

ESTADO ACTUAL DE LOS ACUÍFEROS EN EL OASIS NORTE Y CENTRO DE MENDOZA A PARTIR DE LA INFORMACIÓN PIEZOMÉTRICA

Martinis, Nicolás; José O. Robles

Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino (INA - CRA); nmartinis@ina.gov.ar

RESUMEN

La recarga de los acuíferos del oasis Norte y Centro se produce por infiltración en el lecho de los ríos, en canales, percolación del riego, filtraciones en áreas urbanas y en menor medida por las precipitaciones meteóricas, mientras que la descarga ocurre por bombeo desde los acuíferos, surgencia natural y flujo subterráneo que egresa de las cuencas. La variación de almacenamiento de los acuíferos y su tendencia, debido a los procesos anuales de recarga-descarga, se ve reflejada a lo largo de los años a través de mediciones en las redes de monitoreo hidrológico que se inician en 1967 en la cuenca Norte y en 1972 en la cuenca Centro. En ambos casos se continúa con algunas interrupciones hasta el presente. Las series de datos de niveles piezométricos obtenidos en el período invernal constituye la base de la información sobre la cual se analiza y cuantifica la variación del almacenamiento del agua subterránea en estos oasis. Determinar su estado actual y analizar cómo han cambiado las reservas frente a las variaciones de la recarga y la descarga permite conocer cuál ha sido su evolución durante cada período de mediciones. Con el análisis de las variaciones de almacenamiento se pudo estimar el déficit hídrico de la cuenca hidrogeológica Norte, incluida la subcuenca Carrizal, en 96 hm^3 en el período comprendido en los 42 años entre 1969 y 2011, con un promedio del orden de los $2,3 \text{ hm}^3/\text{año}$, poco importante dada la variabilidad de las variaciones de almacenamiento entre -400 y $500 \text{ hm}^3/\text{año}$. En el caso de la cuenca Centro el déficit hídrico se hallaría en el orden de los 48 hm^3 , en el período comprendido de 34 años entre 1973 y 2011, con un promedio en el orden de los $1.3 \text{ hm}^3/\text{año}$, también en este caso poco importante dada la variabilidad de las variaciones de almacenamiento entre -160 y 320 hm^3 .

Palabras clave: agua subterránea, balance, monitoreo, recarga

INTRODUCCION

Las cuencas hidrográficas y las hidrogeológicas contienen un sistema hídrico natural donde los distintos componentes del ciclo hidrológico interactúan entre sí. Las actividades que desarrolla el hombre dentro de estos sistemas modifican el comportamiento natural del agua, pudiendo producir graves daños ecológicos.

Por dicha razón, una gestión racional del recurso hídrico en una región debe contemplar acciones que, tendiendo a un aprovechamiento eficiente, no alteren el equilibrio global del sistema.

Las Cuencas Hidrogeológicas de Mendoza Norte y Centro son extensas cubetas deprimidas rellenas con sedimentos clásticos de ambiente continental de origen fluvial que han sido transportados principalmente por los ríos Mendoza y Tunuyán. Estos sedimentos provienen de la Cordillera Principal, Frontal y Precordillera.

Los acuíferos que en ellas se presentan pueden discriminarse en libres, semiconfinados y confinados. Los acuíferos libres, se encuentran cercanos al origen de las cuencas, bajo terrenos de importante pendiente topográfica, y están constituidos predominantemente por sedimentos gruesos tanto en su desarrollo vertical y como horizontal.

Los acuíferos semiconfinados y confinados comienzan con el quiebre topográfico del terreno, a partir del cual disminuye su pendiente, la capacidad de transporte fluvial y la granulometría de los sedimentos, provocando el predominio de arenas sobre los intervalos limo-arcillosos. La existencia de estas capas menos permeables origina extensas áreas de surgencia.

Las características geológicas e hidrogeológicas señaladas, definen la circulación horizontal y vertical del agua subterránea, como así también las áreas de recarga y descarga.

En el área libre de las cuencas hidrogeológicas, se produce la recarga del sistema y es allí donde ocurren las mayores fluctuaciones volumétricas de las aguas subterráneas.

En las Figuras 1 a 4, el área libre se encuentra a la izquierda de la línea que limita los acuíferos, mientras que a la derecha se desarrollan los acuíferos confinados – semiconfinados. También se destaca las áreas que presentan surgencia natural y las redes de monitoreo hidrológico.

Las redes monitoras de ambas cuencas, son redes cambiantes debido a que el nivel estático del agua subterránea se mide en pozos construidos por la actividad privada y por ello suelen presentarse variados inconvenientes que obligan a interrumpir series de mediciones y proceder al reemplazo de perforaciones.

