29	29	37	65	89	72	53	39	32	31	32	45

(+) 17 años de registro

Tabla 1.- Caudal mensual medio
en m³/s (19 años: Julio de 1950
a Junio de 1969)

La tabla 1 indica que:

- a. Durante los meses de verano, de Octubre a Enero, una parte considerable del caudal de los ríos Los Patos y Castaño, tributarios del Río San Juan, aparentemente se almacena en las gravas y arenas de la cuenca de agua subterránea del Bolsón de Calingasta; luego, durante los meses de invierno de Mayo a Septiembre, esta agua vuelve a sumarse al caudal del río.
- b. Las pérdidas de agua en el tramo comprendido entre la estación Km 47 y el dique San Emiliano se deducen de los afros efectuados en dichos puntos. De Marzo a Septiembre, el cau-

dal en la estación Km 47 es de 3 a 4 m³/s mayor que en el dique San Emilianiano, mientras que de Octubre a Febrero (verano), la diferencia aumenta hasta los 6 a 10 m³/s .

2. Caudal en La Puntilla

Período	Caudal Anual Promedio		
	(m ³ /s)	(Hm ³)	(%)
1909-1969 (60 años)	58	1830	100
1950-1969 (19 años)	45	1420	77
1965-1969 (4 años)	43	1360	74
1968-1969 (años secos)	17	540	29

Tabla 2.- Caudal Anual Promedio
en La Puntilla

B. Recomendaciones

Siendo necesario complementar la información y verificar los su puestos en que se basa este informe para proseguir los estudios, se recomienda realizar los siguientes trabajos:

1. Medición de pérdidas a lo largo del río

Las estimaciones preliminares de caudales indican que las pérdidas de caudal aparentemente proveen la recarga del agua subterránea en el valle. Se recomienda efectuar aforos durante los meses de Junio y Julio del año próximo (1970) para obtener más datos, teniendo especialmente en cuenta los tramos del río que se detallan a continuación:

- a. Estación Km 47 hasta Dique José Ignacio de la Roza
- b. Dique José Ignacio de la Roza hasta puente de Albardón

Se recomienda también la instalación de un registrador automáti
co de nivel en el puente de Albardón.

2. Medición de pérdidas en los caudales

Es posible que las pérdidas de agua en los canales de irrigación sea uno de los rubros más importantes en la recarga del agua subterránea en el Valle. En el pasado se han realizado varias mediciones en distintos canales, las que deberían continuarse en aquellos canales en que las pérdidas puedan ser significativas.

3. Coordinación entre las reparticiones interesadas

Hay varias instituciones en San Juan que contribuyen a la evaluación de los recursos hídricos del Valle de Tulum, entre ellas, el Departamento de Hidráulica, Agua y Energía Eléctrica, y la Secretaría Técnica de la Gobernación (proyecto de dique de embalse en Ullum). Se recomienda proseguir con las reuniones de intercambio de información técnica como así también respecto de la información referente a los progresos alcanzados por cada una de las mencionadas reparticiones.

III. ORIGEN DEL AGUA SUPERFICIAL

El río San Juan se forma por la confluencia de los Ríos Los Patos, por el sur, y Castaño, por el norte, que se originan en los altos picos de Los Andes y confluyen cerca de Calingasta (ver Mapa N°1).

El Río Los Patos, con su tributario el Río Blanco, aporta alrededor del 80% del caudal anual medio del Río San Juan. El 20% restante proviene del Río Castaño, mientras que otros tributarios a lo largo del brazo principal del Río San Juan permanecen secos la mayor parte del año.

La longitud del Río San Juan desde el nacimiento del Río Los Patos Superior hasta el Dique San Emiliano, cabeza de la red de irrigación del Valle de Tulum, es de 250 Km. Su cuenca imbrífera es de unos 26.000 km², de los cuales 14.600 km² corresponden al Río Los Patos, 6.300 km² al Río Castaño, y el resto al brazo principal.

La nieve es el factor más importante en la hidrología del Río San Juan, cubriendo normalmente las áreas de alta montaña del río Los Patos, en especial, del Río Los Patos Superior y su tributario, el Río Blanco. A partir de 1950 Agua y Energía Eléctrica estableció varias estaciones nivométricas a lo largo de los ríos Los Patos Superior y Blanco. La precipitación nival comienza normalmente en Abril y se extiende hasta Septiembre, siendo en general Agosto el mes de mayores precipitaciones. A partir de Octubre comienza el aumento de caudal en el río debido al incremento de la temperatura como así también a la precipitación.

Se ha llegado a la conclusión que toda la nieve acumulada durante el período Abril-Septiembre funde completamente durante los meses de verano. El aporte, durante los 4 meses cálidos, Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero al Río San Juan es el 55% del anual.

Agua y Energía ha establecido una correlación entre alturas de nieve y caudales aforados siendo el coeficiente de correlación $r = 0,988$. La ecuación utilizada es:

$$V = 5,8P + 197$$

donde:

V= volumen anual estimado, en Hm^3 , en la estación de aforos (Km 47):

P= altura de la nieve acumulada durante el año, en mm (Estación San Martín sobre el Río Los Patos Superior).

La máxima altura de nieve registrada fué de 653 mm en el año hidrológico 1953-54, lo que causó grandes caudales en el río al año siguiente. En los últimos dos años, los registros acusan alturas de nieve muy reducidas. Por ejemplo, la nieve alcanzó sólo 30 mm de altura en 1966-67 y en 1967-68 no hubo ninguna precipitación nival en la zona montañosa, lo que significó muy escasos caudales durante todo 1968.

IV. MEDICION DE CAUDALES

El aforo sistemático del Río San Juan y sus tributarios se viene realizando desde 1949-50. Sobre el Río Los Patos se ubican dos estaciones de medición: la estación Alvarez Condarco, que registra los caudales del Río Los Patos Superior, y la estación La Plateada, que registra el caudal combinado de los ríos Los Patos Superior y Blanco. El Río Castaño es aforado en la estación Castaño Nuevo. Por último en el Río San Juan propiamente dicho se encuentran: la estación Km 47, cuyas mediciones representan el caudal total para el Valle de Ullum-Zonda y la Estación La Puntilla en la entrada del Río San Juan al Valle de Tulum.

La operación de las estaciones mencionadas está a cargo de personal de Agua y Energía. En general, la ubicación elegida es conveniente y el mantenimiento bueno. Además de las mediciones efectuadas por el personal, en cada estación se ha instalado un limnógrafo en una torre de cemento. Para la medición de velocidad del agua se utilizan molinetes del tipo OTT con los aparatos auxiliares necesarios.

Estas estaciones han sido visitadas por el Plan, habiéndose realizado mediciones de control por parte del mismo. Los observadores que trabajan en ellas tienen muchos años de experiencia en la tarea de aforar caudales, para lo cual siguen procedimientos normalizados. Diariamente se realiza una medición de la velocidad del agua en un punto a 0,6 de la profundidad. La observación de los niveles de agua en el registrador se realiza tres veces por día. Además diariamente se procede a muestrear los materiales en suspensión por medio del captador integral.

Luego de analizar las planillas de datos y el procedimiento para establecer la relación nivel-caudal, en las oficinas de Agua y Energía en Mendoza, se verificó que dicha relación ha sido correctamente establecida para cada una de las estaciones de aforos.

Observando las gráficas de limnógrafos se ha encontrado que los caudales originados por fusión de la nieve presentan una particularidad: los niveles de agua en una misma estación de aforos muestran variaciones

diarias, en especial en las estaciones ubicadas aguas arriba. Durante el año, en general el nivel del agua descendía al mínimo por la mañana para luego alcanzar su valor máximo por la tarde, lo cual concuerda con las variaciones diarias de la temperatura. Durante los meses de invierno, la diferencia entre los niveles máximo y mínimo es equivalente a la diferencia de caudales mencionada (2 a 3 m³/s). Por lo tanto, el caudal medio diario en cada estación se calcula a partir del nivel promedio en el período de 24 horas, basado en las gráficas del limnógrafo. Este procedimiento es lento, pero su uso ha aumentado la precisión de los registros de caudales.

