

6.4.- Síntesis y conclusiones del capítulo

En este capítulo se han analizado los resultados del muestreo de suelos y de la aplicación de métodos electromagnéticos en la zona de estudio.

Con respecto al muestreo de suelos se puede concluir que:

1.- Las muestras consideradas como originales de la zona han proporcionado los valores de fondo de las composiciones de los suelos, ya que claramente poseen contenidos inferiores principalmente de elementos traza, a las muestras consideradas afectadas.

2.- Para la zona de Can Rovira – Can Sabadell se ha escogido como muestra representativa del fondo regional, no afectada por la contaminación, la obtenida en el punto de muestreo número 8 (Can Sabadell) que se encuentra fuera de la influencia de las zonas de relleno y se halla aguas arriba en la línea de flujo principal. Sus resultados muestran que, en lo que respecta a Cu, Ni, Pb, y Zn, sus valores aumentan en profundidades intermedias, comparados con los superficiales y los más profundos. Con respecto al As y al Co los valores se mantienen constantes a distintas profundidades y el Cr disminuye su concentración en profundidad.

3.- Las muestras que se consideran afectadas por la contaminación se encuentran justo encima de una de las zonas de extracción – relleno (Can Simó). Si se comparan sus valores con los que se han escogido como valores representativos del fondo regional se observa un enorme aumento en las concentraciones de los metales pesados (Cu, Ni, Pb y Zn), principalmente en profundidades intermedias. Estos resultados reflejan la influencia de las zonas de extracción–relleno en las composiciones de los suelos. Con respecto al As, Co, y el Cr los valores aumentan muy ligeramente y no existen diferencias significativas con los valores de fondo regionales.

4.- Para la zona de Cal Dimoni las muestras que se han considerado que poseen el valor de fondo regional, fuera de la influencia de las zonas de extracción-relleno, tienen valores de elementos traza poco destacables, en profundidad muestran una tendencia a disminuir.

5.- En el caso de las muestras afectadas por los rellenos y localizadas aguas abajo en la línea de flujo local (piezómetro 6) se observa que la tendencia cambia y los contenidos en elementos traza aumentan, aunque ligeramente, en profundidad principalmente para el Cr, el Zn y el Ni.

6.- Para ambas zonas se observa que en las muestras de suelos localizadas aguas arriba de las líneas de flujo locales se obtienen los valores de fondo. A medida que se avanza, en dirección de la zona de influencia de las zonas de extracción–relleno, aumenta la contaminación como indica el aumento generalizado en los contenidos, principalmente en Ni, Zn, Cu y Pb a profundidades intermedias (entre 0.8 y 1.8 m).

Con respecto a los resultados de las campañas de prospección geofísica se puede concluir que:

7.- La alta correspondencia entre los valores de la conductividad obtenidos por métodos electromagnéticos y los resultados analíticos de las muestras de aguas subterráneas permite determinar los mecanismos de generación de lixiviados de las zonas de extracción-relleno.

8.- El comportamiento de los posibles contaminantes varía en función de la profundidad. El estudio electromagnético de la zona ha permitido observar un aumento de conductividad eléctrica, que es correlacionable con la existencia de interacción tanto con los lixiviados de los residuos como con el estiércol almacenado en el exterior. Existe un primer foco de contaminación superficial, claramente relacionado con el almacenamiento de estiércol, que a nivel geofísico queda representado por los valores positivos que se observan en el mapa de conductividad residual. La contaminación de los lixiviados en profundidad (a menos de 30 m) se manifiesta a nivel regional ya que los valores de la conductividad aumentan hacia el NW. Esta trayectoria es contraria al flujo hidráulico regional, (de NE a SW); por lo que este aumento está claramente relacionado con la trayectoria de los lixiviados producidos por los residuos. Se puede interpretar esta anomalía como producida por las condiciones de explotación del único pozo de riego que existe en la zona.

Capítulo 7

Impacto y propuesta de medidas correctoras

En los apartados anteriores se explica detalladamente el cambio que ha sufrido la zona de estudio respecto de su situación original, se han determinado los valores de fondo para las aguas subterráneas y los suelos y se han comparado con los obtenidos por los análisis en las zonas afectadas. Todo ello ha permitido caracterizar la extensión de la zona contaminada. Por otra parte, por medio de los modelos de transporte conservativo, se han determinado los mecanismos de comportamiento de la pluma de contaminación.

A continuación se muestran los principales impactos en la zona determinados a partir de los resultados obtenidos.

7.1.- Impacto en las aguas subterráneas.

7.1.1.- Impactos primarios o directos

Tal como se observa en los apartados 4.3 y 4.4 las aguas subterráneas han sufrido una modificación importante de sus características originales. Por tanto ha quedado patente el impacto producido por la interacción de los lixiviados generados en las zonas de extracción–relleno con las aguas subterráneas. La tabla 7.1 resume los principales impactos.

El aumento en los valores de conductividad y de pH, y la disminución en los valores del potencial de óxido–reducción, indican un cambio en la composición química de las aguas subterráneas cambian su composición química que se manifiesta con el aumento de las concentraciones de los iones mayores. Esta situación se puede observar claramente en los diagramas de Stiff modificados de las figuras 4.5 y 4.6 y en el anexo A.5.

Tabla 7.1.- Principales parámetros que se ven afectados como consecuencia de la interacción entre lixiviados de las zonas de extracción–relleno y las aguas subterráneas.

Parámetro	Valor original (aguas arriba)	Valores después del impacto (aguas abajo de la zona de extracción - relleno)
Zona de Can Panyella – Can Sabadell		
Conductividad	1900 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Entre 2500 y 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
pH	7,4	De 7,5 a 7,8
Eh	+106 mV	De -70 a -190 mV
Zona de Cal Dimoni		
Conductividad	2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Entre 3500 y 5200 $\mu\text{S}/\text{cm}$
pH	7,2	De 7,3 a 8,3
Eh	50 mV	De -150 a -400 mV

7.1.2.- Impactos secundarios o inducidos

Desde el punto de vista de los impactos inducidos, tanto en la zona de Can Panyella–Can Sabadell como en la de Cal Dimoni, las aguas subterráneas, tradicionalmente utilizadas como aguas de riego, han perdido esta función tal y como se puede observar en las tablas 4.4, 4.5 y 4.6 de las que se deduce que algunos de los elementos traza analizados superan los límites permitidos (ver apartado 4.5.6).

Otro de los impactos inducidos por la contaminación de las aguas subterráneas es el aumento en el nivel freático debido al abandono de las extracciones del acuífero superficial. Ello provoca a su vez que exista una mayor interacción entre los residuos enterrados y el agua subterránea incrementándose la generación de lixiviados. Al mismo tiempo, muchos de los agricultores han optado por explotar los pozos del acuífero profundo, recuperando inicialmente la calidad del agua de riego pero provocando la salinización de este acuífero por la intrusión de agua de mar. Esto se ha corroborado especialmente con los resultados de las campañas de prospección electromagnética en las cercanías de Cal Dimoni.

Por otro lado, ha tenido lugar una disminución en la calidad de los cultivos que ha llevado a la búsqueda de cultivos alternativos. En la zona de estudio se cultivaban preferentemente lechugas, al verse afectadas las aguas subterráneas (utilizadas para el riego), los agricultores han optado de manera preferencial por especies más resistentes como las judías o la alcachofa.

Se ha producido también un efecto sobre las actividades ganaderas y de granja, así se ha observado que en una de las localidades más afectadas (cercana al punto de muestreo 3 en la zona de Can Panyella-Can Sabadell) se ha tenido que abandonar la cría de conejos por la alta mortalidad generada por el consumo de agua subterránea de mala calidad.

7.2.- Impacto en los suelos.

7.2.1.- Impactos primarios o directos

Los suelos han sufrido grandes modificaciones como consecuencia de las actividades de extracción-relleno. Al inicio de las explotaciones los suelos fueron eliminados junto con la vegetación que soportaban, como consecuencia tuvo lugar una importante disminución del área dedicada a los cultivos.

Las excavaciones generaron tanto acumulaciones de material como agujeros que alteraron el drenaje natural. Además, dependiendo de la profundidad de explotación, en muchos de los agujeros se alcanzó el nivel freático, por lo que se formaron pequeñas charcas y lagunas, por ejemplo la laguna de Cal Dimoni.

7.2.2.- Impactos secundarios o inducidos

Los agujeros generados se rellenaron, de manera incontrolada, con residuos sólidos urbanos, industriales y químicos. Estos rellenos entraron en contacto con las aguas del acuífero superficial dando lugar a la generación de lixiviados. De esta manera comienza la alteración de las características de las aguas subterráneas de la zona.

Como cualquier vertedero, estas zonas de vertido incontrolado se convirtieron en focos de emisión de gases, vapores y malos olores a la atmósfera, como producto de la descomposición de la materia orgánica y de la presencia de residuos líquidos de origen diverso. Con ello se generaron situaciones de riesgo de incendios que fueron produciéndose a lo largo de toda la fase de relleno.

En estas zonas también se perdió la fracción ligera del suelo por efecto de la acción combinada de las excavadoras y el viento.

Por último, uno de los impactos más importantes que se generó fue el impacto visual, ya que quedaban las zonas visiblemente alteradas por la presencia de los residuos.

Tal como se explica en las secciones 6.1 y 6.2 las características de los suelos han cambiado respecto a los valores que se han considerado como originales de la zona y principalmente se destaca el aumento en las concentraciones de algunos de los elementos traza entre los que destacan: As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb y Zn.

7.3.- Propuesta de medidas correctoras.

Para descontaminar los suelos existen variedad de técnicas con las que se han realizado numerosos intentos de remediación. Ninguna de ellas es perfecta y muchas veces, para optimizar el esfuerzo de limpieza, se utilizan más de una o combinaciones de las mismas. La complejidad de los suelos y la presencia de múltiples contaminantes también hacen que muchos de los esfuerzos de remediación sean arduos y costosos (Sparks, 1993).

En el caso del presente estudio se considera que se pueden aplicar las siguientes medidas correctoras:

7.3.1.- Métodos “on site”

Son los que se realizan en el mismo lugar contaminado. Los suelos no necesitan ser excavados y por lo tanto las vías de exposición se ven minimizadas.

Aislamiento / Contención

Este método permite que los contaminantes permanezcan en el lugar por medio de la instalación de barreras físicas, tales como las capas de arcilla o paredes de contención para minimizar la migración lateral. En la zona de estudio se pueden aplicar capas de arcilla en superficie para evitar la infiltración del agua de lluvia. En algunas de las zonas de extracción-relleno ya se ha realizado esta medida correctora (ver figura 7.1).

Como medida complementaria es recomendable rodear las zonas de extracción-relleno con zanjas, igualmente impermeabilizadas, que permitan canalizar el agua de lluvia y evitar su infiltración. Con todo esto aún queda por resolver el problema de la subida del nivel piezométrico del acuífero superficial. Una de las soluciones más fácilmente aplicable es explotar los pozos del acuífero superficial para provocar la depresión del nivel piezométrico y así evitar la generación de más lixiviado. El agua así obtenida debería enviarse por el sistema de alcantarillado a la planta de tratamiento de aguas residuales más cercana (actualmente recién inaugurada planta de tratamiento de aguas residuales del Baix Llobregat).

