

# **DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SIG (EN PLATAFORMA gvSIG) PARA LA CARACTERIZACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS (ARGENTINA)**

## **RESUMEN**

Este informe presenta los objetivos de implementación de un Sistema de Información Geográfica, para caracterizar las aguas subterráneas de la provincia de San Luis (Argentina), utilizando y actualizando información de un proyecto precedente, disponiéndola en una plataforma gvSIG, procurando que a través de la red WiFi provincial llegue a la mayor cantidad de usuarios posible, incluyendo la transferencia de conocimientos al sistema educativo provincial.

Se describen los antecedentes y situación actual en cuanto al conocimiento y legislación de aguas subterráneas en la provincia, resumiendo además, las metodologías y técnicas empleadas. Asimismo, se ilustran con ejemplos de captura de pantalla, variables alfanuméricas y graficas del sistema.

## **PALABRAS CLAVES**

Sistemas de Información Geográfica, Aguas subterráneas, gvSIG,

## **Agradecimientos**

- A la Dra Karen Ivkovic (BRS, Australia) y colaboradores, por su transferencia de conocimientos y datos fuentes, y especialmente por su cálida recepción en mi estadía en el Bureau of Rural Sciences (Australia), lo que me permite aun seguir potenciando la utilización de las tecnologías SIG y la temática del agua subterránea.
- Al Instituto de Formación Docente Continua San Luis, del Ministerio de Educación de la Provincia de San Luis, que me permite aplicarme a estos temas con la visión de transferir conocimientos al sistema educativo provincial, al estar consustanciado con la utilización de Tecnología SIG en la enseñanza de la geografía.

## **Datos del autor**

Juan Carlos Trani

Instituto de Formación Docente Continua San Luis, Ministerio de Educación de la Provincia de San Luis.

Av. Lafinur 997 - (5700) San Luis

Tel./Fax (54)(2652)444189/439591

Email: [jctrani@yahoo.com](mailto:jctrani@yahoo.com) ; Skype: jctrani

## 1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo es la implementación de un Sistema de Información Geográfica en plataforma gvSIG, a efectos de caracterizar la ocurrencia y comportamiento del agua subterránea en la Provincia de San Luis (Argentina). Promover el uso de los recursos de agua subterránea bajo esquemas sustentables, mediante el conocimiento detallado de su profundidad, cantidad, calidad y caudales, capacidad de la tierra y los recursos suelo.

Utilizar y potenciar la información generada en un proyecto precedente de cooperación técnica argentino-australiano, llevado a cabo por el Gobierno de la Provincia de San Luis (Argentina) y el Australian Bureau of Sciences (Australia), “Evaluación de posibilidades físicas y económicas de riego con aguas subterráneas, en la Provincia de San Luis”, disponiéndola en un medio tecnológicamente adecuado para ser usado por los organismos técnicos y usuarios en general, principalmente agricultores. Asimismo, rever, actualizar y ampliar los datos mediante tecnología SIG, posibilitado por las herramientas para realizar análisis geoestadístico y espacial de dichos datos, para generar nuevos modelos y aplicaciones. Por lo cual se pretende ampliar la visión, hacia la caracterización de las aguas subterráneas para su uso y control sustentable para fines diversos, y compatibilizarla con otras fuentes de provisión de agua (particularmente acueductos y diques).

La utilización de una plataforma basada en software libre (gvSIG), facilitara el acceso a la información a mayor cantidad de usuarios, posibilitando de esta manera la difusión y actualización de la información del recurso aguas subterráneas.

Mediante la disponibilidad de la plataforma del Departamento informático del IFDSL, y el alcance provincial de la Red WiFi de la Autopista de la información provincial, procurar potenciar la disponibilidad y difusión de la información.

Enmarcar el proyecto dentro de las políticas del Instituto de Formación Docente San Luis, en la utilización de las nuevas Tecnologías de Información Geográfica (TIG), para aplicarlas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los contenidos curriculares de Geografía, en el Sistema Educativo de la Provincia de San Luis.

