

VIDA BAJO EL DESIERTO

GERARDO DÍAZ DEL RÍO¹

Hidrogeólogo

EL APROVECHAMIENTO CORRECTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA ES VITAL PARA EL DESARROLLO DE LAS REGIONES ÁRIDAS

El desierto de Atacama, que cubre a varias de nuestras regiones administrativas del norte del país, si bien es cierto, tiene características desérticas debido a las condiciones meteorológicas y climáticas que imperan en la actualidad, posee muy abundantes recursos de agua subterránea en numerosos, extensos e importantes acuíferos.

La importancia económica que supone hoy día el aprovechamiento del agua subterránea en el mundo es enorme, especialmente en regiones áridas, donde es evidente la escasez de agua superficial. La II Región de Antofagasta, es un claro ejemplo de ello.

La II Región es la que posee las principales riquezas mineras de Chile y, afortunadamente para los fines de la explotación y operación de yacimientos metálicos y no metálicos, posee un muy alto volumen de agua subterránea en los acuíferos de las cuencas que la conforman.

Considerando la poca disponibilidad del recurso hídrico como agua superficial que presenta la Región de Antofagasta, se requiere realizar una adecuada gestión de estos recursos, en especial de las aguas subterráneas, de manera de diseñar en el futuro estrategias que permitan su manejo sustentable. Al resolver los problemas de la economía regional, relacionados con el aprovechamiento de las aguas subterráneas para el abastecimiento industrial, consumo humano, turismo o el regadío, la estimación de sus reservas (recursos) de ex-

plotación tiene importancia trascendental, ya que tal estimación es básica para gestionar apropiadamente el recurso.

Solo considerando la minería de gran y mediana escala se encuentran actualmente en explotación los yacimientos de cobre de Chuquicamata, El Abra, Lomas Bayas, Escondida, Radomiro Tomic, Zaldívar; las faenas salitreras y productoras de yodo de María Elena, Pedro de Valdivia; el yacimiento de oro de Guanaco; de litio explotado por Minsal, y en un futuro próximo se explotarán los yacimientos de cobre de Iván Zar, Leonor, Santa Catalina, Chimborazo, y de nitratos y yodo en Yolanda, y boratos de Soquimich. La escasa presencia de agua superficial en la región subraya la importancia del agua subterránea para el abastecimiento de todas las faenas mencionadas y de las que, con seguridad, se desarrollarán en el largo plazo.

La minería ha sido históricamente un fuerte consumidor de recursos hídricos, preferentemente para procesos de concentración o refinación del mineral, siendo aún más importante en el norte de nuestro país, donde este bien es muy escaso. Por todo ello es evidente que las reservas de aguas subterráneas son un recurso importantísimo, y conocer su distribución es un elemento indispensable para una adecuada planificación del desarrollo regional.

Un mejor conocimiento de la cantidad y calidad del recurso es esencial para orientar racionalmente las estrategias de desarrollo regional, permitiendo hacer opciones que optimicen el uso de este recurso entre las distintas alternativas viables, reconociendo el énfasis minero de la II Región.

De acuerdo a estudios hidrogeológicos recientes dirigidos por el autor, la II Región posee recursos de agua subterránea almacenada en sus acuíferos, los que alcanzan al sorprendente valor del orden de 280.000 millones de

¹ Artículo publicado en la Revista *Vertiente*, del Capítulo Chileno de la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo - ALHSUD, julio 1999. Reproducido con la autorización correspondiente.

metros cúbicos, equivalentes a doscientos ochenta billones de litros de agua subterránea potencialmente explotable.

La determinación de estos montos ha sido realizada sobre la base de estudios anteriores publicados, revisión de expedientes de la Dirección General de Aguas, información reservada de propiedad de la oficina del autor, investigaciones propias y de otros especialistas y, finalmente, en cuencas donde no existe información disponible se ha basado la evaluación en el criterio geológico e hidrogeológico, así como en el conocimiento de expertos en la materia.

Se presenta en lo que sigue de este artículo la descripción del recurso hídrico subterráneo disponible desde el punto de vista físico, caracterizando la existencia de agua subterránea en la Región. Se describe la metodología empleada y se desarrolla la información hidrogeológica de la II Región. También se presentan los principales resultados en mapas y cuadros.

La unidad de trabajo para evaluar la existencia de recursos hídricos subterráneos está dada por las cuencas hidrográficas. Sobre la base de la cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM), se delimitaron 71 cuencas y subcuencas, las cuales se han codificado y se les ha asignado un número que las identifica. Estas cuencas se presentan en la Figura 1.

Es muy importante tener presente que la gran mayoría de las cuencas hidrográficas de la II Región son endorreicas, es decir, no tienen drenaje o escurrimiento superficial hacia cuencas vecinas. Son excepciones la cuenca del río Loa y la de Aguas Verdes, así como dos pequeñas cuencas costeras. El resto de ellas son cuencas cerradas.

Para caracterizar la existencia física del recurso subterráneo en términos de cantidad, se ha definido una serie de parámetros que conforman los acuíferos y el comportamiento hidrogeológico de las unidades acuíferas de la Región. Estos son: medio acuífero, tipo de acuífero, área de sedimentos, factor de corrección, extensión acuífera, potencia acuífera, volumen acuífero, coeficiente de almacenamiento, nivel estático, espesor saturado, volumen acuífero saturado y volumen embalsado.

Los valores de todos estos parámetros hidrogeológicos han sido calculados en condiciones muy conservadoras, de forma de obtener un resultado general para toda la II Región, que per-