En esta zona los terrenos que no han sido explotados y rellenados continúan utilizándose como área cultivable, además, se emplean un conjunto canales de riego para aprovechar el agua que sale de la estación depuradora de aguas residuales. Este hecho favorece que suba el nivel piezométrico del acuífero superficial. Por lo tanto, para poder confinar la zona contaminante y evitar la generación de más lixiviados se sugiere la impermeabilización de los canales de riego y la utilización preferente para el cultivo de las áreas que se encuentren alejadas de las zonas de extracción-relleno, tanto aguas arriba como aguas abajo de las mismas en función del flujo local. Para evitar génesis de lixiviados también es recomendable cambiar el uso del suelo, es decir, disminuir el área agrícola colindante con las zonas de extracción-relleno y

fomentar otros usos: áreas de servicio, suelo industrial, construcción de naves industriales, etc. En las cercanías de Can Rovira, por ejemplo, se ha instalado una planta de recuperación y reciclaje de residuos.



Figura 7.1.- Zonas de extracción-relleno cubiertas de arcillas para impedir la infiltración del agua de lluvia.

Incorporación de asfalto

En la zona de estudio se puede utilizar asfalto como impermeabilizante y seguir la misma metodología que en el empleo de barreras de arcillas. Con este método, la capa superficial del suelo se puede recoger y colocar en mezcladores con asfalto calentándolos para que se produzca la mezcla que puede ser utilizada posteriormente para pavimentar e impermeabilizar la zona. Este proceso también puede causar la volatilización o la descomposición de algunos de los contaminantes, e incluso que algunos de ellos queden inmovilizados en el asfalto.

Remediación pasiva

Con este método se dejan actuar los procesos naturales que pueden favorecer la descontaminación. La remediación pasiva es simple y económica y sólo requiere la supervisión y el control del lugar. Los factores que favorecen a este tipo de remediación incluyen la biodegradación, adsorción, volatilización, lixiviado, fotólisis, permeabilidad del suelo, profundidad del nivel freático, infiltración y naturaleza del contaminante. De estos factores los que deben controlarse en la zona de estudio, tal como se ha explicado, son principalmente la permeabilidad del suelo, la variación en el nivel freático y la infiltración. Por ello se sugiere que se mantenga un control sobre estos factores y se realicen campañas de muestreo periódico de las aguas subterráneas con el fin de determinar si se continúan generando lixiviados que interaccionen con ellas. En nuestro caso se ha visto claramente que, a pesar de haber pasado más de 20 años desde que se realizaron las extracciones y posterior relleno, aún existe esta interacción lixiviados-aguas subterráneas. Con respecto a la biodegradación se sugiere un cambio en las costumbres agrícolas de las zonas afectadas como por ejemplo: utilizar cultivos fijadores de elementos traza como las plantas de tejido en lugar de hortalizas y verduras.

7.3.2.- Métodos “*off site*”

Aquí se incluye la extracción del suelo contaminado, generalmente por excavación; para proceder al tratamiento en las cercanías del lugar o, posteriormente a su transporte, ser tratado en otro lugar.

La mejor de las soluciones posibles es vaciar el lugar y colocar membranas impermeables, tanto en el fondo como en los laterales. Luego, volver a colocar el material excavado y controlarlo como si se tratase de un vertedero. Como contrapartida se debe considerar que esta solución es muy costosa y difícil de realizar.

Tratamiento de las tierras

Con esta técnica el suelo contaminado se excava y se dispersa sobre otras tierras para que, por medio de los procesos naturales tales como la biodegradación o foto degradación, se pueda descontaminar. El área de tratamiento se prepara gradualmente retirando las piedras y otros detritos y rodeándola de zanjas para disminuir la escorrentía. El pH se ajusta a 7,0 para inmovilizar los metales pesados y para aumentar la actividad y efectividad de los microbios del suelo, añadiendo a su vez los nutrientes para estimular su crecimiento. El suelo contaminado se extiende en el lugar y se mezcla para aumentar el contacto entre los microbios y los contaminantes y promover las condiciones aeróbicas.

Tratamiento térmico

Con el tratamiento térmico el suelo excavado se expone a altas temperaturas utilizando un incinerador, esto permite que los contaminantes se degraden y que los volátiles generados puedan recolectarse y se hagan pasar por un quemador o se recuperen con disolventes. En la zona de estudio se considera un método poco viable.

Solidificación / Estabilización

Esta técnica incluye la adición de compuestos al suelo contaminado para que los contaminantes queden encapsulados. La mezcla se traslada luego a un vertedero. Así, los contaminantes quedan retenidos pero no se destruyen. Este método en general se utiliza para minimizar la contaminación inorgánica pero no se considera el más adecuado para la zona de estudio por el alto coste económico.

Extracción Química

En este tratamiento el suelo excavado se mezcla con disolventes, tensoactivos o una mezcla de ambos para eliminar los contaminantes. Luego la mezcla obtenida se separa del suelo y éste se airea o se lava. La mezcla de disolvente con tensoactivos y contaminantes se filtra eliminando las partículas finas y se trata para separar los

contaminantes. Se debe tener en cuenta que esta técnica no es utilizada habitualmente debido a su elevado coste económico.

Excavación

Con este método el suelo contaminado se separa y se deposita en cualquier otro lugar (por ejemplo en un vertedero). Los vertederos generalmente contienen capas aislantes, tales como las capas de arcilla, que disminuyen la movilidad de los contaminantes, o están localizados en sitios donde la permeabilidad del suelo es baja. Los vertederos ocupan grandes áreas y a menudo representan un peligro. Los costes de la excavación y de la colocación en vertederos son muy altos y además existen problemas legales, de seguridad, se producen malos olores y se pueden generar problemas de escorrentía y contaminación de aguas subterráneas.

Capítulo 8

Conclusiones

La zona de estudio se localiza en el margen derecho del delta del Llobregat a una distancia aproximada de dos kilómetros del cauce del río Llobregat.

La principal actividad en esta zona a lo largo de la historia ha sido la agricultura, hasta que, en la segunda mitad del siglo XX, comenzó el auge de la industria por la proximidad a la ciudad de Barcelona. Coincidiendo con este proceso de industrialización se produce un importante desarrollo de explotaciones a cielo abierto para extracción de áridos para proveer al sector de la construcción.

La zona entre Gavà y Viladecans, se ha escogido como área de estudio porque concentra el mayor número de explotaciones y por su extensión (aprox. de 10 km²). Además esta elección se ha basado en que ha sido el núcleo más importante de extracción de áridos para la construcción. Esta actividad favoreció la génesis de huecos que, después del cierre del vertedero de Montjuïc a finales de la década de los años 70 y principios de los años 80 del siglo pasado, constituyeron el punto de vertido incontrolado principal de toda clase de residuos. Estas actividades de extracción-relleno y las actividades agrícolas han afectado la calidad de las aguas del acuífero superficial libre de la zona. Por ello también ha sido determinante el que exista una elevada densidad de pozos del acuífero superficial para realizar muestreos sistemáticos de las aguas subterráneas.

Desde el punto de vista de los materiales, las zonas de extracción-relleno se han desarrollado principalmente en los sedimentos cuaternarios del delta que se depositaron en una antigua línea de costa. Dichos materiales constituyen el sustrato de la antigua carretera de Barcelona a Valencia, que se construyó aprovechando la zona de dunas topográficamente más elevadas. El acuífero libre superficial, constituido por los materiales de transición, posee una gran homogeneidad composicional: arenas de grano fino en la parte central, de grano grueso en las zonas marginales, en algunos puntos están presentes las gravas y la parte central está cubierta por intercalaciones de arcillas y limos generados por desbordamientos periódicos del río y que pueden hacer de nivel confinante local.

Este acuífero es el menos caracterizado del delta, debido a que principalmente se ha estudiado el acuífero inferior o profundo. Las principales características del acuífero superficial son:

- Espesor medio muy uniforme, de aproximadamente 10 m y con valor máximo de 20 m y mínimo de 5 m.
- Sus valores de transmisividad varían entre 500 m²/día en la parte central del delta, a 2.000 – 3.000 m²/día en los márgenes.
- La porosidad media es de 0,15 y el coeficiente de almacenamiento de 10⁻³.

Se ha realizado el muestreo sistemático de las aguas del acuífero superficial desde el verano de 1996 al verano de 1998 (4 campañas) para la zona de Can Rovira-Can Sabadell, y desde el verano de 1997 al verano de 1999 (5 campañas) para la zona de Cal Dimoni.

No se ha observado una correlación significativa entre los períodos lluviosos y efectos de dilución en las composiciones de las muestras al analizar los datos de precipitación coincidentes con las campañas de muestreo. Si se ha observado efectos de concentración como consecuencia de la generación de lixiviados por la subida del nivel freático.

El quimismo de las aguas subterráneas originales para la zona de Can Panyella-Can Sabadell presenta un cambio composicional significativo con respecto a las muestras consideradas contaminadas, estas alteraciones corresponden a la interacción entre las aguas subterráneas y los lixiviados generados en las zonas de extracción-relleno y se caracterizan por:

- Aumento en los valores de conductividad.
- Los iones dominantes pasan a ser el Na⁺ y el Cl⁻.
- El pH se acidifica.
- Los valores del potencial de óxido-reducción son muy variables, indicando variaciones en el estado de equilibrio de las aguas, aunque dominan los valores negativos aguas abajo de las zonas de extracción relleno.
- Aumento significativo en las concentraciones de As, B, Cd, Fe, Mn, Mo, Pb y Se, que superan los valores máximos permitidos para aguas de riego e incluso los de aguas de utilidad pública, con el riesgo que ello comporta para la salud.

Para la zona de Cal Dimoni, las variaciones en la composición de las aguas subterráneas se manifiestan por:

- Aumento de los valores de conductividad.
- Los iones dominantes pasan a ser el Na^+ y el Cl^- .
- El pH es muy variable con valores principalmente básicos.
- Los valores del potencial de óxido-reducción son muy variables, indicando variaciones en el estado de equilibrio de las aguas, en este caso también dominan los valores negativos aguas abajo de las zonas de extracción relleno.
- Aumento en las concentraciones de B, P, Fe, Mn y Pb.

Se puede descartar la influencia de la intrusión salina por la posición alejada de la línea de costa y porque existe una interacción entre lixiviados y aguas subterráneas que se deduce por la presencia de procesos de precipitación-disolución de calcita o reducción de sulfatos.

El estudio conjunto de las líneas de flujo y los valores de los índices de saturación de determinados minerales han permitido establecer comparaciones con zonas que han sido afectadas por los lixiviados de vertederos enterrados. La observación del comportamiento del índice de saturación sobre las líneas de flujo da como resultado el cambio de condiciones de saturado a sobresaturado para la calcita y la dolomita y de condiciones principalmente subsaturadas para la siderita, por lo que se puede explicar claramente el aumento de los iones de hierro en disolución y el intercambio de iones dominantes de Ca^{2+} a Na^+ y de SO_4^{2-} a Cl^- .