La Estación La Puntilla, en el Dique José Ignacio de la Roza, afora el caudal total que ingresa al Valle de Tulum. La medición y registro de caudales se realiza en dos lugares: sobre el caudal derivado a los tres canales matrices y sobre el que pasa el dique continuando por el río. Las curvas de la relación nivel-caudal están bien establecidas, de manera que los registros de caudales derivados a canales son dignos de confianza. En cuanto al derrame del dique, sin embargo, no parece haber una relación definida entre el nivel del agua o abertura de compuertas y el caudal derivado. Estas mediciones deben ser usadas con precaución.

En la Tabla 3 se dan las áreas de las cuencas imbríferas y la cota del lecho del río en cada una de las estaciones de aforos.

<u>Estación de aforos</u>	<u>Río</u>	<u>Area de la cuenca imbrífera</u>	<u>Cota del lecho del río</u>	<u>Registros desde</u>
Castaño Nuevo	Castaño	5,280	1,650	1950
Alvarez Condarco	Los Patos	3,710	1,950	1950
La Plateada	Los Patos	8,500	1,900	1950
Km 47	San Juan	25,670	945	1949
San Emiliano	San Juan	26,000	715	1909

Tabla 3.- Estaciones hidrométricas

V. VARIABILIDAD DE CAUDALES

A. Caudal medio en un período de 19 años

Dado que la mayoría de las estaciones de aforos comenzaron a trabajar en 1950, se estimó conveniente reunir toda la información relativa a caudales para el período de 19 años que media entre Julio de 1950 y Junio de 1969 . Los caudales mensuales medidos en todas las estaciones aforadoras han sido verificados y compilados en las Tablas 6 a 10.

En la Tabla 4 se dan los valores promedio de los caudales mensuales y anuales en las cinco estaciones.

<u>Estación de aforos</u>	<u>Jul</u>	<u>Ago</u>	<u>Sep</u>	<u>Oct</u>	<u>Nov</u>	<u>Dic</u>	<u>Ene</u>	<u>Feb</u>	<u>Mar</u>	<u>Abr</u>	<u>May</u>	<u>Jun</u>	<u>Pro- medio Anual</u>
1. Castaño Nuevo	5	6	7	10	14	19	16	11	8	6	7	6	10
2. Alvarez Condarco	7	7	10	18	30	41	34	23	16	11	9	7	17
3. La Plateada	17	17	22	38	89	94	71	47	32	23	20	18	40
4. Km 47	34	32	34	44	74	99	81	58	44	36	35	35	50
5. La Puntilla	31	29	29	37	65	89	72	53	39	32	31	32	45

Tabla 4.- Caudal medio mensual en m³/s (19 años: Julio 1950-Junio 1969)

La Tabla 5 establece una comparación entre varios tramos del río.

Los promedios mensuales tabulados comparativamente en las Tablas 4 y 5 , han sido graficados en la Figura I. De ellos puede hacerse la siguiente interpretación.

1. La suma de los caudales medios anuales de los ríos Castaño y Los Patos es 50 m³/s , de los cuales 40 m³/s (80%) corresponden al río Los Patos y los restantes 10 m³/s al río Castaño.

2. Los aportes de caudal al tramo del río que se halla aguas

abajo de las Estaciones La Plateada y Castaño Nuevo, hasta la estación Km 47, son muy limitados (Figura I).

3. A partir de Octubre, en los meses de verano en que la nieve funde, la suma de los caudales de los ríos Los Patos y Castaño excede el caudal registrado en la estación Km 47. En volumen, para los 4 meses de

Río o tramo del río	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Prome dio anu. ¹
6. Río Blanco (3-2)(°)	10	10	12	20	59	53	37	24	16	12	11	11	23
7. Castaño + La Plateada (1+3)(°)	22	23	29	48	103	113	87	58	40	29	27	24	50
8. Km 47 - 2 Afluentes (4-7)(°)	12	9	5	-4	-29	-14	-6	0	4	7	8	11	0
9. Km 47 - La Puntilla (4-5)(°)	3	3	5	7	9	10	9	5	5	4	4	3	5

(°) Los números se refieren a la Tabla 4

Tabla 5.- Caudal medio mensual
en m³/s (Julio 1950-Junio 1969)

Octubre a Enero, dicha suma es 140 Hm³ mayor que el registro de la Estación N°47. A partir de Febrero, y hasta Septiembre, el caudal en esta estación llega gradualmente a superar la suma de los caudales registrados en La Plateada y Castaño Nuevo. La variación de los caudales concuerda con la estación de fusión de nieve, y parece también concordar con las características del cauce del río. Este hecho demuestra que una parte considerable del agua superficial se infiltra y almacena en las gravas del lecho del río durante el verano, probablemente en el bolsón de Calingasta. Posterior

mente, durante los meses de invierno, gran parte de estas aguas se incorporan nuevamente al caudal del río.

4. El tramo del río comprendido entre las estaciones Km 47 y La Puntilla atraviesa el relleno aluvional de grano grueso del Valle de Ullum-Zonda. Este tramo tiene unos 32 Km de longitud. Es evidente que una cierta parte del caudal que pasa por este tramo puede infiltrarse en este suelo permeable. La Tabla 5, y la Figura I en que se da la diferencia de caudales entre el Km 47 y La Puntilla apoya esta interpretación. Entre los meses de Mayo y Septiembre, el caudal en la estación Km 47 es de 3 a 4 m³/s en los meses de Octubre a Febrero (Figura I). Esta variación concuerda también con el factor estacional.

El caudal medio anual en la estación Km 47 es 5 m³/s mayor que aquél en La Puntilla, lo que equivale a una diferencia de 160 Hm³ anuales (Tabla 4). Anualmente se derivan en este tramo unos 3 m³/s (canal Ullum, canal Zonda, Obras Sanitarias de la Nación). Es decir que en definitiva la diferencia de caudales entre ambas estaciones es de 2 m³/s por año.

B. Caudal en La Puntilla

El registro más prolongado de caudales del río San Juan es el efectuado en La Puntilla. Se hace necesario establecer la comparación entre este registro y la información que corresponde al período corto seleccionado para realizar la evaluación cuantitativa del agua superficial.

El caudal medio anual en La Puntilla para todos los años de registro se ha graficado en la Figura II, en la que pueden observarse las grandes variaciones de caudal que se producen año a año. El máximo promedio anual fue de 195 m³/s correspondiente al año hidrológico 1919-20, es decir, 3,4 veces mayor que el caudal anual promedio del período 1909-1969 (58 m³/s) y 11,5 veces mayor que el caudal medio anual mínimo, que fué de 17 m³/s en 1968-69.

La Figura II indica también que el promedio para los 60 años, que es de 58 m³/s, fué superado en 20 años hidrológicos distintos.