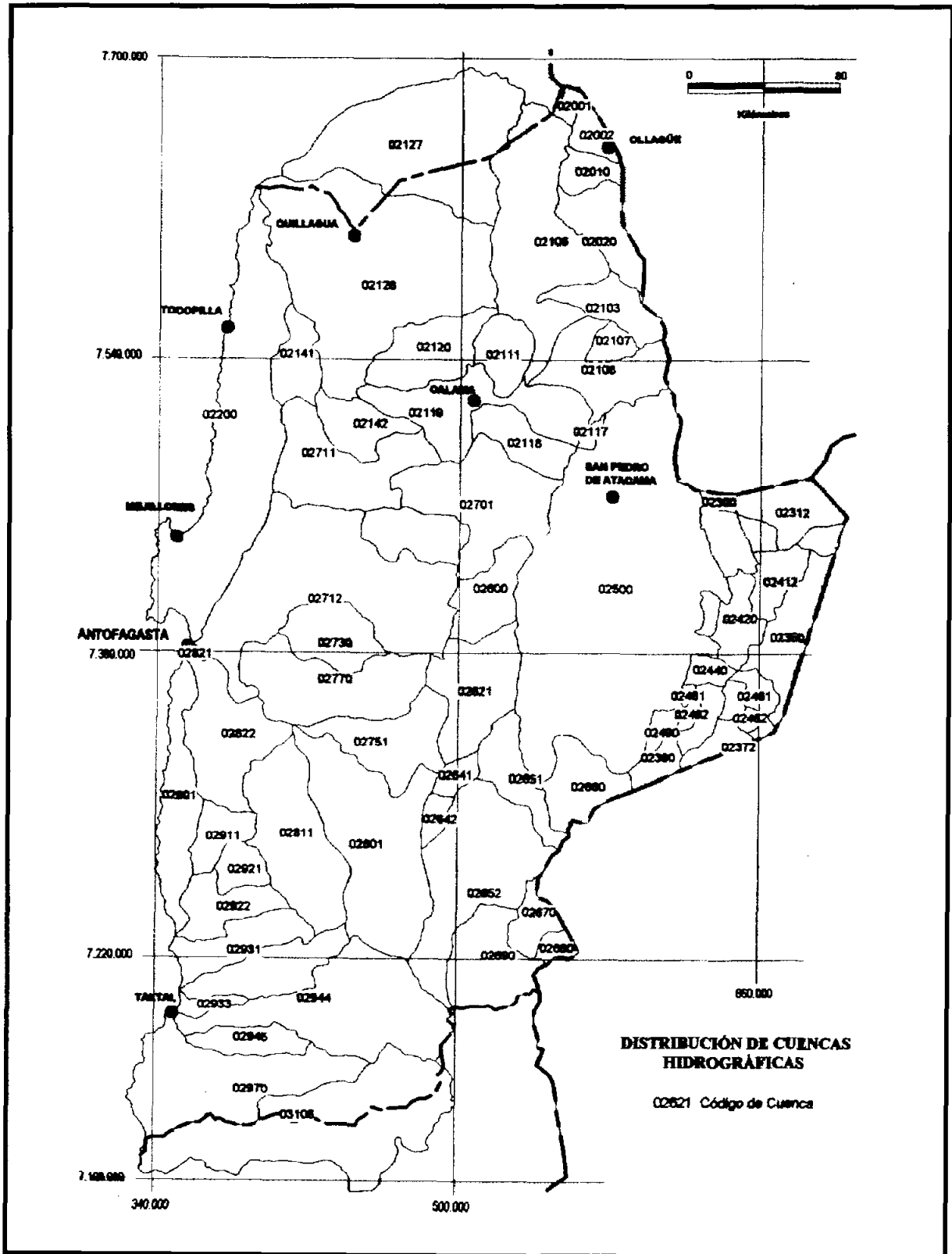
mita establecer órdenes de magnitud mínimos para el volumen de agua subterránea embalsada y existente en los acuíferos de la Región.

Medio acuífero. Existen dos medios acuíferos en la II Región que permiten el almacenamiento de aguas subterráneas, los que se denominan medio sedimentario y medio rocoso. El medio sedimentario corresponde a acumulaciones clásticas generadas por la erosión y transporte de las rocas preexistentes, las cuales son depositadas en cuencas principalmente tectónicas; posee una permeabilidad primaria intrínseca. Los medios rocosos poseen una porosidad y permeabilidad generada por procesos primarios y secundarios, centrados principalmente en las fracturas asociadas a la génesis de las rocas y/o a fenómenos posteriores. La mayoría de los reservorios de aguas subterráneas de la Región se alojan en depósitos sedimentarios.

La prospección de agua subterránea en acuíferos de roca es un tema muy reciente y, por lo tanto, la información existente es escasa. Sin embargo, existen algunos sectores donde el autor ha realizado importantes estudios e investigaciones, definiendo rocas andesíticas, basálticas, dacíticas, niveles de ignimbritas y, en general, rocas volcánicas, que presentan una alta porosidad primaria y secundaria y/o fracturas interconectadas, las que a su vez permiten el almacenamiento y la entrega de agua. Se han reconocido acuíferos anidados especialmente en roca y en sedimentos, por ejemplo, en los salares de Alconcha, Ollagüe, Carcote, Ascotán, Turi, Atacama y Punta Negra, además de las subcuencas de río San Pedro y río Loa entre río San Salvador y desembocadura al mar. Para el resto de las cuencas identificadas en la II Región se cuenta con información de circulación muy restringida o simplemente esta no existe; por ello, en ellas se ha inferido que los acuíferos se presentan fundamentalmente en depósitos sedimentarios, lo que es muy válido desde el punto de vista hidrogeológico.

Tipos de acuífero. Los acuíferos se clasifican en tres tipos generales: libres o freáticos, confinados o cautivos y semiconfinados. Esta clasificación los agrupa de acuerdo a sus cualidades estratigráficas, granulométricas y de permeabilidad y porosidad. La información está respaldada por estudios existentes publicados; en aquellos casos en que la información no está disponible, se ha definido el tipo de acuífero sobre la base de los rasgos y génesis geológicos de la cuenca de que se trate, obtenidos de la cartografía geológica de Chile.

FIGURA N° 1



Area de sedimentos. Este parámetro se obtuvo a partir de mapas geológicos a escala 1:250.000 y complementariamente, hasta a escala 1:50.000. Sobre la base de estos mapas geológicos, se calculó directamente el área de sedimentos que potencialmente puede almacenar agua subterránea, expresada en km². Estas unidades se asocian geológicamente a depósitos cuaternarios dentro de los cuales se definen: depósitos aluviales, depósitos coluviales (escombros de falda, depósitos de pie de monte), depósitos fluviales, depósitos aterrazados y fluviales, depósitos de playa, etc. Es importante notar que cada uno de estos depósitos posee cualidades genéricas diferentes, las que los caracterizan y les otorgan diferentes capacidades para transmitir y almacenar aguas subterráneas. En la Figura 2 se presentan las áreas sedimentarias de cada cuenca de la II Región.