Con respecto a los análisis de suelos, para la zona de Can Rovira–Can Sabadell se ha escogido como muestra representativa la que se encuentra fuera de la influencia de las zonas de relleno (aguas arriba en la línea de flujo principal). Sus resultados muestran que, respecto a las concentraciones de los metales pesados: Cu, Ni, Pb, y Zn, los valores de las concentraciones aumentan en gran medida, por ello se deduce que existe una influencia en la composición de las aguas subterráneas por su interacción con las zonas rellenadas. Con respecto al As, Co, y el Cr los valores también aumentan ligeramente.

Para la zona de Cal Dimoni también se observa que los elementos traza aumentan en profundidad, principalmente el Cr, el Zn y el Ni, aunque ligeramente.

Para ambas zonas se observa que en las muestras de suelos localizadas aguas arriba de las líneas de flujo locales se obtienen los valores que pueden considerarse como el fondo local. A medida que nos alejamos y seguimos en dirección de la zona de influencia de las zonas de extracción–relleno, aumenta la contaminación como indica el aumento generalizado en los contenidos, principalmente en Ni, Zn, Cu y Pb a profundidades intermedias (entre 0,8 y 1,8 m).

En la zona de Cal Dimoni, en donde se ha hecho una prospección localizada, se observa que en profundidad las conductividades aparentes marcan la tendencia de las aguas a seguir el flujo de bombeo del pozo de riego de la zona.

Existe un primer foco de contaminación superficial, claramente relacionado con el almacenamiento de estiércol, que a nivel geofísico queda representado por los valores positivos que se observan en el mapa de conductividad residual. La contaminación de los lixiviados en profundidad (a menos de 30 m) se manifiesta a nivel regional ya que los valores de la conductividad aumentan hacia el NW. Esta trayectoria es contraria al flujo hidráulico regional, (de NE a SW); por lo que este aumento está claramente relacionado con la trayectoria de los lixiviados producidos por los residuos.

Se destaca la alta coincidencia de las zonas contaminadas tanto por los resultados geoquímicos como por los geofísicos, lo cual ha permitido corroborar y completar la caracterización de las zonas de extracción-relleno y sus efectos sobre las aguas subterráneas. La utilización conjunta de métodos geoquímicos y geofísicos ha permitido la localización de los diferentes focos contaminantes existentes en la zona, así como determinar los mecanismos y direcciones principales de migración de los lixiviados. El uso integrado de estas metodologías permite la optimización de los recursos prospectivos para las labores de remediación de emplazamientos contaminados.

Se han determinado las condiciones de flujo de la zona por medio del uso del modelo LEHGC 2.0 utilizando los parámetros de precipitación, de piezometrías y de las características del acuífero. Esto ha permitido determinar las condiciones en que se encuentran las aguas subterráneas y por consiguiente verificar los datos analíticos que han posibilitado el definir las líneas de flujo principales.

En la zona de estudio, se ha obtenido condiciones de régimen estacionario que son indispensables para modelizar el transporte conservativo utilizando los datos analíticos del ión cloruro. Se ha simulado el comportamiento de la pluma contaminante bajo 3 supuestos diferentes:

- Situación sin influencia de zonas de extracción–relleno. El resultado muestra que para obtener los valores analíticos de las muestras de aguas subterráneas aguas abajo de las zonas de extracción-relleno es necesario un aporte extra en la concentración de cloruro.
- Situación influenciada por zonas de extracción-relleno con composiciones de ión cloruro en relación 3 a 1 respecto las composiciones de las aguas sin alterar. El modelo obtenido aún necesita un aporte extra de este ión para obtener valores semejantes a los analizados aguas abajo en la línea de flujo.
- Situación influenciada por zonas de extracción-relleno con composiciones similares a las de un vertedero. El resultado obtenido es el que mejor se ajusta a la distribución y comportamiento del ión cloruro, utilizado como trazador, obteniéndose valores de concentración del mismo rango que los obtenidos en los datos analíticos.

De las propuestas correctoras, a continuación se destacan las que se consideran más importantes:

- Dejar actuar los procesos naturales que pueden favorecer la descontaminación, es decir, utilizar la remediación pasiva ya que es simple y económica y sólo requiere la supervisión y el control del lugar. Los factores que favorecen a este tipo de remediación incluyen la biodegradación, adsorción, volatilización, lixiviado, fotólisis, permeabilidad del suelo, profundidad del nivel freático, infiltración y naturaleza del contaminante.

- De estos factores los que deben controlarse en la zona de estudio, tal como se ha explicado, son principalmente la permeabilidad del suelo, la variación en el nivel freático y la infiltración.
- Realizar campañas de muestreo periódico de las aguas subterráneas con el fin de determinar si se continúan generando lixiviados que interaccionen con ellas. En nuestro caso se ha visto claramente que, a pesar de haber pasado más de 20 años desde que se realizaron las extracciones y posterior relleno, aún existe esta interacción lixiviados-aguas subterráneas.
- Con respecto a la biodegradación se sugiere un cambio en las costumbres agrícolas de las zonas afectadas como por ejemplo: utilizar cultivos fijadores de elementos traza como las plantas de tejido en lugar de hortalizas y verduras.
- Aplicar capas de arcilla en superficie para evitar la infiltración del agua de lluvia y disminuir la generación de lixiviados.
- Rodear las zonas de extracción-relleno con zanjas impermeabilizadas que permitan canalizar el agua de lluvia y evitar su infiltración.
- Explotar los pozos del acuífero superficial para provocar la depresión del nivel piezométrico. El agua así obtenida debería enviarse por el sistema de alcantarillado a la planta de tratamiento de aguas residuales más cercana (actualmente recién inaugurada planta de tratamiento de aguas residuales del Baix Llobregat).
- Impermeabilización de los canales de riego y la utilización preferente para el cultivo de las áreas que se encuentren alejadas de las zonas de extracción-relleno, tanto aguas arriba como aguas abajo en función del flujo local.
- Cambiar el uso del suelo, es decir, disminuir el área agrícola y fomentar otros usos: áreas de servicio, suelo industrial, construcción de naves industriales, etc. En las cercanías de Can Rovira, por ejemplo, se ha instalado una planta de recuperación y reciclaje de residuos.

9.- Bibliografía

- Adarve, M.J. y Rebollo, L.F. 1993. Incidencia ambiental de un vertedero sellado de residuos sólidos localizado en Móstoles (Madrid) sobre la composición natural de las aguas subterráneas. *Geogaceta*. 13. 3-6.
- Almera, J. 1891. Mapa geológico-topográfico de la provincia de Barcelona. Región I o de contornos de la capital. Esc. 1:40.000. 1ª ed. Barcelona 1891. 2ª ed. Barcelona 1900.
- Anguita, F. 1971. Construcción de un modelo R-C basado en datos del acuífero del delta del Llobregat. primer Congreso Hispano-Luso Americano de geología Económica. Comunicación E 3-4. Madrid-Lisboa
- Appelo, C.A.J. 1985. CAC, computer aided chemistry, or the evaluation of groundwater quality with a geochemical computer model. *H₂O*. 26. 557-562.
- Appelo, C.A.J. y Postma, D. 1996. Geochemistry groundwater and pollution. Balkema. Rotterdam. 536 pp.
- Appelo, C.A.J. y Willemssen, A. 1987. Geochemical calculations and observations on salt water intrusions. I. A combined geochemical/mixing cell model. *J. Hydrol.* 94. 313-330
- Appelo, C.A.J.; Willemssen, A.; Beekman, H.E. y Griffioen, J. 1990. Geochemical calculations and observations on salt water intrusions. II. validation of a geochemical model with laboratory experiments. *J. Hydrol.* 120. 225-250.
- Ayuntamiento de El Prat de Llobregat. 1976. Estudio de la evolución de la salinización del acuífero. Zona del Prat. Autor: José Ferret.

- Ayuntamiento de El Prat de Llobregat. 1980. Informe sobre l'evolució del grau de salinitat de l'aquífer deltàic en el terme d'El Prat. Període: abril1975-abril 1980.
- Azcón, A. y Dolz, J. 1978. Estudio de la recarga artificial mediante pozos en Cornellà-Sant Joan d'Espí. XII Curso Internacional de Hidrología Subterránea. Barcelona.
- Baedecker, M.J. y Back, W. 1979. Hydrogeological processes and chemical reactions at a landfill. *Ground Water*. 17. 429-437.
- Ball, J.W.; Jenne, E.A. y Cantrell, M.W. 1981. WATEQ3 – A geochemical model with uranium added: U.S. Geol. Surv. Open-File. Report 81-1183. 81 pp.
- Ball, J.W.; Jenne, E.A. y Nordstrom, D.K. 1979. Additional and Revised Thermochemical Data and Computer Code for WATEQ2 – A Computerized Chemical Model for Trace and Mayor Element Speciation and Mineral Equilibria of Natural Waters. U.S. Geol. Surv. Water Res. Invest. 78-116. 109 pp.
- Ball, J.W.; Nordstrom, D.K. y Jenne, E.A. 1980. Additional and revised thermodynamical data and computer code for WATEQ2 - a computerized chemical model for trace and major element speciation and mineral equilibria of natural waters. U.S. Geol. Surv. Water Supply Inv. 78-116.
- Ball, J.W.; Nordstrom, D.K. y Zachmann, D.W. 1987. WATEQ4F – A personal computer FORTRAN translation of the geochemical model WATEQ2 with revised data base. U.S. Geol. Surv. Open-File Report 87-50. 108 pp.
- Boletín Oficial del Estado. Real Decreto 1138/1990. Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público. BOE No. 226. 20/09/1990. 4965-4978 pp.

- Busenberg, Eurybiades, Plummer, L.N. y Parker, V.B. 1984. The solubility of strontianite (SrCO_3) in CO_2 - H_2O solutions between 2 and 91°C, the association constants of SrHCO_3^+ (aq) and SrCO_3^0 (aq) between 5 and 80°C, and an evaluation of the thermodynamic properties of Sr^{2+} (aq) and SrCO_3 (cr) at 25°C and 1 atm total pressure. *Geochim. Cosmochim. Acta.* V. 48. 2021-2035.
- Busquet, E. 1994. Caracterització geofísica de residus emmagatzemats en abocadors il·legals. Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica. Universitat de Barcelona. Tesina de Llicenciatura. 101 pp.
- Cacho, F.; Custodio, E. y Garcia, J.L. 1977. Modeling the aquifers of the Llobregat delta (Barcelona, Spain). General Assembly, Intern. Assoc. Hydrogeologists. Birmingham 1977. Vol. XIII (1): E.12-24.
- Candela, L. 1980. Estudio de las afecciones hidrológicas producidas por contaminación de boro en el acuífero aluvial del sector de “El Rourell” (Gavà, Barcelona). Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Tesina de Licenciatura.
- Candela, L.; Custodio, E y Fernández-Rubio, R. 1980. Contaminación por boro en un área del sector occidental del delta del Llobregat (Barcelona, España). IV Coloquio Internacional sobre las aguas subterráneas. Aciariale. Sicilia. 19 pp.
- Candela, L; Custodio, E. y Fernández-Rubio, R. 1981. Contaminación por boro en un area del sector occidental del delta del Llobregat (Barcelona, España). Jornadas sobre Análisis y Evolución de la Contaminación de las Aguas Subterráneas en España. Barcelona. 331-348.
- Candela, L y Masich, J.M. 1984. Nuevas aportaciones al estudio de la contaminación por boro en un sector del delta del Llobregat. *Tecnología del Agua.* 15. 42-51.