## 2. ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

El proyecto descrito en Ivkovic, K.I et al, 2002, estuvo dirigido principalmente a establecer modelos económicamente sustentables de utilización del agua subterránea para riego, cuyos conclusiones en cuanto a dicha modelización quedo desactualizada por el desajuste en las variables económicas que desemboco en la crisis financiera de Argentina en ese periodo (año 2002). Magnificaron dicha desactualización, que las principales variables aplicadas en los sistemas expertos (Ales, ASSESS, entre otros), utilizaban componentes económicas en sus formulaciones, por lo que como señala en dicho informe Ivkovic, op.cit., se hace necesario su revisión y actualización.

La desactualización, en la plataforma informática utilizada en su momento (Arview 3.2), y la escasa explotación en cuanto a los análisis geoestadístico y espaciales que deberían haber tenido la diversidad de datos y formatos utilizados como datos fuente, justifican una nueva mirada en el tratamiento de los datos.

Desde el año 2002 a la fecha, la provincia de San Luis ha experimentado profundos cambios en su infraestructura hídrica (construcción de diques, acueductos), urbanizaciones, y una creciente demanda y utilización de aguas subterráneas para uso agropecuario.

A partir de la vigencia de la Ley N° VI-01559-200(Código de Aguas) en el 2009, se hace necesario un conocimiento adecuado respecto a las aguas subterráneas, para que

se cumplan las misiones y funciones de dicho código.

### 3. METODOLOGÍA Y TECNOLOGÍAS EMPLEADAS

Para llevar a cabo este proyecto, se utiliza la información generada a partir del relevamiento de pozos en todo el ámbito provincial, cumplimentándola con información territorial de los recursos naturales.

Los pasos seguidos en el diseño e implementación SIG es el siguiente:

- Migración y compatibilización de bases de datos graficas y alfanuméricas
  - Por la diversidad de fuentes y formatos de los datos precedentes, se debió realizar un análisis geoestadístico preliminar de dichos datos, fortaleciendo la consistencia de los mismos y procediendo a su depuración.
- Definición de las variables graficas y alfanuméricas a utilizar en el presente proyecto
  - Las variables graficas definidas, se ajustaron a un mismo Sistema de Proyección y Datum Geodésico (Transversal Mercator, conforme Gauss-Krugër, WGS84).
  - Se definieron las variables alfanuméricas y sus relaciones para vinculación con las variables graficas.
- Confección banco de datos de imágenes satelitales y mosaico a nivel provincial.
  - Para este trabajo se utilizo el software Erdas imagines 8.3
- En estas etapas de trabajo se utilizaron diversos software ( Arcgis 9.3, Erdas imagines 8.4, Autocad 3D, GPS Pathfinder Office 2.9, ALES, Office Access, entre otros , llevando finalmente las coberturas a ficheros Shape de Esri.
  - En las tareas de análisis geoestadístico de datos se utilizo el modulo Geoestadistical Analyst de Arcgis 9.3.
- En las tareas de georeferenciación se utilizo un equipo GPS doble frecuencia Trimble.
- Incorporación de otras variables graficas y alfanuméricas, que actualizan las bases precedentes, y le darán un carácter multifinalitario a su utilización.

Por razones de extensión de este informe, solo serán mencionadas las variables graficas (Tabla1) definidas (omitiendo descripciones tales como atributos, escala de visualización, extensión, valores por defectos, etc.), las cuales no son definitivas, porque se está en proceso de incorporación de otras.