Factor de corrección. Este parámetro se introduce para corregir la información proveniente de la cartografía geológica, de forma que represente la situación areal de los depósitos sedimentarios en subsuperficie. Tiene un valor inferior a 1 y se aplica a todas las cuencas. Para un análisis hidrogeológico, debe establecerse la geología en subsuperficie y en profundidad, calculando potencias de las unidades sedimentarias con el fin de limitar las condiciones de borde de las unidades acuíferas. Para estimar este factor de corrección se ha utilizado un conjunto importante de criterios interesantes: topográficos, geográficos, geomorfológicos, geológicos, hidrogeológicos, apoyados por la cartografía topográfica hasta escala 1:50.000 disponible y la cartografía geológica publicada, así como por estudios de Ingedos, sumado a la experiencia y criterio de expertos. Para cada una de las 71 cuencas se analizó detalladamente la magnitud de este factor correctivo. El factor de corrección reduce, en algunos casos, el área de acuífero a menos de la mitad del área superficial de sedimentos. Por lo general, en zonas de valles profundos, estas unidades de sedimentos corresponden a depósitos ubicados en laderas de cerros y zonas con fuerte pendiente, siendo los sedimentos que almacenan el agua subterránea aquellos que se ubican en lugares topográficamente más bajos, como es el fondo de los valles y cuencas de evidente origen tectónico o con un origen netamente estructural.

Extensión acuífera. Las condiciones geológicas y topográficas de los depósitos sedimenta-

rios distribuidos arealmente en la II Región, condicionan la hidrogeología de manera que solamente una fracción de la superficie cubierta por estos paquetes sedimentarios conforma efectivamente sistemas acuíferos capaces de almacenar y transmitir aguas subterráneas. Para estos efectos se ha introducido el factor de corrección (parámetro anterior) al área de sedimentos superficial, lo que permite obtener el área media del acuífero directamente relacionada con la cantidad de agua subterránea almacenada. De este modo, la extensión acuífera ha sido calculada usando la siguiente expresión:

Extensión Acuífera = Factor de Corrección x Área de Sedimentos.

Potencia acuífera - Este parámetro resulta ser el de mayor importancia para los efectos de determinar el volumen total (sedimentos o roca y espacios entre partículas) que posee cada acuífero y, con ello, calcular el agua subterránea contenida en cada cuenca de la II Región. Para la estimación de la potencia acuífera en las cuencas donde no existe información, se ha llevado a cabo un análisis de los antecedentes existentes relacionados con este parámetro, y se ha podido observar que en las cuencas que se encuentran más al oriente de la Región, las potencias fluctúan entre 50 y 70 m de profundidad. Por el contrario, las cuencas ubicadas en la depresión intermedia presentan potencias entre los 80 y 200 m, encontrando una potencia media del orden de 100 m.

Existen varios sectores con potencias muy superiores, debido fundamentalmente al control geológico y estructural de ellas (falla de Atacama, por ejemplo), en donde el desarrollo de grabens tectónicos permite una acumulación importante de sedimentos. Algunos ejemplos de esta situación corresponden al salar de Atacama y al salar de Punta Negra. Sobre la base de estas observaciones se han asignado potencias entre 50 y 70 m en el caso de las cuencas altiplánicas y de 100 m en el caso de las cuencas ubicadas en la depresión intermedia y en las cuencas costeras. Esta asignación de espesores conlleva, además, conocimientos hidrogeológicos, estructurales y geológicos de la Región, presentando valores razonables desde el punto de vista hidrogeológico. La Figura 3 representa gráficamente la potencia acuífera de cada una de las 71 cuencas.

Volumen acuífero. El volumen acuífero representa el volumen total, en millones de metros cúbicos (Mm³), de sedimentos y/o rocas que tienen potencial para almacenar y transmitir agua subterránea y está definido mediante la siguiente expresión:

FIGURA Nº 2

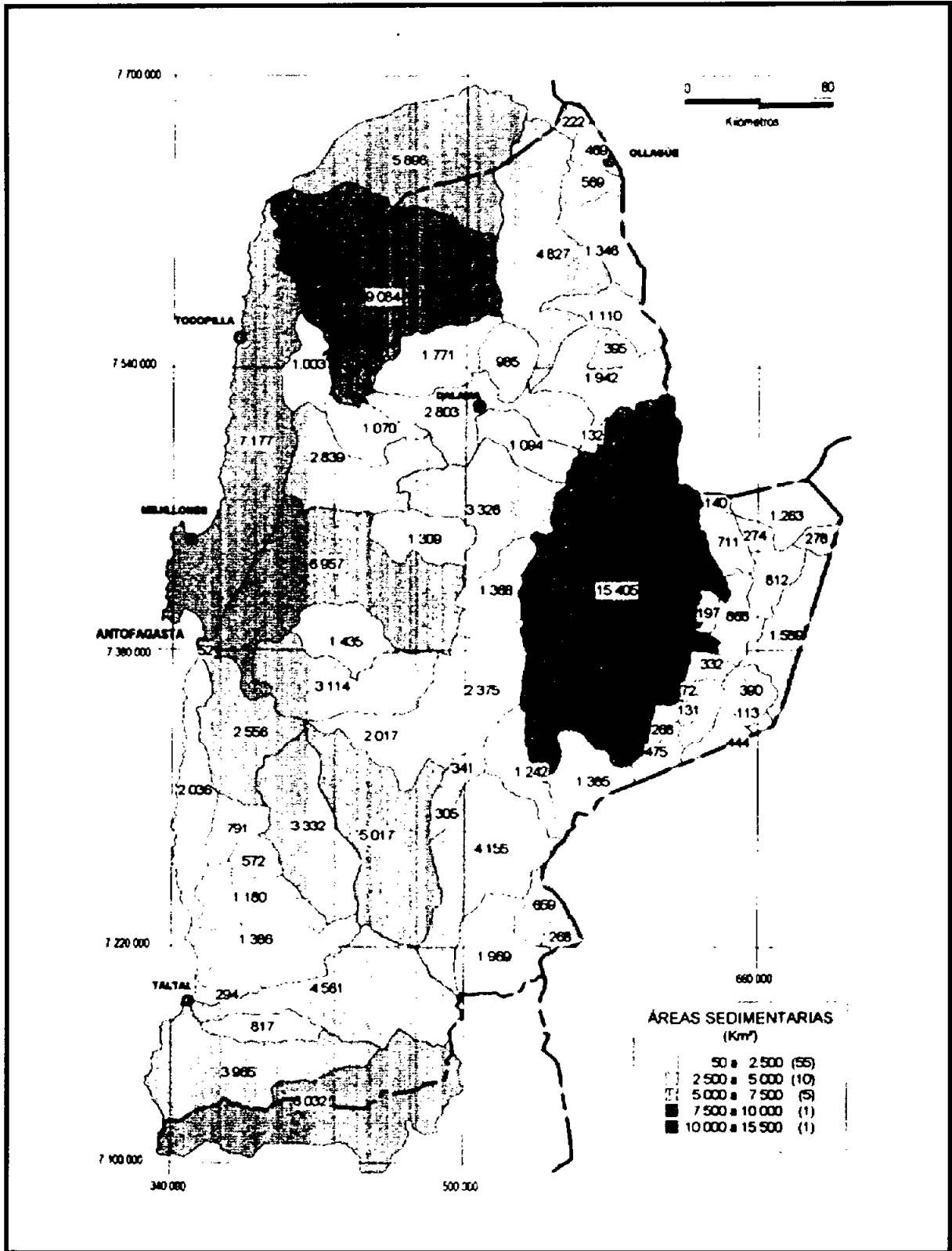


FIGURA N° 3

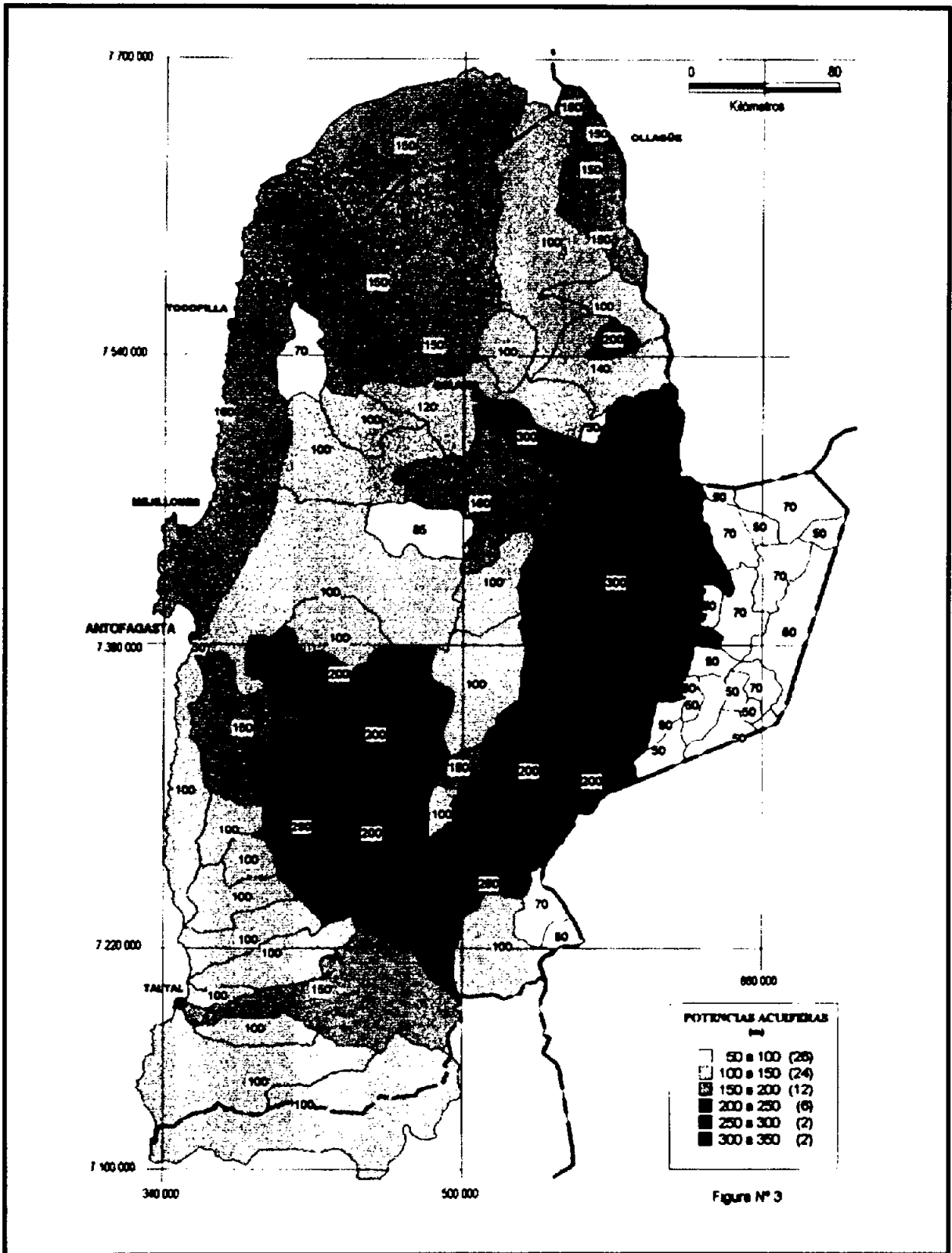


Figura N° 3

Volumen Acuíferos = Potencia Acuífera x Extensión Acuífera.

Las cuencas más importantes de la Región presentan volúmenes acuíferos mayores que 100.000 Mm³. Por ejemplo, la cuenca río San Salvador en desembocadura, la quebrada Seca -Quebrada Guatacondo, el salar de Atacama, el salar de Punta Negra, la cuenca Sierra Gorda- Quebrada Los Arrieros, el salar del Carmen, el salar de Navidad, la quebrada del Profeta y el salar de Aguas Blancas. La mayoría de las cuencas restantes presentan volúmenes inferiores a 50.000 Mm³.

Coefficiente de almacenamiento. Este parámetro hidráulico es fundamental para el cálculo del volumen de agua embalsada en los acuíferos, dado que el volumen total embalsado será directamente proporcional a su valor. En acuíferos sedimentarios, este coeficiente tiene valores que se encuentran, generalmente, en un rango entre 2×10^{-1} (20%) y 1×10^{-2} (1%). En el presente estudio, debido a la escasa información disponible, este parámetro ha sido estimado dentro de rangos aceptables, basándose en valores obtenidos de investigaciones realizadas por el autor y en la literatura especializada. Se ha supuesto un coeficiente de almacenamiento de 0,10 para todas las cuencas evaluadas. Sin embargo, es necesario destacar que la variación de este parámetro puede hacer variar sustancialmente los resultados finales obtenidos, incrementándolos o disminuyéndolos. En el Cuadro N° 1 se han incorporado los cálculos para otros coeficientes de almacenamiento: mayores y menores, 0,15 y 0,05, de manera de poder evaluar la sensibilidad de la disponibilidad del recurso se agua subterránea embalsado, con respecto a este parámetro.