- CIHS. 1989. Estudi Hidrològic de l'àrea propera al canal de rem olímpic (Gavà-Castelldefels). Curso Internacional de Hidrología Subterránea. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona.
- CIHS, Dep. d'Enginyeria del Terreny ETSECCPB. 1991. Estudi de les causes de l'increment de la duresa de l'aigua subterrània a la Vall del Llobregat. SGAB. Barcelona.
- Codina, J. 1971. El delta del Llobregat I Barcelona. Gèneres I formes de vida dels segles XVI al XX. Ariel. Esplugues de Llobregat, Barcelona. 478 pp.
- Corporación Metropolitana de Barcelona (CMB). 1982. Estudio sobre la regulación de las actividades en las márgenes y delta del Llobregat. CMB. Barcelona. 29 pp.
- Cosby, B.J.; Hornberger, G.M.; Galloway, J.N. y Wright, R.F. 1985. Modeling the effects of acid deposition: assessment of a lumped-parameter model of soil water and streamwater chemistry. *Water Resour.* 21. 51-63.
- Cuena, J y Custodio, E. 1971. construction and adjustment of a two layer mathematical model of de Llobregat Delta, Barcelona, Spain. International Association of Scientific Hydrology – UNESCO – WMO – Actas del Simposio sobre modelos Matemáticos en Hidrología. Varsovia, 1971. *Studies and reports in Hydrology.* 15. Vol. II. 959-964.
- Custodio, E. 1967. Etudes hydrogeochimiques dans le delta du Llobregat, Barcelona (Espagne). Int. Assoc. Scientific Hydrology. General Assembly of Bern. Publ. 62. 135-155.
- Custodio, E. 1968. Datación de aguas en el delta del río Llobregat. Documentos de Investigación Hidrológica. Centro de Estudios, Investigación y Aplicaciones del Agua. Barcelona. 205-237.

- Custodio, E. 1981. Sea water encroachment in the Llobregat and Besós areas near Barcelona (Catalonia, Spain). Intruded and Relict Groundwater of Marine Origin. Proc. 7th Salt Water Intrusion Meeting, SWIM-1981. Uppsala. *Sveriges Geologiska Undersökning. Rapporter och Meddelanden*. 27. 120-152.
- Custodio, E. 1982a. Algunos aspectos de la contaminación crómica en las aguas subterráneas en el entorno de Barcelona. Jornadas sobre Análisis y Evolución de la Contaminación de Aguas Subterráneas en España. Barcelona. I. 349-360.
- Custodio, E. 1982b. Model of the aquifer in the Llobregat Delta (Catalonia, Spain). Groundwater Models. Vol. I. Concepts, Problems and Methods of Analysis with Examples of their Application. *Studies and Reports in Hydrology*. 34. UNESCO. 39-51.
- Custodio, E. 1986. Recarga artificial de acuíferos. Servicio Geológico de Obras Públicas. Boletín de Informaciones y estudios. 45. Febrero de 1986. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid. 148 pp.
- Custodio, E. 1991. La interpretación hidrogeoquímica como herramienta de estudio y valoración de sistemas acuíferos: Aspectos metodológicos generales. En: Anguita, F.; Aparicio, I.; Candela, L. y Zurbano, M.F. (Eds.). Hidrogeología. Estado actual y prospectiva. CIMNI, Barcelona. 121-161.
- Custodio, E.; Cacho, F.; Pelaez, M.D. y Garcia, J.L. 1976. Problemática de la intrusión marina en los acuíferos del delta del Llobregat. II Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Barcelona, 1976. Instituto Geofísico y Catastral. Madrid. 2069-2101.
- Custodio, E.; Cuenca, J. y Bayo, A. 1971. Planteamiento, ejecución y utilización de un modelo matemático de dos capas para los acuíferos del delta del río Llobregat (Barcelona). Primer Congreso Hispano-Luso Americano de Geología Económica. Sección 3, Tomo 1, 171-198. Madrid.

- Custodio, E. y Galofré, A. 1979. Cromo, boro y otros contaminantes en el subsuelo del Bajo Llobregat: origen, comportamiento y movimiento. III Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Madrid. Instituto Geográfico Nacional. 1195-1216.
- Custodio, E.; Galofré, A. y Guardiola, J. 1983. Estudio sumario de la contaminación salina del acuífero del Valle Bajo del Llobregat en el entorno de Molins de Rei (Barcelona). III Simposio de Hidrogeología. Madrid. Vol. VIII. 495-508.
- Custodio, E.; Iribar, V.; Manzano, M. y Skupien, E. 1991. Utilización de Isótopos ambientales en el Valle Bajo y delta del Río Llobregat (Barcelona, España) para resolver problemas de flujo y transporte de masa en los acuíferos. International Symposium on the use isotope techniques in water resources development. IAEA. Viena. 212-242.
- Custodio, E.; Isamat, F.J. y Miralles, J.M. 1977. Twenty five years of groundwater recharge in Barcelona (Spain). Artificial Groundwater Recharge. *DVWK Bulletin*. 11. 171-192.
- Custodio, E. y Llamas, M.R. 1983. Hidrología Subterránea. Omega. Barcelona. 2 Vol. 2350 pp.
- Custodio, E. y Queralt, R. 1982. Contaminación salina de los acuíferos del delta del Llobregat por vertidos de la minería potásica. Jornadas sobre análisis y evolución de la contaminación de aguas subterráneas en España. Barcelona. I. 605-622.
- Davies, C.W. 1962. Ion Association. Butterworths, Washington, DC. 190 pp.
- Díaz, E.; Custodio, E. y Gallofré, A. 1978. Influencia de la minería potásica catalana en la calidad del agua del río Llobregat (Barcelona). SIAMOS 1978. Simposio Internacional sobre el Agua en la Minería y Obras Subterráneas. Granada. Asoc. y Cons. Sup. Col. Ing. Minas. 989-1011.

- Domenico, P.A. y Schwartz, F.W. 1990. *Physical and Chemical Hydrogeology*. Wiley & Sons. New York. 824 pp.
- Donézar, M. 1995. Estudios de suelos y evaluación de tierras. En López Santiago, F. y Ayala, F.J. (coords.). *Contaminación y depuración de suelos*. ITGE. Madrid. 11-34.
- Eary, L.E.; Jenne, E.A.; Vail, L.W. y Girvin, D. C. 1989. Numerical models for predicting watershed acidification. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 18. 29-35.
- EPA. 1973. *Water Quality Criteria*. National Academy of Sciences Report to the United States Environmental Protection Agency. Washington DC. 350-366.
- Esteban, P.; Fabró, I. y Melero, J.A. 1996. *Centre d'Interpretació del Delta del Llobregat*. Museu del Prat. Ajuntament del Prat de Llobregat. El Prat de Llobregat. 64 pp.
- Feliubadaló, J.; Font, X. y Doménech, L.M. 1989. Vertederos de residuos: impacto sobre el medio físico. *Mapfre Seguridad*. 34. Segundo Trimestre.
- Felmy, A.R.; Girvin, D.C. y Jenne, E.A. 1984. MINTEQ – A computer program for calculating aqueous geochemical equilibria. U.S. Environm. Protection Agency. Athens.
- Ferret, J. 1985. L'aprofitament de les aigües subterrànies del delta del Llobregat 1933-1983. Comunitat d'usuaris d'aigües de l'àrea oriental del delta del riu Llobregat. El Prat de Llobregat. 158 pp.
- Font, X.; Navarro, A.; Rivero, L.; Casas, A.; Noguera, J.F. y Martínez, F. 1998. Assessment of non controlled land-fillings by geochemical and geophysical methods. Llobregat delta (Barcelona, Spain). En Casas, A. (ed.). *Proceedings of the IV Meeting of the Environmental and Engineering Geophysical Society (European section)*. Instituto Geográfico Nacional. Madrid. 135-138 .

- Fritz, B. 1975. Etude thermodynamique et simulation des réactions entre minéraux et solutions. *Sci. Geol. Univ. Strasbourg Mém.* 41. 153 pp.
- Garrels, R. M. y Mackenzie, F. T. 1967. Origin of the chemical compositions of some springs and lakes. En Stumm, W. (ed.), *Equilibrium concepts in natural water systems*. Adv. in Chem. Series 67. Am. Chem. Soc. 222-242.
- Garrels, R.M. y Thompson, M.E. 1962. A chemical model for sea water at 25°C and one atmosphere total pressure. *Am. J. Sci.* V. 260. 57-76.
- Garven, G. y Freeze, R.A. 1984. Theoretical analysis of the role of groundwater flow in the genesis of stratabound ore deposits. *Am. J. Sci.* 284. 1085-1174.
- Guardiola, J. 1982. La contaminación de las aguas subterráneas en el entorno de Barcelona. Jornadas sobre Análisis y Evolución de la Contaminación de Aguas subterráneas en España. Barcelona. I. 361-378.
- Guardiola, J.; Salvatella, N y Cantó, J. 1975. Polución del agua por cromo en el río Llobregat. *Aqua*. 88. CEIAA. Barcelona.
- Hahn, J. 1996. Analysis of remedial alternatives of the Nanji Landfill, Korea. *Env. Geol.* 28. 12-21.
- Helgeson, H. 1968. Evaluation of irreversible reactions in geochemical processes involving minerals and aqueous solutions: I. Thermodynamic relations. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 32. 853-877.
- Helgeson, H. C.; Brown, T.H.; Nigrini, A. y Jones, T.A. 1970. Calculation of mass transfer in geochemical processes involving aqueous solutions. *Geochim. Cosmochim Acta.* 34. 569-592.
- Huyakorn, P.S.; Mercer, J.W y Ward, D.S. 1985. Finite element matrix and mass balance computational schemes for transport in variably saturated porous media. *Water Resour. Res.* 21(3). 346-358.

- Idescat. Institut d'Estadística de Catalunya. *Consulta Interactiva d'estadístiques* [en línea]. *Bases de dades de Municipis i Comarques*. [Barcelona] Generalitat de Catalunya. <<http://www.idescat.es/basdades/bemc/bemc.stm>> [Consultas mayo de 2003].
- Iribar, V. 1985. Recopilación, elaboración y síntesis de datos geológicos e hidrogeológicos para la modelación de los acuíferos del Bajo Llobregat. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. Tesis de Licenciatura.
- Iribar, V. 1992. Evolución hidroquímica e isotópica de los acuíferos del Baix Llobregat. Departamento de Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica. Universidad de Barcelona. Tesis doctoral. 190 pp.
- Isamat, F.J.; Miralles, J.M.; Cantó, J. y Sala, L. 1976. Contaminación del acuífero del río Llobregat a la altura de St. Feliu por vertidos de residuos industriales en hoyos producidos por extracción de áridos. II Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Barcelona. III. 1937-1954.
- Kabata-Pendias, A y Pendias, H. 2001. Trace elements in soils and plants. 3^a ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, EUA. 413 pp.
- Keller, E.A. 1996. Environmental Geology. Prentice Hall, New Jersey. 560 pp.
- Leroy, J.B. 1989. Landfill leachates in France. A.G.H.T.M. Vade-Mecun. 2nd International Landfill Symposium, Sardinia. A.IX-1 – A.IX-11.
- Lichtner, P.C. 1985. Continuum model for simultaneous chemical reactions and mass transport in hydrothermal systems. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 49. 779-800.
- Liu, C.W. y Narasimham, T.N. 1989. Redox-controlled multiple species chemical transport. *Water Resour. Res.* 869-910.