AÑO	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Promo- dio anual
1950-51	28.6	24.8	24.5	32.2	51.3	67.1	51.2	32.5	26.5	24.5	27.4	28.3	35
1951-52	28.0	26.3	23.7	23.5	37.3	39.3	43.8	40.6	30.1	25.5	26.6	30.6	31
1952-53	29.5	28.6	34.0	41.6	53.7	79.8	56.4	53.3	44.1	33.6	32.3	38.3	44
1953-54	34.5	33.2	41.1	52.8	180.4	331.2	200.9	143.9	89.8	66.6	59.2	56.3	107
1954-55	51.1	48.7	48.1	50.3	84.4	77.4	88.3	58.1	48.0	40.6	40.7	41.6	56
1955-56	34.8	33.7	33.1	38.9	62.8	58.6	46.5	36.2	30.4	27.6	29.5	30.7	39
1956-57	29.6	24.6	23.3	29.6	30.7	28.4	30.5	32.4	27.0	25.0	25.6	30.1	28
1957-58	27.2	22.7	24.2	23.7	86.5	123.9	97.9	55.4	54.1	35.4	32.5	34.9	52
1958-59	32.5	28.8	28.9	41.8	46.1	37.3	32.7	32.6	30.5	23.3	24.5	26.0	32
1959-60	24.2	26.2	31.8	38.5	49.6	47.2	51.7	39.4	30.8	25.1	25.7	27.7	35
1960-61	27.7	26.4	26.7	40.5	58.2	69.7	45.3	42.4	31.3	26.4	27.5	30.2	38
1961-62	26.0	25.4	24.5	46.9	101.2	98.9	57.0	55.2	35.1	29.5	29.5	30.1	47
1962-63	29.6	25.9	25.3	28.5	48.1	42.6	36.8	37.2	28.6	24.2	24.8	26.2	31
1963-64	24.9	23.0	26.2	29.4	45.6	199.4	207.8	94.1	53.6	41.3	38.8	37.9	69
1964-65	41.7	30.6	30.9	30.8	29.5	27.0	30.0	31.2	27.5	28.1	28.8	30.3	31
1965-66	26.6	28.8	32.2	53.5	161.8	191.3	198.2	104.8	60.2	55.5	47.9	45.0	83
1966-67	41.6	39.5	35.7	48.7	64.2	61.7	50.4	53.8	35.0	28.9	29.6	30.6	43
1967-68	28.7	27.6	26.3	29.1	27.1	28.9	29.0	30.1	30.9	21.2	22.7	22.8	27
1968-69	18.9	18.8	17.3	14.7	15.2	13.6	15.7	23.5	17.7	14.0	15.7	15.8	17
Promedio (19 años)	30.8	28.5	29.4	36.5	65.0	89.0	72.1	52.5	38.5	31.6	30.5	32.1	45

TABLA 6.- Caudales medios mensuales - Estación La Puntilla, Río San Juan
(m³/s)

AÑO	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Prome- dio anual
1950-51	31.5	27.0	28.1	37.0	55.4	76.6	59.5	35.9	29.2	26.8	29.8	30.7	39
1951-52	30.1	28.5	27.1	26.7	41.6	43.9	45.1	40.8	32.4	28.3	29.6	32.0	34
1952-53	31.8	30.9	36.1	48.5	65.0	91.5	65.7	60.9	49.0	38.2	36.1	40.7	50
1953-54	36.2	35.3	43.9	57.6	217.0	377.4	235.8	164.6	105.2	80.6	69.2	60.0	124
1954-55	54.3	52.0	53.5	58.7	90.4	84.1	88.9	61.9	51.0	42.4	44.0	42.7	61
1955-56	39.5	37.1	37.0	42.4	66.9	65.2	54.7	41.8	33.2	29.3	31.3	32.3	43
1956-57	30.1	27.8	28.2	35.2	35.6	31.8	33.5	34.2	30.5	28.6	28.6	32.5	31
1957-58	28.8	27.1	28.8	50.4	97.8	140.6	117.2	67.7	58.6	41.2	37.4	37.9	61
1958-59	37.2	34.2	35.6	51.5	57.2	48.0	41.4	42.0	39.3	31.1	31.4	31.0	40
1959-60	30.5	30.1	38.6	46.6	58.0	56.4	56.5	45.6	32.8	28.2	28.3	28.3	40
1960-61	30.5	32.4	34.5	46.3	70.0	94.2	52.0	44.7	34.5	30.1	30.8	29.8	44
1961-62	30.1	30.1	29.1	55.7	108.7	112.2	63.5	53.7	41.2	35.1	33.6	33.0	52
1962-63	31.9	30.7	30.8	34.1	58.8	52.1	43.9	41.6	39.8	29.1	30.2	30.0	38
1963-64	29.7	27.9	30.9	35.4	55.9	239.8	234.2	111.4	65.0	50.7	46.4	45.4	81
1964-65	43.0	35.7	36.9	37.3	33.7	30.7	32.8	32.3	30.2	30.9	32.0	35.1	34
1965-66	29.6	32.0	35.9	60.1	170.8	205.7	203.3	110.5	68.1	54.7	49.0	45.7	89
1966-67	45.4	42.2	42.1	55.4	72.6	74.5	59.3	58.8	40.4	34.7	35.9	34.9	50
1967-68	33.5	31.6	30.3	34.0	32.9	34.2	34.1	34.2	32.1	25.3	25.9	26.2	31
1968-69	24.1	22.1	18.9	17.0	17.3	16.3	17.2	26.8	22.5	17.3	18.3	19.9	20
Promedio (19 años)	34.0	32.3	33.9	43.7	74.1	98.7	81.2	58.3	44.0	36.0	34.9	35.2	50

TABLA 7.- Caudales medios mensuales - Estación Km 47, Río San Juan
(m³/s)

AÑO	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Promedio anual
1950-51	14	15	18	34	63	86	47	30	23	20	18	17	32
1951-52	16	17	18	27	48	49	47	34	27	19	17	15	27
1952-53	15	17	26	42	62	85	57	47	35	24	20	20	37
1953-54	16	17	26	42	194	358	222	128	72	50	40	33	99
1954-55	28	29	35	46	89	78	72	46	34	25	22	20	43
1955-56	17	17	22	28	64	61	50	37	26	20	18	15	31
1956-57	14	15	20	29	31	24	27	26	22	16	14	14	21
1957-58	13	14	18	44	107	137	94	54	41	28	22	20	49
1958-59	20	18	23	53	57	46	38	34	28	20	16	14	30
1959-60	15	16	30	44	60	58	48	35	25	18	15	14	31
1960-61	14	15	20	44	79	84	52	38	28	21	18	16	35
1961-62	16	18	19	57	129	111	62	47	33	25	20	16	46
1962-63	16	17	19	30	56	47	37	30	24	18	15	14	26
1963-64	13	13	17	27	45	236	208	98	54	35	29	23	66
1964-65	21	20	24	29	27	24	26	23	22	21	18	18	22
1965-66	14	16	23	57	166	196	168	82	52	38	31	26	72
1966-67	23	22	27	47	67	67	50	43	29	23	20	17	36
1967-68	15	15	15	23	22	24	24	24	19	15	13	11	18
1968-69	10	10	10	11	12	11	14	19	15	10	9	8	11
Promedio (19 años)	17	17	22	38	89	94	71	47	32	23	20	18	40

Tabla 8.- Caudales medios mensuales-

Estación La Plateada, Río Los Patos

(m³/s)

<u>AÑO</u>	<u>Jul</u>	<u>Ago</u>	<u>Sep</u>	<u>Oct</u>	<u>Nov</u>	<u>Dic</u>	<u>Ene</u>	<u>Feb</u>	<u>Mar</u>	<u>Abr</u>	<u>May</u>	<u>Jun</u>	<u>Prome- dio anual</u>
1950-51	7	6	8	12	21	36	22	13	11	8	7	6	13
1951-52	6	7	8	12	28	33	28	19	13	10	8	7	14
1952-53	7	9	12	14	27	46	33	26	18	12	10	9	18
1953-54	7	7	12	21	79	134	92	57	32	21	15	12	40
1954-55	11	11	13	14	33	35	33	21	15	11	9	8	17
1955-56	7	8	10	11	28	32	27	18	12	9	8	7	14
1956-57	6	6	10	13	16	12	14	12	10	8	6	5	9
1957-58	5	6	8	11	25	48	50	36	25	13	10	8	20
1958-59	8	6	11	26	27	25	20	18	13	9	8	7	14
1959-60	6	7	15	18	26	30	24	16	11	8	7	6	14
1960-61	5	7	9	17	31	39	29	20	14	11	9	6	16
1961-62	7	8	8	23	50	52	28	22	17	12	10	8	20
1962-63	8	8	9	13	28	27	21	16	13	9	8	7	14
1963-64	5	6	8	13	15	86	92	44	24	17	13	9	27
1964-65	9	9	11	12	12	12	13	11	11	10	8	9	10
1965-66	6	6	11	24	54	67	70	38	23	17	14	10	23
1966-67	9	9	13	19	31	32	27	23	15	12	10	8	17
1967-68	7	7	7	10	10	15	13	12	10	7	6	4	9
1968-69	4	4	5	5	8	7	9	10	8	5	5	4	6
Promedio (19 años)	7	7	10	18	30	41	34	23	16	11	9	7	17

