

CAPITULO 6

ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ACUÍFERO

Los pozos en estudio se encuentran concentrados en la parte sur oeste y sur este de Maracay, en las zonas de San Vicente, Hamaquita, donde están ubicados a menos de 200 metros uno del otro, dando a esta concentración la extracción de los pozos se han desarrollado conos de abatimiento con niveles de bombeos profundos.

La cuenca del lago de Valencia es una fosa tectónica producida por la falla de La Victoria, donde se acumularon espesores de aluviones que no han sido determinados, hasta el momento, se han perforado pozos encontrándose 280 metros de espesores de sedimentos aluviales, información de estudios Geofísicos realizados por el Ministerio de Minas e Hidrocarburos se han encontrado espesores de 800 a 1000 metros. Citado de Ramos C (1991).

6.1.1 Ambientes de sedimentación

En la Fig. 4.12, sección estratigráfica en dirección SO-NE, donde se correlacionaron los pozos 466, 554, y 554 con unas profundidades de 196 m, 280 m y 160 m respectivamente; en esta se observa el predominio de arenas finas arcillosas, hacia este lado las gravas comienzan a 155 m, en cambio hacia el extremo oriental de la sección comienza a 40 metros manteniéndose probablemente hasta 240 metros manteniéndose correlación con el pozo 495.

El pozo 554 muestra como las gravas, indicativas del ambiente fluvial alcanzan espesores de 512 m. con un total acumulado de 56 m. sin contar con las arenas gruesas, evidenciando el río Las Delicias como el principal aporte de sedimentos gruesos y como la posición del lago cambiando hacia el oeste.

El cambio de materiales gruesos en la parte más profunda a materiales más finos en la superficie indica cambio en el ambiente de sedimentación, donde ocurrió una transición de ambiente fluvial a lacustre, deduciéndose que el lago no existía en Maracay cuando se depositaron los sedimentos gruesos, fluviales, luego avanzó depositándose los sedimentos mezclados, con predominio de arcillas, limos y arenas finas a muy finas típicas de ambientes de depositación lacustre, y por último el nivel del lago retrocedió a su posición actual.

En el extremo oeste de la sección se observa el predominio de intercalaciones de arenas con arenas finas arcillosas, las gravas comienzan a 155 m, en cambio hacia el extremo este de la sección comienzan a 40 metros manteniéndose probablemente aproximadamente a 270 m. si se mantiene la correlación con los estratos inferiores del pozo 495.

En el pozo 554 desde una la profundidad de 158 m. aproximadamente, ubicándose en posiciones mas altas que en los pozos 466 y 495. Se observa una secuencia de intercalaciones de gravas de aproximadamente de 5 a 12 m., con un espesor neto de aproximado de 60 metros, el cual nos puede indicar la influencia del río las Delicias en el aporte de los sedimentos gruesos.

6.2 ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

Mapa índice de vulnerabilidad GOD indica que es un área de muy baja vulnerabilidad para la contaminación de acuífero, donde la vulnerabilidad de la zona de estudio esta comprendida entre 0.06 muy baja a 0.144 a vulnerabilidad baja.

El mapa de vulnerabilidad DRASTIC los valores máximo y mínimo de índice obtenidos fueron 155 y 79, respectivamente, predominando en el área de estudio una vulnerabilidad media, la vulnerabilidad alta se localiza al sur en el área de mayor concentración de industrias así como en la zona noreste en la cual están los sitios de descargas cloacales de dichas industrias.

6.3 ANÁLISIS DE LA AMENAZAS

Las amenazas a la contaminación corresponden a las descargas de las industrias que pueden ser potenciales contaminantes, pero no se cuenta con un control de disposición de estos vertidos, se obtuvieron las infraestructuras, vialidad de las actividades industriales realizadas, ubicación de proporcionadas por el MARNR, donde se identificaron 9 grupos de actividades contaminantes a ser valoradas en la clasificación figura 5.1.

Las principal actividad industrial es la química con un 59.74 % con presencia posible de contaminantes del tipo h, (elementos pesados) o (compuestos micro orgánicos) y s (salinidad) con distribución de carga contaminante del tipo (p-d) puntual a dispersa, localización (u) urbana Foster, (1991), pero la carga contaminante debe ser evaluada con mayor detalle y precisión.

La jerarquización de cada uno de los factores propuestos por Foster y R. Hirata (1988) para obtener los coeficiente de importancia de cada uno de ellos: clase de contaminante, intensidad de contaminación, disposición del contaminante en el subsuelo y tiempo de aplicación de la carga al subsuelo fue 0.4, 0.3 0.10. 0.20 respectivamente, realizada según la técnica de comparación de pares no jerarquizados.

El índice de la carga de contaminante obtenido del valor relativo de la carga contaminante y el coeficiente de importancia del factor varia desde 0.32 considerado como baja y 0.66 alta. El área de mayor amenazas por medio de las infraestructura esta en el área noreste correspondiendo a donde se ubica el sitio de mayor descarga de las industrias.

La superpoción de los mapas de índice de la carga de contaminante y el de amenazas por medio de las infraestructuras, da como resultado que las zonas de mayores amenazas de

contaminación al acuífero están ubicadas en el área sur oeste donde se encuentra el área de descarga de las industrias, donde están ubicada las principales concentraciones de actividades industriales, es importante hacer referencia que esta zona esta densamente habitada por barrios que se han creado de una forma anárquicas debido a invasiones creciendo de una manera descontrolada e insalubre.

6.4 ANÁLISIS DEL RIESGO

Al relacionar el mapa de amenaza de contaminación con los mapas de vulnerabilidad relativa DRASTIC y le mapa índice de vulnerabilidad GOD, se obtuvieron dos mapas de riesgo de contaminación.

El riesgo de contaminación, es mayor en el área sur oeste, donde se hace menor hacia el noreste, hay poca variabilidad entre los mapas de riesgos generados utilizando la vulnerabilidad por las metodologías DRASTIC y GOD, el primero establece una zona de baja vulnerabilidad al norte, mientras el mapa realizado por la metodologías GOD representa zonas de alta y moderada vulnerabilidad figuras 6.1 y 6.2.

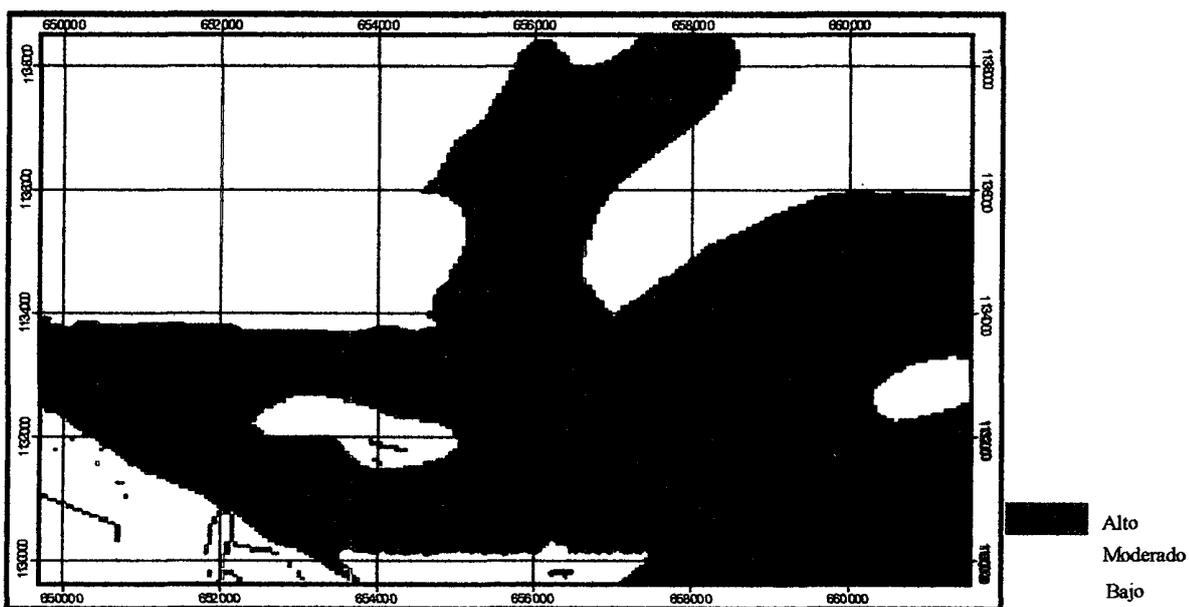


Figura 6.1 Riesgos con la vulnerabilidad por la metodología DRASTIC

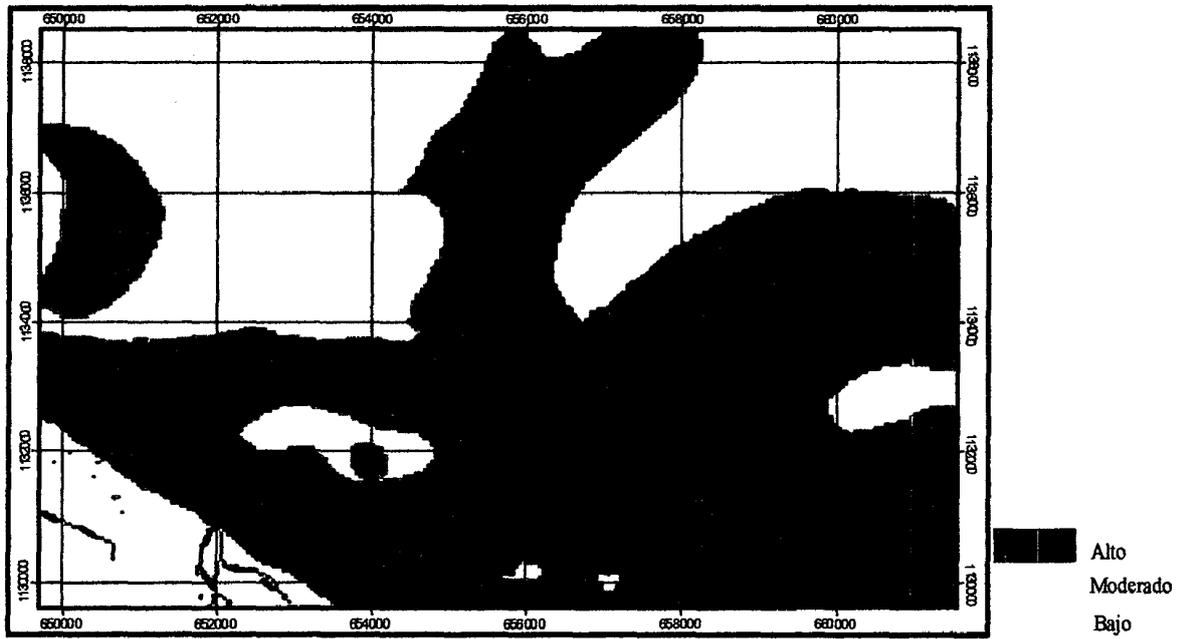


Figura 6.2 Riesgos con la vulnerabilidad por la metodología GOD

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Las metodologías de vulnerabilidad a la contaminación utilizadas a este trabajo establecen que la aplicación de la carga contaminante ocurre en la superficie o directamente debajo de ella, y permitió discriminar sectores con distintos grado de vulnerabilidad de acuerdo a las características naturales del acuífero.

Cuando existe información suficiente puede utilizarse el método GOD como determinación preliminar y el método DRASTIC para la estimación de la vulnerabilidad de una forma más detallada.

La vulnerabilidad GOD presenta ventaja, al realizarla por el escaso número de parámetros requeridos para su empleo, pero tiene una limitación importante al no considerar la incidencia del suelo, debido que este es un factor de gran importancia por su papel de filtro natural en la contaminación.

La metodología GOD desprecia el efecto de atenuación del suelo para determinar la vulnerabilidad, mientras que el método DRASTIC lo toma en cuenta.

Una posible modificación del método GOD incluye el estudio del suelo como un factor determinante en la atenuación de contaminantes.

El método DRASTIC es mucho más complejo que el método GOD por la utilización de un número mayor de variables.

La metodología DRASTIC es más elaborada y por lo tanto el método GOD puede ser utilizado en casos donde la información no sea suficiente para determinar el índice DRASTIC.

Las zonas con vulnerabilidad de baja a moderada se encuentran al norte del área de estudio de acuerdo con la metodología DRASTIC. Según la metodología GOD el norte del área califica como de muy baja a baja vulnerabilidad.

En el mapa índice de vulnerabilidad GOD indica que es un área de muy baja vulnerabilidad para la contaminación de acuífero, variando entre 0.060 (muy baja) y 0144 a (baja.)

La información utilizada para generar estas variable, fue obtenida por extrapolación de trabajo realizados anteriormente, o hubo que asumirla por lo cual disminuye la calidad de los resultados.

El mapa de vulnerabilidad del acuífero de Maracay es una herramienta que puede utilizarse en la planificación de las actividades realizadas en este, y tener una adecuada gestión del recurso hídrico.

En el país no existe una base de datos donde se reporten niveles de contaminación medidos, por industria o actividad; por lo que el criterio utilizado en la actualidad es el de definir posibles áreas que la industria o actividades puedan contaminar el agua subterránea, por lo que la evaluación de amenazas de contaminación de los acuíferos debe realizarse para cada contaminante o grupo de actividades contaminantes.

El índice de la carga de contaminante obtenido del valor relativo de la carga contaminante y el coeficiente de importancia del factor varía desde 0.32 considerado como baja y 0.66 alta.

El área de mayores amenazas por medio de las infraestructura esta en el área noreste correspondiendo a donde se ubica el sitio de mayor descarga de las industrias

Las zonas de mayores amenazas de contaminación al acuífero están ubicadas en el área sur oeste donde se encuentra el área de descarga de las industrias.

La zona noreste es la que presenta un menor riesgo de contaminación por no poseer gran cantidad de industrias que puedan amenazar al acuífero con sus vertidos.

El uso de Sistemas de Información Geográfica permite la elaboración de los mapas de vulnerabilidad y amenaza y riesgo de una manera fácil y confiable de forma tal que puede establecerse, incluso diferentes escenarios de posibles eventos contaminantes.

Estos mapas, son de fundamental importancia para la planificación de la intervención de la amenaza y/o la vulnerabilidad a través de los planes de desarrollo, y en la elaboración de los planes de contingencia que los organismos operativos deben realizar durante la etapa de preparativos para emergencias.

7.2 RECOMENDACIONES

Actualizar los datos de pozos y el número de los mismos dentro del área permitiendo una evaluación más confiable y precisa para mejorar los resultados de los métodos.

Actualizar las empresas registradas en el RASDA ubicando su suposición geográfica.

Realizar monitoreos industrias del área urbana para realizar un seguimiento que viene, con el fin de verificar si estas industrias están cumpliendo con la normatividad ambiental vigente de descargas de vertidos.

Realizar pruebas de bombeo en pozos ubicados en el área de interés con el fin de obtener información acerca de los parámetros hidrológicos del acuífero.

Clasificar las cargas contaminantes para identificar las actividades que presentan la mayor probabilidad de generación de importantes cargas contaminantes al acuífero.

Establecer prioridades para definir las actividades que deberán ser estudiadas más detalladamente, incluyendo monitoreo, investigaciones de campo y evaluación del riesgo ambiental y a la salud humana.

Establecer una red de monitoreo para llevar un control de la calidad de agua.

Realizar pruebas de análisis de agua a los pozos, para comprobar calidad de agua y la posible intrusión al acuífero de agua del lago.

Recolectar información relacionada con las industrias como tipo, consumo de agua, existencia de plantas de tratamiento y productos de desecho y otras fuentes puntuales de contaminación como el botadero de basura ubicado en le sector Tapa Tapa, y las estaciones de gasolina pueden ser incorporadas a un registro de posibles fuentes de contaminación.

Llevar a cabo un estricto control de todas estas posibles fuentes contaminantes, para evitar episodios de contaminación que puedan afectar la calidad del agua de los acuíferos en el futuro.

Controlar las posibles fuentes contaminantes, para evitar posible contaminación que puedan afectar la calidad del agua de los acuíferos en el futuro.

Realizar estudios similares de vulnerabilidad en el resto del acuífero, en la zona de Cagua y La Victoria, donde hay una gran concentración de industrias, para contribuir a una administración ambientalmente segura de las aguas subterráneas.