- Llamas, M.R. y Molist, J. 1967. Hidrología de los deltas de los ríos Besós y Llobregat. *Documentos de Investigación Hidrológica*. 2. Centro de Estudios, Aplicaciones e Investigaciones del Agua. Barcelona.
- MacFarlane, D.S.; Cherry, J.A.; Gillham, R.W. y Sudicky, E.A. 1983. Migration of contaminants in groundwater at a landfill: a case study. 1. Groundwater flow and plume delineation. *Journal of Hydrology*. 63. 1-29.
- Manahan, S. E. 1991. Environmental Chemistry. 5^a ed. Lewis Publishers, Chelsea, MI, EUA.
- Manzano, M.; Pelaez, M.D. y Serra, J. 1986-7. Sedimentos prodeltaicos en el delta emerdido del Llobregat. *Acta geológica Hispánica*. t. 21-22. 206-207.
- Marquès, M.A. 1984. Les formacions quaternàries del delta del Llobregat. Institut d'Estudis Catalans. Arxius de la secció de Ciències. Barcelona. 281 pp.
- Medina, A.; Galarza, G. y Carrera, J. 1989. Manual del programa TRANSIN-II. Simulación y estimación de parámetros en Flujo y Transporte en Medios Porosos. E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos. Universitat Politècnica de Catalunya. 132 pp.
- Miller, C.W. 1983. CHEMTRN User's Manual, LBL-16152. Lawrence Berkeley Laboratory, University of California, Berkeley, CA 94720.
- Miralles, J.M. y Cantó, J. 1984. Realimentación artificial de los acuíferos de los deltas de los ríos Llobregat y Besós. *Tecnología del Agua*. 14. Barcelona. 46-56.
- Molist, J.; Gonzalvo, I. y Alonso, L. 1979. Orígenes de la contaminación de un acuífero en el delta del Llobregat. II Simposio Nacional de Hidrología Subterránea. Pamplona. IV. 787-806.

- Montserrat, F.X. 1991. Efectos y evolución de sustancias contaminantes producidas por acción antrópica. Universidad Autónoma de Barcelona. Tesis doctoral.
- MOP. 1964. Estudio de los recursos hidráulicos totales de las cuencas de los ríos Besós y Llobregat. Necesidades hídricas de la zona propuesta de vigilancia y ordenación de las extracciones de agua. Centro de Estudios Hidrográficos, Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona.
- MOP. 1966. Estudio de los recursos hidráulicos totales de las cuencas de los ríos Besós y Bajo Llobregat. 4 Vol. Comisaría de cuencas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona.
- MOP. 1971. Estudio de los recursos hidráulicos totales del Pirineo Oriental. Informe sobre contaminación del Llobregat. Comisaría de aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona.
- Morales, T.; Gómez, M.A.; Antigüedad, I.; Zubiaga, R.; Barcenilla, A. y Bonilla, A. 1994. Reconocimiento del impacto en aguas subterráneas de dos vertederos clausurados en la reserva de la Biosfera de la comarca de Urdabai (País Vasco). In: Rebollo, L.F. (ed) Análisis y Evolución de la Contaminación de las Aguas Subterráneas. T.II. Madrid. 309-324.
- Nicholson; R.V.; Cherry, J.A. y Reardon, E.J. 1983. Migration of contaminants in groundwater at a landfill: A case study. *Journal of Hydrology*. 63. 131-176.
- Noguera, J.F.; Font, X. y Martínez, F. 1997. Implications of non-controlled landfills on groundwater. Llobregat delta (Motorway B-210 Barcelona-Viladecans). Pavlosky, V. International Association of Mathematical Geology'97 Proceedings, Barcelona. V (1) 311-315.
- Nordstrom, D.K. y May, H.M. 1989. Aqueous equilibrium data for mononuclear aluminum species. En Sposito, Garrison (ed.). *The environmental chemistry of aluminum*. CRC Press, Boca Ratón, Florida. 29-53.

- Nordstrom, D.K. y Muñoz, J.L. 1986. *Geochemical thermodynamics*: Palo Alto. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 477 pp.
- Nordstrom, D.K.; Plummer, L.N.; Langmuir, D.; Busenberg, E.; May, H.M.; Jones, B.F. y Parkhurst, D.L. 1990. Revised chemical equilibrium data on major water-mineral reactions and their limitation. In D.C. Melchior and R.L. Basset (eds.), *Chemical modeling of aqueous systems II*. ACS Symp. Ser. 416. 398-413.
- Nordstrom, D.K.; Valentine, S.D.; Ball, J.W.; Plummer, L.N. y Jones, B.F. 1984. Partial compilation and revision of basic data in the WATEQ programs: U.S. Geol. Surv. Water-Resour. Investigations. Report 84-4186. 40 pp.
- Oomekens, E. 1970. Depositional sequences and sand distribution in the Post-Glacial Rhône delta complex. En Morgan, J.P. (ed.) *Deltaic sedimentation modern and ancient*. *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Sp. Publ.* 15. 198-212.
- Owczarek, J.A. 1964. *Fundamentals of Gas Dynamics*. International Textbook Company, Scranton PA. 648 pp.
- Parkhurst, D.L. 1995. User's guide to PHREEQC--A computer program for speciation, reaction-path, advective-transport, and inverse geochemical calculations. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 95-4227, 143 p.
- Peláez, M.D. 1983. Aplicación de los isótopos ambientales y de la composición química al estudio del movimiento de las aguas a través del acuitardo del delta del río Llobregat. Facultad de Físicas. Barcelona. Resumen editado por la Universidad Politécnica de Cataluña. Tesis doctoral.
- PHPO. 1985. Modelo de simulación de los acuíferos del Valle Bajo y delta del río Llobregat. Plan Hidrológico del Pirineo Oriental. Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental. Documento interno.

- Pitzer, K.S. 1979. Theory: ion interaction approach. In Pytkowicz, R.M., ed. *Activity coefficients in electrolyte solutions*. V. 1. Boca Ratón, CRC Press. 157-208.
- Plummer, L.N. y Busenberg, E. 1982. The solubilities of calcite, aragonite and vaterite in CO₂-H₂O solutions between 0 and 90°C, and an evaluation of the aqueous model for the system CaCO₃-CO₂-H₂O. *Geochim. Cosmochim Acta*. 46. 1011-1040.
- Plummer, L.N.; Jones, B.F. y Truesdell, A.H. 1976. WATEQF – A FORTRAN IV version of WATEQ, a computer program for calculating chemical equilibrium of natural waters (revised and reprinted, January, 1984). U.S. Geol. Surv. Water-Resources Investigations 76-13. 61 pp.
- Plummer, L.N.; Parkhurst, D.L. y Thorstenson, D.C. 1983. Development of reaction models for groundwater systems. *Geochim. Cosmochim Acta*. 47. 65-686.
- Postma, D.; Boesen, C.; Kristiansen, H. y Larsen, F. 1991. Nitrate reduction in an unconfined sandy aquifer: water chemistry, reduction processes and geochemical modeling. *Water Resour.* 27. 2027-2045.
- REPO. 1971. Informe sobre la construcción y aplicación de un modelo matemático de simulación del funcionamiento de los acuíferos del delta del Llobregat. Estudio sobre los Recursos Hidráulicos Totales del Pirineo Oriental. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona.
- Riba, O. (director). 1997. Diccionari de Geologia. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona. 1057-1058.
- Rubin, J. 1983. Transport of reacting solutes in porous media: Relation between mathematical nature of problem formulation and chemical nature of reactions. *Water Resour. Res.* Vol. 19. 1231-1252.
- SGAB. 1986. Col·lector de salmorres de la conca del riu Llobregat. Monografia. 2.

Solé Sabarís, Ll. 1968. Geografía de Catalunya. Aedos. Barcelona. 665 pp.

Sparks, D.L. 1995. Environmental soil chemistry. Academic Press. San Diego California. 267 pp.

Subirana, J.M. 1983. Estudi de la contaminació de les aigües subterrànies del Baix Llobregat. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Tesis de Llicenciatura. 169 pp.

Tablas de referencia holandesa para la evaluación de concentración de contaminantes en aguas subterráneas y suelos. (Leidraad bodembescherming, 1990)

Termino, J y Rebollo, L.F. 1994. Delimitación del enclave de contaminación del vertedero de residuos sólidos urbanos de Cantalejo (Segovia). *Análisis y Evolución de la Contaminación de las Aguas Subterráneas*. T. II. 51-62.

THIO. 1968. Proyecto de realimentación artificial del acuífero del río Llobregat. S.G.A.B. Documento interno.

Trescott, P.C. 1975. Documentation of finite difference model for simulation of three-dimensional ground-water flow. U.S. Geol. Surv. Open File Report. 1975. 75-438.

Truesdell, A.H. y Jones, B.F. 1973. WATEQ, A computer program for calculating chemical equilibria of natural waters. U.S. Geological Survey., National Technical Information Service. PB-220464. 73 pp.

Truesdell, A.H. y Jones, B.F. 1974. WATEQ, A computer program for calculating chemical equilibria of natural waters. *Journal of Research*. U.S. Geol. Surv. V. 2. 233-274.

- Vilaró, F. 1977. La contaminación de las aguas subterráneas. En “La contaminación de cauces públicos (río Llobregat)”. Comisión Intercolegial del Medio Ambiente (área agua). Barcelona. 137-160.
- Walsh, M.P.; Bryant, S.L.; Schechter, R.S. y Lake, L.W. 1984. Precipitation and dissolution of solids attending flow through porous media. *AIChE J.* 30. 317-328.
- Westall, J. y Hohl, H. 1980. A comparison of electrostatic models for the oxide/solution interface. *Adv. Colloid Interface Sci.* 12. 265-294.
- Westall, J.; Zachary, J.L. and Morel, F.M.M. 1976. MINEQL, a computer program for the calculation of chemical equilibrium composition of aqueous systems. Tech. Note 1. Dept Civil Eng. MIT. Cambridge.
- Wigley, T.M.L. 1977. WATSPEC: a computer program for determining equilibrium speciation of aqueous solutions. British Geomorphological Research Group Technical Bulletin. 20. 48 pp.
- Willemsen, A. 1990. Water treatment and environmental effects. En J.C Hooghart and C.W.S. Posthumus (eds.). *Hydrochemistry and energy storage in aquifers*. TNO-CHO Delft. 105-124.
- Yanful, E.K.; Nesbitt, H.W. y Quigley, R.M. 1988. Heavy metal migration at a landfill site, Sarnia, Ontario, Canada – I. Thermodynamic assessment and chemical interpretations. *Applied Geochemistry*. Vol. 3. 523-533.
- Yanful, E.K. y Quigley, R.L. 1986. Heavy metal deposition at the clay/waste interface of a landfill site, Sarnia, Ontario. *Proc. 3rd Canadian Hydrogeological Conference*, Saskatoon, Saskatchewan. 35-42.
- Yeh, G.T. 1987. FEMWATER: A Finite Element Model of WATER Flow through Saturated-Unsaturated Porous Media-First Revision. ORNL-5567/R1, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.