La determinación efectiva del coeficiente de almacenamiento es una labor relativamente sencilla, aunque de alto costo, por cuanto se realiza a través de pruebas de bombeo donde se cuenta con valores de depresión en algún pozo de observación cercano. Por ello, normalmente, este valor no se ha calculado en la Región, salvo en algunos pocos estudios de la DGA, cuya información es de carácter público, como en estudios realizados por algunas empresas mineras y que tienen carácter confidencial.

Nivel estático. La posición del nivel estático se obtiene directamente a través de las mediciones de la profundidad a la cual se encuentra el agua subterránea en pozos y sondajes. Los niveles estáticos que han podido ser obtenidos a partir de investigaciones del autor y estudios existentes, se encuentran en un rango entre 15 y

80 m de profundidad. En las áreas donde se carece de información, se ha inferido el nivel estático estableciendo correlaciones, es decir, homologando características geomorfológicas, topográficas, geológicas e hidrogeológicas comunes de cuencas vecinas y asignando un valor coherente. Cabe hacer notar que se ha utilizado un nivel estático medio para cada una de las cuencas, dado que este es fuertemente variable según el punto topográfico donde se ha medido. Tal es el caso de cuencas con topografía abrupta y escarpada. En la mayoría de los casos se ha estimado una profundidad del nivel estático en torno a los 20 m, valor razonable dentro del análisis de los datos con respaldo hidrogeológico. Se presenta la Figura 4, que muestra rangos para los niveles estáticos obtenidos.

Espesor saturado. Este parámetro corresponde al espesor vertical promedio, potencialmente saturado, dado por:

Espesor Saturado = Potencia Acuífera - Nivel Estático.

Esta ecuación ha sido utilizada para calcular el espesor acuífero en todas las cuencas sedimentarias definidas. En la mayoría de los casos en que se realizó la comparación entre el valor real y el estimado, la estimación numérica es muy cercana al dato empírico, avalando, aún más, las estimaciones precedentes.

Volumen acuífero saturado. El volumen acuífero saturado representa el volumen total del acuífero; incluye el volumen de sedimentos y el volumen de agua subterránea contenida en él. Se expresa mediante la siguiente fórmula:

Volumen Acuífero Saturado = Espesor Saturado x Extensión Acuífera.

Alrededor del 16% de las cuencas poseen un volumen acuífero saturado mayor que 100.000 Mm³. El 36% posee un volumen entre los 100.000 y 10.000 Mm³, y el 48% posee un volumen menor que 10.000 Mm³.

Volumen embalsado. El volumen de agua subterránea embalsado en el acuífero se calcula como el producto del volumen acuífero saturado por el coeficiente de almacenamiento. Este valor representa la cantidad de agua existente en los acuíferos.

Volumen Embalsado = Volumen Acuífero x Coeficiente Almacenamiento

Para los efectos de entregar un orden de magnitud, en este análisis se ha utilizado un coeficiente de almacenamiento de 0,10 (10%) que representa el valor medio entre 1×10^{-2} y 2×10^{-1} , límites generales de este parámetro en