LITERATURA CITADA

- Aller L y Truman B. Jay H. Lehr y Petty Rebecca 1987. **DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydro geologic Settings.**
- Amisial, R y Jégat, H. 1976 **Aprovechamiento y Modelos de Aguas Subterráneas.** CIDIAT- Mérida.
- Auge, M., 2003 E-book **Vulnerabilidad de Acuíferos**
<http://tierra.rediris.es/hidrored/ebvulnerabilidad.html> consultado en marzo 2004.
- BID. 1999. **Reducción de la vulnerabilidad ante amenazas naturales: lecciones aprendidas del Huracán Mitch.** Estocolmo, Documento estratégico sobre gestión Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Bolinaga, Juan. et al .1999 **Proyecto de Ingeniería Hidráulica.** Fundación Polar
- Cardona Omar D 1996 **El manejo de riesgos y los preparativos para desastres: Compromiso Institucional para Mejorar la Calidad de Vida**
<http://www.desenredando.org/public/libros/1996/dma/html/7cap9.htm> consultado en Enero 2005.
- Cardona Omar. 1996 **Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo "Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo"**<http://www.desenredando.org/public/libros/1996/dma/html/7cap9.htm> consultado en Enero 2005.

Cardona, Omar D. 1993. "Gestión Ambiental y Prevención de Desastres: Dos Temas Asociados".

☞ Cardona, Omar, 1991 Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo., Taller Regional de Capacitación para la Administración de Desastres ONAD/PNUD/OPS/UNDRO, Bogotá.

CEPREDENAC. 1998. Riesgos, amenazas y vulnerabilidad: la ecuación del desastre. Guatemala, Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central.

Custodio E. 1994. La protección de las aguas subterráneas en el contexto de desarrollo y del uso sostenible. En: II Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, 7 -11 Nov. 1994, ALHSUD. Santiago, Chile.

Custodio, E. y Llamas M. 1996 Hidrología Subterránea Segunda edición Tomo II..Ediciones Omega.

Duque, Roberto 1993. Precipitación, Formación, medición y análisis de datos CIDIAT Serie Hidrología H-21. Mérida, CIDIAT. Sin ISBN.

Echeverri. G., 1998 Aspectos teóricos sobre el fenómeno de contaminación de las aguas subterráneas Revista Universidad de EAFIT, Colombia Julio 1998 en <http://www.eafit.edu.co/revista/111/> consultado en diciembre 12 2004.

España, R., 2005. Evaluación de la Contaminación de las Aguas Subterráneas por Actividades Petroleras en la zona de El Toreño en el estado Barinas Tesis MsC Mérida, CIDIAT.

Espinoza, R. 2002 **Análisis Comparativo de Técnicas de Evaluación de Vulnerabilidad de Acuíferos. Aplicación a la Zona Norte de la ciudad de Santiago II Seminario-Taller. Protección de Acuíferos Frente a la Contaminación: Caracterización y Evaluación.** La Habana, Cuba.

Foster, S y Ventura, M e Hirata, R. 1987. **Contaminación de las Aguas Subterráneas, un enfoque ejecutivo de la situación en América Latina y el Caribe en Relación con el Suministro de Agua Potable.** Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del ambiente.

Foster, S y R. Hirata., 1991. **Determinación de Riesgo de Contaminación de Aguas Subterráneas, una metodología basada en datos existentes 2^{da} edición.** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del ambiente.

Foster, S. 1987. **Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy.** Proc. Interl Conf. "Vulnerability of soil and groundwater to pollutants" Noordwijk, The Netherlands. April 1987.

FUNDACITE, Aragua. 1999. **Propuesta de Uso Turístico Sostenible de la Cuenca del Lago de Valencia.**

↳ Gonzáles de J, C.1980. **Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas Tomo II.** Ediciones FONINVES.

Granberg, M. y Per J. 1999. **The Impact of Fertilization on Rural Drinking Water Quality, Aragua River Drainage area in Venezuela.** Department of Technical Environmental Planning.

Hirata, R. 2002. **Carga Contaminante y Peligros a las Aguas Subterráneas**. Instituto de Geociencias universidad de São Paulo. II Seminario-Taller. Protección de Acuíferos Frente a la Contaminación: Caracterización y Evaluación. La Habana, Cuba.

IGVSB., 2003 **Proyectos En Ejecución Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar** en <http://www.igvsb.gov.ve/proyecto-mapaderiesgo.htm> consultado en diciembre de 2004.

Jé gat, H. (S/A). **Obras de captación del agua subterránea**. Mérida, CIDIAT. Sin ISBN.

Jé gat, H. y L. Mora. 1995. **Métodos Geoestadísticos para la evaluación de los parámetros hidrogeológico y físico- químico de las aguas subterráneas**. Proyecto de investigación. Mérida, CIDIAT. Sin ISBN.

Jé gat, H. (S/A) **Aplicación del método DRASTIC para el estudio de la vulnerabilidad de acuífero Mérida**, CIDIAT. Sin ISBN.

Jé gat, H., 2000. **Técnicas de Inventario de Recursos Naturales Renovables. Contaminación de Aguas Subterráneas**. Mérida, CIDIAT

Jé gat, H., 2003. **Curso sobre Protección de Aguas Subterráneas**. CIDIAT- Mérida.

Johnsons, E., 1975: **El Agua Subterránea y los Pozos** .Johnsons División UOP Inc. San Paul Minesota.

Kemmer, F. y McCallión, L. 1996. **Manual del Agua**. Tomo II y III.. Edit. McGraw-Hill. Edit. NALCO. México.

- Lavell, Allan (ed.). 1994. **Degradación Ambiental, Riesgo y Desastre Urbano. Problemas y Conceptos: Hacia La Definición De Una Agenda De Investigación.** La Red, Tercer Mundo Editores. Bogotá.
- MARNR. 1979. **Cuenca del Lago de Valencia Análisis Hidrogeológico e Hidrogeoquímico.** Serie de informes técnicos DGSIIA/IT/28 Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.
- MARNR. 1981. **Morfometría de la Densidad de la Planicie Cuaternaria de la Cuenca del Lago de Valencia Parte II.** Serie de informes técnicos DGSIIA/IT/7428 Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.
- MARNR. 1981. **Estudio hidrogeológico de la Cuenca del Lago de Valencia Parte III.** Serie de informes técnicos DGSIIA/IT/93, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables.
- Ministerio de Energía y Minas .1997. **Léxico Estratigráfico de Venezuela.**
- Mora, L. 1996. **Aplicación de Métodos Geoestadísticos para el Análisis de Parámetros de Calidad de Agua en Acuíferos** Tesis MsC Mérida CIDIAT.
- Muñoz, A. 1988. **Estudio Hidrogeológico y régimen de aguas subterráneas del acuífero de Maracay** Universidad Central de Venezuela, Facultad de ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Geología.
- Napolitano, P. y Fabbri, A. 1996. **Single-Parameter Sensitivity Analysis for Aquifer Vulnerability Assessment Using DRASTIC and SINTACS.** En Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management.

Pulido, J.1978. Hidrogeología Practica Ediciones URMO, S.A. Bilbao España.

Ramos, L.1998. Inventario de pozos en el Acuífero de Maracay MARNR.

**TAHAL, 1970. Estudio para el Desarrollo de los Recursos de Agua. Volumen II.
Instituto de Obras Sanitarias.**

**Zoporozec A., Vrba j. 1994 Classification and Review of Groundwater Vulnerability
Maps en Guide on Mapping Groundwater Vulnerability Editores VRBA .**

ANEXOS

ANEXO I TABLAS

Tabla L1. Datos de los pozos

<i>POZO</i>	<i>ESTE</i>	<i>NORTE</i>	<i>PROF</i>	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>COTA</i>	<i>NP</i>	<i>ES</i>
✓ AR6258 3	655630	1130645	70	16	14	440	424	54
✓ AR6258 9	660644	1132204	63	13	12	470	457	50
✓ AR6258 12	656326	1131508	127	24	72	470	446	103
AR6258 18	653879	1134324	50	43		477	434	7
✓ AR6258 23	651828	1130229	73	17	18	424	407	56
✓ AR6258 27	655560	1132703	50	20		438	418	30
AR6258 31	655597	1131167	68	5	20	445	440	63
✓ AR6258 32	655365	1135467	96	41	9	458	417	55
✓ AR6258 33	656663	1130957	74	16	22	452	436	58
AR6258 36	650636	1138135	74	24	20	443	419	50
AR6258 64	659949	1131279	50	14		439	425	36
AR6258 68	655626	1131566	61	6	10	419	413	55
✓ AR6258 71	656531	1134462	70	8	20	450	442	62
✓ AR6258 72	654774	1131440	174	28	76	430	402	146
AR6258 73	652861	1130632	21	16		426	410	5
AR6258 74	651609	1131641	135	24		429	405	111
AR6258 84	652016	1135883	56	15	16	444	429	41
AR6258 87	659409	1136253	27	19		455	436	8
AR6258 90	651808	1134899	138	23	77	432	409	115
✓ AR6258 91	654638	1134849	140	43	30	455	412	97
AR6258 93	651976	1131213	80	4		440	436	76
✓ AR6258 95	650632	1134968	60	8	18	434	426	52
AR6258 100	653993	1132004	138	3	50	434	431	135
✓ AR6258 101	656150	1136945	120	40	20	450	410	80
AR6258 102	650309	1132417	81	11	19	432	421	70
✓ AR6258 119	651799	1136834	82	20	28	450	430	62
AR6258 123	659732	1131954	60	15	20	442	427	45
AR6258 128	660271	1133953	114	46		418	372	68
AR6258 130	654310	1133158	105	41	40	447	406	64
✓ AR6258 131	654698	1134942	104	37	76	455	418	67
AR6258 134	657453	1131421	92	40	428	435	395	52
AR6258 135	660043	1130603	102	36		438	402	66
AR6258 136	659114	1134071	100	35		450	415	65
✓ AR6258 141	654673	1133774	133	62	40	452	390	71
AR6258 149	659736	1131216	90	19	40	440	421	71
AR6258 164	653653	1130421	104	10	10	420	410	94
AR6258 176	660411	1130052	100	31	18	440	409	69
AR6258 181	659924	1130049	80	36	15	439	403	44
AR6258 183	659283	1130446	100	36	8	435	399	64
AR6258 184	659251	1130630	104	37	20	435	398	67
AR6258 186	658450	1130719	80	40	12	433	393	40

<i>POZO</i>		<i>ESTE</i>	<i>NORTE</i>	<i>PROF</i>	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>COTA</i>	<i>NP</i>	<i>ES</i>
AR6258	187	657416	1132803	72	38	18	436	398	34
AR6258	188	658642	1130750	83	39	4	433	394	44
AR6258	189	657296	1132373	94	36	12	433	397	58
✓AR6258	190	655742	1132796	100	19	63	446	427	81
AR6258	191	655529	1132795	71	18		436	418	53
AR6258	192	658248	1130534	100	35	7	432	397	65
AR6258	193	660013	1130388	80	44	12	432	388	36
AR6258	194	658033	1130778	150	45	16	433	388	105
AR6258	195	656272	1136731	100	29	10	431	402	71
AR6258	197	658520	1130934	100	30		434	404	70
AR6258	200	660223	1131065	100	39	20	491	452	61
AR6258	201	659340	1131307	80	37	8	438	401	43
AR6258	202	659340	1131184	100	37	20	438	401	63
AR6258	207	660557	1131251	100	35	12	441	406	65
AR6258	210	660044	1130450	100	39	5	439	400	61
AR6258	211	659861	1130479	100	38	8	438	400	62
AR6258	213	659494	1130754	100	31		437	406	69
AR6258	214	659585	1130878	103	38	15	437	399	65
AR6258	215	659463	1130969	80	46	16	438	392	34
AR6258	218	659584	1131031	80	38		439	401	42
AR6258	219	659584	1131154	100	46	8	440	394	54
AR6258	220	659892	1130326	110	31	8	437	406	79
AR6258	221	658517	1131487	100	46	8	434	388	54
AR6258	222	658547	1131733	100	46	10	432	386	54
AR6258	223	659274	1132320	59	37	2	437	400	22
AR6258	224	660495	1131558	70	36	3	442	406	34
AR6258	230	656721	1131571	110	41	22	441	400	69
AR6258	232	657302	1130929	110	39	20	438	399	71
AR6258	234	658332	1131978	100	37		434	397	63
AR6258	256	657570	1132251	120	40		434	394	80
AR6258	258	660074	1137055	105	39	57	472	433	66
AR6258	259	660167	1136840	110	43	80	467	424	67
AR6258	261	659652	1136254	93	43	40	465	422	50
AR6258	262	658954	1135944	110	31		449	418	79
AR6258	264	659109	1135177	130	30		443	413	100
AR6258	265	659109	1137177	120	31		443	412	89
✓AR6258	266	660446	1135613	70	31	49	449	418	39
AR6258	268	659442	1135547	110	36	38	445	409	74
AR6258	269	659747	1135364	60	41	27	450	409	19
AR6258	270	660021	1135365	80	49	55	446	397	31
AR6258	271	659780	1134965	120	34		444	410	86
AR6258	272	659932	1134812	120	32		444	412	88
AR6258	273	659294	1134594	60	32	9	441	409	28
AR6258	274	660632	1134907	70	30	40	443	413	40
AR6258	275	660327	1135059	70	20	6	445	425	50
AR6258	276	660083	1135120	70	38	16	444	406	32

POZO	ESTE	NORTE	PROF	E	Q	COTA	NP	ES	
AR6258	278	660545	1133985	80	9	6	406	397	71
AR6258	325	651920	1137050	120	33	6	451	418	87
AR6258	331	651955	1136036	130	31	12	445	414	99
AR6258	333	652472	1136100	120	39	8	449	410	81
AR6258	334	652470	1136591	110	39	8	453	414	71
AR6258	335	653137	1136963	110	39	6	452	413	71
AR6258	338	653108	1136625	120	37	8	452	415	83
AR6258	346	654640	1134419	100	56	12	453	397	44
AR6258	348	655454	1136113	100	57	4	467	410	43
AR6258	352	655756	1136636	142	67	10	472	405	75
AR6258	353	655906	1136944	130	60	10	474	414	70
AR6258	355	654788	1135250	110	51	12	456	405	59
AR6258	452	650751	1132866	115	35	10	432	397	80
AR6258	453	650997	1132314	115	36	12	430	394	79
AR6258	454	650814	1132405	80	30	5	431	401	50
AR6258	455	650813	1132559	120	32	6	431	399	88
AR6258	456	650721	1132774	120	32	8	432	400	88
AR6258	457	650385	1133110	120	18	10	461	443	102
AR6258	460	651391	1132777	110	28	6	432	404	82
AR6258	461	650417	1132834	115	30	8	432	402	85
AR6258	463	650936	1132253	115	30	13	430	400	85
AR6258	464	650846	1132037	80	20	10	430	410	60
✓AR6258	466	651151	1131916	153	39	85	422	383	114
AR6258	467	650241	1131175	420	161	60	425	264	259
AR6258	469	652065	1131643	310	161	36	427	266	149
AR6258	470	652140	1135299	120	29	10	427	398	91
AR6258	471	651425	1131763	100	48	85	429	381	52
AR6258	472	652306	1132105	60	30	6	430	400	30
AR6258	473	652337	1132074	130	38	8	432	394	92
AR6258	474	651946	1130997	100	6	12	421	415	94
AR6258	475	651976	1130998	150	6	15	425	419	144
AR6258	476	650993	1131206	120	39	8	425	386	81
AR6258	477	652370	1131552	150	39	60	430	391	111
AR6258	478	652369	1131675	90	24	7	430	406	66
AR6258	479	650877	1131975	120	38	8	429	391	82
AR6258	480	652582	1131676	105	48	6	431	383	57
AR6258	482	652704	1131554	120	41	8	431	390	79
AR6258	483	652827	1131431	120	45	6	430	385	75
AR6258	484	652707	1131001	105	40	58	426	386	65
AR6258	485	652677	1130940	153	40	60	425	385	113
AR6258	486	652373	1130723	100	10	60	421	411	90
✓AR6258	487	652829	1130939	120	15	60	426	411	105
AR6258	488	652798	1131093	112	16	60	427	411	96
AR6258	489	653009	1131432	110	39	12	430	391	71
✓AR6258	490	652255	1131525	60	31	20	431	400	29
AR6258	491	653101	1131340	62	31	20	429	398	31