- Yeh, G.T.; Hopkins, P.L.; Carpenter, S.L. y Siegel, M.D. 1995. Users' Manual for LEHGC: A Lagrangian-Eulerian Finite-Element Model of HydroGeoChemical Transport through Saturated-Unsaturated Media – Version 1.0. Sandia National Laboratories. Albuquerque, New Mexico.
- Yeh, G.T., Li M.H. y. Siegel, M.D. 1999. User's manual for LEHGC: A Lagrangian-Eulerian Finite-Element Model of Coupled Fluid Flows and HydroGeoChemical Transport through Saturated-Unsaturated Media - Version 2.0. Department of Civil and Environmental Engineering, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, EUA. 157 pp.
- Yeh, G.T. y Tripathi, V.S. 1989. A Critical Evaluation of Recent Developments in Hydrogeochemical Transport Models of Reactive Multichemical Components. *Water Resour. Res.* 25 (1): 93-108.
- Yeh, G.T. y Ward, D.S. 1980. FEMWATER: A Finite Element Model of WATER Flow through Saturated-Unsaturated Porous Media. ORNL-5567, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.

Anexo A.1.-

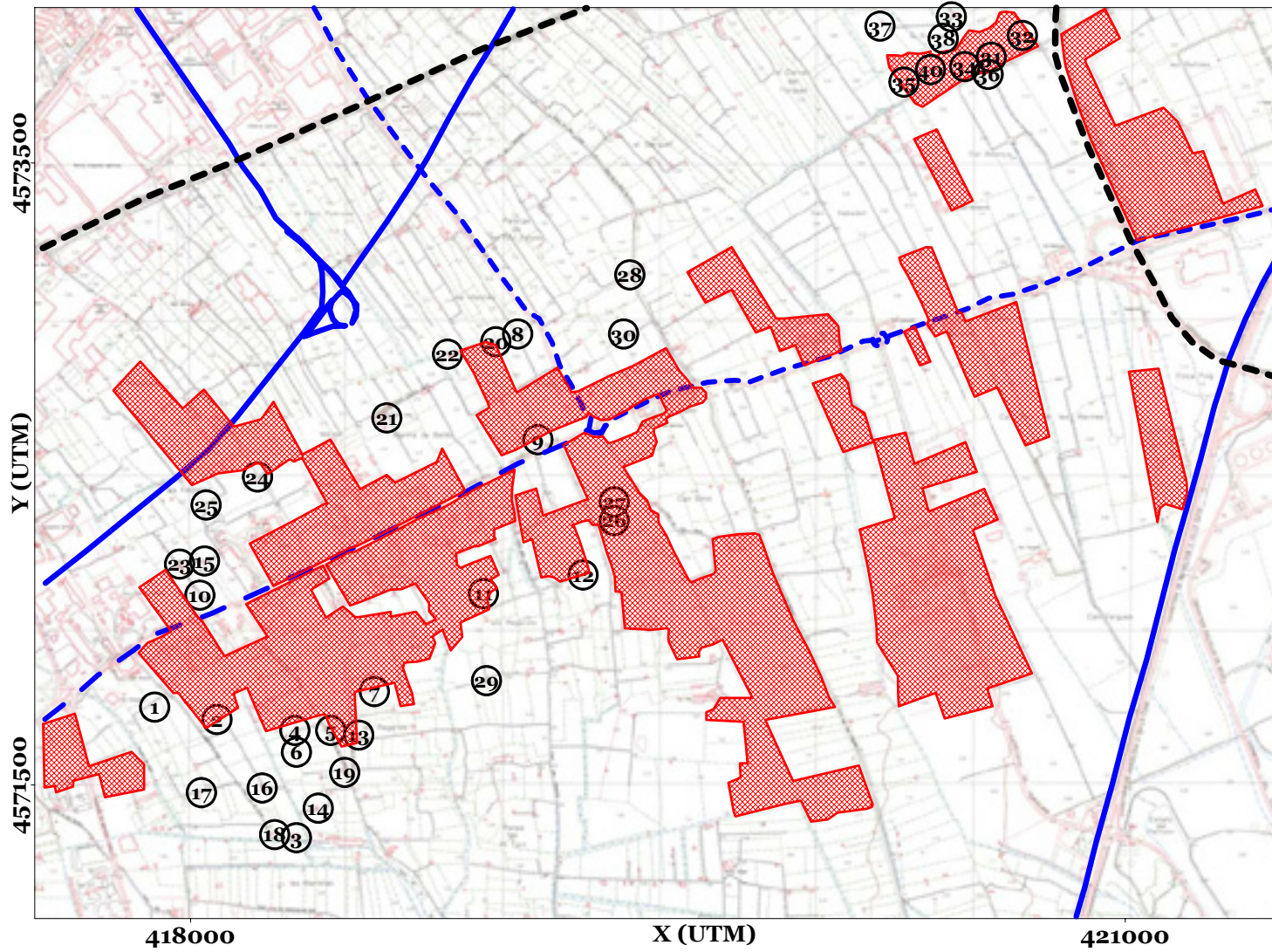


Figura A.1.- Localización general de los puntos de muestreo de aguas subterráneas

Anexo A.1.-

Inventario de puntos de agua

Nº	X (UTM)	Y (UTM)	Municipio	Toponimia	Cota	Profundidad	Diámetro	pH	Eh	T Agua	Cond	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO4	NO3	HCO3
1	417885	4571750	Gavà	Can Rovira	1.87 m	5.59 m	2.30 m	6,97	253	16,8	2800	310	60	90	500	434	849	143	386
2	418085	4571710	Gavà	Can Panyella	3.04 m	5.60 m	3.00 m	6,65	258	18	1660	210	60	40	140	220	303	38	288
3	418340	4571330	Gavà	Les Marietes	1.58 m	2.10 m	1.50 m	6,78	-150	20,6	3800	610	80	160	450	802	617	3	866
4	418335	4571675	Gavà	Les Marietes	1.64 m	4.82 m	2.10 m	6,71	45	18,8	3630	540	40	140	430	712	831	231	416
5	418450	4571675	Viladecans	Les Marietes	1.57 m	4.51 m	2.10 m	6,56	94	18,6	4430	510	90	150	580	818	1187	294	429
6	418340	4571605	Gavà	Les Marietes	1.56 m	4.72 m	2.10 m	7,33	105	20,6	3500	530	60	100	320	760	564	71	367
7	418590	4571800	Viladecans	Camí del Pi Tort	1.78 m	5.39 m	1.80 m	7,67	101	12,2	3690	323	48	90	337	473	578	258	357
8	419050	4572950	Viladecans	Can Sabadell	3.07 m	6.47 m	2.50 m	6,98	143	18,6	1780	130	30	50	280	158	591	69	155
9	419115	4572610	Viladecans	Can Sabadell	2.46 m	5.95 m	2.30 m	6,56	142	18,9	2850	240	60	70	470	282	974	119	318
10	418030	4572110	Gavà	Can Figueres	2.59 m	4.70 m	1.50 m	8	125	11,5	350	20	8	7	34	31	60	9,13	78
11	418940	4572115	Viladecans	Els Llanassos	1.93 m	4.00 m	2.10 m	6,66	134	18	3600	400	70	120	480	531	1092	159	342
12	419260	4572175	Viladecans	Els Llanassos	1.67 m	6.10 m	2.10 m	6,87	160	16,4	3300	460	60	110	350	468	778	6	618
13	418540	4571660	Viladecans	Camí del Pi Tort	1.45 m	4.55 m	1.50 m	6,73	167	19,1	3370	440	50	10	320	518	742	226	389
14	418410	4571425	Gavà	Les Marietes	1.25 m	2.00 m	0.80 m	6,73	151	20,3	3980	580	50	130	340	805	678	1	657
15	418045	4572220	Gavà	Can Figueres	2.77 m	5.12 m	2.00 m	6,56	105	17,9	2880	260	70	90	330	373	798	57	488
16	418230	4571490	Gavà	Les Marietes	1.70 m	3.76 m	3.25 m	7,65	155	15	2130	226	39	56	199	363	465	74	333
17	418035	4571475	Gavà	Les Marietes	2.03 m	2.83 m	2.00 m	7,46	157	15	2810	273	40	87	285	461	630	347	343
18	418270	4571340	Gavà	Les Marietes	1.35 m	2.65 m	1.18 m	7,31	-170	15	3440	545	41	97	295	999	554	42	666
19	418495	4571540	Gavà	Les Marietes	1.38 m	5.00 m	1.20 m	7	120	17	3640	496	60	138	346	834	972	35	633
20	418980	4572925	Viladecans	Can Sabadell	3.07 m	4.57 m	2.10 m	7,65	120	15	1560	113	27	48	228	182	578	45	213
21	418630	4572680	Viladecans	Casa Blanca	2.81 m	5.56 m	2.30 m	7,1	181	14,8	3490	246	54	116	452	418	978	87	391
22	418825	4572885	Viladecans	Les Marines	3.01 m	6.26 m	2.08 m	7,3	206	12,5	1910	95	20	61	265	119	407	61	315
23	417965	4572210	Gavà	Can Figueres	2.08 m	3.86 m	1.10 m	7,37	205	12,1	2960	186	64	93	389	228	711	94	413
24	418215	4572490	Gavà	Can Figueres	2.89 m	5.21 m	2.15 m	7,81	248	13,1	1260	49	32	39	173	66	188	20	378
25	418050	4572400	Gavà	Can Figueres	3.01 m	2.90 m	1.45 m	7,51	256	12,3	2010	112	24	51	302	180	558	7,1	375
26	419360	4572350	Viladecans	Can Simó	2.00 m	5.35 m	2.00 m	7,43	243	11,9	3010	236	85	51	406	309	834	11,1	176
27	419360	4572410	Viladecans	Can Simó	2.08 m	4.66 m	2.20 m	7,23	225	14,5	4490	420	104	97	575	537	1362	0,2	277
28	419410	4573140	Viladecans	Can Amat	2.85 m	5.75 m	2.10 m	7,48	188	11,7	1900	138	72	41	156	198	226	141	185
29	418950	4571835	Viladecans	Els Llanassos	1.10 m	4.23 m	2.15 m	7,78	246	10,4	780	52	21	14	75	68	90	21	141
30	419390	4572950	Viladecans	Can Amat	2.04 m	4.80 m	2.00 m	7,4	199	13,7	2600	214	35	66	225	218	514	121	276
31	420570	4573840	St. Boi de Llobregat	Cal Dimoni	2.21 m	16.00 m	0.15 m	7,23	-355	21,3	4500	466	135	131	428	895	1954	2,5	932
32	420660	4573950	St. Boi de Llobregat	Cal Dimoni	3.26 m	2.03 m	0.15 m	7,15	20	21,9	1650	190	29	51	153	338	255	2	600
33	420420	4573950	St. Boi de Llobregat	Cal Dimoni	3.70 m	9.50 m	2.00 m	7,4	-202	19,5	3270	551	34	137	214	1176	1116	2	773
34	420485	4573810	St. Boi de Llobregat	Cal Dimoni	2.18 m	4.00 m	0.15 m	7,42	-142	23	5390	830	108	154	174	1605	964	7	1476
35	420290	4573760	St. Boi de Llobregat	Cal Dimoni	2.63 m	5.70 m	0.15 m	7,38	84,8	20,4	1505	169	47	75	189	336	348	2	541
36	420560	4573785	St. Boi de Llobregat	Cal Dimoni	3.19 m	4.60 m	0.15 m	6,6	190	14,3	2730	325	29	139	261	590	1074	51	317
37	420220	4573950	St. Boi de Llobregat	Cal Dimoni	4.10 m	2.60 m	1.80 m	7,54	186	17,8	3420	714	36	143	158	655	539	2	709
40	420375	4573800	St. Boi de Llobregat	Cal Dimoni	2.50 m	laguna	--	8,56	-69	26,9	3480	674	123	131	96	682	433	0,28	417

Anexo A.2.