La base de datos de la cuenca Norte consta de 710 pozos con información hidrológica histórica y actualmente solo se mide en 300 de ellos, debido a que más de la mitad han sido reemplazados.

Para la cuenca Centro, la base de datos consta de 225 pozos de los cuales se miden 106 y el resto son reemplazos.

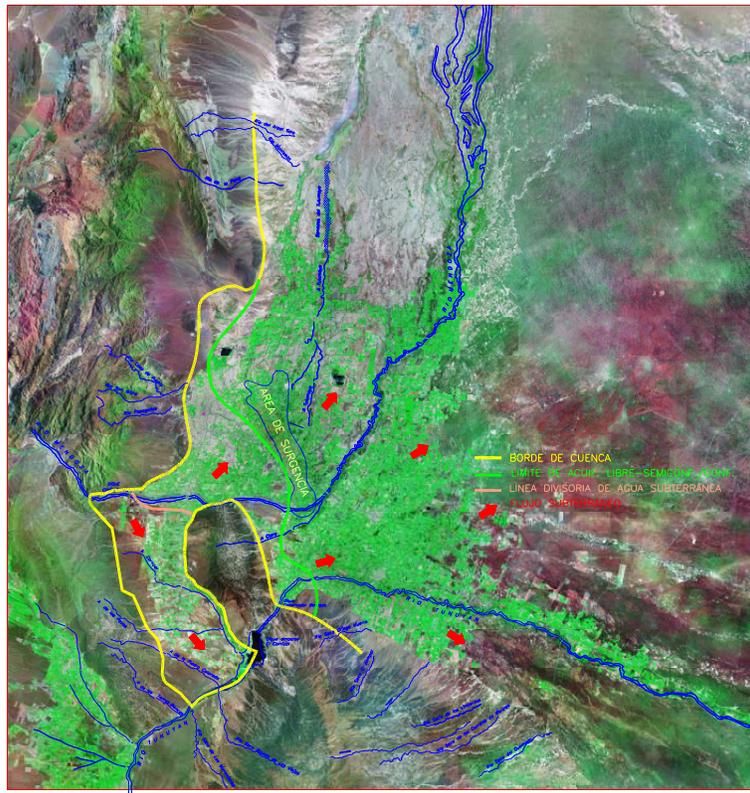


Figura 1. Cuenca hidrogeológica Mendoza Norte.