Tabla 9.- Caudales medios mensuales -
Estación Alvarez Condarco, Río Los Patos
(m³/s)

<u>AÑO</u>	<u>Jul</u>	<u>Ago</u>	<u>Sep</u>	<u>Oct</u>	<u>Nov</u>	<u>Dic</u>	<u>Ene</u>	<u>Feb</u>	<u>Mar</u>	<u>Abr</u>	<u>May</u>	<u>Jun</u>	<u>Prome dio anual</u>
1952-53	4	5	4	4	5	4	7	7	5	4	4	4	5
1953-54	4	6	7	10	13	18	14	11	9	6	6	6	9
1954-55	5	7	11	17	49	49	31	24	15	11	11	10	20
1955-56	8	10	11	12	15	14	15	11	10	8	7	7	11
1956-57	5	5	7	7	10	8	8	6	6	5	5	4	6
1957-58	4	5	6	8	7	6	6	6	5	4	4	5	5
1958-59	4	4	5	12	22	31	26	14	11	8	7	7	13
1959-60	6	6	7	9	9	7	7	8	7	5	5	4	7
1960-61	4	5	8	10	10	9	9	7	6	4	4	4	7
1961-62	4	5	6	9	12	13	9	7	6	5	5	4	7
1962-63	4	4	5	7	12	9	7	6	5	4	4	3	6
1963-64	4	4	6	8	12	59	50	24	12	8	7	6	17
1964-65	7	7	9	9	8	7	8	7	6	7	6	6	7
1965-66	5	7	10	23	51	60	54	27	17	13	11	10	24
1966-67	10	9	11	15	16	15	13	12	8	8	7	6	11
1967-68	6	6	6	8	7	7	7	7	7	5	5	4	6
1968-69	4	3	4	4	3	3	4	6	4	4	5	4	4
Promedio (17 años)	5	6	7	10	14	19	16	11	8	6	7	6	10

Tabla 10.- Caudales medios mensuales -
Estación Castaño Nuevo, Río Castaño
(m³/s)

La Tabla 11 establece una comparación de caudales promedio tomado de períodos consecutivos de la años, a partir de 1909 (Figura III).

<u>Período</u>	<u>Jul</u>	<u>Ago</u>	<u>Sep</u>	<u>Oct</u>	<u>Nov</u>	<u>Dic</u>	<u>Ene</u>	<u>Feb</u>	<u>Mar</u>	<u>Abr</u>	<u>May</u>	<u>Jun</u>	<u>Promedio anual</u>
1909-18	35	35	36	43	55	106	135	96	59	44	42	41	61
1919-28	48	47	45	59	115	186	150	109	70	49	42	49	81
1929-38	39	36	39	50	95	114	105	77	51	40	40	40	61
1939-48	37	36	39	56	81	114	108	79	56	43	43	41	61
1949-58	33	30	37	37	68	88	68	52	41	33	33	35	46
1959-68	29	27	28	36	60	78	72	51	35	29	29	30	42

Tabla 11.- Caudal medio mensual-
Períodos de 10 años (1909-1969)
(m³/s)

La Tabla 12 presenta los caudales medios mensuales para los diferentes períodos utilizados en este estudio.(Figura IV)

<u>Período</u>	<u>Jul</u>	<u>Ago</u>	<u>Sep</u>	<u>Oct</u>	<u>Nov</u>	<u>Dic</u>	<u>Ene</u>	<u>Feb</u>	<u>Mar</u>	<u>Abr</u>	<u>May</u>	<u>Jun</u>	<u>Prom. anual</u>	<u>Observ.</u>
1909-69	37	36	38	47	79	114	106	77	52	40	39	39	58	60 años
1950-69	31	29	29	37	65	89	72	53	39	32	31	32	45	19 años
1965-69	29	29	28	37	67	74	73	53	36	30	29	29	43	4 años
1968-69	19	19	17	15	15	14	16	24	18	14	16	16	17	año seco

-. Tabla 12.-

En conclusión podemos decir:

1. El mayor caudal medio anual para una década hidrológica es 81 m³/s en 1919-1928. (Tabla 11) En este período hubieron seis años en que el caudal medio anual superó al promedio general de los 60 años (58 m³/s) (Figura II).

2. Desde 1945 el caudal anual ha disminuido marcadamente. Sólo en 3 de los 24 años comprendidos entre 1945-1969 el caudal superó el pro

medio general de $58 \text{ m}^3/\text{s}$ (1953, 1963, 1965). Más aún, en 15 de estos años el caudal anual fué inferior a $40 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura II).

3. El caudal medio anual de los últimos 60 años fué de $58 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que equivale a $1.830 \text{ Hm}^3/\text{año}$ (Tabla 12). Considerando el período 1950-1969 el promedio de $45 \text{ m}^3/\text{s}$ representa el 77% del caudal medio anual del período total bajo estudio (1909-1969) Para 1965-1969 el caudal medio fué de $43 \text{ m}^3/\text{s}$, es decir, 74% del promedio general. Por último, en el año más seco registrado, 1968-69 los $17 \text{ m}^3/\text{s}$ de promedio anual significan sólo el 29% del período completo de 60 años.

4. Es difícil predecir cuales han de ser las variaciones del caudal en los próximos 10 ó 20 años. No obstante, los últimos 24 años han sido muy secos, considerados dentro del período 1909-69. Un hecho es claro en la Figura II: en general luego de 2 a 3 años consecutivos de sequía, viene un período de abundancia en el Río San Juan.

5. El porcentaje de los caudales mensuales con respecto al caudal medio anual muestra ciertas características de distribución que afectan al río. Este porcentaje fluctúa entre el 60 y 70% en los meses de Abril a Septiembre, correspondiendo el mínimo al mes de Agosto (60% aproximadamente). En Marzo y Octubre, los caudales mensuales representan el 90 y 80%, respectivamente, del caudal anual. Otros meses: Febrero y Noviembre, 130%; Enero 180%, Diciembre hasta 200% (Tabla 14).

Las Tablas 13 y 14 muestran respectivamente caudales mensuales máximos y mínimos, y porcentajes de escurrimiento medio mensual respecto del escurrimiento medio anual, en las diferentes estaciones hidrométricas.

En general, las estaciones aguas arriba recibían más caudal en verano y menos en invierno con respecto a las estaciones aguas abajo, lo que indica el almacenaje de agua que se produce en el lecho del río en la zona del Bolsón de Calingasta.

Estación de aforos	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Promedio anual
<u>Castaño Nuevo</u>													
Max.	10	10	11	23	51	60	54	27	17	13	11	10	20
Min.	4	3	4	4	3	3	4	6	4	4	5	4	4
<u>Alvarez Condarco</u>													
Max.	11	11	13	23	79	134	92	57	32	21	15	12	40
Min.	4	4	5	5	8	7	9	10	8	5	5	4	6
<u>La Plateada</u>													
Max.	28	29	35	57	194	358	222	48	33	24	20	18	99
Min.	10	10	10	11	12	11	14	19	15	10	9	8	11
<u>Km. 47</u>													
Max.	54	52	54	59	217	377	236	165	105	81	69	60	124
Min.	24	22	19	17	17	16	17	27	23	17	18	20	20
<u>La Puntilla</u>													
Max.	51	49	48	54	180	331	208	144	90	67	59	56	107
Min.	19	19	17	15	15	14	16	24	18	14	16	16	17
<u>19 años</u>													
Max.	59	82	98	118	213	669	644	434	198	117	105	97	195
Min.	17	18	17	15	15	14	16	24	18	14	16	16	17
<u>60 años</u>													

Tabla 13.- Caudales mensuales máximos y mínimos (m³/s) (1950-1969)