<i>POZO</i>		<i>ESTE</i>	<i>NORTE</i>	<i>PROF</i>	<i>E</i>	<i>Q</i>	<i>COTA</i>	<i>NP</i>	<i>ES</i>
AR6258	492	653344	1131403	68	33	20	430	397	35
AR6258	493	652915	1132877	94	49	50	435	386	45
AR6258	494	653129	1131832	100	52	45	434	382	48
✓AR6258	495	652825	1131923	102	52	54	433	381	50
AR6258	496	652501	1131953	236	54	38	433	379	182
AR6258	497	652550	1132106	102	55	70	434	379	47
AR6258	527	659708	1130571	122	30	18	438	408	92
AR6258	540	653606	1134078	118	72	6	470	398	46
AR6258	541	654613	1133559	120	58	1.5	450	392	62
AR6258	542	657354	1132957	114	57	20	432	375	57
AR6258	543	658220	1130934	100	31	20	433	402	69
AR6258	544	658731	1131273	100	30	12	435	405	70
AR6258	545	659632	1133981	100	38	437	438	400	62
AR6258	547	649750	1132094	120	50	20	439	389	70
AR6258	551	652884	1132169	115	56	13	433	377	59
AR6258	552	652915	1132046	250	56	60	434	378	194
AR6258	553	652885	1132015	280	60	30	432	372	220
✓AR6258	554	654374	1132483	160	65	32	439	374	95
AR6258	555	651085	1133175	115	25	20	432	407	90
AR6258	556	652916	1131862	112	54	6	433	379	58
AR6258	557	655129	1133715	130	63	8	446	383	67
AR6258	559	658639	1131518	140	52	12	431	379	88
AR6258	560	652948	1131616	250	56	45	432	376	194
AR6258	561	651030	1131792	196	50	43	428	378	146
AR6258	562	651150	1132039	188	40	24	429	389	148
AR6258	563	655891	1133503	150	62	20	446	384	88
AR6258	564	655920	1132489	62	34	8	441	407	28
✓AR6258	565	656393	1130187	66	11	2	433	422	55
✓AR6258	566	656088	1130340	41	16	15	457	441	25
✓AR6258	568	652889	1131094	60	12	18	427	415	48
AR6258	570	655620	1132949	66	13	11	443	430	53
✓AR6258	575	658084	1130656	112	7	73	435	428	105
✓AR6258	577	656074	1133412	75	25	15	446	421	50
✓AR6258	582	659886	1131739	70	12	20	443	431	58
✓AR6258	589	657912	1130655	44	11	14	435	424	33
AR6258	590	656087	1130493	196	42	14	460	418	154
✓AR6258	592	653037	1132170	64	15	30	435	420	49
✓AR6258	595	658519	1131119	71	8	30	434	426	63
✓AR6258	599	651214	1131240	80	9	70	428	419	71

Tabla L.2 Valores de los cálculo de trasmisividad $T(m^2/día)$ y la conductividad hidráulica K (m/día)

ESTE	NORTE	POZO	PROF	E	Q	COTA	BOMBEO	$T= 17.544x + 29.347$	K
650993	1133774	141.00	133.00	62.00	40.00	452.00	105.00	45.67	0.7366
652829	1132803	187.00	72.00	38.00	18.00	436.00	52.00	51.90	1.3659
657416	1130534	192.00	100.00	35.00	7.00	432.00	56.00	35.20	1.0056
654374	1130388	193.00	80.00	44.00	12.00	432.00	50.00	64.44	1.4644
652707	1130778	194.00	150.00	45.00	16.00	433.00	58.00	50.94	1.1320
660013	1136731	195.00	100.00	29.00	10.00	431.00	56.00	35.84	1.2360
658248	1132314	453.00	115.00	36.00	12.00	430.00	70.00	35.54	0.9872
656272	1132405	454.00	80.00	30.00	5.00	431.00	42.00	36.66	1.2219
650936	1132559	455.00	120.00	32.00	6.00	431.00	40.00	42.51	1.3283
652370	1132774	456.00	120.00	32.00	8.00	432.00	40.00	46.89	1.4653
652369	1133110	457.00	120.00	18.00	10.00	461.00	28.00	46.89	2.6051
655772	1132777	460.00	12.00	28.00	6.00	432.00	32.00	55.66	1.9880
653606	1132834	461.00	130.00	30.00	8.00	432.00	36.00	52.74	1.7580
650997	1132253	463.00	25.00	30.00	13.00	430.00	60.00	36.95	1.2316
651150	1131916	466.00	153.00	39.00	85.00	422.00	60.00	100.36	2.5733
651391	1132105	472.00	60.00	30.00	6.00	430.00	38.00	42.51	1.4168
652884	1132074	473.00	130.00	38.00	8.00	432.00	43.00	57.42	1.5110
655129	1131206	476.00	120.00	39.00	8.00	425.00	42.00	76.13	1.9521
652915	1131675	478.00	90.00	24.00	7.00	430.00	28.00	60.05	2.5020
658639	1131975	479.00	120.00	38.00	8.00	429.00	41.00	76.13	2.0034
652948	1131001	484.00	105.00	40.00	58.00	426.00	60.00	80.22	2.0056
652885	1130939	487.00	120.00	15.00	60.00	426.00	48.00	61.25	4.0830
654673	1131525	490.00	250.00	31.00	20.00	431.00	98.00	34.58	1.1156
652306	1134078	540.00	118.00	72.00	6.00	465.00	79.00	44.38	0.6165
658033	1130934	543.00	100.00	31.00	20.00	433.00	84.00	35.97	1.1602
650877	1132094	547.00	120.00	50.00	20.00	439.00	68.00	48.84	0.9768
652255	1132169	551.00	115.00	56.00	13.00	433.00	66.00	52.15	0.9313
651085	1132046	552.00	250.00	56.00	60.00	434.00	86.00	64.44	1.1506
650721	1132015	553.00	280.00	60.00	30.00	432.00	104.00	41.31	0.6885
650813	1133175	555.00	115.00	25.00	20.00	432.00	61.00	39.09	1.5637
650751	1133715	557.00	130.00	63.00	8.00	446.00	82.00	36.73	0.5831
650385	1131518	559.00	140.00	52.00	12.00	431.00	68.00	42.51	0.8174
652501	1131616	560.00	250.00	56.00	45.00	432.00	90.00	52.57	0.9387
650814	1132039	562.00	188.00	40.00	24.00	429.00	91.00	37.60	0.9401
652373	1133503	563.00	150.00	62.00	20.00	446.00	78.00	51.28	0.8270
650417	1132489	564.00	62.00	52.00	6.00	441.00	60.00	42.51	0.8174
655920	1130340	566.00	41.00	11.00	36.00	457.00	17.10	132.89	12.0805

Tabla I.3 Arena neta espesor saturado

POZO	PROF	ARCILLA	ARENA FINA	ARENA MEDIA	ARENA GRUESA	CAPA DE RELLENO	perfil total	ANT
3	70	57.00		13.00		0.50	70.50	13.00
9	63	11.60	18.40	32.00		1.00	63.00	50.40
12	127	28.00	54.90		67.30	1.00	151.20	122.20
23	73	30.00		63.00	10.00	0.50	103.50	73.00
27	50	32.75		3.00	13.25	0.50	49.50	16.25
28	50	13.60	22.40	2.00	11.00	1.00	50.00	35.40
32	96	21.00	28.00	27.50	19.00	0.50	96.00	74.50
33	74	57.00		4.00	9.00	0.50	70.50	13.00
71	160	29.00	12.20	71.50	42.70	0.50	155.90	126.40
72	174	51.84	122.20			0.50	174.54	122.20
91	140	18.00	13.40	82.80	26.00	0.50	140.70	122.20
95	60	11.00	6.00	42.00		0.50	59.50	48.00
101	120	34.40	18.00	64.80	2.60	0.20	120.00	85.40
119	82	10.40	18.20	52.20		0.20	81.00	70.40
131	104	26.00	26.60	72.90	3.60	0.90	130.00	103.10
146	100	29.50	18.00	16.00	20.00	0.50	84.00	54.00
190	75	30.00	20.00	20.00	76.00	0.50	146.50	116.00
268	92	25.90	6.70	57.00		1.80	91.40	63.70
466	196	40.00	71.50	44.00	40.00	0.50	196.00	155.50
487	200	50.00	44.00	64.00	40.00	2.00	200.00	148.00
490	250	44.00	85.00	99.00	17.00	5.00	250.00	201.00
495	280	50.30	64.40	52.00	113.00	0.30	280.00	229.40
554	160	32.00	12.50	8.00	56.00	0.50	109.00	76.50
565	250	69.00	54.50	108.00	18.00	0.50	250.00	180.50
566	51	26.50		24.00		0.50	51.00	24.00
568	60	15.00	8.80		36.00	0.20	60.00	44.80
577	75	45.00		11.50	18.00	0.50	75.00	29.50
582	70	51.50		18.00		0.50	70.00	18.00
589	44	10.00			32.00	0.50	42.50	32.00
592	64	20.00	14.00	15.00	14.00	1.00	64.00	43.00
599	80	40.50		39.00		0.50	80.00	39.00

Distance	Aver.Pumping Rate	Duration	Initial Sat. Thickness
0.20	36.00000	300.0000	

RESULTS			
Transmissivity	Storage Coeff.	Leakance	Estimation Error
131.4167		197.2609	0.15
Aquifer	Fit Method	Hantush Method	
Maracay			

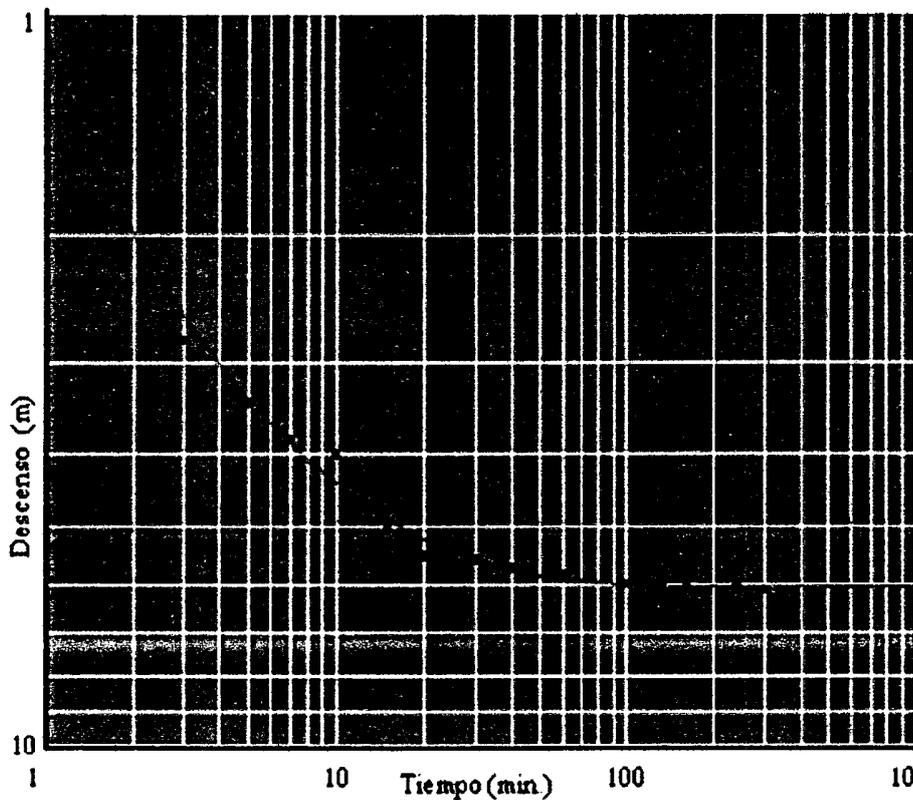


Figura II. 2 Resultado del análisis de prueba de bombeo pozo 566 procesados en GWW. (Ground Water Software for Windows),

Distance	Aver.Pumping Rate	Duration	Initial Sat. Thickness
0.20	46.00000	420.0000	

RESULTS			
Transmissivity	Storage Coeff.	Leakance	Estimation Error
29.27248		9.169464	1.02
Aquifer	Fit Method	Hantush Method	
Maracay			

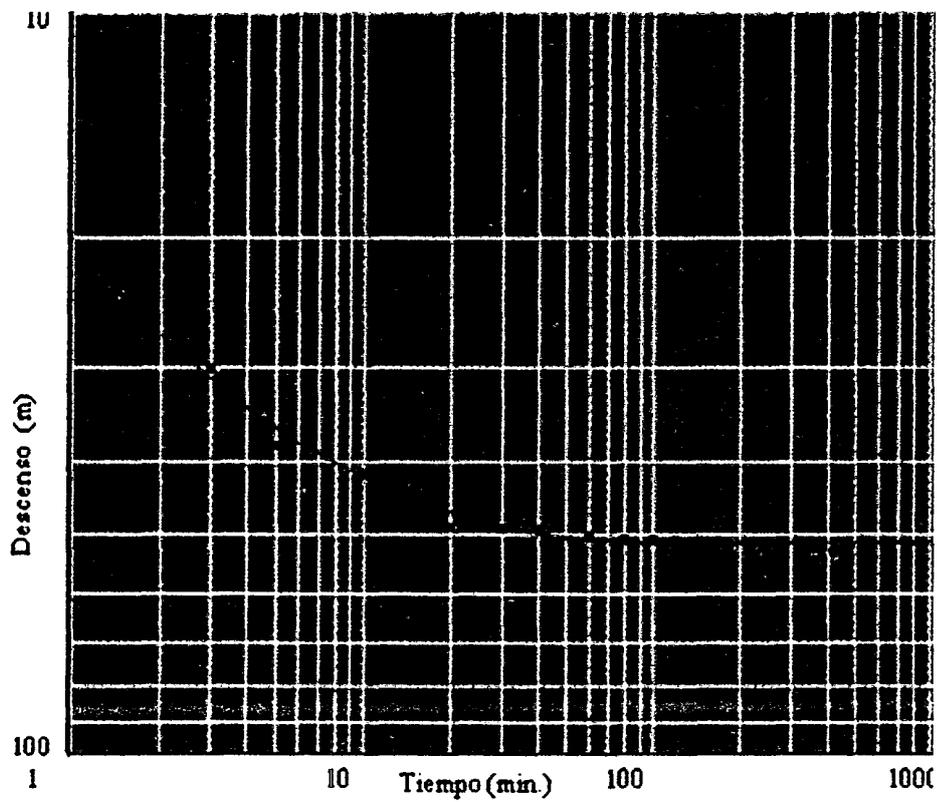


Figura II.3 Resultado del análisis de prueba de bombeo pozo 565 procesados en GWW. (Ground Water Software for Windows),

Distance	Aver.Pumping Rate	Duration	Initial Sat. Thickness
0.20	6.000001	480.0000	

RESULTS			
Transmissivity	Storage Coeff.	Leakance	Estimation Error
39.04805		0.4359717	0.10
Aquifer	Fit Method	Hantush Method	
Maracay			

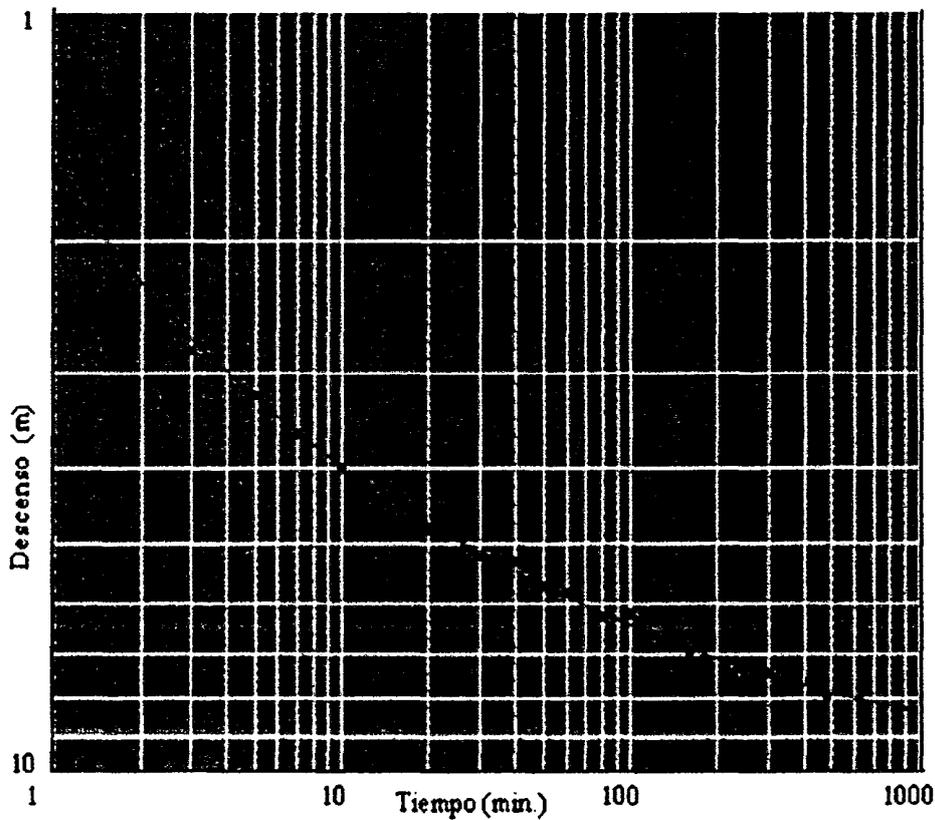


Figura II.4 Resultado del análisis de prueba de bombeo pozo 564 procesados en GWW. (Graund Water Software for Windows),