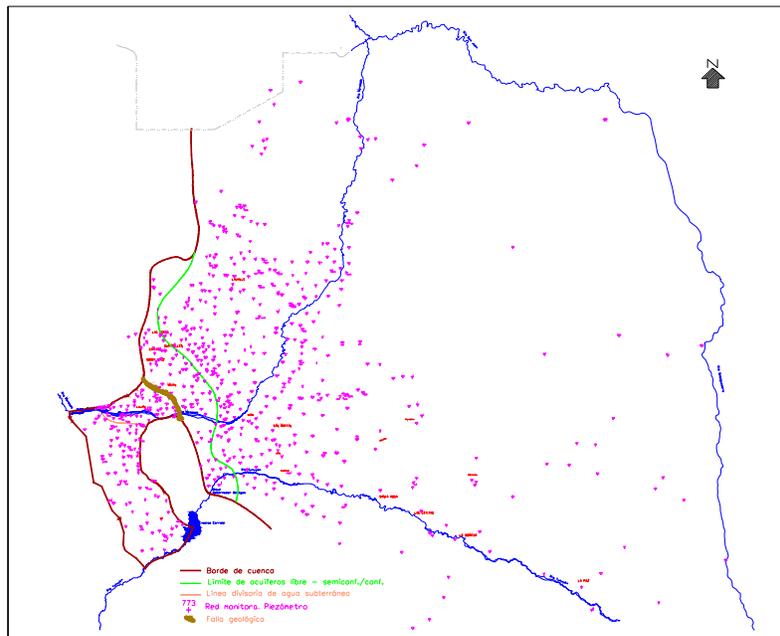


Figura 2. Red monitora de medición de niveles

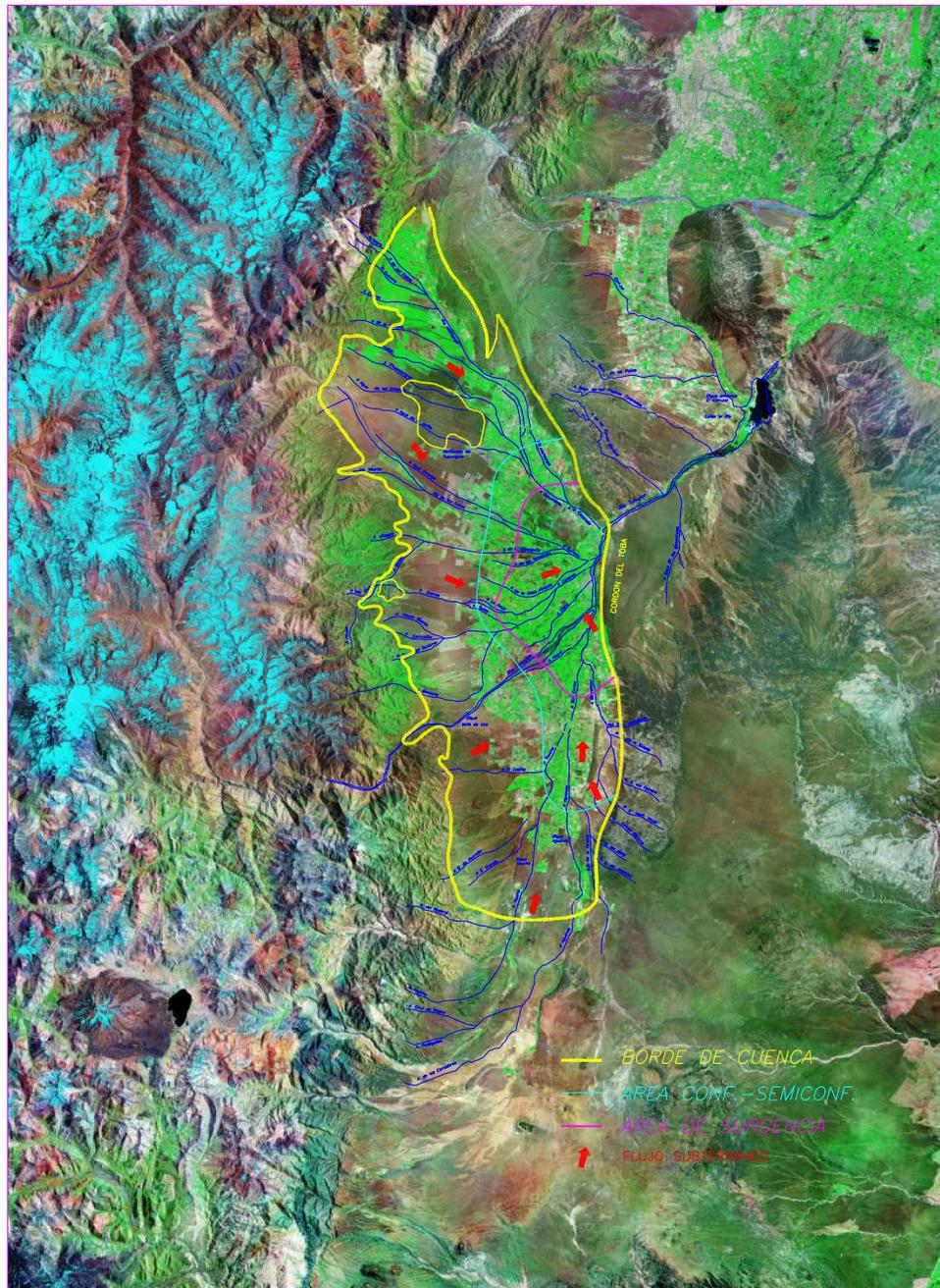


Figura 3. Cuenca hidrogeológica Valle de Uco

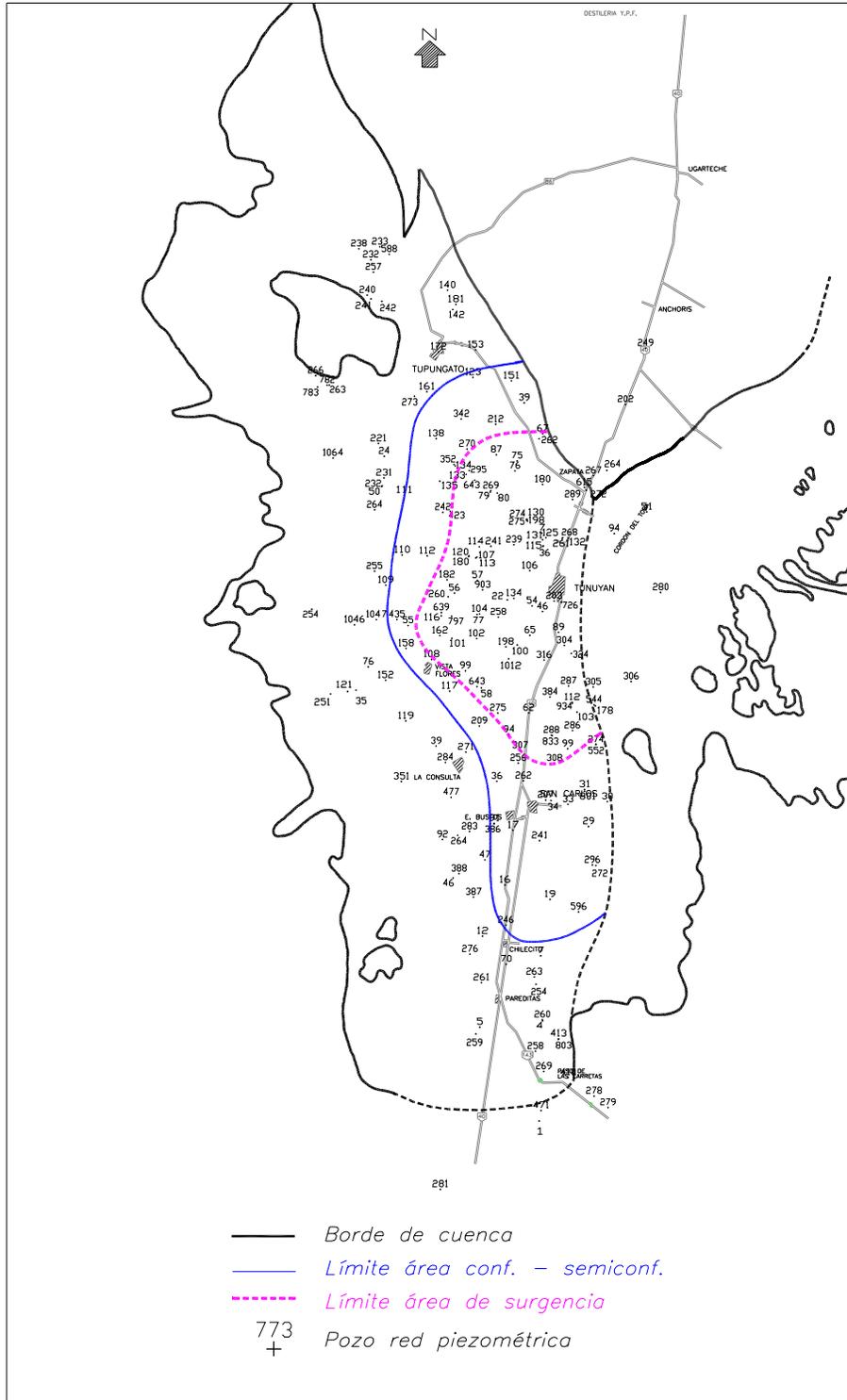


Figura 4. Red monitora de medición de niveles

OBJETIVO

- Analizar y cuantificar las variaciones del almacenamiento del agua subterránea en el área de acuífero libre de la cuenca Norte y Centro para los períodos 1969/2011 y 1973/2011.
- Conocer la evolución del almacenamiento en el acuífero libre y su estado actual en los períodos mencionados.
- Establecer un modelo estadístico de predicción de esas variaciones en función del derrame del río Mendoza.

MATERIALES Y METODOS

Para este trabajo, se recopiló toda la información existente sobre registros de niveles piezométricos, correspondiente a la red de monitoreo posee el INA-CRA(ex-CRAS). Posteriormente, se seleccionaron todos los datos medidos en invierno, época en que los acuíferos se hallan menos perturbados por la extracción de sus aguas, la que principalmente se destina al riego.

A partir de los registros proveídos por el Departamento General de Irrigación de la estación de aforos Cacheuta, se obtuvo la serie de derrames del río Mendoza entre 1969 y 1999, ordenada en períodos anuales desde el 1 de julio al 30 de junio del año siguiente. Desde fines de 2002, entra en operación el dique Potrerillos y los derrames son suministrados por el Departamento General de Irrigación.

La cartografía provino del Instituto Geográfico Militar Argentino, del Instituto Nacional del Agua y del Ambiente - Centro Regional Andino, Ex-Centro Regional de Agua Subterránea y del Departamento General de Irrigación.

Con los registros de niveles georeferenciados de cada pozo o piezómetro, se procede a igualar las series de los registros de un año respecto al siguiente o sea que un mismo pozo tenga dato en ambos años, ya que por distintas razones no siempre se puede medir el mismo número de pozos de la red. Esto se hace para todos los años en que se midió. A continuación se realiza la interpolación de los datos de nivel de ambas series utilizando el método de Kriging, para generar las superficies piezométricas, y se comparará la superficie piezométrica de un año respecto del anterior logrando volúmenes positivos y negativos. La diferencia entre los volúmenes positivos y negativos se multiplica por la porosidad efectiva asumida del 12 %, adoptada como representativa de las características hidrogeológicas promedio para el área de acuífero libre. El resultado es una estimación de la variación del almacenamiento de agua en la cuenca.