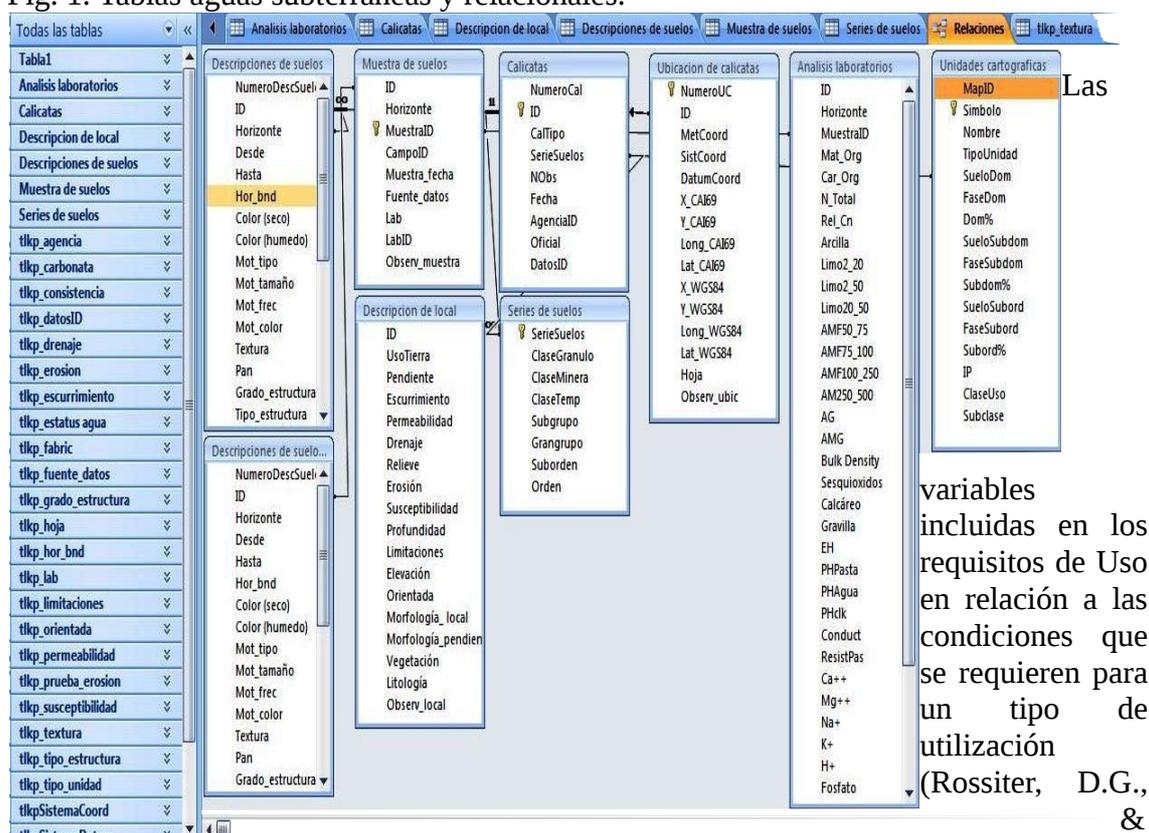
TABLA 1 : VARIABLES GRAFICAS			
	VARIABLE		VARIABLE (cont.)
1	Hidrología subterránea	16	Estaciones meteorológicas
2	Hidrología superficial	17	Usos de suelo
3	Pozos de agua	18	Catastro rural
4	Geología superficial	19	Unidades censales agropecuarias
5	Geomorfología	20	Unidades productivas
6	topografía	21	Red de apoyo trigonométrico
7	Población	22	Red POSGAR 94
8	Unidades administrativas	23	Red de acueductos
9	Áreas prioritarias de estudio	24	Diques y embalses
10	Áreas bajo riego	25	Perforaciones exploratorias
11	Calicatas	26	Perforaciones de ensayos

12	suelos	27	Lagunas
13	Infraestructura vial	28	capacidad de uso suelo
14	Imágenes satelitales	29	Sondeos eléctricos vert. (SEV)
15	Diques y embalses	30	Unidades censales pob. y viviendas

En cuanto a las variables alfanuméricas definidas y sus relaciones, no serán explicitadas en su totalidad por su extensión y limitación de espacio de esta comunicación.