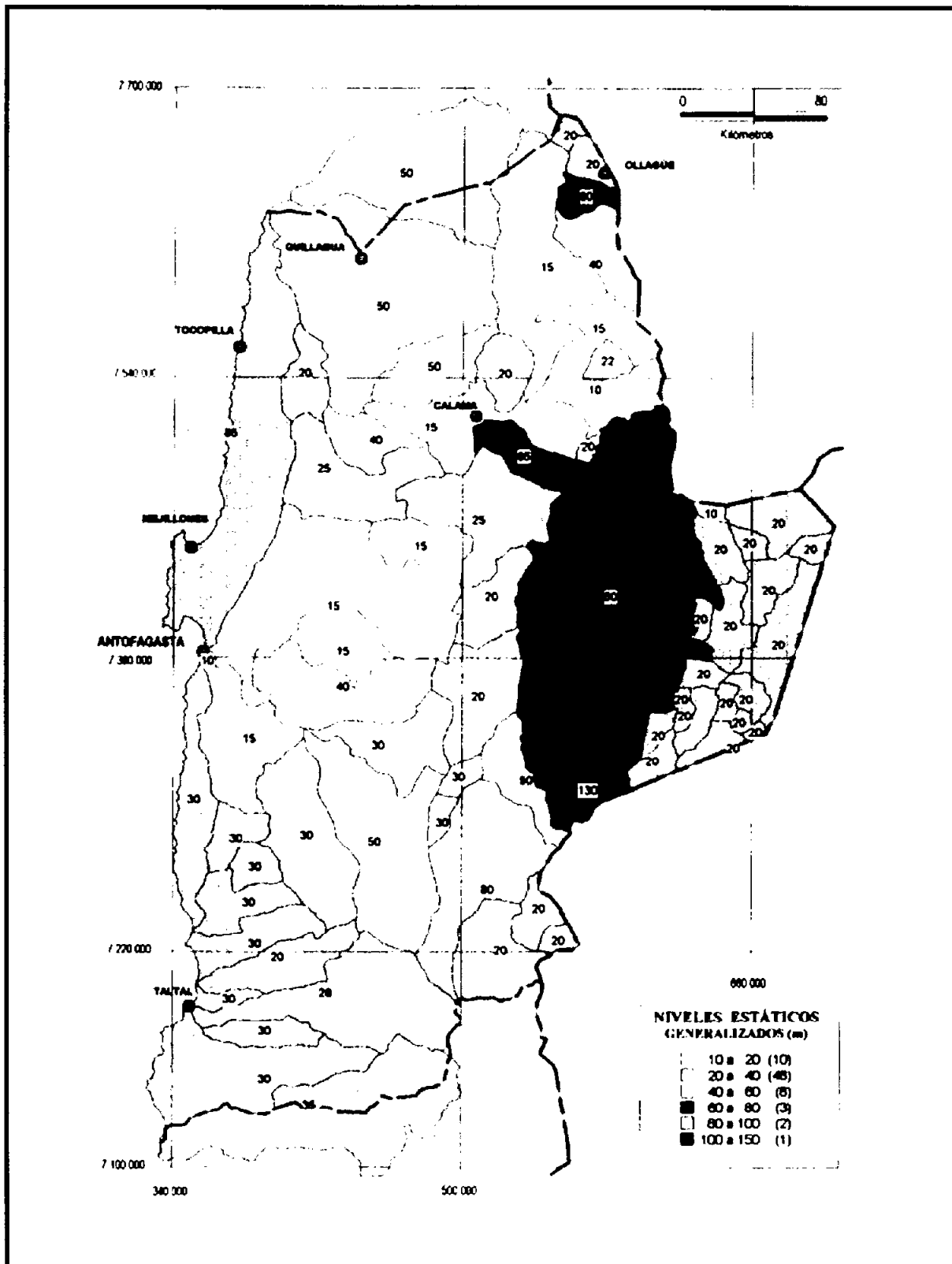
CUADOR Nº 1

Nº	CÓDIGO	NOMBRE CUENCA/SUBCUENCA	SUPERFICIE (Km2)	AREA DE SEJMENTOS (km2)	FACTOR DE CORRECCIÓN	EXTENSIÓN ACUIFERA (Km2)	POTENCIA ACUIFERA (m)	VOLUMEN ACUIFERO (Mm3)	NIVEL ESTÁTICO (m)	ESPESOR SATURADO (m)	VOLUMEN ACUIF. SAT. (Mm3)	VOLUMEN EMBALSADO PARA DIFERENTES COEFICIENTES DE ALMACENAMIENTO (Mm3)			CAUDAL EXPLOTABLE (l/S 25 AÑOS)		
												S=0,10	S=0,05	S=0,15	S=0,10	S=0,05	S=0,15
1	02001	Salar de Alconcha	221,9	33	0,90	29,7	150	4.455	20	130	3.861	386	193	579	490	245	734
2	02002	Salar de Ollague	469,1	138	0,90	124,2	150	18.630	20	130	16.146	1.615	807	2.422	2.047	1.024	3.071
3	02010	Salar de Carcote	568,9	167	0,90	150,3	150	22.545	60	90	13.527	1.353	676	2.029	1.715	858	2.573
4	02020	Salar de Ascotán	1.346,	1 581	0,90	522,9	150	78.435	40	110	57.519	5.752	2.876	8.628	7.293	3.647	10.940
5	02106	Río Loa Alto - Río Salado	4.826,7	1.205	0,45	542,3	100	54.225	15	85	46.091	4.609	2.305	6.914	5.844	2.922	8.767
6	02103	Río San Pedro	1.109,6	495	0,65	321,8	100	32.175	15	85	27.349	2.735	1.367	4.102	3.468	1.734	5.202
7	02108	Río Salado	1.941,5	325	0,50	162,5	140	22.750	10	130	21.125	2.113	1.056	3.169	2.679	1.339	4.018
8	02119	Río Salado	2.802,6	974	0,50	487,0	120	58.440	15	105	51.135	2.557	5.114	7.670	6.484	3.242	9.726
9	02128	R. S. Salv. - Desemboc.	9.084,0	5.250	0,50	2.625,0	150	393.750	50	100	262.500	26.250	13.125	39.375	33.285	16.643	49.928
10	02107	Salar de Turi	395,0	178	0,50	89,0	200	17.800	22	178	15.842	1.584	792	2.376	2.900	1.004	3.013
11	02111	Salar de Talabre	984,7	326	0,70	228,2	100	22.820	20	80	18.256	1.826	913	2.738	2.315	1.157	3.472
12	02117	Cerro Chuilo	131,9	29	0,50	14,5	50	725	20	30	435	44	22	65	55	28	83
13	02118	Pampa Montezuma	1.094,2	531	0,60	318,6	300	95.580	65	235	74.871	7.487	3.744	11.231	9.494	4.747	14.240
14	02120	Quebrada ChugChug	1.771,2	740	0,50	370,0	150	55.500	50	100	37.000	3.700	1.850	5.550	4.692	2.346	7.037
15	02127	Q. Seca - Q. Guatacondo	5.896,2	3.525	0,50	1.762,5	150	264.375	50	100	176.250	17.625	8.813	26.438	22.349	11.174	33.523
16	02141	Sierra de la Cruz	1.002,6	600	0,40	240,0	70	16.800	20	50	12.000	1.200	600	1.800	1.522	761	2.282
17	02142	Salar de Miraje	1.070,4	775	0,40	310,0	100	31.000	40	60	18.600	1.860	930	2.790	2.358	1.179	3.538
18	022200	Cost. R. Loa y Q. Caracoles	7.177,0	2.550	0,20	510,0	160	81.600	85	75	38.250	3.825	1.913	5.738	4.850	2.425	7.275
19	02300	Cajón	139,7	10	0,50	5,0	50	250	10	40	200	20	10	30	25	13	38
20	02312	Salar de Tara	1.262,9	287	0,60	172,2	70	12.054	20	50	8.610	861	431	1.292	1.092	546	1.638
21	02313	Laguna Helada	278,2	22	0,80	17,6	50	880	20	30	528	53	26	79	67	33	100
22	02350	Pampa Lari	1.589,0	55	0,30	16,5	50	825	20	30	495	50	25	74	63	31	94
23	02371	Rincón Oeste	87,9	25	0,50	12,5	50	625	20	30	375	38	19	56	48	24	71
24	02372	Afluentes al Salar de Incahuasi	444,2	60	0,50	30,0	50	1.500	20	30	900	90	45	135	114	57	171
25	02380	Afluentes al Salar de Pular	474,8	70	0,50	35,0	50	1.750	20	30	1.050	105	53	158	133	67	200
26	02400	Salar de Pujsa	711,3	112	0,70	78,4	70	5.488	20	50	3.920	392	196	588	497	249	746
27	02411	Quebrada Peña Negra	273,8	63	0,70	44,1	50	2.205	20	30	1.323	132	66	198	168	84	252
28	02412	Salar de Quisquiro	811,9	325	0,60	195,0	70	13.650	20	50	9.750	935	488	1.463	1.236	618	1.854
29	02420	Salar de Aguas Calientes	868,0	237	0,80	189,6	70	13.272	20	50	9.480	948	474	1.422	1.202	601	1.803
30	02430	Laguna Lejía	196,7	55	0,90	49,5	50	2.475	20	30	1.485	149	74	223	188	94	282
31	02440	Lagunas Miscanti y Meñiques	332,4	35	0,80	28,0	50	1.400	20	30	840	84	42	126	107	53	160
32	02450	Laguna Tuyajo	222,4	50	0,80	40,0	50	2.000	20	30	1.200	120	60	180	152	76	228
33	02461	Salar El Laco	390,2	800	0,70	56,0	70	3.920	20	50	2.800	280	140	420	355	178	533
34	02462	Cerros de Coranzoques	133,2	37	0,50	18,5	50	925	20	30	555	56	28	83	70	35	106
35	02481	Pampa Varela	72,3	25	0,50	12,5	50	625	20	30	375	38	19	56	48	24	71
36	02482	Salar de Capur	130,7	30	0,80	24,0	50	1200	20	30	720	72	36	108	91	46	137