Todo el procedimiento se hizo con el programa ©Surfer versión 8.02.

VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO

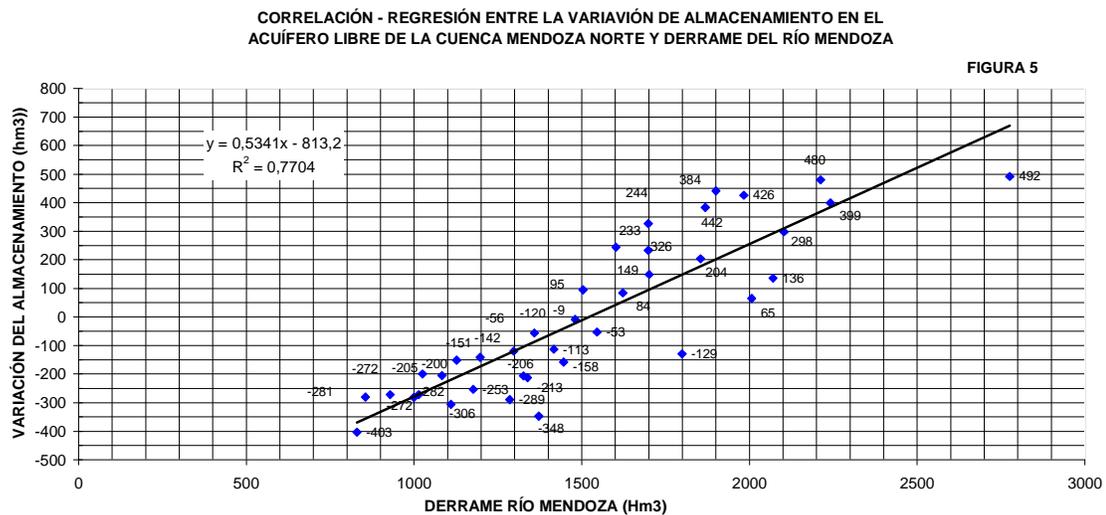
ZONA NORTE

En la Tabla 1, se indica la superficie del área libre, la porosidad efectiva asumida, la variación anual del almacenamiento y derrame anual del río Mendoza.

CUENCA NORTE - MENDOZA			
Variación anual del almacenamiento del acuífero libre			
Area: 1169 km ²			
Porosidad efectiva: 12 %			
Período: 1969 - 2011		Tabla I	
PERIODO	VAR. ALMACEN.	VAR. NIVEL DE AGUA	DERRAME ANUAL RÍO MENDOZA
AÑOS	(hm ³)	(m)	(hm ³)
69-70	-206	-1,47	1326
70-71	-403	-2,88	830
71-72	-205	-1,46	1083
72-73	426	3,04	1983
73-74	95	0,68	1504
74-75	-9	-0,06	1480
75-76	-306	-2,19	1110
76-77	-272	-1,94	929
77-78	233	1,66	1698
78-79	399	2,85	2241
79-80	-53	-0,38	1546
80-81	204	1,46	1854
81-82	-289	-2,06	1285
82-83	492	3,51	2776
83-84	65	0,46	2007
84-85	-129	-0,92	1799
85-86	-213	-1,52	1338
86-87	136	0,97	2070
87-88	298	2,13	2103
88-89	-348	-2,49	1372
89-90	-142	-1,01	1197
90-91	-282	-2,01	1000
91-92	149	1,06	1701
92-93	84	0,60	1622
93-94	-113	-0,81	1417
94-95	-158	-1,13	1446
95-96	-253	-1,81	1177
96-97	-281	-2,01	855
97-98*	-120	-0,86	1297
98-99*	-272	-1,94	1014
99-00	-200	-1,43	1025
00-01	326	2,33	1698
01-02	244	1,74	1602
02-03	384	2,74	1868
03-04	-56	-0,40	1359
04-05	-151	-1,08	1127
05-06	480	3,43	2212
06-07	442	3,16	1900
07-08*	-26	-0,19	1474
08-09*	179	1,28	1857
09-10*	-5	-0,04	1514
10-11*	-240	-1,71	1052

(*) Los valores de variación de almacenamiento fueron obtenidos por regresión lineal

A partir de los datos de variación de almacenamiento y derrame del río Mendoza que se observan en la Tabla 1 salvo los indicados con asterisco, se trazó el gráfico de la Figura 5 en el que la ecuación de la recta de regresión ($y = 0.5341x - 813.2$), permitió obtener la variación del almacenamiento para los períodos en que no se efectuaron mediciones.