A modo de ejemplo se ilustra en fig.1, las tablas sobre aguas subterráneas y sus interrelaciones con otras variables.

Fig. 1. Tablas aguas subterráneas y relacionales.



Van Wambeke, 1995), serán ampliadas para otros tipos de usos (además de las opciones de cultivos, el ganadero, humano, industrial, etc.). De esta manera, las áreas excluidas para ser utilizadas para riego de cultivos, pueden tener otras utilidades. En aquellas variables que consideran aspectos económicos, como costo de producción de aguas subterráneas, serán revisadas y actualizadas a valores actuales.

En cuanto a las variables usadas para la cuantificación y sustentabilidad de los recursos hídricos subterráneos, deberán profundizarse los estudios para generar modelos más realistas; el concepto de caudal sustentable del agua subterránea es un tema complejo debido a que los caudales varían con el tiempo, originadas por los cambios climáticos y sus efectos en el proceso de recarga de los acuíferos, como también aquellas obras hídricas en ríos que recargan los sistemas subterráneos.

En cuanto a la plataforma tecnológica a implementar y sustento de la información generada, luego de un análisis de necesidades, se optó por la conveniencia de usar software libre como el gvSIG. Siguiendo la tendencia actual, se escoge la tecnología basada en servidores con capacidades de centralizar aplicaciones servidoras para despachar capacidades SIG a un determinado número de usuarios sobre redes. La idea es que los usuarios SIG se conectan a un servidor Central usando tanto el gvSIG

desktop como un navegador Web, dispositivos computacionales y aplicaciones digitales. Estarán incluidas capacidades de administración, visualización y análisis de datos, permitiendo a los analistas crear mapas y tareas de geoprocésamiento en su desktop y publicarlos usando herramientas integradas. En lo posible, desde servidor centralizado, apoyar aplicaciones de interface programadas (APIs) abiertas y estándares que permitan virtualmente a cualquier otro cliente (ejemplo, CAD, SIG, procesamiento de Imágenes y aplicaciones basadas en SQL) interactuar y utilizar los servicios de mapeo, análisis espacial y administración de datos gvSIG. Estos servicios pueden ser solicitados e integrados por otros servicios Web usando protocolos compatibles con gvSIG..

#### 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos a la actualidad, es la incorporación en la plataforma gvSIG de las capas shape definidas en las variables alfanuméricas y graficas. El grado de avance de estas tareas se estima en un 60%.