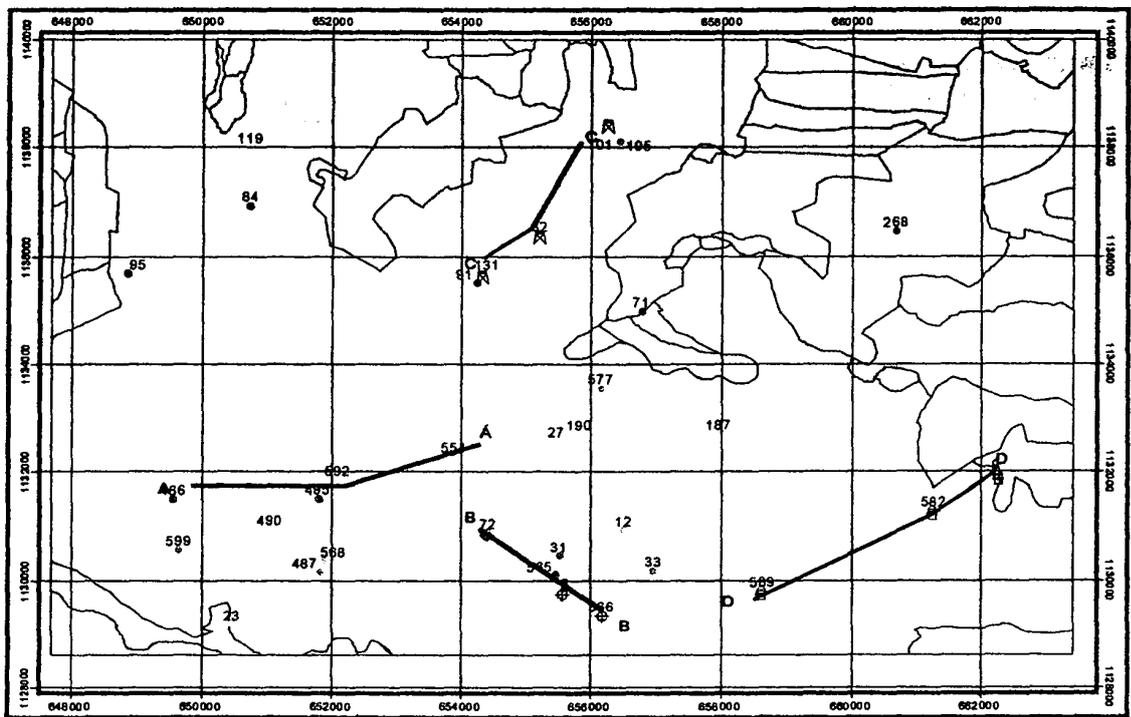


Figura II.5 Pozos con información litológica y secciones realizadas

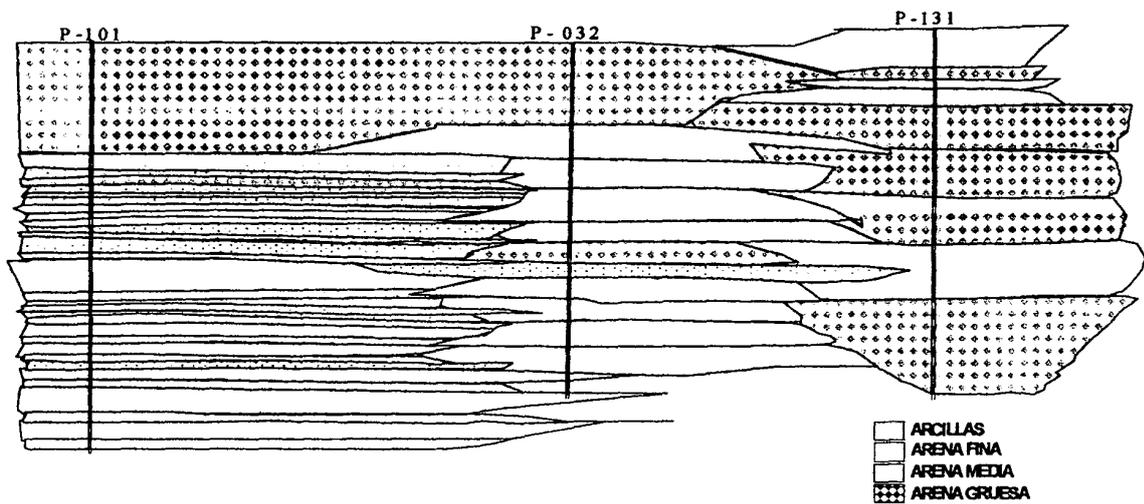


Figura II.6 Sección estratigráfica dirección N-E

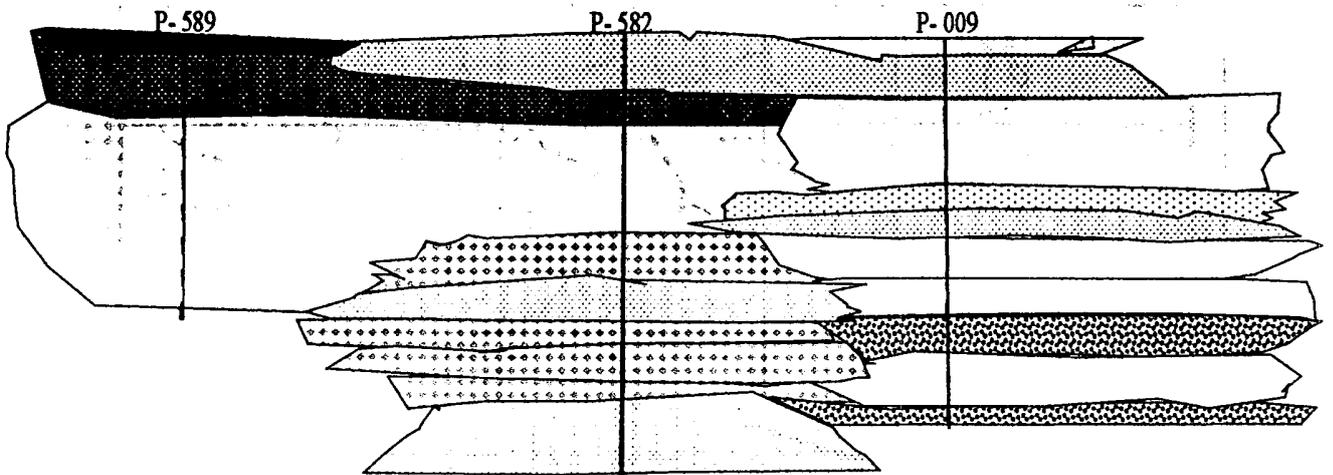


Figura II 7 Sección estratigráfica dirección NE

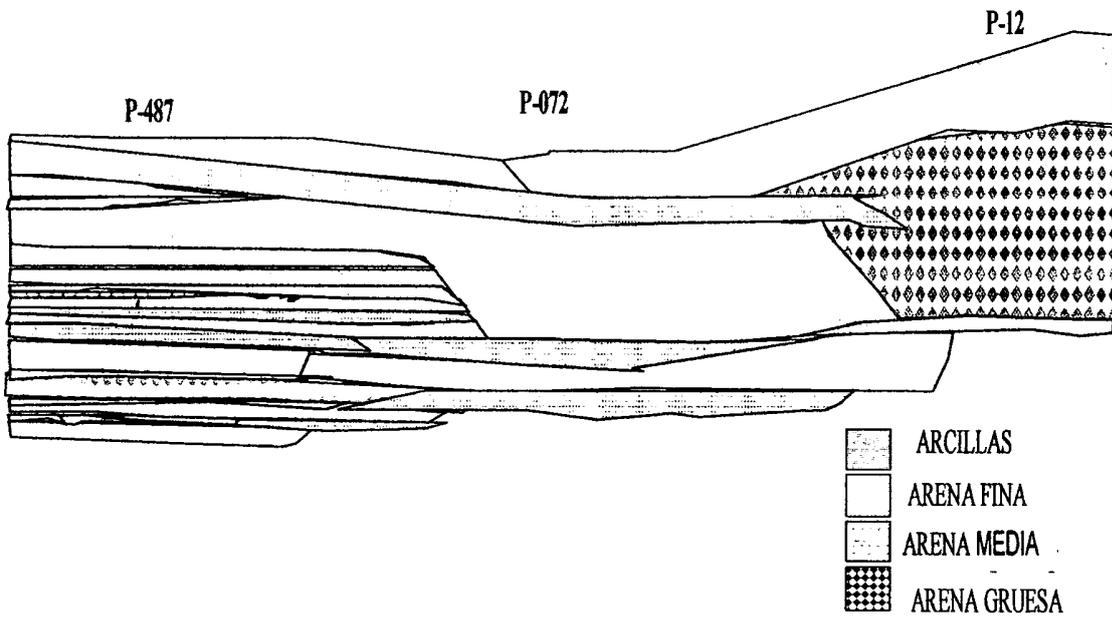


Figura II.8 Sección estratigráfica dirección SO-NE

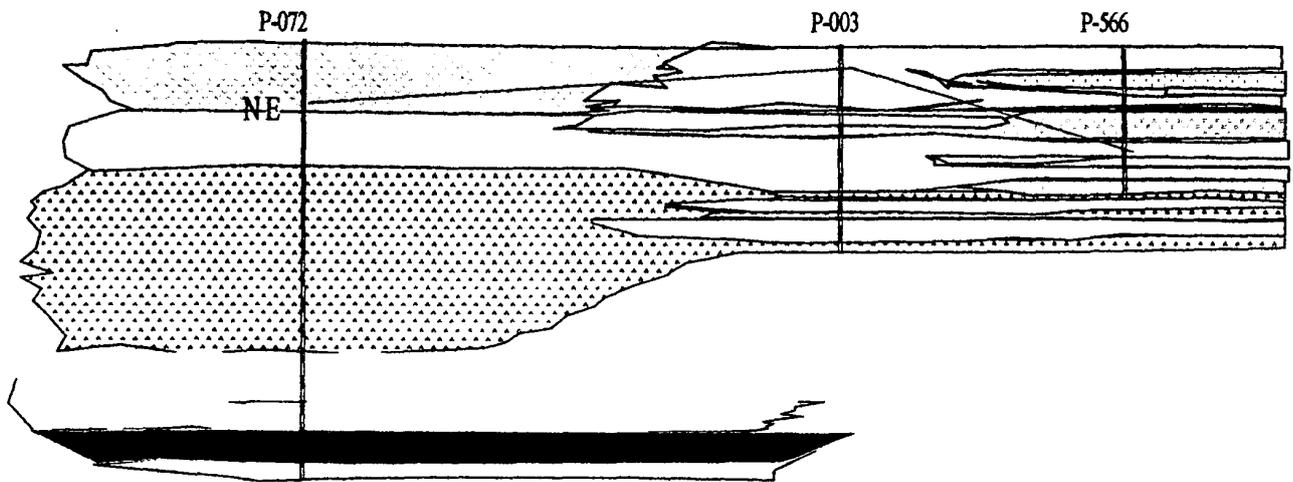


Figura II 9 Sección estratigráfica dirección SE

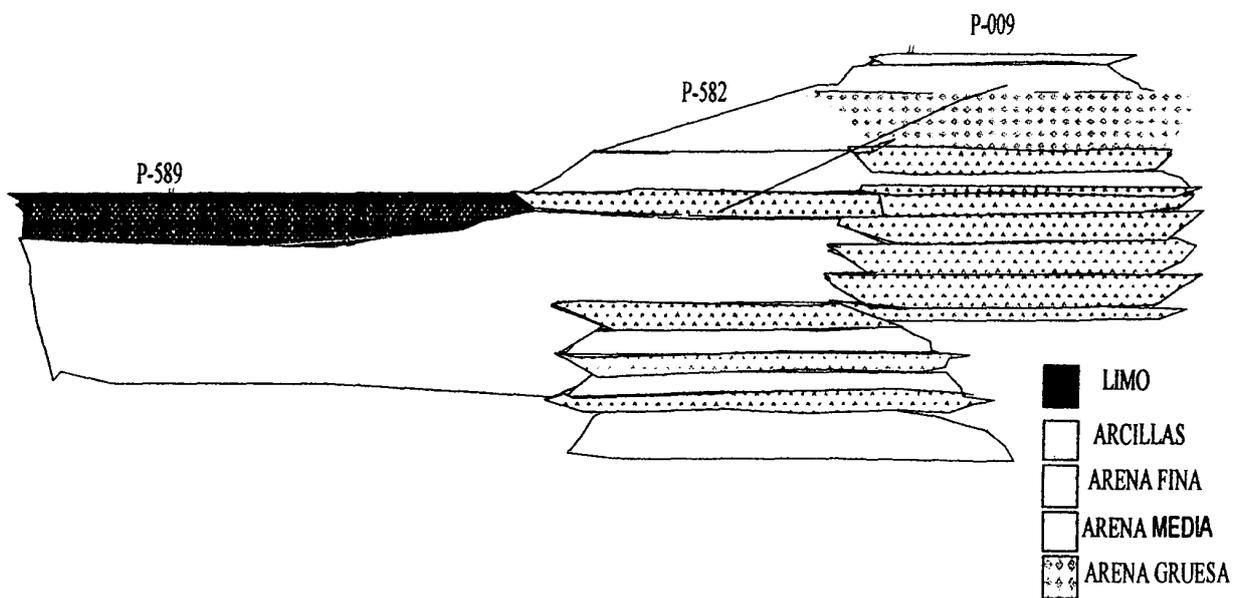


Figura II 10 Sección estratigráfica dirección NE

APENDICES

APENDICE A

PROBLEMÁTICA AMBIENTAL CUENCA LAGO DE VALENCIA FUNDACITE ARAGUA (1998).

PROBLEMA AMBIENTAL	CAUSA DEL PROBLEMA	EFECTOS
<p>Uso inadecuado de tierras</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento Urbano • Ausencia de vigilancia y control de las actividades agrícolas u urbanas por parte de las instancias competentes. • Sobreutilización en el área montañosa debido a actividades conuqueras. • Sobré utilización de la tierra localizada en las micro cuencas del río Guacara • Subutilización en la planicie aluvial y lacustrina por cultivos como la caña de azúcar que producen deterioro y requieren de suelos de menor calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio del uso agrícola por el urbano-industrial • Pérdidas de tierras agrícolas de gran valor. • Erosión • Deterioro estético del paisaje natural y humanizado. • Pérdidas económicas • Límites en la disponibilidad de áreas para el aprovechamiento de proyectos turísticos.
<p><i>Contaminación de aguas subterráneas</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Uso indiscriminado de acuíferos por usos urbano e industriales • Infiltración de las aguas del Lago hacia los acuíferos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del volumen de agua disponible para el futuro • Salinización de las aguas subterráneas
<p>Contaminación por desechos sólidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo inadecuado de vertederos de basura • Ubicación de vertederos en las riberas del Lago • Falta de educación hacia el manejo de desechos domésticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación atmosférica • Enfermedades • Contaminación de acuíferos • Desvalorización del paisaje
<p>Aumento del nivel de las aguas del Lago</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Trásvase de la cuenca del río Pao • Control del uso industrial de las aguas, mediante obras. • Incremento de vertidos domésticos- industriales 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de tierras agrícolas de alta y mediana producción • Inundación de áreas urbanas y agrícolas. • Incertidumbre hacia la inversión

PROBLEMA AMBIENTAL	CAUSA DEL PROBLEMA	EFECTOS
Contaminación del lago	<ul style="list-style-type: none"> • Efluentes urbanos, agrícolas e industriales que drenan al lago a través de los ríos. • Falta de conciencia conservacionista de las autoridades y de la población residente en cuenca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación del cuerpo de agua, por carga excesiva de nutrientes • Eutroficación acelerada del lago • Contaminación tóxica y orgánica (déficit de OD) • Contaminación por sólidos en suspensión. • Aguas no aptas para el consumo humano y agrícola • Condiciones limitadas para la riqueza pesquera • Limitaciones para el uso de balnearios • Enfermedades • Limitaciones para deportes náuticos y la navegación
Ríos Contaminados	<ul style="list-style-type: none"> • Efluentes urbanos, agrícolas e industriales que drenan al lago 	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas no aptas para el consumo humano y agrícola • Deterioro estético y ambiental • Limitaciones para el uso de balnearios
Salinización de los suelos	<ul style="list-style-type: none"> • Origen geológico • Problemas de salinidad fósil (La Morita. Edo. Aragua) • Excedente de riego en zonas de cultivo de caña de azúcar. • Alto contenido de sales en las aguas subterráneas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poca utilidad de los suelos para el uso agrícola • Cambio de uso por mala calidad de los suelos • Aportes de sales a cuerpo de agua
Incendios Forestales	<ul style="list-style-type: none"> • Incendios en nacimiento de ríos y quebradas que alimentan el Lago y las represas de Suata y Taiguaiguay • Quemadas por prácticas agrícolas que degeneran fácilmente en incendios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación como consecuencia de la erosión de Las cuencas de los ríos. • Disminución del caudal natural de los afluentes del lago • Erosión hídrica y eólica • Cambios climáticos

APÉNDICE B

UTILIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Los SIG son una nueva tecnología surgida en el contexto de la sociedad de la información. Permiten gestionar y analizar información de tipo espacial con suficiente rapidez y flexibilidad. De la misma manera, el SIG permite centralizar una importante cantidad de información, muchas veces dispersa, descrita y almacenada en distintos formatos (algo que dificulta su empleo en el proceso de gestión de los recursos).