<u>Estación de aforos</u>	<u>Jul</u>	<u>Ago</u>	<u>Sep</u>	<u>Oct</u>	<u>Nov</u>	<u>Dic</u>	<u>Ene</u>	<u>Feb</u>	<u>Mar</u>	<u>Abr</u>	<u>May</u>	<u>Jun</u>	<u>Promedio anual</u>
Castaño Nuevo	50	60	70	100	140	190	160	110	80	60	70	60	100
Alvarez Condarco	41	41	59	103	176	240	200	136	94	65	53	41	100
La Plateada	42	42	55	95	220	235	178	118	80	58	50	45	100
Km 47	68	65	67	87	148	198	162	116	88	72	69	70	100
San Emiliano (19 años)	69	63	65	81	144	198	160	117	86	70	68	71	100
La Puntilla (60 años)	64	62	65	81	136	197	182	132	90	69	67	67	100

Tabla 14.- Porcentaje de escurrimiento
medio mensual con respecto al escurri-
miento medio anual. (Julio 1950-Junio
1969)

C. Caudales bajos

1. Comparación de caudales bajos medidos en La Puntilla

Dentro de los 60 años de registros con que se cuenta en La Puntilla, el caudal medio anual fué inferior a $40 \text{ m}^3/\text{s}$ en 41 años hidrológicos. En varios años el caudal fué alrededor de los $30 \text{ m}^3/\text{s}$, e incluso menor. La Figura V muestra el caudal mensual de estos años "secos". Las peores sequías ocurrieron en los años 1910-11-12 y 1967-68-69.

Como hemos dicho, la sequía de 1967-68-69 fué causada por la escasez de nieve en las zonas de cabecera de los ríos. El caudal medio anual para 1967-68 fué de $27 \text{ m}^3/\text{s}$ (equivalente a 850 Hm^3) y para 1968-69 de $17 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que equivale a 530 Hm^3 de agua (Tabla 15)

	<u>Jul</u>	<u>Ago</u>	<u>Sep</u>	<u>Oct</u>	<u>Nov</u>	<u>Dic</u>	<u>Ene</u>	<u>Feb</u>	<u>Mar</u>	<u>Abr</u>	<u>May</u>	<u>Jun</u>	<u>Promedio</u> <u>anual</u>
Promedio 60 años (1909-1969)	37	36	38	47	79	114	106	77	52	40	39	39	58
(2)1967-68	29	28	26	29	27	29	29	30	31	21	23	23	27
(3)1968-69	19	19	17	15	15	14	16	24	18	14	16	16	17
(1) - (2)	8	8	12	18	52	85	77	47	21	19	16	16	31
(1) - (3)	18	17	21	32	65	100	90	53	34	26	23	23	41
(2)/(1) (%)	78	78	68	62	34	25	27	39	59	51	59	59	47
(3)/(1) (%)	51	53	45	32	19	12	15	31	35	35	41	41	29

Tabla 15.- Escurrimientos mensuales en La Puntilla (m^3/s).

2. Medición de caudales bajos en Octubre 1968

La sequía de 1968 determinó la necesidad de efectuar mediciones de verificación en las distintas estaciones. Realizados estos controles, se considera que los registros presentados por dichas estaciones son suficientemente precisos.

La Tabla 16 muestra las mediciones realizadas en la confluencia de los ríos Los Patos y Castaño el 7 de Octubre de 1968 por personal del Plan.

<u>Ubicación</u>	<u>Escurrecimiento medido (m³/s)</u>
Estación La Plateada.....	11.6
Río Los Patos antes de su confluencia con el Río Calingasta	15.6
Estación Castaño Nuevo	4.3
Río Castaño antes de su confluencia con el Río Calingasta	3.6
Río Calingasta	0.4
Estación Km 47	18.4

Tabla 16.- Mediciones de control

De ella pueden extraerse las conclusiones siguientes:

a. Río Los Patos: desde la Estación La Plateada hasta la confluencia con el Castaño, el caudal aumentó en más de $4 \text{ m}^3/\text{s}$, lo que confirma el efecto de almacenaje de las gravas del lecho del Río Los Patos.

b. En la confluencia de los ríos Los Patos, Calingasta y Castaño el caudal total fué de $15.6 + 3.6 + 0.4 = 19,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Considerando infiltración y evaporación a lo largo del tramo, parece que hubo muy escaso

aporte por parte de los demás tributarios en el mismo tramo durante el período de sequía.

Los hidrogramas diarios para 1968-69 en las estaciones Km 47 y La Puntilla indican que la disminución de caudal durante la época de sequía se produjo a razón de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ por mes.



VI. OTROS FACTORES HIDRÓLOGICOS

A. Precipitación en el Valle de Tulum

Al analizar la precipitación sobre todo el Valle, deben considerarse diversos elementos, tales como distribución, cantidad e intensidad.

1. Distribución mensual

En general la precipitación mensual y anual en todo el Valle no presenta mucha variación en los diferentes departamentos provinciales. Se han seleccionado 4 estaciones ubicadas en distintas regiones del Valle para su evaluación. La Tabla 17 muestra la precipitación mensual y su porcentaje con respecto a la lluvia anual en las mismas.

La Tabla 17 muestra que:

- a. El promedio anual de lluvia es de unos 100 mm en el Valle.
- b. El semestre seco (Abril-Septiembre) aporta un 20% del total anual. El 80% restante corresponde al semestre Octubre-Marzo.
- c. La lluvia caída en el mes de Enero, el de mayor precipitación, significa un 20% del total anual.

2. Precipitación anual media en el Valle

Para calcular este promedio se han seleccionado 9 estaciones pluviométricas (Lámina 2), tomando un período de registro de 25 años para cada una de ellas (desde 1941-42 a 1965-66). Para este cálculo se utilizó el método del polígono de Thiessen. La construcción de los polígonos en el área del Cerro Barboza no está completamente de acuerdo con el método de Thiessen, debido a la falta de datos con respecto a esa zona. Sin embargo, creemos que esto no afecta mayormente la determinación de los volúmenes de precipitación, ya que las variaciones de la misma son pequeñas a lo ancho de la cuenca. La Tabla 18 presenta algunos datos significativos.

<u>Estación</u>	<u>Jul</u>	<u>Ago</u>	<u>Sep</u>	<u>Oct</u>	<u>Nov</u>	<u>Dic</u>	<u>Ene</u>	<u>Feb</u>	<u>Mar</u>	<u>Abr</u>	<u>May</u>	<u>Jun</u>	<u>Total anual</u>
San Juan (Capi- tal) promedio mensual (mm)	3.2	2.3	5.2	9.2	14.4	12.4	19.7	15.2	14.4	4.3	1.6	3.1	105.0
% con respecto al total anual	3	2	5	9	14	12	19	14	14	4	2	3	
Albardón prome- dio mensual (mm)	2.2	1.4	5.0	7.6	10.2	9.7	14.1	13.4	8.6	2.0	1.6	2.7	78.5
% con respecto al total anual	3	2	6	10	13	12	18	17	11	3	2	3	
Pocito promedio mensual (mm)	3.9	1.0	4.2	8.3	11.6	8.8	20.0	17.6	8.9	2.6	1.0	2.6	90.5
% con respecto al total anual	4	1	5	9	13	10	22	19	10	3	1	3	
Las Casuarinas promedio mensual (mm)	2.6	2.8	7.1	11.8	11.5	9.7	23.5	16.1	12.8	4.2	1.9	4.3	108.3
% con respecto al total anual	2	2	6	11	11	9	22	15	12	4	2	4	

Tabla 17.-- Precipitación en estaciones
del Valle de Tulum (25 años 1941/42 -
1965/66).--

Pol. N°	Estación pluviométrica	Área del polígono (Km ²)	Volumen de la lluvia anual en cada polígono		
			Año medio 1952 (Hm ³)	Año rico 1944 (Hm ³)	Año pobre 1950 (Hm ³)
I	Angaco Norte	264	28	46	2
II	Domingo de Oro	261	35	40	4
III	Albardón	78	77	32	1
IV	Marquezado	141	15	29	3
V	Alto de Sierra	271	36	41	4
VI	Pocito	264	26	48	4
VII	Caucete	241	34	61	5
VIII	Las Casuarinas	493	78	129	8
IX	Carpintería	178	18	44	4
TOTAL:		2.191 Km ²	347 Hm ³	470 Hm ³	35 Hm ³

Tabla 18.- Volúmenes de precipitación

3. Intensidad de la precipitación

El examen de los datos de precipitación horaria (Estación Villa Krause) indica que la lluvia intensa dura de una a cuatro horas y que ella ocurre generalmente entre las 19 y las 5 horas del día siguiente. La Tabla 19 presenta algunos ejemplos.