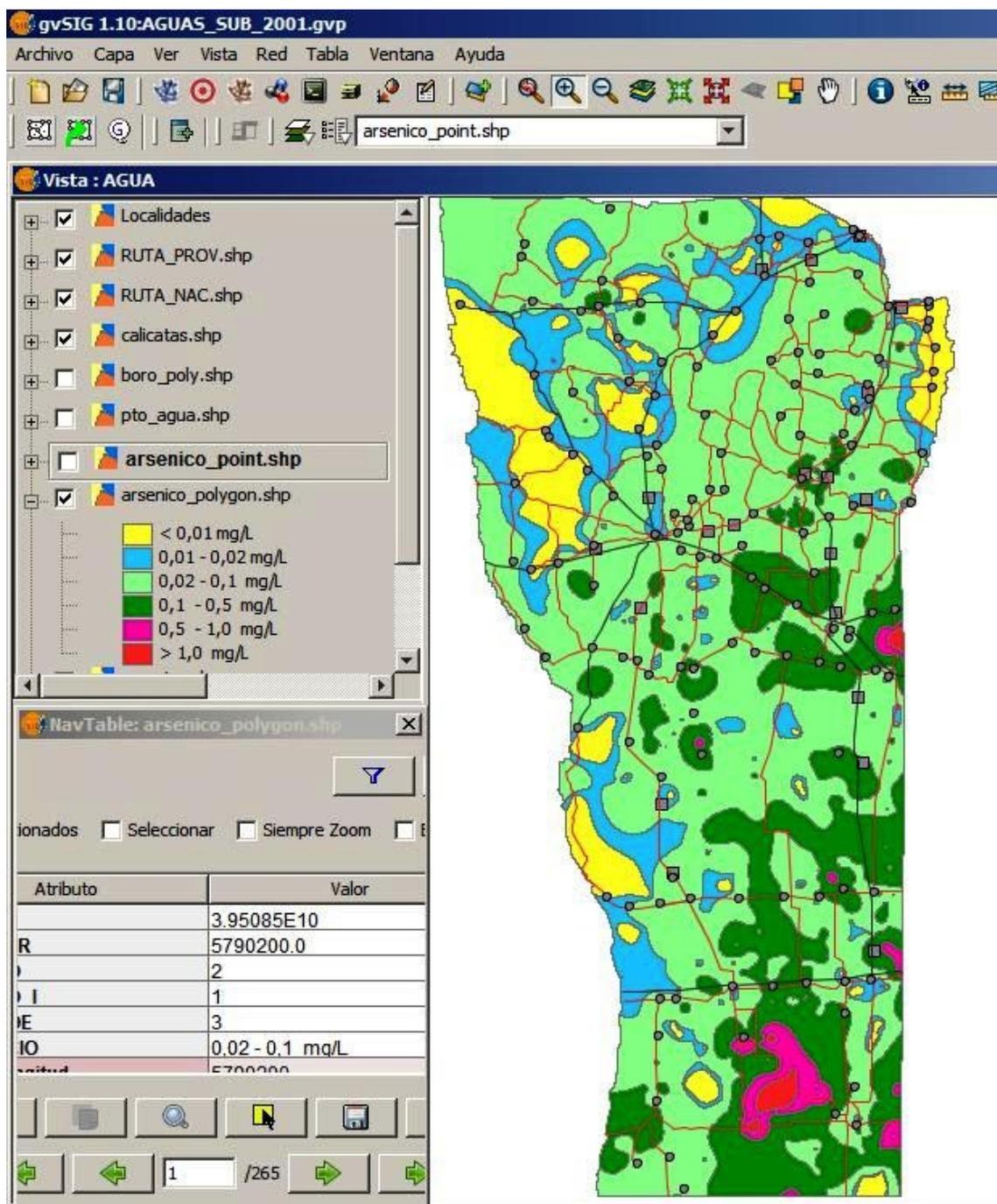
A modo de ilustración se muestran algunas capturas de pantalla, que representan las variables graficas y alfanuméricas detalladas precedentemente.

En la figura 2, se muestra la tabla aguas en una vista gvSIG.