Sitios caracterizados por la *Comunitat Metropolitana de Barcelona* en el “Estudio sobre la regulación de las actividades extractivas en los terrenos rústicos de los márgenes y delta del Llobregat de los municipios comprendidos en el ámbito de la CMB”. La figura A.2.1. es un resumen de la localización de dichas actividades extractivas.

Número 1 en la figura 2.7:

Nombre:	<i>Camí Ral –El Rourell</i>
Superficie:	3,0 ha
Volumen:	15.000 m ³
Grado de peligrosidad:	2
Chatarra:	
Residuos Químicos:	30%
Residuos Industriales	
Plásticos:	10%
Materia Orgánica	60%
Tierra y escombros	
Solución:	Vaciado y protección.

Número 2 en la figura 2.7:

Nombre:	<i>Les Marines</i>
Superficie:	0,8 ha
Volumen:	3.000 m ³
Grado de peligrosidad:	3
Chatarra:	20%
Residuos Químicos:	50%
Residuos Industriales	
Plásticos:	30%
Materia Orgánica	
Tierra y escombros	
Solución:	Vaciado y protección.

Número 3 en la figura 2.7:

Nombre:	<i>RENFE (carretera B-204)</i>
Superficie:	0,06 ha
Volumen:	300 m ³
Grado de peligrosidad:	1
Residuos Químicos	5%
Residuos Industriales	
Plásticos	30%
Materia Orgánica	5%
Tierra y escombros	60%
Solución:	Limpieza y Protección.

Fuera de la zona de estudio, en dirección hacia Gavà y Barcelona encontramos otros vertederos con las siguientes características:

Nombre:	<i>El Rourell</i>
Superficie:	0,15 ha
Volumen:	750 m ³
Grado de peligrosidad:	0
Materia Orgánica	5%
Tierra y escombros	95%
Solución:	Vaciado y Protección.

Nombre:	<i>Sot Marín</i>
Superficie:	1,0 ha
Volumen:	10.000 m ³
Grado de peligrosidad:	2
Chatarra	5%
Residuos Químicos:	30%
Residuos Industriales	10%
Plásticos:	10%
Materia Orgánica	5%
Tierra y escombros	40%
Solución:	Limpieza, Vaciado y Protección.

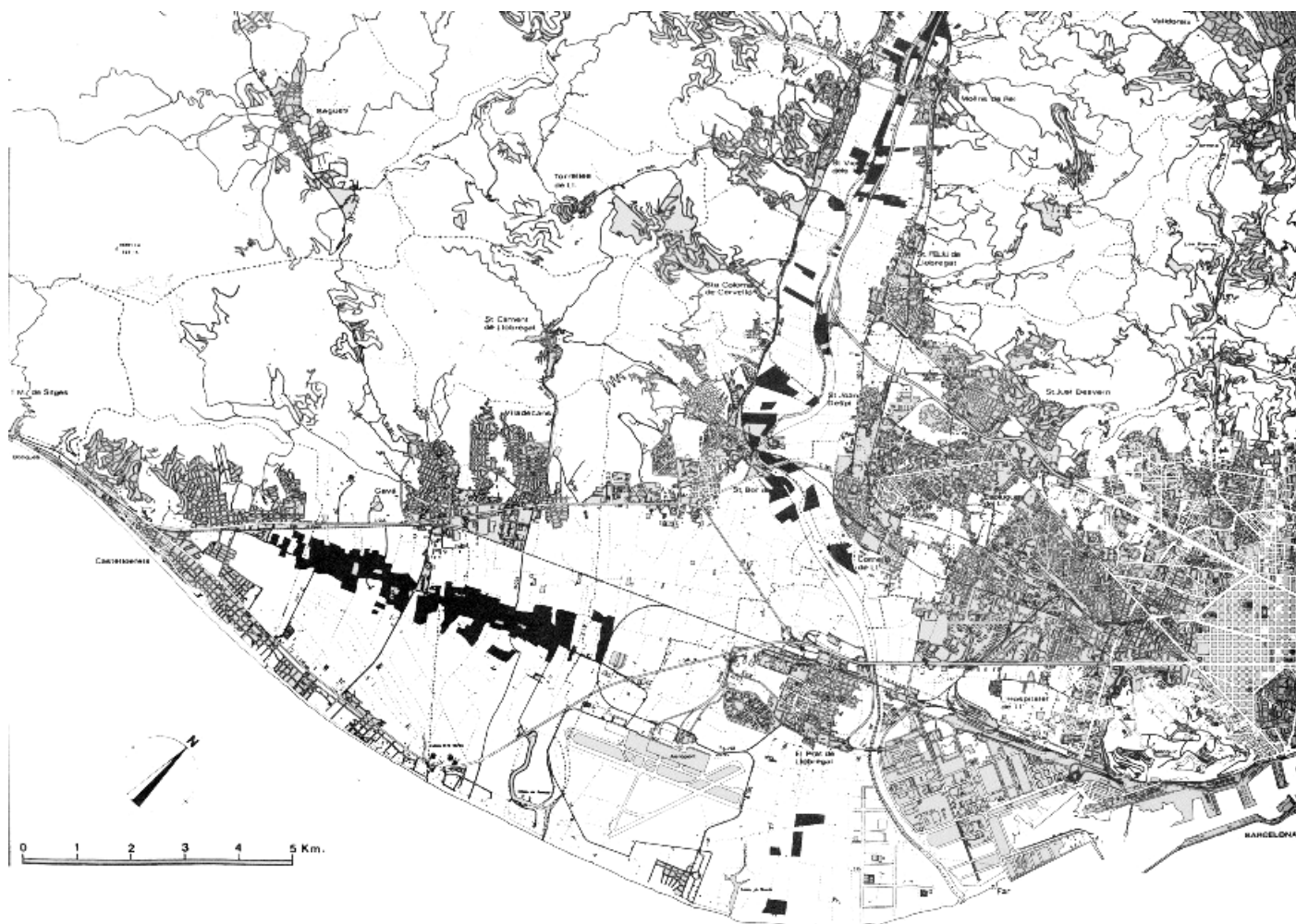


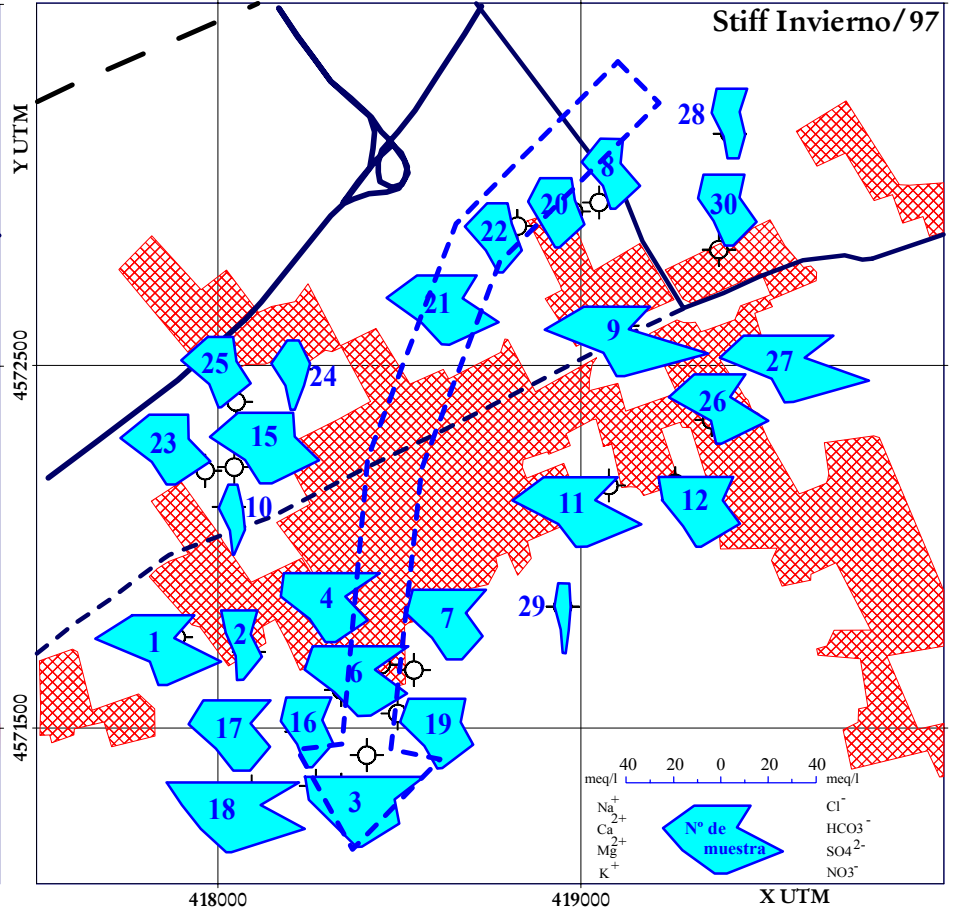
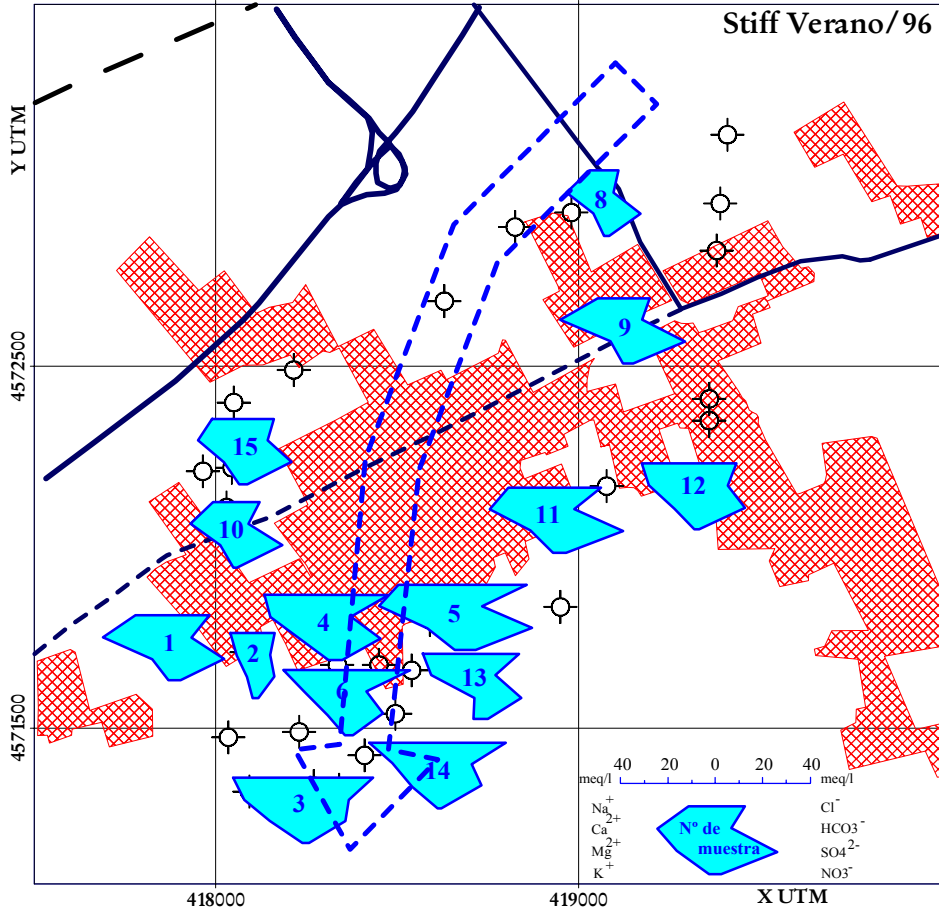
Figura A.2.1.-Mapa de localización de las zonas de extracción (marcadas en color negro) en el valle inferior y el delta del Llobregat (C.M.B., 1982)