Continuación (cuadro N° 1)

N°	CÓDIGO	NOMBRE CUENCA/SUBCUENCA	SUPERFICIE (Km2)	AREA DE SEDIMENTOS (km2)	FACTOR DE CORRECCIÓN	EXTENSIÓN ACUIFERA (Km2)	POTENCIA ACUIFERA (m)	VOLUMEN ACUIFERO (Mm3)	NIVEL ESTÁTICO (m)	ESPESOR SATURADO (m)	VOLUMEN ACUIF. SAT. (Mm3)	VOLUMEN EMBALSADO PARA DIFERENTES COEFICIENTES DE ALMACENAMIENTO (Mm3)			CAUDAL EXPLOTABLE (l/s 25 AÑOS)		
												S=0,10	S=0,05	S=0,15	S=0,10	S=0,05	S=0,15
37	02483	Salar de Talar	477,7	88	0,70	61,6	70	4.312	20	50	3.080	308	154	462	391	195	186
38	02490	Laguna del Cabo	268,2	60	0,50	30,0	50	1.500	20	30	900	90	45	135	114	57	171
39	02500	Salar Atacama	15.405,2	5.221	0,50	2.610,5	300	783.150	60	240	626.520	62.652	31.326	93.978	79.443	39.721	119.164
40	02600	Salar Elvira	1.367,6	925	0,30	277,5	100	27.750	20	80	22.200	2.220	1.110	3.330	2.815	1.407	4.222
41	02621	Salar Los Morros	2.374,7	1.087	0,40	434,8	100	43.480	20	80	34.784	3.478	1.739	5.218	4.411	2.205	6.616
42	02641	Pampa Varillas	341,2	188	0,50	94,0	150	14.100	30	120	11.280	1128	564	1.692	1.430	715	2.145
43	02642	Cerro Chunchilla	305,0	145	0,50	72,5	100	7.250	30	70	5.075	508	254	761	644	322	965
44	02651	Salar de Imilac	1.242,5	470	0,50	235,0	200	47.000	50	150	35.250	3.525	1.763	5.288	4.470	2.235	6.705
45	02652	Salar de Punta Negra	4.154,7	1.450	0,50	725,0	250	181.250	80	170	123.250	12.325	6.163	18.488	15.628	7.814	23.442
46	02660	Pampa Socompa	1.385,4	90	0,50	45,0	200	9.000	130	70	3.150	315	158	473	399	200	599
47	02610	Salar de Aguas Calientes	658,9	70	0,70	49,0	70	3.430	20	50	2.450	245	123	68	311	155	466
48	02680	Laguna de la Azufrera	267,8	21	0,70	14,7	50	735	20	30	441	44	22	66	56	28	84
49	02690	Salar de Pajonales	1.969,4	202	0,70	141,4	100	14.140	20	80	11.312	1.131	566	1.697	1.434	717	2.152
50	02701	Sierra Gorda - Q. Los Arrieros	3.325,8	1.771	0,50	885,5	160	141.680	25	135	119.543	11.954	5.977	17.931	15.158	7.579	22.737
51	02702	Salar de Pampa Blanca	1.308,8	775	0,30	232,5	85	19.763	15	70	16.275	1.628	814	2.441	2.064	1.032	3.096
52	02711	Llano de la Paciencia	2.839,0	2.120	0,30	636,0	100	63.600	25	75	47.700	4.770	2.385	7.155	6.048	3.024	9.073
53	02712	Salar del Carmen	6.957,2	3.675	0,40	1.470,0	100	147.000	15	85	124.950	12.495	6.248	18.743	15.844	7.922	23.765
54	02730	Quebrada Honda	1.435,5	775	0,50	387,5	100	38.750	15	85	32.938	3.294	1.647	4.941	4.176	2.088	6.265
55	02751	Quebrada Chimborazo	2.017,5	676	0,80	540,8	200	108.160	30	170	91.936	9.194	4.597	13.790	11.657	5.829	17.486
56	02770	Salar de Navidad	3.113,9	1.785	0,70	1.249,5	200	249.900	40	160	199.920	19.299	9.996	29.988	25.350	12.675	38.025
57	02801	Quebrada del Profeta	5.017,4	2.225	0,40	890,0	200	178.000	50	150	133.500	13.350	6.675	20.025	16.928	8.464	25.392
58	02811	Salar de Aguas Blancas	3.331,9	1.475	0,40	590,0	250	147.500	30	220	129.800	12.980	6.490	19.470	16.459	8.229	24.688
59	02821	Pandero Carrizo	52,3	5	1,00	5,0	50	250	10	40	200	20	10	30	25	13	38
60	02822	Q. del Mateo y Q. Grande	2.555,7	363	0,30	108,9	150	16.335	15	135	14.702	1.470	735	2.205	1.864	932	2.796
61	02901	Cost. Q. La Negra y Q. Paposo	2.035,7	155	0,30	46,5	100	4.650	30	70	3.255	326	163	488	413	206	19
62	02911	Pampa Remiendos	790,6	165	0,30	49,5	100	4.950	30	70	3.465	347	173	520	439	220	659
63	02921	Sierra del Muerto	571,8	220	0,50	110,0	100	11.000	30	70	7.700	770	385	1.155	976	488	1.465
64	02922	Quebrada Paposo	1.179,6	280	0,40	112,0	100	11.200	30	70	7.840	784	392	1.176	994	497	1.491
65	02931	Q. Matancilla y Bandurrias	1.386,4	63	0,30	108,9	100	10.890	30	70	7.623	762	381	1.143	967	483	1.450
66	02932	Quebrada Agua de Cascabeles	1.677,6	438	0,60	262,8	100	26.280	20	80	21.024	2.102	1.051	3.154	2.666	1.333	3.999
67	02933	Quebrada San Ramón	294,2	32	0,60	19,2	100	1.920	30	70	1.344	134	67	202	170	85	256
68	02944	Quebrada Taltal - Agua Verde	4.560,9	1.163	0,50	581,5	150	87.225	28	122	70.094	7.094	3.547	10.641	8.996	4.498	13.493
69	02945	Quebrada de la Peineta	817,1	250	0,40	100,0	10.000	30	70	7.000	700	700	350	1.050	888	444	1.331
70	02970	Cost. Taltal y Q. Pan de Azúcar	3.964,7	775	0,30	232,5	100	23.250	30	70	16.275	1.628	814	2.441	2.064	1.032	3.096
71	03106	Quebrada Carrizalillo	6.031,8	425	0,50	212,5	100	21.250	35	65	13.813	1.381	691	2.072	1.751	876	2.627
TOTALES			135.776,9	49.928		23.455		3.797.299			2.886.799	288.680	144.340	433.020	366.046	183.023	549.069

FIGURA N° 4



acuíferos sedimentarios según la literatura especializada.