NUMERORA	NUMEROPA	NUMEROSUCE	NUMEROMA	FECHAANA	SDC	CELABO	RESIDO	PHLABO	ALCALINIDA	DUREZATOT	DUREZANOCA	CALCIO	MAGNESIO	SODIO	RAS	SODIOPO
1369.0	1051.0	1114.0	2137.0	12/21/2000	2030.0	3000.0	0.0	8.6	765.0	56.0	0.0	9.6	7.8	720.0	41.83627	0.0
1370.0	1052.0	1115.0	2138.0	12/21/2000	974.0	1470.0	0.0	8.0	243.0	193.0	0.0	35.0	26.0	250.0	7.80172	0.0
1371.0	1053.0	1116.0	2139.0	12/21/2000	11600.0	17100.0	0.0	7.7	355.0	1530.0	1180.0	104.0	309.0	3850.0	42.80379	0.0
1372.0	1054.0	1117.0	2140.0	12/21/2000	949.0	1320.0	0.0	8.2	466.0	57.0	0.0	9.6	8.0	285.0	16.43994	0.0
1373.0	1055.0	1118.0	2141.0	12/21/2000	407.0	624.0	0.0	8.0	299.0	55.0	0.0	11.0	6.6	128.0	7.53529	0.0
1374.0	1056.0	1119.0	2142.0	12/21/2000	1140.0	1870.0	0.0	7.8	289.0	250.0	0.0	64.0	22.0	295.0	8.11276	0.0
1375.0	1057.0	1120.0	2143.0	12/21/2000	689.0	1100.0	0.0	8.1	356.0	140.0	0.0	27.0	17.0	195.0	7.23886	0.0
1376.0	1058.0	1121.0	2144.0	12/21/2000	460.0	725.0	0.0	8.4	316.0	13.0	0.0	2.6	1.7	163.0	15.31103	0.0
1377.0	1059.0	1122.0	2145.0	12/21/2000	2640.0	4680.0	0.0	7.8	216.0	578.0	362.0	113.0	72.0	750.0	13.56811	0.0
1378.0	1060.0	1123.0	2146.0	12/21/2000	7010.0	9540.0	0.0	7.6	155.0	2360.0	2200.0	415.0	321.0	1500.0	13.44238	0.0
1379.0	1061.0	1124.0	2147.0	12/21/2000	825.0	1290.0	0.0	8.1	374.0	73.0	0.0	14.0	8.9	260.0	13.3709	0.0
1380.0	1062.0	1125.0	2148.0	12/21/2000	1090.0	1690.0	0.0	8.4	695.0	26.0	0.0	4.5	3.6	400.0	34.09819	0.0
1381.0	1063.0	1126.0	2149.0	12/21/2000	2850.0	4360.0	0.0	8.1	563.0	260.0	0.0	36.0	41.0	925.0	25.02583	0.0
1382.0	1064.0	1127.0	2150.0	12/21/2000	948.0	1480.0	0.0	8.0	462.0	89.0	0.0	14.0	13.0	310.0	14.341	0.0
1383.0	1065.0	1128.0	2151.0	12/21/2000	5820.0	9280.0	0.0	7.4	209.0	1840.0	1640.0	336.0	244.0	1490.0	14.18868	0.0
1384.0	1066.0	1129.0	2152.0	12/21/2000	835.0	1300.0	0.0	8.3	492.0	99.0	0.0	18.0	13.0	265.0	11.62093	0.0
1385.0	1067.0	1130.0	2153.0	12/21/2000	1420.0	2150.0	0.0	8.2	622.0	104.0	0.0	18.0	14.0	470.0	20.19285	0.0
1386.0	1068.0	1131.0	2154.0	12/21/2000	889.0	1400.0	0.0	8.3	419.0	83.0	0.0	15.0	11.0	290.0	13.87315	0.0
1387.0	1069.0	1132.0	2155.0	12/21/2000	1660.0	2630.0	0.0	8.2	505.0	236.0	0.0	48.0	33.0	490.0	13.3339	0.0
1388.0	1070.0	1133.0	2156.0	12/21/2000	1900.0	2930.0	0.0	8.6	782.0	68.0	0.0	11.0	9.7	680.0	36.04219	0.0
1389.0	1071.0	1134.0	2157.0	12/21/2000	2050.0	2980.0	0.0	8.5	326.0	355.0	29.0	62.0	48.0	580.0	13.44408	0.0
1390.0	1072.0	1135.0	2158.0	12/21/2000	934.0	1410.0	0.0	8.4	330.0	143.0	0.0	29.0	17.0	270.0	9.84574	0.0
1391.0	1073.0	1136.0	2159.0	12/21/2000	3540.0	5000.0	0.0	8.5	1150.0	530.0	0.0	108.0	63.0	1100.0	20.81077	0.0
1392.0	1074.0	1137.0	2160.0	12/21/2000	3470.0	5100.0	0.0	8.6	1350.0	34.0	0.0	3.4	6.1	1280.0	96.08366	0.0
1393.0	1075.0	1138.0	2161.0	12/21/2000	480.0	719.0	0.0	8.6	364.0	14.0	0.0	1.4	2.5	175.0	20.50759	0.0
1394.0	1076.0	1139.0	2162.0	12/21/2000	10500.0	15900.0	0.0	8.2	351.0	942.0	591.0	115.0	159.0	3600.0	51.0466	0.0
1395.0	1077.0	1140.0	2163.0	12/21/2000	978.0	1490.0	0.0	8.5	447.0	86.0	0.0	16.0	11.0	315.0	9.84678	0.0
1396.0	1078.0	1141.0	2164.0	12/21/2000	796.0	1190.0	0.0	8.5	407.0	116.0	0.0	22.0	14.0	240.0	9.84323	0.0
1997.0	4238.0	1735.0	3226.0	7/1/1998	700.0	720.0	0.0	7.1	0.232	158.0	0.0	52.0	6.9	285.0	9.9	0.0
1998.0	4239.0	1736.0	3227.0	7/1/1998	850.0	1040.0	0.0	7.3	0.146	168.0	0.0	49.6	10.5	420.0	12.9	0.0
1999.0	4240.0	1737.0	3228.0	7/1/1998	2335.0	2900.0	0.0	7.2	0.146	410.0	0.0	130.60001	20.3	1010.0	30.8	0.0
2000.0	4241.0	1738.0	3229.0	7/1/1998	785.0	908.0	0.0	7.4	0.171	174.0	0.0	55.2	8.8	457.0	14.0	0.0
2001.0	4242.0	1739.0	3230.0	7/1/1998	990.0	1430.0	0.0	7.3	0.179	308.0	0.0	95.4	17.6	500.0	15.4	0.0
2002.0	4243.0	1740.0	3231.0	7/1/1998	820.0	960.0	0.0	7.2	0.212	144.0	0.0	48.0	6.8	300.0	10.74	0.0
2003.0	4244.0	1741.0	3232.0	7/1/1998	830.0	940.0	0.0	7.3	0.203	132.0	0.0	44.0	6.6	414.0	15.5	0.0
2004.0	4245.0	1742.0	3233.0	7/1/1998	650.0	850.0	0.0	7.7	0.146	114.0	0.0	35.2	6.4	500.0	15.0	0.0
2005.0	4246.0	1743.0	3234.0	7/1/1998	720.0	1260.0	0.0	7.1	0.092	190.0	0.0	38.4	22.9	420.0	12.9	0.0