La Tabla 20 muestra alturas de agua de dos tormentas distintas desglosadas en períodos consecutivos de 5 minutos cada uno.

El promedio mensual de días lluviosos es de 3 a 8 días en los meses de verano, siendo la precipitación diaria promedio de 5 mm. La máxima precipitación registrada en un día fué de 36 mm.

<u>Fecha</u>	<u>Duración de la precipitación</u>		<u>Total de precipitación</u>
	<u>Horas</u>	<u>Minutos</u>	(mm)
11-1-1949	4	20	13.0
21-11-1949	1	04	9.1
24-10-1956	4	05	13.2
22-11-1956	2	00	7.6
23-2-1959	0	45	26.9
28-12-1959	1	35	22.6
27-1-1965	2	25	17.7

Tabla 19.- Intensidad de precipitación

<u>Minutos</u>	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
23-2/1959 (mm)	8.0	9.5	2.6	2.8	3.8	0	0	0.2	-	-	-
28-12/1959 (mm)	7.5	2.5	2.0	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5
<u>Minutos</u>	60	65	70	75	TOTAL						
	-	-	-	-	26.9 mm						
	0.0	1.5	0.5	1.3	22.6 mm en 1 hora 35 minutos						

Tabla 20.- Progresión de la precipitación

B. Precipitación y escurrimiento en cuencas menores

1. Cuencas imbríferas

Hay varias cuencas menores ubicadas a lo largo del Valle de Tulum (Lámina 3), que aportan sus caudales a dicho Valle, La información pertinente aparece en la Tabla 21.

<u>Nombre</u>	<u>Ubicación</u> (Departamento)	<u>Cuenca imbrífera</u> (Km ²)	<u>Observaciones</u>
Arroyos Travesía La Dehesa Blanco	Ullum	697	Caudal incorporado al Río San Juan antes del Dique de la Roza
Arroyos Maradona y otros	Pocito	505	
Arroyo Yaquín	Albardón	204	
Arroyo Las Flechas	Sarmiento	377	
Arroyo Sombreros (Pedernal)	Sarmiento	571	
Arroyo Acequión	Sarmiento	100	

Tabla 21.- Cuencas menores

Muy escasa información ha sido reunida sobre estas cuencas menores por lo que resulta difícil analizarlas individualmente para determinar distribución y cantidad de precipitación, coeficientes de esorrentía

y, llegado el caso, proceder a la evaluación cuantitativa de la infiltración que puedan constituirse en recarga del agua subterránea del Valle de Tulum.

2. Arroyo Pedernal - Precipitación y escurrimiento

Se han seleccionado 3 estaciones en el departamento Sarmiento, dos de ellas en la parte llana (cota:600 m) y la restante, Pedernal, en la sierra (cota: 1.000 m), para establecer una comparación en cuanto a precipitación (Tabla 22).

<u>Año</u>	<u>Pedernal</u>	<u>Cañada Honda</u>	<u>Ramblón</u>
1943	270.0	206.0	170.0
1944	257.0	212.0	161.5
1945	<u>387.4</u>	<u>229.0</u>	<u>293.5</u>
Promedio	304.1 mm	216.3 mm	190.3 mm

Tabla 22

De las tres estaciones mencionadas, Pedernal es la más cercana a la montaña por lo que será usada en el cálculo del escurrimiento.

La Tabla 23 da la precipitación mensual en Pedernal para el mismo período. Se carece de datos referentes a intensidad de precipitación en esta zona.

<u>Año</u>	<u>Ene</u>	<u>Feb</u>	<u>Mar</u>	<u>Abr</u>	<u>May</u>	<u>Jun</u>	<u>Jul</u>	<u>Ago</u>	<u>Sep</u>	<u>Oct</u>	<u>Nov</u>	<u>Dic</u>	<u>Total anual</u>
1943	2.0	10.0	41.0	0.0	21.0	17.0	53.0	18.0	8.0	68.0	21.0	11.0	270.0
1944	70.0	78.0	35.0	26.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	21.0	10.0	15.0	257.0
1945	56.0	173.0	75.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.5	19.5	15.4	19.0	387.4

Tabla 23

En cuanto al Arroyo Pedernal, la información que se presenta en la Tabla 24 referente a caudales ha sido obtenida del "Anuario Hidrológico 1947-48" de A y E.E. La precisión de esta información no ha podido ser verificada. No obstante, se puede estimar el coeficiente de escorrentía del arroyo en forma preliminar, como sigue:

$$\text{Vol. escurrido} = 0.37 \text{ m}^3/\text{s} = 0.37 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365 = 18 \text{ Hm}^3$$

	<u>Ene</u>	<u>Feb</u>	<u>Mar</u>	<u>Abr</u>	<u>May</u>	<u>Jun</u>	<u>Jul</u>	<u>Ago</u>	<u>Sep</u>	<u>Oct</u>	<u>Nov</u>	<u>Dic</u>	<u>Prome</u> <u>dio</u> <u>anual</u>
Caudal Medio	0.46	1.08	0.55	0.37	0.28	0.28	0.30	0.20	0.20	0.21	0.23	0.35	0.37

Caudal Diario	1.45	10.15	3.22	2.20	1.72	1.89	2.32	0.84	0.59	0.74	0.84	1.94	2.34
Máximo	-----												
Caudal Diario	0.10	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07
Mínimo	-----												

Tabla 24.- Escurrimiento - Arroyo Pedernal
(m³/s) (1925/26 - 1928/29 y 1935/36 - 1947/48)

El promedio de la precipitación en Pedernal en el período 1936-1948 fué de 203,4 mm . Si suponemos que la precipitación estuvo distribuída uniformemente sobre toda la cuenca, y siendo el área de la misma de 571 Km² , entonces:

$$\text{Vol. Total de precipitación anual} = 0.203 \times 571 \times 10^6 = 116 \text{ Hm}^3$$

Por lo tanto, el factor anual de escorrentía sería:

$$\frac{18}{116} = 15\%$$

El registro de precipitación anual en Pedernal para los años 1943-44-45 parece razonable comparado con los de otras estaciones en el área. El factor de escorrentía para este período sería:

$$\text{Vol. anual escurrido (1943-45)} = \frac{(0,11 + 0,11 + 0,51)}{3} \times 86,400 \times 365 = 7,6 \text{ Hm}^3$$

$$\text{Vol. anual de precipitación (1943-45)} = 0,304 \times 571 \times 10^6 = 74 \text{ Hm}^3$$

$$\text{Factor de escorrentía (1943-45)} = \frac{7,6}{74} = 10\%$$

3. Valle Ullum-Zonda. Precipitación y escurrimiento

Los días 22 y 23 de Enero de 1969 se produjo una tormenta en el área de Ullum-Zonda, en cuya ocasión se efectuaron inspecciones en el terreno y se compiló la información obtenida con respecto a las características de la precipitación y a su relación con los volúmenes escurridos.

(a) Precipitación

Estación Km 47

22/1:	22:30 a 24:00	9,0 mm
23/1:	00:00 a 01:30	<u>3,5 mm</u>
	Total	12,5 mm

Ciudad de San Juan

(Aeropuerto)

23/1	00:01 a 02:29	15,0 mm
------	---------------	---------

Marquezado (cerca de La Puntilla)

23/1

00:05 a 03:55

20.0 mm

En zonas de Ullum se observaron fuertes crecidas, pero se carece de datos sobre la precipitación. En general, esta tormenta abarcó la región de Ullum-Zonda con un promedio de 15 mm de lluvia durante más de 2 horas y media.