En la Figura 5, se observa que el equilibrio de la cuenca (Variación del almacenamiento = 0), se logra para un derrame del río en el orden de los $1.522 \text{ hm}^3/\text{año}$, valor que supera apenas al derrame medio del período 1969 – 2011, que fue de $1.518 \text{ hm}^3/\text{año}$.

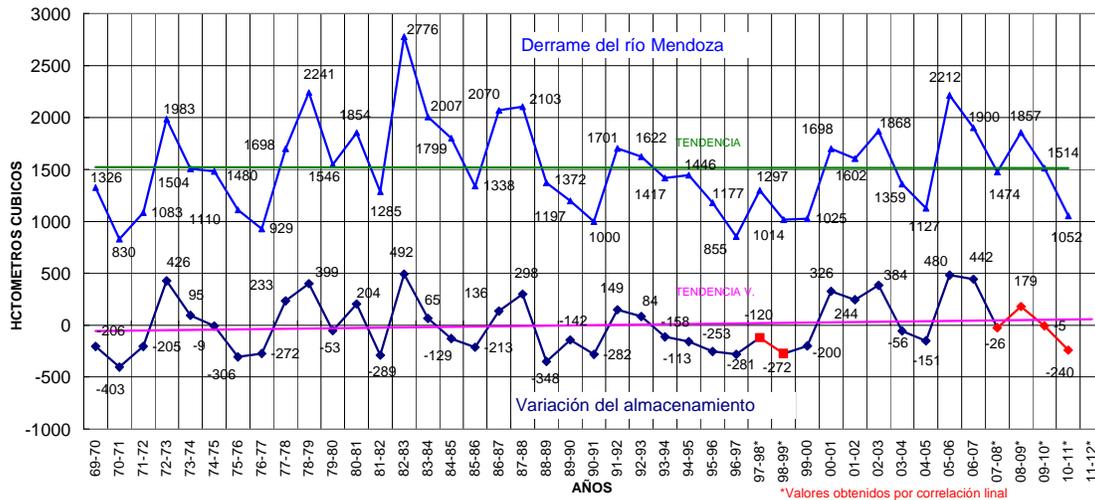
En la Figura 6 se representan dos series: una que corresponde al hidrograma del río Mendoza y su tendencia en el período 1969 - 2011 y la otra a la variación anual del almacenamiento y su tendencia para el mismo período.

En este gráfico se observa que las variaciones de almacenamiento “acompañan” a las variaciones del derrame del río.

Sumando las variaciones de almacenamiento, (Tabla 1 y Figura 6) el déficit hídrico en el área libre de la cuenca hidrogeológica, es de -96 hm^3 en el período de 42 años comprendido entre 1969 y 2011. Si se promedia obtenemos una cifra $-2,3 \text{ hm}^3/\text{año}$, que es poco importante dada la amplitud de las variaciones de almacenamiento entre año pobre y rico de -400 y 500 hm^3 . Asimismo la línea de tendencia revela una leve disminución del déficit.

HIDROGRAMA DEL RÍO MENDOZA Y VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO EN EL ACUÍFERO LIBRE DE LA CUENCA MENDOZA NORTE PERIODO 1969 - 2011

FIGURA 6



ZONA CENTRO

En la Tabla 2, se indica la superficie del área libre, la porosidad efectiva asumida, la variación anual del almacenamiento y derrame anual del río Tunuyán.

Igual que en el caso anterior, primero fue necesario completar la serie de datos de la variación del almacenamiento de los períodos en que no se efectuaron mediciones a partir de un grafico de correlación y de su recta de regresión.

La ecuación de la recta de regresión ($y = 0.3509x - 327.4$), permitió obtener la variación del almacenamiento para los períodos en que no se efectuaron mediciones.

En la Figura 7, el equilibrio de la cuenca (Variación del almacenamiento = 0), se logra para un derrame del río en el orden de los $933 \text{ hm}^3/\text{año}$, valor que supera apenas al derrame medio del período 1973 – 2011, que fue de $923 \text{ hm}^3/\text{año}$.