Una vez calculado el volumen embalsado, este puede expresarse como un caudal continuo en un horizonte de tiempo específico, el cual asume la condición de utilización del recurso embalsado, independientemente de la recarga que este posee. En el Cuadro N° 1 se incluyó el cálculo del caudal que cada cuenca pudiese ofrecer a partir de sus acuíferos en un horizonte de 25 años, cifra que corresponde aproximadamente a la vida útil de los proyectos mineros actuales.

El valor se presenta como referencia únicamente y no pretende suponer que el volumen embalsado será efectivamente utilizado de modo de agotar el recurso en este lapso de 25 años.

La Figura 5 muestra los volúmenes embalsados para cada una de las cuencas de la II Región calculados según la expresión antes señalada, con un coeficiente de almacenamiento de 0,01, expresados en millones de metros cúbicos.

La Figura 6 muestra los caudales en cada cuenca, para un horizonte de explotación de 25 años, basado en los valores de volúmenes embalsados que se ha calculado.

Como conclusiones de gran importancia de este análisis sobre la existencia de agua subterránea embalsada en los acuíferos de la II Región de Chile, puede establecerse que:

1.- Existen volúmenes de montos muy importantes en las 71 cuencas de la II Región.

2.- Estos volúmenes pueden ser explotados en términos de un uso integral del agua en la Región, considerando el balance hídrico en el mediano y largo plazo.

3.- La magnitud de los recursos de agua subterránea, obtenidos a través de la metodología explicada, es suficientemente importante como para que los usuarios interesados en el recurso para las consecuciones de sus actividades, y la autoridad, concluyan mediante estudios y análisis de alto nivel, sobre la necesidad evidente del uso integral del agua subterránea.

4.- Asimismo, resulta evidente la necesidad de profundizar en el conocimiento de estos recursos a través de las investigaciones que se realizan en la Región, especialmente por parte de las Compañías Mineras que allí se encuentran establecidas.

FIGURA Nº 5

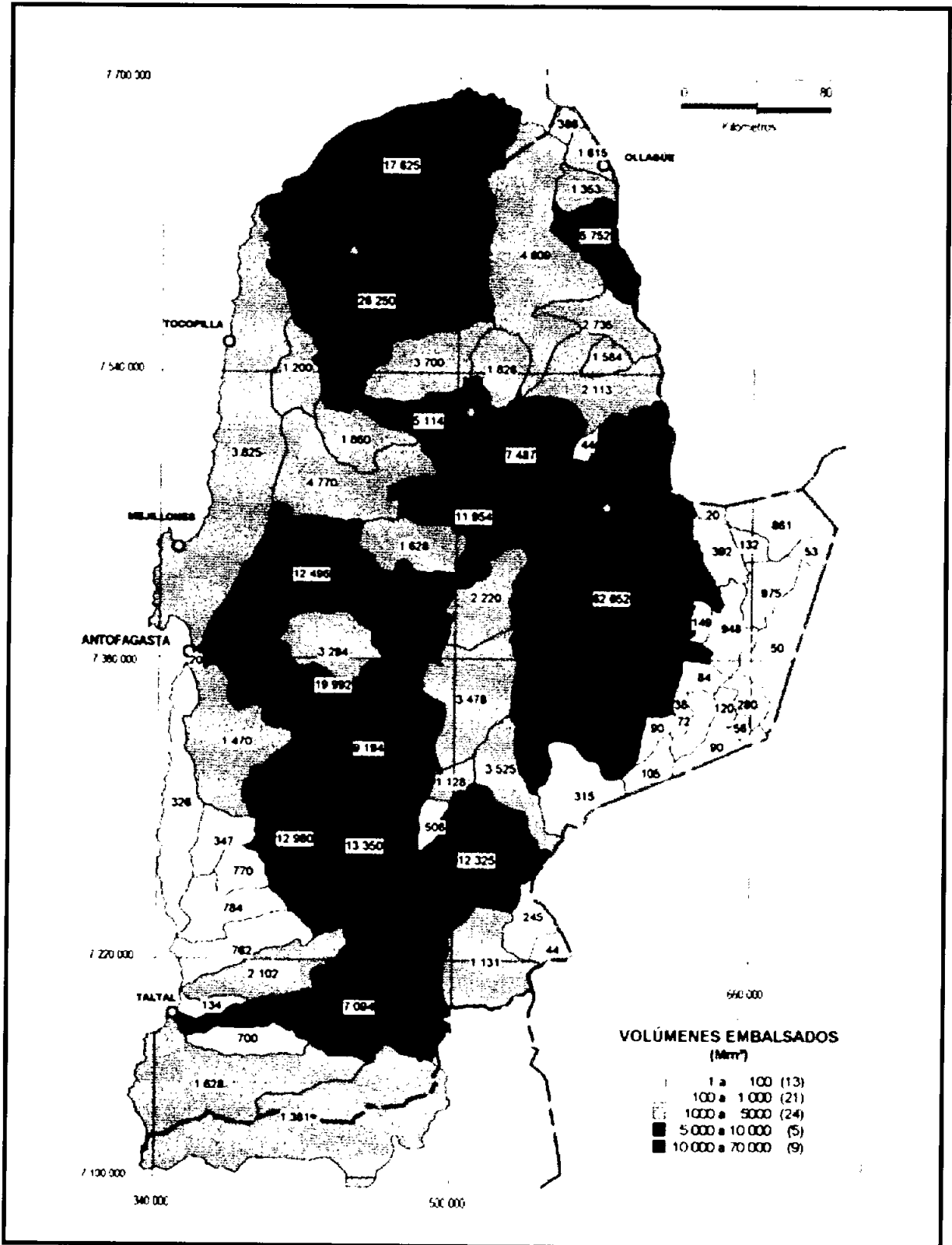


FIGURA N° 6