(b) Escurremientos por tormentas

En la estación Km 47 se registraron los siguientes caudales:

Enero 1-10	14-15 m ³ /s
Enero 11-20	15-18 m ³ /s
Enero 21-22	19 m ³ /s
Enero 23	20 m ³ /s

Es decir que el caudal aumentó en sólo 1 m³/s después de la tormenta, lo cual indica que esta no se extendió aguas arriba de la estación Km 47. En el Dique San Emiliano se registraron los caudales cada hora, con los siguientes resultados:

22-1-69	12:00 p.m.	14.9 m ³ /s
23-1-69	03:00 a.m.	36.7 m ³ /s
	03:20 a.m.	37.4 m ³ /s
	05:00 a.m.	86.8 m ³ /s
	07:30 a.m.	54.3 m ³ /s
	09:00 a.m.	41.0 m ³ /s
	11:00 a.m.	22.7 m ³ /s
	11:30 a.m.	26.3 m ³ /s
	01:00 p.m.	18.9 m ³ /s
	03:00 p.m.	19.3 m ³ /s
	06:30 p.m.	18.2 m ³ /s
	11:00 p.m.	19.5 m ³ /s

24-1-69	01:00 a.m.	18.2 m ³ /s
	07:00 a.m.	17.5 m ³ /s
	01:00 p.m.	16.6 m ³ /s
	05:30 p.m.	16.1 m ³ /s
	11:00 p.m.	15.9 m ³ /s

Es decir que el caudal comenzó a aumentar unas dos horas después de la lluvia. El pico de la crecida se alcanzó 4 horas después de la tormenta; posteriormente el caudal disminuyó rápidamente. El aumento de volumen de agua causado por la tormenta fué como sigue:

<u>Período</u>	<u>Volúmen</u>
0-3 horas	1.3 Hm ³
3-10 horas	0.5 Hm ³
10-24 horas	0.2 Hm ³
24-48 horas	0.1 Hm ³
	<hr/>
Total volumen	2.1 Hm ³

(c) Factor de escorrentía

El área cubierta por la tormenta fue de unos 800 Km² (calculado en el mapa). Siendo la altura de agua de 15 mm, el volúmen total de precipitación sería:

$$0.015 \times 800 \times 10^6 = 12 \times 10^6 = 12 \text{ Hm}^3$$

Siendo el escurrimiento total medido de 2.1 Hm³, el factor de escorrentía será:

$$\frac{2.1}{12} = 18\%$$

4. Estimación preliminar de precipitación y escurrimiento

Resumiendo la información disponible podemos estimar en forma preliminar el aporte de las cuencas menores.

a. El área total de las cuencas adyacentes al Valle de Tulum excluyendo ríos del Departamento Ullum) es de unos 1,700 Km²

b. Precipitación media anual: 200 mm

c. Volumen total de la precipitación

$$200 \times 1,700 \times 10^6 = 340 \text{ Hm}^3$$

d. En general, la mayoría de estas cuencas menores aportan agua al Valle sólo durante unos días al año. Supuesto que el 50% de la lluvia anual evapotranspira inmediatamente después de su caída, y supuesto que el factor de escorrentía es 10%, entonces el escurrimiento total producido por la lluvia en un año será

$$340 \times 0.5 \times 0.1 = 17 \text{ Hm}^3$$

es decir aproximadamente el 1% del escurrimiento anual del Río San Juan medido en el Dique San Emiliano.

C. Pérdidas a lo largo del Río

1. Caudal derivado al curso del Río

Los tres canales matrices (Canal Norte, Canal Ciudad y Canal Pocito) se originan en el Dique partidor San Emiliano, siendo su capacidad total de 100 m³/s . Es decir que cuando se excede esta capacidad o cuando los requerimientos de la irrigación disminuyen, el agua se vuelca al cauce del río San Juan. Los caudales volcados al río para el período 1950-69 han sido resumidos en la Tabla 25.

Anualmente un 15% del caudal medido en el Dique La Puntilla es derivado del río San Juan, es decir un promedio de 6,8 m³/s , equivalente a 215 Hm³/año. Esto ocurre durante un promedio de 52 días por año. El volumen de agua derivada al río durante los 4 meses de Noviembre a Febrero

TABLA 25.- Caudales derivados al curso del Río San Juan en el Dique José Ignacio de la Roza (m³/s).-

Año	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total Anual	Total Días por año
1950-51	750	-	-	50	180	435	-	-	-	-	-	-	1415	79
1951-52	-	-	-	-	-	-	53	11	-	-	-	-	64	4
1952-53	-	-	-	-	25	111	10	26	-	-	-	-	172	17
1953-54	281	9	-	-	2969	7373	3419	1378	72	-	-	84	15585	145
1954-55	269	-	-	-	237	55	390	9	-	-	-	194	1154	85
1955-56	315	40	-	-	193	38	-	-	-	-	-	-	659	58
1956-57	59	130	-	-	7	-	-	-	9	-	-	-	205	24
1957-58	-	-	-	4	807	1301	650	10	280	-	18	3	3073	100
1958-59	428	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	434	23
1959-60	-	-	-	-	-	-	36	6	-	-	104	186	332	15
1960-61	-	-	-	-	10	207	-	35	177	-	56	152	637	33
1961-62	-	-	-	-	576	478	-	220	-	-	-	330	1604	65
1962-63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	390	390	14
1963-64	-	-	-	-	-	3740	4264	395	13	-	-	739	9151	103
1964-65	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	390	420	16
1965-66	-	-	-	-	2541	3249	3240	525	30	55	-	1350	10990	154
1966-67	65	-	-	-	77	15	15	9	-	-	-	348	529	27
1967-68	116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	4
1968-69	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	20
Promedio diario (m ³ /s) (17 años)	143	10	0	7	401	895	636	138	31	3	9	219	2491	52
Derrame mensual promedio (m ³ /s)(1)	4,6	0,3	0	0,2	13,4	28,8	20,5	4,9	1,0	0,1	0,3	7,3	6,8	
Caudal promedio (m ³ /s) (2) 1950/69	30,8	28,5	29,4	37,5	65	89	72,1	52,5	38,5	31,6	30,5	32,1	45	
(1)/(2) (%)	15	1	0	1	21	32	28	9	3	0	1	23	15	

inclusive, representa un 90% del volumen derivado total.

En el período Junio-Julio hay unos 30 días durante los cuales no hay necesidad de agua para irrigación, derivándose toda el agua por el Río San Juan.

2. Medición de las pérdidas

En Julio de 1968, habiéndose derivado toda el agua por el Río San Juan para la limpieza de los canales de irrigación, se pudo realizar una serie de mediciones a lo largo del río en el tramo comprendido entre la estación Km 47 y Cochagual (Mapa N°4). La información que presenta la Tabla 26 procede del Memorandum Hidrología N°4 del 5 de Agosto de 1968.

Tramo del río	Longitud del tramo (Km)	Caudal ^(o) inicial (m ³ /s)	Caudal final (m ³ /s)	Pérdida en el tramo (m ³ /s)	Pérdidas en el tramo (m ³ /día)
A. Km 47 a Puente Ullum	20	23.20	21.51	1.69	140,000
B. Puente Ullum a Puente Albardén	16	20.66	14.27	6.39	550,000
C. Puente Albardén a Cochagual	57	11.67	11.18	0.49	37,000
TOTAL	103 Km			8.57 m ³ /s	727,000 m ³ /día

(o) Menos caudales derivados a canales, etc. en cada tramo

Tabla 26.- Pérdidas en el Río San Juan

3. Mediciones realizadas el 24 de Junio de 1969

El 24 de Junio de 1969 se realizaron mediciones en el tramo Km 47 - Dique San Emiliano, con los resultados indicados en la Tabla 27.