Un SIG define al programa o conjunto de programas diseñados para representar y gestionar grandes volúmenes de datos localizados por sus coordenadas espaciales o geográficas. Al incluir las de estos datos se consigue añadir la localización espacial de los elementos, y es precisamente esta capacidad para trabajar con información espacial lo que les diferencia de otros Sistemas de Información y es lo que les hace realmente útiles a la hora de modelizar de manera fiel ciertos aspectos del mundo real. Con frecuencia los SIG están orientados a facilitar información en el proceso de toma de decisiones, y su objetivo último es la resolución de problemas complejos de planificación y gestión.

La manera en que se almacena esta información es doble: por una parte existe un fichero con información cartográfica (el mapa digital) y otro con información alfanumérica (la base de datos asociada). Ambos ficheros se encuentran interrelacionados, de tal manera que cada objeto espacial del mapa se corresponde con un registro de la base de datos. La existencia de un identificador común, o clave, es lo que permite esta conexión. Realmente se puede considerar un SIG como una extensión de una Base de Datos tradicional que además de información alfanumérica contiene información cartográfica.

Un SIG se aleja de lo que sería una base de datos tradicional por su habilidad para representar no sólo selecciones lógicas basadas en los atributos de los datos, sino que también es capaz de llevar a cabo selecciones fundamentadas en la localización espacial y la proximidad, es decir Análisis Espacial.

Existe un tercer aspecto: la topología. El sistema es capaz de almacenar algo más que la información acerca de la localización de los elementos en el espacio, al registrarse asimismo las relaciones topológicas existentes entre los distintos elementos. Esta capacidad es la que permite a un SIG comportarse como un sistema inteligente, y uno de los aspectos que más claramente los diferencia de otras tecnologías afines (CAD, cartografía automática, sistemas de gestión de bases de datos o la teledetección).

El poder real de los SIG reside en la integración de la información y el análisis espacial (el conjunto de técnicas estadísticas que permiten explorar y entender los datos y su estructura, así como las relaciones espaciales y temporales existentes entre los datos). Un SIG organiza los datos de tal manera que es posible llevar a cabo su descripción geométrica y numérica, y le presenta a la persona encargada de hacer un análisis o una toma de decisiones de una manera

visual, autoexplicativa e intuitiva: mapas. Dentro de este contexto cabe mencionar dos procedimientos muy habituales: la modelización cartográfica y los modelos digitales del terreno.

La modelización cartográfica es la manera de denominar el tratamiento y combinación de las distintas capas de información georeferenciadas. Se trata de la automatización de un proceso de superposición de mapas que tradicionalmente se ha llevado a cabo de manera artesanal mediante técnicas manuales de superposición de mapas, tremendamente laboriosas. Obviamente los Sistemas de Información Geográfica permiten que se agilice el proceso y se mejoren los resultados (en precisión y presentación), aparte de poder guardar la información de manera digital y poder recrearla cuantas veces se desee.

Los modelos digitales del terreno se construyen para conocer o predecir propiedades del objeto real representado; es una modelización. Su empleo permite representar y estudiar, de manera sencilla y comprensible, una porción de la realidad empírica. Representan numéricamente la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua medible sobre el terreno.

Por último, mencionar la no menos importante capacidad para realzar la visualización de los resultados. Un SIG cuenta con una serie de funcionalidades gráficas que permiten componer mapas de una calidad más que aceptable. Incluyen además la opción de generar innumerables mapas temáticos generados automáticamente a partir de consultas a la base de datos asociada y modificar las leyendas y la forma de representación de cada uno de los elementos de manera dinámica. Este último aspecto adquiere una especial relevancia en lo que a cuestiones de calidad se refiere, al proporcionar la posibilidad de interpretar visualmente datos de cierta complejidad, y ofrecer una idea intuitiva acerca de la situación actual en que se encuentra el sistema.

Un SIG es una herramienta multipropósito. Su habilidad para integrar la tecnología junto con los objetivos investigadores está impulsando los campos de aplicación en una serie de ámbitos (medio ambiente y recursos naturales, transporte, redes de infraestructuras, protección civil, análisis de mercados o geomarketing, y planificación urbana).

Con frecuencia para describir y estimar el estado en que se encuentra el medio natural, así como para desarrollar un inventario estandarizado con la información necesaria para la toma de decisiones estratégicas orientadas a la gestión y mejor conocimiento de los recursos disponibles, un SIG facilita el estudio y mejor conocimiento de los recursos, es una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, la realización de predicciones, y desarrollo de modelos.

El uso de un SIG permite automatizar el proceso de delineación de cauces y cuencas hídricas. Para ello se parte de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) como el que se incluye aquí, con una escala de colores para representar los intervalos de altitud. Los valores recogidos en el MDE se generan por interpolación de las curvas de nivel, de manera que el programa conoce, de forma automática, dónde se encuentran las divisorias de cuenca. No obstante, para afinar la exactitud de la delineación son recomendables métodos suplementarios como referencias a mapas topográficos, información acerca de los usos del suelo y la cobertura, unidades hidrológicas, delineación de líneas de flujo, y digitalización. De forma adicional, el SIG sirve de soporte en el

estudio de las relaciones existentes entre las cuencas hídricas y la morfología de los cauces, para analizar, entre otras cosas, la contribución de cada cuenca hidrológica a la escorrentía.

Un SIG por tanto desempeña un papel importante como soporte en los estudios relativos a la cantidad y calidad de los recursos hídricos. Permite representar una ingente cantidad de información de manera sencilla y vistosa, y al poder relacionar el sistema de aguas superficiales con el sistema acuífero proporciona una visión de conjunto de enorme importancia para la gestión de los recursos hídricos.

Identificación de relaciones causa efecto entre la presión antrópica y los niveles de contaminación registrados La monitorización de las aguas superficiales constituye, sin duda, una de las principales herramientas para conocer el estado de salud de los recursos hídricos, y una manera de evaluar las distintas políticas ambientales de una zona concreta. La contaminación de los ríos se encuentra determinada por una serie de factores, directos (flujos urbanos e industriales) e indirectos (lluvias contaminadas procedentes de las zonas próximas).

La presión humana, junto con las actividades industriales y ganaderas, se encuentran tras esta contaminación. Con frecuencia, disponer de una gran cantidad de datos ambientales supone mayores dificultades para establecer los mejores indicadores de contaminación, ya que no resulta sencillo interpretar los resultados de los análisis de las aguas (especialmente cuando dichos datos están referidos a grandes aglomeraciones urbanas). Dificultades adicionales se encuentran a la hora de establecer la relación existente entre estos datos y la presencia humana en la zona. Un SIG demuestra ser una tecnología eficaz para la comprensión de los resultados obtenidos, y facilita enormemente esta tarea. El uso de los SIG facilita mucho esta tarea. El empleo simultáneo de otros mapas (presión demográfica, industrial y agrícola) lleva al cartografiado de los niveles de contaminación de los ríos

Es posible desarrollar aplicaciones basadas en un SIG, diseñadas en función de nuestros requerimientos, que hagan uso de diversas bases de datos, con el objetivo de llevar a cabo una gestión más eficaz de los recursos hídricos.

Un SIG puede ser considerado como un sistema de apoyo realista y eficiente para la monitorización de la calidad de las aguas, la medición y control de la toxicidad de los efluentes, el estudio de la dispersión espacial de penachos contaminantes, o la estimación del impacto que dicha contaminación tiene sobre los distintos ecosistemas. Con un SIG pueden considerarse las interacciones entre las distintas sustancias químicas y el medio, de forma que se posibilita el desarrollo de aproximaciones integradas para la evaluación del riesgo de contaminación a diversas escalas. Los ejemplos y muestras de aplicaciones desarrollados siguiendo estas pautas son numerosos, y en todos ellos queda constancia de las ventajas derivadas de su utilización.

Los SIG también pueden ser empleados para la identificación y evaluación de procesos de erosión y de contaminación de origen difuso Este tipo de contaminación procede de diversas fuentes, difíciles de identificar y en consecuencia muy complejas de estimar. Un SIG proporciona no obstante una aproximación de gran alcance para la evaluación de los usos del suelo así como

de otras peculiaridades del medio para explicar la distribución espacial de esta contaminación. Por ejemplo, pueden describirse los procesos de precipitación y escorrentía en relación con cuestiones de calidad de las aguas. Zonas donde las precipitaciones son intensas y el suelo se encuentra desprovisto de una cubierta protectora son más susceptibles de actuar como fuente difusa de contaminación de las aguas, debido a la mayor intensidad de la erosión. Existen metodologías para integrar bases de datos, SIG y los fenómenos de transporte y deposición de los contaminantes en la cuenca. Los resultados pueden integrarse además con modelos de calidad de las aguas superficiales.

Para la elaboración de estudios de vulnerabilidad intrínseca de un acuífero el uso de un SIG resulta especialmente interesante. Se aplican alguno de los métodos paramétricos de valoración (EPIK ó DRASTIC) cartografiándose los valores determinados en el campo y elaborándose índices de vulnerabilidad. Posteriormente estos índices son evaluados e interpretados. Además de agilizar los cálculos, el empleo de un SIG permite la visualización de los resultados y la generación de cartografía temática, por lo que la inclusión de los resultados en labores de planificación es directa, como puede ser la identificación de áreas especialmente sensibles o la posible ubicación de nuevas actividades en el entorno.

Habrán situaciones en las que haya que modificar estos índices para adecuarlos a situaciones concretas, como en el ejemplo donde se consideraron las direcciones preferentes de las fracturas cuya incidencia sobre la difusión de los contaminantes en el medio es evidente.

Siguiendo esta línea de trabajo, pueden establecerse sistemas para la definición de perímetros de protección de captaciones como parte de una estrategia integral de protección de los recursos subterráneos. A partir de la simulación de los flujos subterráneos y de la modelización del funcionamiento de un acuífero es posible evaluar la evolución de la contaminación de las aguas subterráneas. En el mapa se muestran las direcciones de flujo del agua en el acuífero así como la posible evolución de un penacho contaminante. Una presentación de esta manera permite disponer de forma intuitiva de nociones acerca del sistema bajo estudio, lo que facilita sobremanera las tareas de gestión y planificación de los recursos.

Control de inundaciones En cualquier programa de control de riesgos el factor primordial es la identificación del elemento de riesgo en sí mismo. Cuando se trata del control de inundaciones los estudios convencionales de detalle resultan demasiado costosos, tanto en tiempo como en dinero, por lo que recurrir a la automatización mediante SIG del proceso de identificación de áreas inundables resulta especialmente interesante.

A partir de un MDE se obtiene información relevante de la cuenca, y se conjuga con otras coberturas de especial interés (hidrología, hidráulica, vegetación, usos del suelos, etc.). Cuanto más preciso sea el MDE más acertado será, indudablemente, la definición de estas áreas, por lo que puede optarse por generar el MDE a partir de la topográfica convencional o de información de satélite. Se calculan los niveles de inundación a partir de niveles de descarga, y conjugando estos valores con inventarios de episodios de inundación acaecidos, pueden pulirse imperfecciones y ajustarse las definiciones.

**APENDICE D
DATOS OFICIALES M.A.R.N**

Dirección de Hidrológica y Meteorología
División de Estudio e Investigación
Departamento de Hidrogeología

```
*****
*****
IDENT SITIO/LOCALIDAD PROPIETARIO LATI LONG PROF NE FEC Q COTA DAT
      GMMSS GMMSS PERF INV. msnm COM
*****
*****
```

POZOS ENTRE LAS LATITUD: 1013 - 1016 Y LONGITUD:

6732 - 6736

AR6258062A	LA MORITA II	TURMERO V-727	IAN	101302	673215
15	13	1070			
AR6258182A	LA MORITA II		ACUERUR	101302	673235
100	36	0588 4 437 Q			
AR6258176A	LA MORITA II		JUAN PAZ	101310	673208
100	31	0588 18 440 Q			
AR6258181A	LA MORITA II		VICENTE ABREU	101310	673224
80	36	0588 15 439 Q			
AR6258565A	SAN CARLOS		MAC	101315	673420
66	11	1267 2 433			
AR6258023A	BRISAS DEL LAGO	NS 1266	COMUNIDAD	101317	673650
73	17	0171 18 FL			
AR6258220A	LA MORITA		RAFAEL GUERRERO	101319	673225
110	31	0588 8 437			
AR6258566A	SAN CARLOS		ACUERUR	101320	673430
51	16	15 L			
AR6258193A	LA MORITA II		FLAULIANI ANTONIO	101321	673321
80	44	0588 12 432 Q			
AR6258210A	LA MORITA		ANGELO PINCHIRO	101323	673220
100	36	0588 4 439			
AR6258183A	LA MORITA II		PALMIRI PACCINELLI	101323	673245
100	36	0588 8 435 Q			
AR6258164A	CAMPO ALEGRE		AGUSTIN VIERA	101323	673550
104	10	0588 10 420 QN			
AR6258212A	LA MORITA		C. BERRONI	101324	673226
100	38	0588 8 438			
AR6258211A	LA MORITA		JOSE JACAMARA	101324	673226
100	39	0588 5 439 Q			
AR6258590A	SAN CARLOS		MAC	101325	673430
42	14	10			
AR6258527A	LA MORITA		MARNR	101327	673231
122	30	0888 18 438			

AR6258135N LA MORITA	MARNR	101328 673220
102 0887 438 QN		
AR6258184A LA MORITA II	GIACOMO GEMTOR	101329 673246
104 37 0588 20 435 Q		
AR6258185A LA MORITA II	CIRTO BRILLO	101329 673255
85 40 0588 15 434 Q		
AR6258542A LA MORITA II	SERAVIAM C.A	101329 673316
85 0588 4 432		
AR6258575A LA MORITA	MAC	101330 673325
112 7 73		
AR6258065A LA MORITA V-661		101330 673330
439		
AR6258589A LA PEDRERA	MAC	101330 673330
44 11 14 L		
AR6258003A SN CARLOS CACERIO	ACUERUR	101330 673445
63 15 0368 15 440 FQL		
AR6258073A LA HAMACA ZONA INDUSTRIAL V967	PAPELES MARACAY	101330 673616
21 0670 426		
AR6258186A LA MORITA II	PASCUAL TRAVELLINO	101332 673312
80 40 0588 12 433 QN		
AR6258213A LA MORITA	ORLANDO RIVERO	101333 673238
100 31 0588 437		
AR6258188A LA MORITA II	MANUEL CORREA	101333 673306
83 39 0588 4 433 Q		
AR6258486A LA HAMACA ZONA INDUSTRIAL	PAPELES MARACAY	101333 673632
100 10 0888 60 421		
AR6258214A LA MORITA	JESUS RODRIGUEZ	101337 673235
103 38 0588 15 437		
AR6258543A LA MORITA II		101339 673310
100 31 0588 433		
AR6258232A AV BOLIVAR	INOS	101339 673350
110 39 0588 20 439		
AR6258215A LA MORITA	ANA DE FERNANDEZ	101340 673239
80 46 0588 16 438 Q		
AR6258033A SN CARLOS RIO BLANCO NS 1281	MAC	101340 673411
74 16 1170 22 FL		
AR6258487A LA HAMACA ZONA INDUSTRIAL	PAPELES MARACAY	101340 673617
120 15 0888 60 426		
AR6258485A LA HAMACA ZONA INDUSTRIAL	PAPELES MARACAY	101340 673622
153 40 0888 60 425		
AR6258217A LA MORITA	CARMEN DE CAMPO	101342 673235
80 38 0588 439		
AR6258484A LA HAMACA ZONA INDUSTRIAL	PAPELES MARACAY	101342 673621
154 40 0888 58 426		
AR6258474A ZONA INDUSTRIAL MARACAY	EMBOTELLADORA ARAGUA	101342 673646
130 43 0298 18 421 Q		
AR6258200A LA MORITA	INOS	101343 673214
100 39 0588 20 491		
AR6258595A LA MORITA	MAC	101345 673310
71 8 30		
AR6258596A LA MORITA	MAC	101345 673315
80 9 66		