Tabla 2

CUENCA CENTRO - MENDOZA

Variación anual del almacenamiento en el acuífero libre

Area: 1310 km²

Porosidad efectiva: 12%

Período: 1973 - 2011

PERIODO	VAR. ALMACEN.	VAR. NIVEL DE AGUA	DERRAME ANUAL RIO TUNUYÁN
AÑOS	(hm ³)	(m)	(hm ³)
73-74	-87	-0,55	999
74-75	-35	-0,22	1016
75-76	-115	-0,73	627
76-77	-72	-0,46	480
77-78	38	0,24	924
78-79	98	0,62	1018
79-80	-61	-0,39	885
80-81	68	0,43	983
81-82	-130	-0,83	735
82-83	320	2,04	1535
83-84*	19	0,12	989
84-85*	38	0,24	1041
85-86	73	0,46	892
86-87	149	0,95	1456
87-88	135	0,86	1390
88-89	-117	-0,74	754
89-90	-6	-0,04	797
90-91	-157	-1,00	669
91-92	33	0,21	1005
92-93	71	0,45	1030
93-94	-55	-0,35	928
94-95	-4	-0,03	1007
95-96*	-38	-0,24	823
96-97*	-148	-0,94	509
97-98*	-11	-0,07	900
98-99*	-103	-0,66	639
99-00*	-113	-0,72	611
00-01*	-85	-0,54	689
01-02*	40	0,25	1045
02-03*	27	0,17	1008
03-04	7	0,04	1246
04-05	-64	-0,41	628
05-06	212	1,35	1532
06-07	152	0,97	1146
07-08*	-23	-0,15	865
08-09*	74	0,47	1143
09-10*	-28	-0,18	852
10-11*	-150	-0,95	503

(*) Los valores de variación de almacenamiento fueron obtenidos por regresión lineal

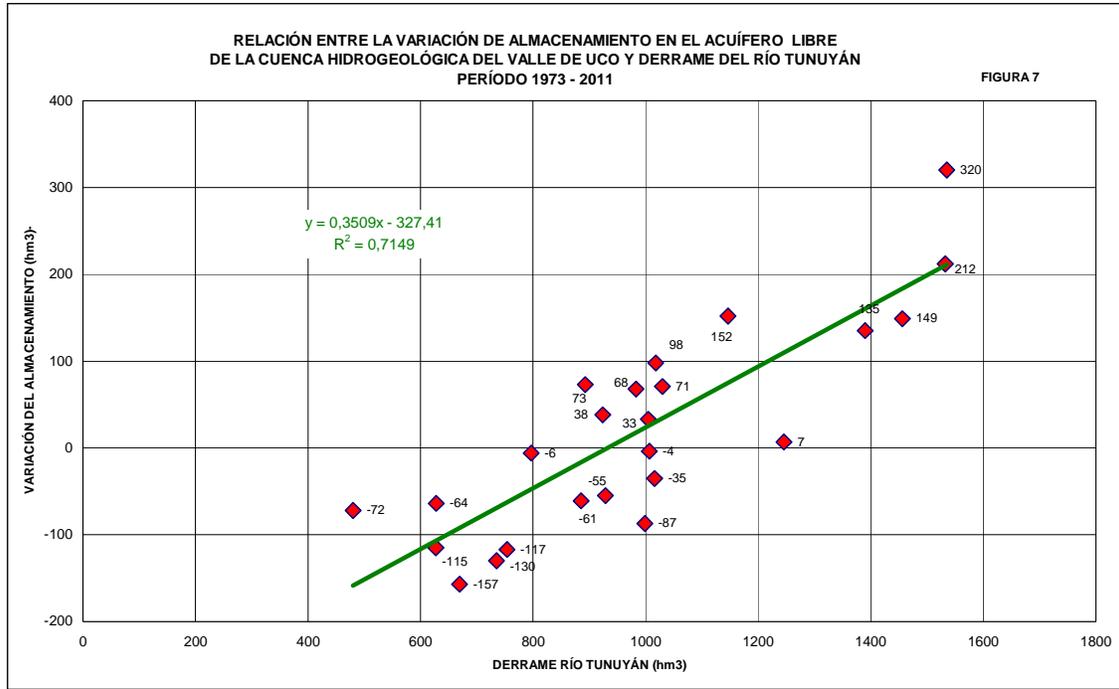


Figura 7

En la Figura 8 se representan dos series: una que corresponde al hidrograma del río Tunuyán y su tendencia en el período 1973 - 2011 y la otra a la variación anual del almacenamiento y su tendencia para el mismo período.

De igual manera que en el caso anterior, sumando las variaciones de almacenamiento, (Tabla 2, Figura 8) el déficit hídrico en el área libre de la cuenca hidrogeológica, es de -48 hm^3 en el período de 38 años comprendido entre 1973 y 2011. Si se promedia obtenemos una cifra $-1.26 \text{ hm}^3/\text{año}$, que es poco importante dada la amplitud de las variaciones de almacenamiento entre año pobre y rico de -160 y 320 hm^3 . Asimismo la línea de tendencia deja ver que la tendencia de la variación de almacenamiento en el período ha sido nula.