	<u>Estación Km 47</u>	<u>Puente Ullum</u>	<u>Estación La Puntilla</u>
Caudal medido (m ³ /s)	21.39	19.06	17.05
Caudales derivados (m ³ /s)	0	1.04 ⁺ 1.26 [†]	1.04 ⁺ 1.26 [†] 0.92 [°]
Caudal ajustado (m ³ /s)	21.39	21.36	20.27

+ Canal Ullum

† Canal Zonda

° Obras Sanitarias de la Nación

- Tabla 27 -

Los resultados indican que las pérdidas entre la estación Km 47 y el Puente de Ullum son escasas mientras que entre este último y el Di- que la pérdida fué de 1,09 m³/s.

D. Pérdidas a lo largo de la red de irrigación

Infiltración y evapotranspiración representan las pérdidas principales en la red de irrigación, las que constituyen un elemento importante en la evaluación de la posible recarga del agua subterránea. Estas pérdidas varían, ya que son el resultado de diversos factores tales como cantidad, velocidad y perímetro mojado de agua derivada a los canales, longitud y permeabilidad de los canales, vegetación a lo largo de éstos, etc. Por lo tanto, la evaluación exacta de las pérdidas se hace un tanto difícil. A pesar de ello, el propósito de la información aquí representada es sólo de dar estimaciones de las posibles pérdidas por medio de mediciones de campo y de otra información reunida hasta el presente.

1. Longitud de canales

La Tabla 28 presenta la estadística referente a longitud de canales principales y secundarios en el Valle de Tulum. Los canales impermeabilizados suman 173 Km de recorrido. La longitud de canales no impermeabilizados es de 910 Km. Las pérdidas en canales secundarios no impermeabilizados serán consideradas más adelante.

Se carece de cifras exactas en cuanto a longitud de canales terciarios. Según cálculos del Departamento de Hidráulica hay alrededor de los 5.000 Km de canales de distribución en el Valle, sin tomar en cuenta las acequias de riego existentes dentro de las propiedades cultivadas. Siendo la longitud total de canales principales y secundarios de 1083 Km (Tabla 28), se puede estimar en 4.000 Km aproximadamente la longitud de canales terciarios. No obstante debería investigarse la longitud real de dichos canales en los distintos Departamentos de la provincia.

2. Medición de pérdidas en los canales

El autor participó en la selección de tramos y secciones e instruyó y participó en las mediciones.

Las Tablas 29 y 30 resumen los resultados de las mediciones efectuadas en diferentes localidades con la asistencia de personal del Departamento de Hidráulica. En el Departamento Pocito (Tabla 29) se seleccionaron 9 canales secundarios todos ellos no impermeabilizados. Los caudales medidos en esos canales fluctuaron entre $0,0066 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0,366 \text{ m}^3/\text{s}$, oscilando tramos medidos entre 661 y 5817 metros de longitud. Los resultados muestran que las pérdidas, es decir, las diferencias de caudales, variaban según las condiciones iniciales. La Tabla 31 establece los resultados de la comparación de las cifras dadas en la Tabla 29.

También se ha calculado para los canales del Departamento de Pocito las pérdidas por unidad de área mojada (Tabla 32).

En la Tabla 33 se presentan como referencia algunos datos experimentales sobre promedios máximos de infiltración determinados en los E.E.U.U. (Ven Te Chow, etc.).

Departamento	Derechos de agua		Longitud de canales	
	Total (Ha)	Derechos permanentes (Ha)	impermeabilizados (Km)	sin revestir (Km)
1. Ullum	4,136		3.0	23.5
2. Zonda	2,325		3.3	23.5
(1 + 2)	6,461	6,461	6.3	47.0
3. Albardón	5,201		4.0	39.6
4. Angaco	9,336		10.4	56.1
5. San Martín	10,826		10.6	70.1
6. Caucete	12,206		3.8	89.0
7. 25 de Mayo	17,044		—	67.1
8. Canal Norte			55.0	—
Zona del Canal Norte (3—8)	54,613	48,495	83.8	321.9
9. Rivadavia	2,967		7.9	35.3
10. Chimbas	3,465		5.9	30.5
11. Santa Lucía	4,332		1.4	32.1
12. 9 de Julio	8,406		18.3	77.8
13. Rawson	8,418		—	68.6
14. Canal Ciudad			10.0	—
Zona del Canal Ciudad (9—14)	27,588	19,736	43.5	244.3
15. Pocito	21,426		0.2	153.3
16. Sarmiento	22,607		17.1	103.4
17. Canal Pocito			22.0	40.0
Zona del Canal Pocito (15-17)	44,033	30,793	39.3	296.7
TOTAL	132,695	105,485	172.9	909.9

TABLA 28.- Longitud de canales en los Valles de Tulum y Ullum-Zonda

Fecha	Canal	Ubicación	Sección 1				Sección 2				Q ₁ -Q ₂ (m ³ /s)	Longitud (m)	Q ₁ -Q ₂ longitud (m ³ /s/km)	P. L. (m ²)	Q ₁ -Q ₂ P. L. (m ³ /s/10 ³)
			h ₁ (m)	A ₁ (m ²)	V ₁ (m/s)	Q ₁ (m ³ /s)	h ₂ (m)	A ₂ (m ²)	V ₂ (m/s)	Q ₂ (m ³ /s)					
6-12-68	Ramo 14	Calle 6 entre Costa Canal y San Miguel	0,15	0,19	0,61	0,117	0,28	0,28	0,36	0,096	0,021	1.793	0,0117	2.618	0,0080
7-1-69	" "	" "	0,16	0,14	0,57	0,075	0,24	0,22	0,32	0,071	0,004	1.793	0,0022	2.447	0,0016
6-12-68	" "	Calle 6 entre San Miguel y Puente del FC	0,28	0,28	0,36	0,096	0,18	0,17	0,56	0,095	0,001	2.548	0,0003	2.764	0,0002
7-1-69	" "	" "	0,24	0,22	0,32	0,071	0,19	0,11	0,53	0,056	0,015	2.548	0,0060	2.905	0,0051
20-11-68	Sarmiento	7 entre Costa Canal y Mendosa	0,25	0,32	0,61	0,194	0,27	0,50	0,32	0,160	0,034	5.817	0,0058	11.808	0,0034
2-12-68	" "	" "	0,26	0,30	0,69	0,208	0,26	0,45	0,32	0,145	0,063	5.817	0,0108	11.634	0,0054
4-12-68	" "	" "	0,23	0,29	0,54	0,157	0,25	0,45	0,31	0,140	0,017	5.817	0,0029	11.459	0,0015
30-12-68	" "	" "	0,24	0,31	0,47	0,147	0,21	0,43	0,32	0,138	0,009	5.817	0,0015	11.808	0,0007
6-12-68	Ramo 17	7 entre C. Ca- nal y S. Miguel	0,17	0,22	0,85	0,188	0,24	0,33	0,51	0,172	0,016	1.381	0,0133	2.375	0,0076
18-12-68	" "	" "	0,19	0,25	1,11	0,278	0,24	0,39	0,68	0,277	0,001	1.381	0,00086	2.389	0,0005
7-1-69	" "	" "	0,16	0,21	1,02	0,214	0,24	0,40	0,53	0,212	0,002	1.381	0,0014	2.327	0,0008
5-12-68	Ramo 20	9 entre Lemos y vías del FC	0,15	0,21	0,31	0,066	0,14	0,11	0,58	0,064	0,002	735	0,0030	1.010	0,0019
14-1-69	" "	" "	0,16	0,23	0,38	0,087	0,15	0,13	0,58	0,076	0,011	735	0,0150	1.051	0,0100
20-11-68	Ramo 22	10 entre C. Ca- nal y S. Miguel	0,15	0,15	0,98	0,147	0,10	0,16	0,87	0,139	0,008	1.474	0,0054	2.277	0,0035
2-12-68	" "	" "	0,20	0,23	1,23	0,284	0,16	0,28	0,84	0,228	0,056	1.744	0,0380	2.329	0,0240
15-1-69	" "	" "	0,15	0,15	1,06	0,160	0,24	0,29	0,47	0,138	0,022	1.474	0,0150	2.727	0,0081
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

TABLA 29.- Medición de pérdidas en canales -

Departamento Pucito