AR6258568A ZONA INDUSTRIAL 60 12 18 L	JORGE NADJAARD	101345 673615
AR6258488A LA HAMACA ZONA INDUSTRIAL 112 16 0888 60 426	PAPELES MARACAY	101345 673618
AR6258219A LA MORITA 100 46 0588 8 440	TELAR MARACAY	101346 673229
AR6258218A LA MORITA 100 38 0588 15 439	CARMEN DE CAMPO	101346 673235
AR6258202A LA MORITA 100 37 0588 20 438	LUIGI DELUCA	101347 673243
AR6258031A MARACAY HARAS MAMONCITO V-857 68 5 0568 20 445 FL	JUAN VICENTE GOMEZ	101347 673446
AR6258149A LA MORITA PARC 43 90 19 0588 40 440 QN	CARMEN DE CARMONA	101348 673230
AR6258467A SN VICENTE ZONA INDUSTRIAL 420 161 0888 60 425	TEXFIN	101348 673642
AR6258207A LA MORITA 100 35 0588 12 441	JOSE FRANCISCO	101349 673203
AR6258093A LA HAMACA ZONA INDUSTRIAL V952 80 0298 4 440 Q	EMBOTELLADORA ARAGUA	101349 673645
AR6258064A LA MORITA I ADAGRO V-715 50 14 0970 439	MAC ADAGRO	101350 673223
AR6258544A LA MORITA II 100 30 0588 12 435	CONSTRUCTORA TAHO	101350 673303
AR6258597A LA MORITA 80 10 70	MAC	101350 673305
AR6258599A LA MORITA 80 9 70 L	IAN	101350 673510
AR6258201A LA MORITA 80 37 0588 8 438	LUIGI DELUCA	101351 673243
AR6258468A SN VICENTE ZONA INDUSTRIAL 380 131 0888 42 429	TEXFIN CA	101352 673642
AR6258491A SN IGNACIO ZONA INDUSTRIAL 62 31 0888 20 429	HILADA SELEXION	101353 673608
AR6258134N VIA COROPO CALARAGUA 92 0887 40 428 QN	MARNR	101355 673345
AR6258492A SN IGNACIO ZONA INDUSTRIAL 68 33 0888 20 430	HILADA SELEXION	101355 673600
AR6258074A LA HAMACA ZONA INDUSTRIAL V963 135 24 1070 429	SELLOS MAMPA	101355 673611
AR6258072A MARACAY V-1059 174 28 1170 76 L	INOS	101356 673513
AR6258489A SN IGNACIO ZONA INDUSTRIAL 110 39 0888 12 430	HILADA SELEXION	101356 673611
AR6258483A LA HAMACA ZONA INDUSTRIAL 120 45 0888 6 430	FORMULARIO MOORE	101356 673617
AR6258221A LA MORITA 100 46 0588 8 434 Q	VICTOR HERNANDEZ	101357 673310
AR6258012A BARRIO PINNONAL MARACAY V-943 127 24 0374 72 470 QL	INOS	101358 673422
AR6258224A LA MORITA 70 36 0588 3 442	INCE	101359 673205

AR6258490A SN IGNACIO ZONA INDUSTRIAL 60 31 0888 20 431	HILADA SELEXION	101359 673603
AR6258230A AV ARAGUA 110 41 0588 22 441	INOS	101400 673409
AR6258068A STA RITA V-805 61 6 0970 10 419	JESUS MARIA BRITO	101400 673445
AR6258482A LA HAMACA ZONA INDUSTRIAL 120 41 0888 8 431	PAPELES CUBIERTOS	101400 673621
AR6258477A SN VICENTE ZONA INDUSTRIAL 147 40 0888 60 429	HYETH	101400 673632
AR6258469A SN VICENTE ZONA INDUSTRIAL 310 161 0888 36 427	TEXFIN CA	101403 673642
AR6258075A MARACAY V-940 19 0770	FACITEX	101403 673657
AR6258480A LA HAMACA ZONA INDUSTRIAL 105 48 0988 6 431	LILLY	101404 673621
AR6258478A SN VICENTE ZONA INDUSTRIAL 90 24 0988 7 430	HIYETH	101404 673632
AR6258582A SAMAN DE GUERE 70 12 20 L	ACUERUR	101405 673225
AR6258222A LA MORITA 100 46 0588 10 432	INOS	101405 673309
AR6258494A AV ARAGUA 100 52 0888 45 434	MAMPA	101409 673607
AR6258231A VIA TURMERO 436	INOS	101410 673403
AR6258123A LA PROVIDENCIA 60 15 0374 20 Q	LUDIVICO CAMPIOLI	101412 673230
AR6258495A AV ARAGUA 102 52 0888 54 433	MAMPA	101412 673617
AR6258234A AV MARACAY TURMERO 100 37 0588 434	MTC	101413 673316
AR6258496A AV ARAGUA 236 54 0888 38 433	MAMPA	101413 673625
AR6258493A AV ARAGUA 94 49 0888 50 435	MAMPA	101417 673614
AR6258473A SN VICENTE ZONA INDUSTRIAL 130 39 0888 8 432	VASO DIXIE	101417 673633
AR6258497A AV ARAGUA 102 55 0888 70 434	MAMPA	101418 673626
AR6258472A SN VICENTE ZONA INDUSTRIAL 60 31 0988 6 430	BRISTOL MYERS	101418 673639
AR6258009A EL TIERRAL 53 13 0374 12 470 FQL	ACUERUR	101420 673200
AR6258592A SAN MIGUEL 64 15 30 L	LUIS YRAM OCIVO	101420 673610
AR6258191N STA ROSA RAMIRITO 71 0588 436 Q	INOS	101420 673645
AR6258076A ZONA INDUSTRIAL V961 24 0770	PAPELES GUAICAIPURO	101421 673658
AR6258256A CARRETERA PANAMERICANA 120 40 0588 434	INOS	101422 673327

AR6258223A LA MORITA	FRANCISCO MIERI	101424 673245
59 37 0588 2 437		
CA6159189A		101426 673352
AR6258189A MARACAY PARQUE METROPOLITANO	INOS	101426 673350
94 36 0588 12 433 Q		
AR6258102A ASENT CAMP EL TIERRAL V-752	LUIGI MARZETTA	101427 673211
81 11 0374 19 QN		
AR6258564A SEGUROS SOCIALES	MAC	101430 673435
62 34 0466 8		
AR6258254A PARQUE LA FERIA	CONCEJO MUNICIPAL	101432 673341
100 35 0588 5 438		
AR6258029A MARACAY LOS NARANJOS	ACUERUR	101437 673446
0171 L		
AR6258028A MARACAY LOS NARANJOS	ACUERUR	101437 673444
50 0171 L		
AR6258027A MARACAY LOS NARANJOS	ACUERUR	101437 673447
50 0171 L		
CA6159187A		101440 673346
AR6258187A MARACAY PARQUE LA FERIA	INOS	101440 673342
72 38 0588 18 436 QL		
CA6159190A		101440 673448
AR6258190A SN JOSE	INOS	101440 673441
100 19 0588 63 446 QLN		
AR6258570A LA BARRANCA	MAC	101445 673445
66 13 11		
AR6258131A MARACAY AV FUERZAS AEREAS	INOS	101450 673515
104 37 0374 76 L		
AR6258130A MARACAY CONCRETERA LOCK JOIN	INOS	101452 673528
105 41 0374 40 Q		
AR6258129A MARACAY CUARTEL PAEZ	INOS	101458 673516
0374 Q		
AR6258070A MARACAY V-489		101500 673415
AR6258577A OBELISCO	MAC	101500 673430
75 25 15 L		
AR6258128A AV MIRANDA	INOS	101517 673612
114 0374 46 Q		
AR6258278A TUCUPIDO	HDA TUCUPIDO	101518 673203
9 7 0688 6 406 Q		
AR6258545A LA MORITA	AMERICO VELBISO	101518 673233
100 38 0588 6 437		
AR6258136N BASE AEREA ARAGUA	MARNR	101521 673520
100 0887 450 QN		
AR6258018A EST DE BOMBEO LAS DELICIAS 1	INOS	101530 673542
0374 50 477 Q		
AR6258346A URB BASE ARAGUA	INOS	101533 673517
100 56 0788 12 452		
AR6258071A SN JACINTO DPTO GENERAL V-490	MINIST DE LA DEFENSA	101534 673348
70 8 0870 20 450 L		
AR6258267A TUCUPIDO EL CEMENTERIO	HDA TUCUPIDO	101538 673244
60 33 0388 7 442		
AR6258273A TUCUPIDO	HDA TUCUPIDO	101538 673244
60 32 0388 9 441		

AR6258233A AV BOLIVAR 110 35 0588 5 439	INOS	101539 673350
AR6258272A TUCUPIDO LA CANDELARIA 0388 444	HDA TUCUPIDO	101545 673233
AR6258091A LAS DELICIAS V-995 140 43 0570 30 455 L	INOS	101547 673517
AR6258274A TUCUPIDO 70 30 0388 40 443	HDA TUCUPIDO	101548 673200
AR6258090A MARACAY V-584 138 23 77	INOS NS 7	101549 673650
AR6258095A TUCUPIDO V-476 60 8 1167 18 FL	IAN	101550 673200
AR6258271A TUCUPIDO LA CANDELARIA 120 34 0388 444	HDA TUCUPIDO	101550 673228
AR6258275A TUCUPIDO 70 20 0688 6 445	HDA TUCUPIDO	101553 673210
AR6258276A TUCUPIDO 70 38 0688 16 444	HDA TUCUPIDO	101555 673218
AR6258265A SN JACINTO 120 31 0588 443	GJA MILITAR	101557 673250
AR6258355A AV LAS DELICIAS 110 51 0788 12 456	INOS	101600 673512
AR6258470A SN VICENTE ZONA INDUSTRIAL 120 29 0888 10 427	TEXFIN	101602 673639
AR6258264A SN JACINTO 130 30 0588 443	GJA MILITAR	101603 673202
AR6258270A TUCUPIDO LA CANDELARIA 80 49 0388 55 446	HDA TUCUPIDO	101603 673220
AR6258269A TUCUPIDO LA CANDELARIA 60 41 0388 27 450	HDA TUCUPIDO	101603 673229
AR6258032A MARACAY LA CUESTA NS 1252 96 41 0171 9 FL	CASA ITALIA	101607 673453
AR6258268A TUCUPIDO EL CEMENTERIO 80 36 0388 38 445 L	HDA TUCUPIDO	101609 673239
AR6258266A LA CANDELARIA 70 31 0688 49 449	HDA TUCUPIDO	101611 673206
AR6258010A TUCUPIDO HDA TUCUPIDO 24 1070 105 454 Q	GUSTAVO WOLLMER	101616 673218
AR6258084A EL LIMON 56 15 0170 16 444 LN	INOS	101621 673643
AR6258262A SN JACINTO GRANJA MILITAR 110 31 0588 449	GJA MILITAR	101622 673255
AR6258331A EL LIMON 130 31 0788 12 445	UCV	101626 673645
AR6258332A EL LIMON 120 33 0786 10 557	UCV	101627 673626
AR6258348A MARACAY 100 57 0788 4 467	MSAS	101628 673450
AR6258333A EL LIMON 120 39 0788 8 449	UCV	101628 673631
AR6258261A SN JACINTO 93 43 0588 40 465	GJA MILITAR	101632 673232

AR6258087A GJA LA PLACERA V-497 27 1070 19 455 N	MINIST DE LA DEFENSA	101632 673240
AR6258104A EXP UCV FACU DE AGRONOMIA V500 0374 Q	FAC AGRONOM UCV	101635 673658
AR6258260A SN JACINTO 0588 50 465	GJA MILITAR	101643 673207
AR6258334A EL LIMON 110 39 0788 8 453	UCV	101644 673628
AR6258352A VIA LAS DELICIAS 142 67 0788 10 472	HOTEL MARACAY	101645 673440
AR6258338A EL LIMON 120 37 0788 8 452	UCV	101645 673607
AR6258146A EL LIMON FAC DE AGRONOMIA 100 QLN	UCV V-575	101645 673628
AR6258195A LAS DELICIAS 100 29 0263 10 431 QLN	INOS	101648 673423
AR6258259A SN JACINTO 110 43 0588 80 467 Q	GJA MILITAR	101650 673215
AR6258119A CAPUCHINO NORTE NS 1 82 20 0374 28 QL	MAC	101652 673650
AR6258101A HOTEL MARACAY NS1082 120 40 0266 20 450 FL	MINIST DE FOMENTO	101655 673427
AR6258353A AV LAS DELICIAS 130 60 0788 10 474	COUNTRY CLUB MARACAY	101655 673435
AR6258336A EL LIMON 110 33 0788 6 459	UCV	101656 673606
AR6258335A EL LIMON 110 39 0788 6 452	UCV	101656 673628
AR6258258A SN JACINTO 105 39 0588 57 472	GJA MILITAR	101658 673218
AR6258325A EL LIMON 120 33 0788 6 451	MAC CENIAP	101659 673646

**INFORMACION COMPLEMENTARIA QUE POSSE: F=FILTROS Q=QUIMICA
L=LITOLOGIA N=NIVELES**

Identificación: AR6258023A Lat.: 101317 Lon: 673650 Hoja: 6646
Prof. Per...: 73.0 Prof. Entu.: 73.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	40.00	40.00	GRAVA
40.00	50.00	10.00	ARENA
50.00	73.00	23.00	GRAVA

Identificación: AR6258566A Lat.: 101320 Lon: 673430 Hoja: 6646
Prof. Per...: 51.0 Prof. Entu.: 51.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.50	0.50	CAPA VEGETAL
0.50	7.00	6.50	ARCILLA

7.00	10.00	3.00	ARENA
10.00	12.00	2.00	ARCILLA
12.00	16.00	4.00	ARENA
16.00	22.00	6.00	ARCILLA
22.00	32.00	10.00	ARENA
32.00	38.00	6.00	ARCILLA
38.00	40.00	2.00	ARENA
40.00	46.00	6.00	ARCILLA
46.00	51.00	5.00	ARENA

Identificación: AR6258589A Lat.: 101330 Lon: 673330 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 44.0 Prof. Entu.: 44.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.50	0.50	CAPA VEGETAL
0.50	2.00	1.50	ARENA
2.00	12.00	10.00	PIEDRA
12.00	44.00	32.00	PIEDRA Y GRANZON

Identificación: AR6258003A Lat.: 101330 Lon: 673445 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 70.0 Prof. Entu.: 62.9 Cota: 440.00

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	21.00	21.00	ARCILLA
21.00	25.00	4.00	ARCILLA ARENOSA
25.00	28.00	3.00	ARCILLA
28.00	32.00	4.00	ARENA MEDIA
32.00	52.00	20.00	ARCILLA
52.00	55.00	3.00	ARENA MEDIA
55.00	60.00	5.00	ARCILLA
60.00	62.00	2.00	ARENA MEDIA
62.00	70.00	8.00	ARCILLA

Identificación: AR6258033A Lat.: 101340 Lon: 673411 Hoja: 6646
 Prof. Perf.: 74.0 Prof. Entu.: 74.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.50	0.50	CAPA VEGETAL
0.50	12.00	11.50	ARCILLA
12.00	20.00	8.00	GRAVA Y ARCILLA
20.00	50.00	30.00	GRAVA
50.00	60.00	10.00	GRAVA Y ARCILLA
60.00	74.00	14.00	GRAVA

Identificación: AR6258568A Lat.: 101345 Lon: 673615 Hoja: 6646
 Prof. Per.: 60.0 Prof. Entu.: 60.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.20	0.20	CAPA VEGETAL

0.20	1.00	0.80	ARENA
1.00	10.00	9.00	ARCILLA
10.00	18.00	8.00	ARENA
18.00	24.00	6.00	ARCILLA
24.00	60.00	36.00	ARENA ARCILLOSA

Identificación: AR6258031A Lat.: 101347 Lon: 673446 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 68.0 Prof. Entu.: 68.0 Cota: 445.00

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.10	0.10	CAPA VEGETAL
0.10	4.00	3.90	CARACOLILLO
4.00	10.00	6.00	ARCILLA
10.00	27.00	17.00	ARENA
27.00	68.00	41.00	ARENA ARCILLOSA

Identificación: AR6258599A Lat.: 101350 Lon: 673510 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 80.0 Prof. Entu.: 80.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.50	0.50	CAPA VEGETAL
0.50	20.00	19.50	ARCILLA ARENOSA
20.00	30.00	10.00	ARENA GRUESA
30.00	32.00	2.00	ARCILLA
32.00	61.00	29.00	ARENA
61.00	80.00	19.00	ARCILLA ARENOSA