HIDROGRAMA DEL RÍO TUNUYÁN Y VARIACIÓN DEL ALMACENAMIENTO EN EL ACUÍFERO LIBRE DE LA CUENCA HIDROGEOLÓGICA DE VALLE DE UCO PERÍODO 1973 - 2011

FIGURA 8

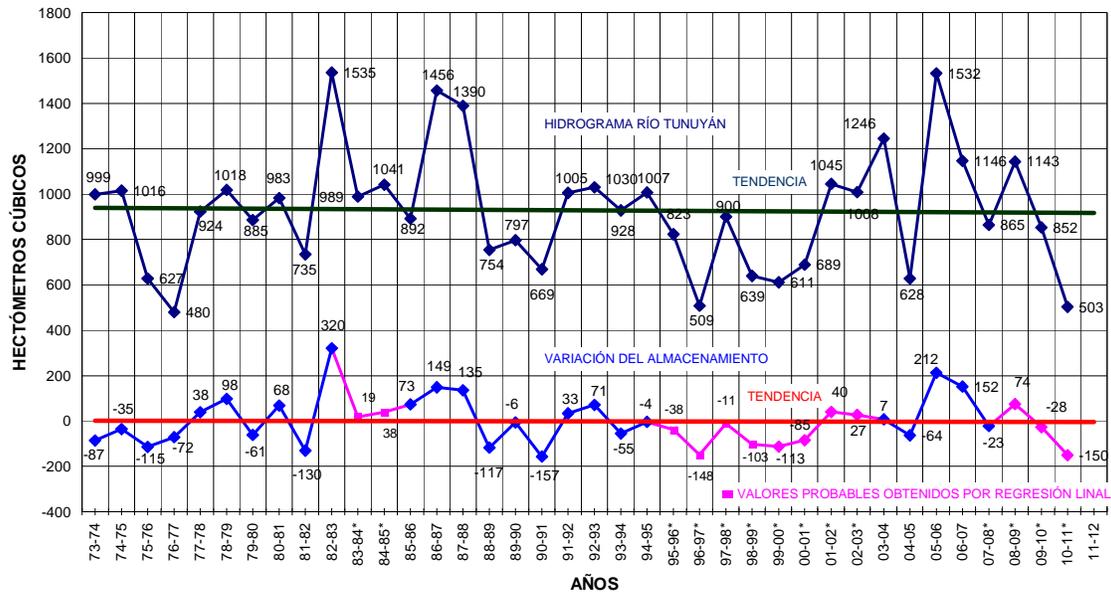


Figura 8

CONCLUSIONES

- El déficit hídrico de la cuenca Norte de -96 hm^3 en el período de 42 años comprendido entre 1969 y 2011. Su promedio de $-2.3 \text{ hm}^3/\text{año}$, es poco importante frente al comportamiento oscilante de las variaciones de almacenamiento entre año pobre y rico de -400 y 500 hm^3 . Cabe entonces concluir que el estado hidrológico de la cuenca ha variado en el período en entorno al equilibrio entre los extremos positivos y negativos indicados.
- El déficit hídrico de la cuenca Centro se estimó en -48 hm^3 en el período de 34 años comprendido entre 1973 y 2011. El promedio es de $-1.26 \text{ hm}^3/\text{año}$, cifra poco importante frente a la variabilidad de las variaciones de almacenamiento -160 y 320 hm^3 . En este caso también se manifiesta el equilibrio del sistema hídrico aunque oscilante entre extremos positivos y negativos.

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional del Agua (INA) - Centro regional Andino (CRA), Bases de datos hidrológicos de las cuencas de agua subterránea de Mendoza Centro y Norte. Período 1969/2011 y 1973/2011.
- Departamento General de Irrigación de Mendoza (DGI): Datos de aforo en canales y ríos, informes finales de obras de captación de aguas subterránea, cartografía.
- Instituto Nacional del Agua (INA) Centro regional Andino (CRA) Evaluación del estado hidrológico de las cuencas de agua subterránea de Mendoza. Informes del período 1969/2011.
- Martinis, N, Robles, J, 2000. Cuenca hidrogeológica del Oasis Norte de Mendoza. Variación del almacenamiento en el acuífero libre. Período 1969/99. Provincia de Mendoza. INA - CRA, IT 4, Mendoza.
- Pazos, J, Bessone, J L. Vivas; J A. Vaca; A, Wetten, y C, Valero, 1993. Relatorio XII Congreso Geológico Argentino. Geología y Recursos Naturales de Mendoza. Recursos hídricos subterráneos y aguas termales. Buenos Aires.