Fig.2. Vista tabla aguas subterránea.

En la fig. 3 se muestra una vista, representando los contenidos en arsénico de las aguas subterráneas a nivel provincial.



## 5. RECOMENDACIONES

Es necesario fomentar la toma de conciencia general de la comunidad, acerca del conocimiento sobre los procesos de las aguas subterráneas, para facilitar un uso sustentable del recurso y su importancia para el desarrollo y el bienestar general de los habitantes de la provincia. Esto debería lograrse mediante la inclusión de estas temáticas en los contenidos curriculares del sistema educativo, y la difusión en prospectos sencillos donde se explique sobre la disponibilidad, uso y aplicaciones de las aguas subterráneas.

Promover la implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), a fin de compartir y compatibilizar información con los Organismos provinciales que

trabajan datos Geoespaciales, evitando de esta manera la duplicidad de esfuerzos y sociabilizando el conocimiento.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

Ivkovic, K.I., Kingham, C.J., Chartres, I.Mullen, Lunter, S.M., Lawrence, C.R. (2002). Evaluación de posibilidades físicas y económicas de riego con aguas subterráneas en la Provincia de San Luis.

Rossiter, D.G. Rossiter, D.G., & Van Wambeke, 1995 .The automated Land Evaluation System (ALES).Cornell University.