Identificación: AR6258072A Lat.: 101356 Lon: 673513 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 174.0 Prof. Entu.: 174.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	29.00	29.00	ARENA ARCILLOSA
29.00	49.70	20.70	ARCILLA
49.70	127.40	77.70	ARENA FINA
127.40	143.00	15.60	ARCILLA
143.00	158.50	15.50	ARENA ARCILLOSA
158.50	168.80	10.30	LIMO
168.80	174.04	5.24	ARCILLA

Identificación: AR6258012A Lat.: 101358 Lon: 673422 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 127.4 Prof. Entu.: 127.4 Cota: 470.00

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	29.00	29.00	ARENA FINA
29.00	75.60	46.60	ARENA GRUESA
75.60	85.90	10.30	ARENA GRUESA CON ARCILLA
85.90	96.30	10.40	ARENA GRUESA Y FINA
96.30	101.50	5.20	ARENA ARCILLOSA
101.50	122.20	20.70	ARENA GRUESA Y ARCILLOSA

122.20 127.40 5.20 LIMO ARCILLOSA

Identificación: AR6258582A Lat.: 101405 Lon: 673225 Hoja: 6646
Prof. Per....: 70.0 Prof. Entu.: 70.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.50	0.50	CAPA VEGETAL
0.50	9.00	8.50	ARCILLA
9.00	14.00	5.00	GRANZON
14.00	34.00	20.00	POLVILLO Y ARCILLA
34.00	40.00	6.00	GRANZON
40.00	46.00	6.00	ARCILLA
46.00	50.00	4.00	GRANZON
50.00	55.00	5.00	ARCILLA
55.00	58.00	3.00	GRANZON
58.00	70.00	12.00	ARCILLA

Identificación: AR6258009A Lat.: 101420 Lon: 673200 Hoja: 6646
Prof. Per....: 62.7 Prof. Entu.: 52.9 Cota: 470.00

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	1.00	1.00	CAPA VEGETAL
1.00	2.40	1.40	ARENA GRUESA
2.40	9.00	6.60	ARCILLA
9.00	23.00	14.00	ARCILLA ARENOSA
23.00	24.00	1.00	ARENA GRUESA
24.00	27.00	3.00	ARENA FINA
27.00	32.00	5.00	ARCILLA
32.00	39.00	7.00	ARENA GRUESA
39.00	45.00	6.00	ARENA FINA
45.00	51.00	6.00	ARENA GRUESA
51.00	60.00	9.00	ARENA FINA
60.00	63.00	3.00	ARENA GRUESA

Identificación: AR6258592A Lat.: 101420 Lon: 673610 Hoja: 6646
Prof. Per....: 64.0 Prof. Entu.: 64.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	1.00	1.00	CAPA VEGETAL
1.00	15.00	14.00	GRANZON
15.00	30.00	15.00	ARENA
30.00	50.00	20.00	ARCILLA
50.00	64.00	14.00	ARENA

Identificación: AR6258592A Lat.: 101420 Lon: 673610 Hoja: 6646
Prof. Per....: 64.0 Prof. Entu.: 64.0 Cota:

Continuación

0.00	1.00	1.00	CAPA VEGETAL
1.00	15.00	14.00	GRANZON
15.00	30.00	15.00	ARENA
30.00	50.00	20.00	ARCILLA
50.00	64.00	14.00	ARENA

Identificación: AR6258029A Lat.: 101437 Lon: 673447 Hoja: 6646
Prof. Per....: 64.0 Prof. Entu.: Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.50	0.50	CAPA VEGETAL
0.50	41.00	40.50	ARENA GRAVOSA
41.00	64.00	23.00	ARCILLA CON ESQUISTOS

Identificación: AR6258028A Lat.: 101437 Lon: 673447 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 50.0 Prof. Entu.: 50.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	2.00	2.00	ARCILLA ARENOSA
2.00	8.00	6.00	GRAVA
8.00	17.00	9.00	ARCILLA
17.00	22.00	5.00	GRAVA
22.00	26.60	4.60	ARCILLA
26.60	49.00	22.40	ARCILLA GRAVOSA
49.00	50.00	1.00	ROCA

Identificación: AR6258027A Lat.: 101437 Lon: 673447 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 50.0 Prof. Entu.: 50.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	1.75	1.75	LIMO
1.75	8.00	6.25	GRAVA
8.00	12.00	4.00	ARCILLA
12.00	14.00	2.00	GRAVA
14.00	17.00	3.00	GRAVA ARCILLOSA
17.00	22.00	5.00	GRAVA
22.00	49.00	27.00	ARCILLA CON ESQUISTO
49.00	50.00	1.00	ROCA

Identificación: AR6258187A Lat.: 101440 Lon: 673346 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 72.0 Prof. Entu.: 72.0 Cota: 436.00

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.50	0.50	CAPA VEGETAL
0.50	10.00	9.50	ARENA FINA
10.00	50.00	40.00	GRAVA
50.00	65.00	15.00	ARENA GRUESA

Identificación: AR6258190A Lat.: 101440 Lon: 673448 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 250.0 Prof. Entu.: 100.0 Cota: 446.00

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	51.00	51.00	ARENA GRUESA
51.00	71.00	20.00	ARENA GRUESA CON LECHOS DELGADOS DE
71.00	106.00	35.00	ARENA GRUESA
106.00	110.00	4.00	ARCILLA

110.00	130.00	20.00	ARENA Y ARCILLA INTERESTRATIFICADA
130.00	235.00	105.00	LIMOLITA Y ARCILLA
235.00	250.00	15.00	ESQUISTOS

Identificación: AR6258131A Lat.: 101450 Lon: 673515 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 103.6 Prof. Entu.: 103.6 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.90	0.90	CAPA VEGETAL
0.90	12.80	11.90	GRAVA ARCILLOSA
12.80	16.20	3.40	ARENA FINA
16.20	19.80	3.60	ARENA GRUESA
19.80	23.20	3.40	ARCILLA CON ARENA MEDIA
23.20	64.00	40.80	ARENA FINA GRUESA
64.00	79.20	15.20	ARENA MEDIA ARCILLOSA
79.20	102.40	23.20	ARENA
102.40	107.00	4.60	ARENA FINA ARCILLOSA

Identificación: AR6258577A Lat.: 101500 Lon: 673430 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 75.0 Prof. Entu.: 75.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.50	0.50	CAPA VEGETAL
0.50	6.00	5.50	ARENA
6.00	14.00	8.00	ARCILLA
14.00	20.00	6.00	ARENA
20.00	28.00	8.00	GRANZON
28.00	50.00	22.00	ARCILLA
50.00	60.00	10.00	GRANZON
60.00	75.00	15.00	ARCILLA

Identificación: AR6258071A Lat.: 101534 Lon: 673348 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 128.0 Prof. Entu.: 70.0 Cota: 450.00

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	12.20	12.20	ARENA GRUESA
12.20	50.20	38.00	ARENA
50.20	51.80	1.60	ARCILLA
51.80	85.30	33.50	ARENA
85.30	128.00	42.70	ARENA ARCILLOSA

Identificación: AR6258091A Lat.: 101547 Lon: 673517 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 140.1 Prof. Entu.: 140.1 Cota: 455.02

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	13.40	13.40	ARENA FINA
13.40	34.10	20.70	ARENA
34.10	44.50	10.40	GRAVA

44.50	91.10	46.60	ARENA
91.10	106.70	15.60	GRAVA
106.70	122.20	15.50	ARENA
122.20	140.20	18.00	LIMO ARCILLOSA

Identificación: AR6258095A Lat.: 101550 Lon: 673200 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 60.0 Prof. Entu.: 60.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	6.00	6.00	ARENA ARCILLOSA
6.00	48.00	42.00	ARCILLA GRAVOSA
48.00	54.00	6.00	PIZARRA, ARCILLA
54.00	60.00	6.00	PIZARRA, ARCILLA Y GRAVA

Identificación: AR6258032A Lat.: 101607 Lon: 673453 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 96.0 Prof. Entu.: 96.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.50	0.50	CAPA VEGETAL
0.50	24.00	23.50	ARENA
24.00	35.00	11.00	ARCILLA ARENOSA
35.00	42.00	7.00	GRANZON
42.00	52.00	10.00	ARCILLA ARENOSA
52.00	58.00	6.00	GRANZON GRUESO
58.00	64.00	6.00	ARCILLA
64.00	68.00	4.00	ARENA
68.00	75.00	7.00	ARCILLA ARENOSA
75.00	81.00	6.00	CANTO RODADO
81.00	88.00	7.00	ARCILLA
88.00	96.00	8.00	ARCILLA-ROCA DURA

Identificación: AR6258268A Lat.: 101609 Lon: 673239 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 80.0 Prof. Entu.: 80.0 Cota: 445.00

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	1.80	1.80	CAPA VEGETAL
1.80	8.50	6.70	ARENA FINA
8.50	34.50	26.00	ARCILLA Y GRAVA
34.50	44.80	10.30	ARENA
44.80	60.40	15.60	ARCILLA ARENOSA
60.40	81.10	20.70	ARENA
81.10	91.40	10.30	ARCILLA

Identificación: AR6258084A Lat.: 101621 Lon: 673643 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 56.3 Prof. Entu.: 56.3 Cota: 443.90

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	18.60	18.60	GRAVA
18.60	39.30	20.70	ARENA FINA

39.30	44.50	5.20	GRAVA ARCILLOSA
44.50	56.38	11.88	ARENA FINA

Identificación: AR6258146A Lat.: 101645 Lon: 673628 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 100.0 Prof. Entu.: 100.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.50	0.50	CAPA VEGETAL
0.50	4.00	3.50	ARCILLA
4.00	12.00	8.00	ARENA FINA
12.00	24.00	12.00	LIMO
24.00	40.00	16.00	GRAVA Y ARCILLA
40.00	50.00	10.00	ARENA
50.00	70.00	20.00	GRAVA Y ARENA
70.00	84.00	14.00	ARCILLA

Identificación: AR6258195A Lat.: 101648 Lon: 673423 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 100.0 Prof. Entu.: 100.0 Cota: 431.00

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	1.00	1.00	CAPA VEGETAL
1.00	14.00	13.00	ARCILLA Y GRAVA
14.00	79.00	65.00	CANTOS RODADOS
79.00	95.00	16.00	ARCILLA Y ARENA
95.00	100.00	5.00	ARCILLA

Identificación: AR6258119A Lat.: 101652 Lon: 673650 Hoja: 6646
 Prof. Per...: 82.0 Prof. Entu.: 82.0 Cota:

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.20	0.20	CAPA VEGETAL
0.20	6.00	5.80	ARCILLA CON ARENA FINA
6.00	17.00	11.00	ARENA FINA CON ARCILLA
17.00	19.50	2.50	ARCILLA AMARILLA
19.50	25.00	5.50	ARENA GRUESA CON ARENA FINA
25.00	26.50	1.50	ARCILLA
26.50	30.70	4.20	ARENA GRUESA CON ARENA FINA
30.70	32.00	1.30	ARCILLA
32.00	34.50	2.50	ARENA GRUESA CON ARENA FINA
34.50	36.00	1.50	ARCILLA
36.00	38.80	2.80	ARENA GRUESA CON ARENA FINA
38.80	39.40	0.60	ARCILLA CON ARENA FINA
39.40	42.60	3.20	ARENA GRUESA CON ARENA FINA
42.60	43.40	0.80	ARCILLA CON ARENA FINA
43.40	49.00	5.60	GRAVA FINA CON ARENA GRUESA Y FINA
49.00	50.00	1.00	ARCILLA CON ARENA GRUESA
50.00	52.00	2.00	GRAVA GRUESA CON ARENA GRUESA Y FINA
52.00	53.20	1.20	ARCILLA CON ARENA GRUESA
53.20	59.80	6.60	GRAVA GRUESA CON ARENA GRUESA Y FINA
59.80	61.20	1.40	ARCILLA GRIS

61.20	67.00	5.80	GRAVA GRUESA CON ARENA GRUESA Y FINA
67.00	68.20	1.20	ARCILLA GRIS
68.20	71.20	3.00	GRAVA GRUESA CON ARENA GRUESA Y FINA
71.20	73.00	1.80	ARCILLA GRIS CON ARENA GRUESA
73.00	75.00	2.00	GRAVA CON ARENA GRUESA
75.00	76.00	1.00	ARCILLA GRIS
76.00	79.00	3.00	ARENA GRUESA CON ARCILLA GRIS
79.00	81.00	2.00	ARENA GRUESA CON ARENA FINA
81.00	82.50	1.50	BASAMENTO

Identificación: AR6258101A Lat.: 101655 Lon: 673427 Hoja: 6646
 Prof. Per....: 120.0 Prof. Entu.: 120.0 Cota: 450.00

Desde	Hasta	Espesor	Descripción Litológica
0.00	0.20	0.20	CAPA VEGETAL
0.00	0.20	0.20	CAPA VEGETAL
0.20	4.00	3.80	ARENA FINA CON POCA ARCILLA
0.20	4.00	3.80	ARENA FINA CON POCA ARCILLA
4.00	5.20	1.20	ARCILLA
4.00	5.20	1.20	ARCILLA
5.20	8.00	2.80	ARENA FINA A GRUESA
5.20	8.00	2.80	ARENA FINA A GRUESA
8.00	9.50	1.50	ARCILLA
8.00	9.50	1.50	ARCILLA
9.50	12.00	2.50	ARENA FINA A GRUESA
9.50	12.00	2.50	ARENA FINA A GRUESA
12.00	13.25	1.25	ARCILLA
12.00	13.25	1.25	ARCILLA
13.25	19.00	5.75	ARENA FINA A GRUESA
13.25	19.00	5.75	ARENA FINA A GRUESA
19.00	21.00	2.00	ARCILLA
19.00	21.00	2.00	ARCILLA
21.00	22.00	1.00	ARENA FINA
21.00	22.00	1.00	ARENA FINA
22.00	25.50	3.50	ARENA FINA CON ARCILLA
22.00	25.50	3.50	ARENA FINA CON ARCILLA
25.50	27.00	1.50	ARENA FINA
25.50	27.00	1.50	ARENA FINA
27.00	28.75	1.75	ARCILLA
27.00	28.75	1.75	ARCILLA
28.75	33.00	4.25	ARENA FINA AMARILLENTO
28.75	33.00	4.25	ARENA FINA AMARILLENTO
33.00	37.00	4.00	ARCILLA GRIS
33.00	37.00	4.00	ARCILLA GRIS
37.00	39.00	2.00	ARENA FINA
37.00	39.00	2.00	ARENA FINA
39.00	40.50	1.50	ARCILLA
39.00	40.50	1.50	ARCILLA
40.50	44.00	3.50	ARENA FINA Y GRUESA
40.50	44.00	3.50	ARENA FINA Y GRUESA
44.00	45.20	1.20	ARCILLA
44.00	45.20	1.20	ARCILLA

45.20	47.50	2.30	ARENA FINA Y GRUESA
45.20	47.50	2.30	ARENA FINA Y GRUESA
47.50	48.50	1.00	ARCILLA
47.50	48.50	1.00	ARCILLA
48.50	51.10	2.60	ARENA
48.50	51.10	2.60	ARENA
51.10	52.50	1.40	ARCILLA
51.10	52.50	1.40	ARCILLA
52.50	56.00	3.50	ARENA GRUESA Y FINA
52.50	56.00	3.50	ARENA GRUESA Y FINA
56.00	57.00	1.00	ARCILLA
56.00	57.00	1.00	ARCILLA
57.00	61.00	4.00	ARENA GRUESA Y FINA
57.00	61.00	4.00	ARENA GRUESA Y FINA
61.00	63.50	2.50	ARCILLA GRIS
61.00	63.50	2.50	ARCILLA GRIS
63.50	72.50	9.00	ARENA GEUESA Y FINA
63.50	72.50	9.00	ARENA GEUESA Y FINA
72.50	74.00	1.50	ARCILLA GRIS
72.50	74.00	1.50	ARCILLA GRIS
74.00	76.50	2.50	ARENA GRUESA Y FINA
74.00	76.50	2.50	ARENA GRUESA Y FINA
76.50	77.50	1.00	ARCILLA
76.50	77.50	1.00	ARCILLA
77.50	79.00	1.50	ARENA FINA
77.50	79.00	1.50	ARENA FINA
79.00	80.00	1.00	ARCILLA
79.00	80.00	1.00	ARCILLA
80.00	85.00	5.00	ARENA GRUESA Y FINA
80.00	85.00	5.00	ARENA GRUESA Y FINA
85.00	86.00	1.00	ARCILLA
86.00	90.00	4.00	ARENA GRUESA CON ARENA FINA
90.00	91.00	1.00	ARCILLA
91.00	94.00	3.00	ARENA FINA CON ARENA GRUESA
94.00	94.60	0.60	ARCILLA
94.60	98.00	3.40	ARENA GRUESA CON ARENA FINA
98.00	100.50	2.50	ARCILLA
100.50	107.50	7.00	ARENA GRUESA CON ARENA FINA
107.50	109.00	1.50	ARCILLA
109.00	117.00	8.00	ARENA GRUESA CON ARENA FINA
117.00	120.00	3.00	ARCILLA GRIS

APENDICE D

GEOESTADÍSTICA

La geoestadística fue desarrollada a principio de los años sesenta, ofreciendo un conjunto de herramientas donde se pueden abordar el análisis de los componentes de variabilidad, varios autores la han definido de diferentes maneras. Matheron, 1962, citado por Samper y Carrera (1990), la define como la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y evolución de los fenómenos naturales, concibiéndola como la aplicación de la teoría de las variables regionalizadas a la estimación de procesos o fenómenos geológicos en el espacio, Journel, (1979), citado por Mora, 1996). La define como la rama de la estadística dedicada al estudio de los fenómenos especialmente distribuidos

Aplicaciones principales

- Estimar espacialmente los parámetros hidrogeológicos

La estimación espacial de parámetros hidrogeológicos a partir de un conjunto de valores medidos en forma puntual. La innovación de la geoestadística en este caso, es que permite obtener no sólo la estimación sino también una medida de la incertidumbre de dicha estimación.

- Proporcionar las medidas sobre la incertidumbre

Al proporcionar las medidas sobre la incertidumbre de la estimación, la geoestadística constituye una poderosa herramienta para la selección de puntos de muestreo de forma tal que minimice esa incertidumbre de estimación (Ben - Jemaa et al, 1994, citado por Miyashiro, 1996).

Conceptos básicos de geoestadística

- *Variable Regionalizada.*

El término propuesto por Matheron para considerar un fenómeno que se desarrolla tanto en el espacio y/o en el tiempo y manifiesta una cierta estructura (Mora, 1996)., Miyashiro (1996) la define como una variable distribuida en el espacio; utilizada para representar un fenómeno natural.

Desde el punto de vista matemático, una variable regionalizada es simplemente una función aleatoria Según Mora, (1996), citado por umbria (2001) las variables medidas en dos

puntos separados por una distancia h , están correlacionadas; y bajo la hipótesis de estacionalidad el grado de dependencia o autocorrelación de éstas, es sólo función de las características propias de la variable considerada, del módulo y dirección del vector h que separa los dos puntos, pero no de la localización específica de ambos puntos ni del valor medidos en ellos

Según Samper (1994), una función aleatoria se caracteriza porque se puede concebir como la suma de una componente estructurada y otra aparentemente errática o aleatoria. La componente estructurada es la que permite asegurar que, si en una zona se dispone de varias medidas con valores altos, lo más probable es que en otros puntos de medidas adicionales a los valores también sean altos. La componente aleatoria sin embargo, impide predecir con exactitud el valor de dichas hipotéticas medidas (Samper, 1994).

Objeto de la teoría de las variables regionalizadas es establecer las bases teóricas que permiten tomar en cuenta las características estructurales de los fenómenos naturales, y proporcionar los medios prácticos para resolver los diversos problemas de estimación espacial de parámetros que se presentan a partir de una muestra fragmentada.

• *Función Aleatoria.*

Según Miyashiro, (1996) una función aleatoria es un conjunto de variables aleatorias, $Z(x)$, donde x es la ubicación que pertenece al área investigada, cuya dependencia de uno con respecto al otro se especifica por unos mecanismos probabilísticos

La función aleatoria expresa el aspecto aleatorio y estructural de un fenómeno natural de la manera siguiente:

Localmente, el valor puntual $Z(x_i)$ se considera como una variable aleatoria Este valor puntual $Z(X_i)$ es también una función aleatoria en el sentido, de que por cada par de puntos X_i y $X_i + h$, las variables aleatorias correspondientes X_i y $X(i + h)$, no son independientes pero se relacionan por una correlación que expresa la estructura espacial del fenómeno.

La variable regionalizada representa al fenómeno, (el conjunto de todos sus posibles valores distribuidos en el espacio), considerada como una realización particular de la función aleatoria construida sobre este fenómeno (el conjunto de una infinidad de variables aleatorias que representan los valores del fenómeno en cada punto del espacio)

Medidas de variabilidad espacial

• *El semivariograma*

La formalización de la teoría de las variables regionalizadas se hace mediante el semivariograma o simplemente variograma, el cual puede considerarse como una función

modificada de la función de autocorrelación de la teoría de las funciones aleatorias.

El variograma es una función aleatoria intrínseca y por definición:

$$\gamma(x+h, x) = \gamma(h) = \frac{1}{2} \text{var}[Z(x+h) - Z(x)] \quad (\text{A.1})$$

Por otro lado, debido a que se ha supuesto que $E[Z(x+h) - Z(x)] = 0$, se puede escribir igualmente que:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[(Z(x+h) - Z(x))^2] \quad (\text{A.2})$$

- **Justificación del semivariograma.**

Podría decirse que el semivariograma es repetitivo y redundante, ya que mide la variabilidad espacial de un fenómeno de la misma forma en que lo hace la función de covarianza, la cual es más conocida. Efectivamente, cuando la función aleatoria es estacionaria, la relación entre el semivariograma y la función de covarianza es directa.

La covarianza de X y Y es una medida de la variabilidad conjunta de X y de Y. De ésta forma, la covarianza es una medida de asociación entre los valores de X y de Y y sus respectivas dispersiones. La covarianza es cero (0) si X y Y son independientes.

$$C(X, Y) = E\{(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)\} \quad (\text{A.3})$$

- **Utilidad del variograma:**

Cuando la media varía lentamente de forma que en una escala local se puede suponer constante, el semivariograma es independiente del valor local de dicha media mientras que la autocovarianza requiere de su estimación, lo que introduce un sesgo en la función de estimación de la función de la autocovarianza. Bajo esta premisa $\gamma(h)$ es un estadístico más conveniente en aquellas funciones cuya media varía lentamente.

En el caso de funciones no acotadas con varianzas infinitas, no estacionarias, la covarianza no está definida en el origen mientras que el semivariograma sí lo está. En la práctica, cuando la varianza es grande, $C(h)$ suele tomar valores grandes estando mal definida en el origen. El semivariograma, por el contrario, presenta un mejor comportamiento para los mismos datos.

Otro aspecto importante es que aunque la covarianza y la correlación son estadísticos útiles para describir el grado de correlación entre dos variables, estos estadísticos no tienen el mismo valor si se calculan en la dirección opuesta (-h) en un diagrama de correlación cruzada, en cambio la varianza sí lo es. (Issaks y Siravastra, 1989). Es decir si u y v son dos variables cualquiera

$$C(h)_{uv} = C(-h)_{uv} \quad (A.4)$$

$$\rho(h)_{uv} = \rho(-h)_{uv} \quad (A.5)$$

$$\gamma(h)_{uv} = \gamma(-h)_{uv} \quad (A.6)$$

y
en cambio:

donde $C(h)$ es la covarianza, $\rho(h)$ la correlación y $\gamma(h)$ la varianza.

Por estos motivos en geoestadística se trabaja más frecuentemente con el semivariograma que con la función de covarianza. Sin embargo, las ecuaciones de kriging, como se verá más adelante, pueden definirse con cualquiera de las dos funciones.

Otra función utilizada para definir la estructura de correlación aleatoria es el correlograma $\rho(h)$ definido como el cociente entre la varianza y la covarianza mediante la siguiente expresión:

$$\rho(h) = \frac{C(h)}{C(0)} = 1 - \frac{\gamma(h)}{C(0)} \quad (A.7)$$

donde $C(0)$ es la autocovarianza.

• *Kriging*

Si bien el estudio de los variogramas aporta datos relativos al comportamiento de una variable (continuidad, ciclicidad), es por la técnica de estimación denominada kriging en honor a D. Krige que la Geoestadística ha despertado un mayor interés, no solo en hidrología subterránea, sino también en otros campos.

El objetivo del kriging es encontrar la mejor estimación o predicción lineal posible de una variable a partir de la información disponible, valores muestrales y relaciones de dependencia espacial, imponiendo como criterio para ello la ausencia de sesgo y la minimización de la varianza de la estimación.

Lo atractivo del kriging consiste en que no solo se está seguro de obtener la estimación más precisa del valor en un punto cuando los datos siguen una distribución de probabilidad normal, sino que simultáneamente permite determinar la varianza de la estimación y con ello detectar un error sistemático.

APENDICE E

ACTIVIDADES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES AL SUBSUELO

Es importante señalar que aquellas actividades de mayor potencial de generación están asociadas a la utilización o manejo de compuesto de gran toxicidad, persistencia y movilidad en los acuíferos, así como a importantes cargas hidráulicas impuestas como lagunas e irrigación, en el caso de actividades agrícolas. La Tabla 1 muestra un resumen de las actividades potencialmente generadoras de carga contaminante al subsuelo y que pueden afectar los acuíferos

Tabla E1 Resumen de actividades potencialmente generadoras de carga contaminante al subsuelo (Foster & Hirata 1988). Las letras en negrita representan las actividades mas comunes en Latino América.

Actividad	Características de la Carga Contaminante			
	Categoría de Distribución	Principales Tipos de Contaminantes	Relativa Carga Hidráulica	Desvío de Suelo
URBANIZACIÓN				
Saneamiento sin alcantarillado	u/r P-D	n f o	+	*
Fugas de desagües (a)	u P-L	o f n	+	*
Lagunas de oxidación de desagües (a)	u/r P	o f n	++	*
Aplicación desagües al suelo	u/r P-D	n s o f	+	
Descarga desagües al río	u/r P-L	n o f	++	*
Lixiviación de rellenos/botaderos (a)	u/r P	o s h		*
Almacenamiento de combustibles	u/r P-D	o		*
Drenaje por sumideros	u/r P-D	s o	+	*
INDUSTRIAL				
Fugas de tanques/tuberías (b)	u P-D	o h		*
Derrames accidentales	u P-D	o h	+	
Lagunas de efluentes	u P	o h s	++	*
Aplicación de efluentes al suelo	u P-D	o h s	+	
Descarga efluentes al río	u P-L	o h s	++	*
Lixiviación de botaderos	u/r P	o h s		*
Drenaje por sumideros	u/r P	o h	++	*
Precipitaciones aéreas	u/r D	s o		
AGRICOLA				
a. Cultivo del suelo				
con químicos agrícolas	r D	n o		
e irrigación	r D	n o s	+	

con lodos	r D	n o s		
irrigación de aguas residuales	r D	n o s f	+	
b. Cría de ganado / procesos de cosechas				
laguna de efluentes	r P	f o n	++	*
descarga efluentes al suelo	r P-D	n s o f		
descarga efluentes al río	r P-L	o n f	++	*
EXTRACCIÓN DE MINERALES				
Modificación régimen hidráulico	r/u P-D	s h		*
Descarga de agua del drenaje	r/u P-D	h s	++	*
Lagunas de rellaves	r/u P	h s	+	*
Lixiviación de botaderos	r/u P	s h		*

P Puntual	s salinidad
D Difusa	h Metales pesados
L Lineal	n Compuestos nutrientes
r Rural	o Compuestos microorgánicos
u Urbano	f Patógenos fecales

Aunque se considera por la gran complejidad de las actividades potencialmente contaminantes, tendrían que ser estudiadas individualmente, un análisis de los casos de contaminación conocidos permite obtener algunas conclusiones importantes:

a. Una gran cantidad de actividades humanas es potencialmente capaz de generar importantes cargas contaminantes, aunque solamente unas pocas son responsables por la mayoría de los casos de contaminación de las aguas subterráneas.

b. El volumen de sustancias químicas usadas en una actividad no tiene una relación directa con su presencia en los acuíferos. Esto ocurre debido al comportamiento de las mismas en subsuperficie. presenta los compuestos más comúnmente encontrados en acuíferos sobretodo en países de América del Norte y Europa.

c. La intensidad de la contaminación de un acuífero no es una función directa del tamaño de la actividad antrópica. Muchas veces pequeñas actividades, como talleres mecánicos y pequeñas industrias, pueden causar gran impacto en las aguas subterráneas. Las actividades grandes son más fáciles de identificar y localizar, manipulan los compuestos químicos de forma más controlada, lo que no ocurre con las pequeñas actividades, que muchas veces actúan clandestinamente, sin registros comerciales ni fiscalización de entidades de control ambiental y de salud pública.

d. En zonas urbanizadas, las pequeñas actividades son responsables por la mayoría de los casos de contaminación. Por la economía poco estable de los países en desarrollo es común la abertura y cierre de muchas actividades en pocos años. Esto dificulta la identificación de la actividad y también su acompañamiento. Se tiene conocimiento de muchas áreas industriales abandonadas que generaron contaminación a los acuíferos. La situación agravante en muchos casos es que esas áreas acaban teniendo otros usos, muchas veces incompatibles con el grado de contaminación existente en el suelo.

e. Pequeñas cantidades de compuestos químicos pueden generar grandes plumas de contaminación, sobretodo cuando el acuífero impactado presenta gran velocidad de circulación de agua y los compuestos son muy tóxicos, como los hidrocarburos halogenados (Mackey & Cherry 1989).

Es posible, entonces, percibir que algunas actividades antrópicas, asociadas a ciertos tipos de contaminantes, tendrán mayor probabilidad de contaminar un acuífero. De esta forma, un inventario y una clasificación de fuentes de contaminación específica es un paso fundamental para la implementación de un programa de protección de las aguas subterráneas, sobretodo porque son las cargas contaminantes las que determinan si existirá o no una contaminación.

EL INVENTARIO DE FUENTES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES

El inventario es una actividad que comprende la identificación, localización espacial, período de funcionamiento y la caracterización de las prácticas utilizadas, de forma sistemática (WHO 1982).

Una de las mayores dificultades en un inventariado es la obtención de la información. En muchos casos, una gran parte de los datos esta concentrada en organismos del gobierno, empresas estatales y privadas. Estudios anteriores, realizados con otros fines, son también importantes fuentes de información, así como los directorios telefónicos (incluyendo las páginas amarillas) y los registros de asociaciones y juntas comerciales de la ciudad. Fotografías aéreas antiguas o imágenes de satélite de gran escala pueden facilitar el mapeo del uso y ocupación del suelo, inclusive desde una perspectiva histórica.

LAS LIMITACIONES PRÁCTICAS

Desde un punto de vista teórico, es necesario establecer cuatro características semi-independientes de la carga contaminante para cada actividad antrópica (Foster & Hirata 1988):

- a. La clase de contaminante, definida por la tendencia a la degradación o transformación *in situ* de cada sustancia involucrada y por su retardamiento con relación al flujo de agua subterránea
- b. La intensidad de la contaminación, definida por la concentración relativa de cada contaminante involucrado de acuerdo con los valores recomendados por la OMS para la calidad de agua potable y por la proporción en área de la zona de recarga del acuífero, afectada
- c. El modo de disposición en el subsuelo, definido por la carga hidráulica asociada al contaminante y por la profundidad bajo superficie a que el efluente es descargado
- d. El tiempo de aplicación de la carga contaminante, definido por la probabilidad de que el contaminante sea descargado al subsuelo, que puede ser de manera intencional, incidental, o accidental, y por el período durante el cual se aplica la carga.

Dentro de una estrategia de protección de los recursos hídricos subterráneos, sería ideal poseer todas las informaciones mencionadas, sobre todas las actividades potencialmente contaminantes del área de interés. Sería mejor aún, si fuera posible estimar las concentraciones y volúmenes de la carga contaminante que están llegando al suelo. Sin embargo, debido a la gran complejidad y diversidad de las fuentes de contaminación y a la gran densidad de actividades existente, los estudios detallados de todas ellas son impracticables. De esta forma, los datos teóricos idealmente requeridos no deberían perderse de vista ya que pueden constituir la base para futuros estudios detallados de la carga contaminante al subsuelo, que incluyan muestreo de efluentes, inspección de procesos, entre otras.

Frente a esas restricciones, cualquier técnica de inventario y clasificación de fuentes potencialmente contaminantes presentará imperfecciones y limitaciones, pues en la tentativa de abarcar una gran área de estudio, se perderán detalles sobre las actividades. Sin embargo, frente a la imposibilidad de controlar todas las actividades, es necesario un método que identifique aquellas que realmente presenten la mayor potencialidad de generación de cargas, permitiendo establecer prioridades en la gestión de los recursos hídricos.