N°	Date	pH	Eh	T	Cond	Li	Na	K	Mg	Ca	Sr	Mn	Fe	NH4	Ba	Zn	Cu	Ni	Cl	SO4	NO3	HCO3	Al	As	B	P	Balance
19	6-feb-1997	7,5	200	12,7	3020	0,06	279	59	78	308	1,78	0,01	0,06		0,03	0,04	0,02	0	331	586	36	462	0,05	0	1,05	0	8,29
19	27-jun-1997	7	120	17	3640	0,08	496	60	138	346	1,75	0,33	0,05	3	0,03	0,1	0,02	0,01	834	972	35	633	0,21		1,01	0,32	-2,89
19	29-ene-1998	7,2	136	14,7	3600	0,06	565	71	121	328	1,75	0,21	0,16	0,1	0,04	0,02	0	0,13	841	927	29	620	0,12	0,35	1,51	0,48	-1,09
20	6-feb-1997	7,6	220	11,5	2260	0,03	155	43	82	231	1,89	0,46	0,28		0,07	0,05	0,02	0	185	479	0	393	0,03	0	0,3	0	9,49
20	26-jun-1997	7,7	120	15	1560	0,05	113	27	48	228	1,13	0,02	0,03	1	0,04	0,05	0,02	0,04	182	578	45	213	0,23		0,28	0,34	-1,87
20	28-ene-1998	7,9	30	13	1632	0,02	127	39	58	207	1,17	0,23	0,1	0,1	0,05	0,01	0,03	0,12	213	580	27	225	0,11	0,7	0,38	1,13	-1,84
21	6-feb-1997	7,1	181	14,8	3490	0,06	246	54	116	452	3,16	0,8	0,13		0,05	0,06	0,02	0	418	978	87	391	0,3	0,01	0,71	0	4,08
21	26-jun-1997	7,3	140	15	3000	0,08	267	43	115	425	2,75	1,08	0,05	19	9,95	0,08	0,02	0,08	502	1016	73	445	0,25		0,58	0,32	0,21
21	28-ene-1998	7,2	70	14	2730	0,1	257	62	100	378	2,54	0,62	0,1	0,1	0,04	0,04	0,01	0,05	526	1036	71	389	0,01	0,54	0,83	1,13	-5,53
22	6-feb-1997	7,3	206	12,5	1910	0,03	95	20	61	265	1,55	0,04	0,08		0,13	0,19	0,03	0	119	407	61	315	0,05	0,02	0,55	0,2	10,52
22	26-jun-1997	7,3	133	15	2020	0,05	164	24	91	285	1,79	0,03	0,06	4	0,48	0,21	0,05	0,11	266	738	4	337	0,16		0,51	0,53	2,11
22	28-ene-1998	6,8	60	11,4	877	0,04	52	32	28	101	0,51	0,01	0,12	0,1	0,04	0,12	0,01	0,22	78	231	41	158	0,12	0,41	0,4	0,09	-0,89
23	7-feb-1997	7,4	205	12,1	2960	0,06	186	64	93	389	2,77	0,01	0,09		0,1	0,04	0	0	228	711	94	413	0,03	0,01	4,36	0	9,55
23	30-ene-1998	8	111	12,3	2410	0,06	211	58	95	290	1,73	0,01	0,1	0,1	0,06	0,02	0,01	0,07	351	749	153	326	0,18	1,03	1,75	0,3	-2,61
24	7-feb-1997	7,8	248	13,1	1260	0,03	49	32	39	173	1,12	0,01	0,26		0,14	0,04	0	0	66	188	20	378	0,09	0,02	0,39	0	8,56
24	26-jun-1997	7,6	125	15	1218	0,05	60	27	45	166	0,99	0,02	0	10	0,65	0,03	0,01	0,02	102	274	29	374	0,19		0,35	0,24	1,33
24	28-ene-1998	8,3	80	13,9	1173	0,03	617	41	40	160	0,92	0,01	0,13	0,1	0,11	0,02	0,01	0,2	128	303	9,37	319	0,1	0,34	0,49	0,21	43,62
25	7-feb-1997	7,5	256	12,3	2010	0,04	112	24	51	302	1,73	0,49	0,61		0,14	0,02	0	0	180	558	7,1	375	0,06	0	0,89	0	3,75
25	26-jun-1997	7,6	-250	15	1289	0,04	91	17	37	188	0,95	0,86	0,56	1	0,44	0,09	0,02	0,08	151	317	2	355	0,09		0,78	0,8	0,67
25	30-ene-1998	8	80	11,5	400	0,01	14	35	50	39	0,19	0,04	0,05	0,1	0,03	0,01	0	0,02	15	41	2,41	119	0,02	0,04	0,11	0,07	39,46
26	7-feb-1997	7,4	243	11,9	3010	0,04	236	85	51	406	2,71	0,18	0,7		0,05	0,2	0	0	309	834	11,1	176	0,04	0,01	0,36	0	11,66
26	27-jun-1997	7,5	-45	16,3	3410	0,07	380	78	81	453	2,78	1,47	0,63	1	0,24	0,25	0,05	0,02	646	1340	29	257	0,22		0,5	0,56	-3,13
26	30-ene-1998	6,7	20	11,7	2300	0,04	238	89	45	285	1,67	0,01	0,14	0,1	0,04	0,07	0,01	0,05	392	854	21	153	0,04	0,12	0,52	0,09	-2,08
27	7-feb-1997	7,2	225	14,5	4490	0,05	420	104	97	575	5,45	0,89	1,09		0,06	0,01	0	0	537	1362	0,2	277	0,02	0,02	0,72	0	9,16
27	27-jun-1997	7,5	-56	17	3660	0,06	438	89	75	532	4,32	1,13	0,61	1	0,32	0,03	0,01	0,03	629	1533	15	261	0,46		0,55	0,81	-0,09
27	30-ene-1998	6,5	-190	14,1	3510	0,02	397	96	56	558	4,68	0,43	0,1	4,7	0,05	0,03	0,03	0,11	561	1667	0,53	137	0,09	0,18	0,6	0,73	-0,26
28	7-feb-1997	7,5	188	11,7	1900	0,02	138	72	41	156	1,09	0	0,01		0,08	0,04	0,03	0	198	226	141	185	0,05	0,11	0,31	2,26	5,79
28	30-ene-1998	7,4	113	12,4	1890	0	203	60	45	141	0,92	0,04	0,13	0	0,07	0,02	0,01	0,12	396	274	118	225	0,05	0,37	0,5	1,25	-5,50
29	7-feb-1997	7,8	246	10,4	780	0,01	52	21	14	75	0,38	0,05	0,41		0,07	0,02	0,02	0	68	90	21	141	0,33	0,01	0,08	0,22	7,50
29	27-jun-1997	8,5	66	19,1	760	0,03	61	19	17	66	0,42	0,05	0,01	1	0,28	0,07	0,01	0,1	101	163	1	108	0,17		0,15	0,34	-0,82
29	30-ene-1998	7,9	112	10,7	1100	0,02	83	39	26	112	0,63	0,01	0,18	0,1	0,08	0,04	0,02	0,12	145	244	37	171	0,12	0,1	0,22	0,17	-2,16
30	7-feb-1997	7,4	199	13,7	2600	0,03	214	35	66	225	2,43	0,01	0,13		0,05	0,04	0,02	0	218	514	121	276	0,06	0	0,5	0,49	4,72
30	30-ene-1998	6,7	154	14	2640	0,07	209	145	81	251	2,63	1,19	0,29	0,1	0,05	0,19	0,04	0,03	237	735	340	308	0,09	0,1	0,59	1,26	-5,41
37	29-ene-1998	6,6	39	13,5	2060	0,09	154	48	43	333	3,6	0,09	0,1	0,1	0,06	0,01	0,02	0,13	351	783	5,65	159	0,07	0,2	0,38	0,56	-1,41
38	29-ene-1998	7,2	127	14,1	3740	0,11	482	68	146	365	5	0,09	0,14	0,1	0,07	0,04	0	0,05	999	863	10,3	527	0,29	0,36	0,5	0,52	-1,88
41	29-jun-1996	6,9	175	22,4	2680	0,04	380	40	60	180	0,16	0,12	0,61	17	0,11	0,01	0,01	0,05	540	312	137	544	0,01	0	0,75	6,02	-2,57
41	6-feb-1997	7,5	166	11,9	3100	0,04	300	46	61	242	1,65	0,54	0,73		0,07	0,01	0	0	414	457	35	482	0,06	0,02	1,14	1,2	2,28
C1	29-jun-1996	6,7	119	23,3	2690	0,03	350	40	60	170	1,55	0,1	0,1	17	0,06	0,01	0,01	0,02	531	283	137	533	0,01	0	0,69	5,81	-3,92
C1	27-jun-1997	7,7	108	19,6	2880	0,05	342	37	82	315	1,84	0,82	0,46	1	0,84	0,07	0,01	0,01	637	845	5	365	0,3		0,59	0,34	-4,04
C2	29-ene-1998	7,6	80	13	2880	0,03	411	63	67	193	1,27	0,43	0,02	0,1	0,08	0,01	0,01	0,09	749	389	48,1	508	0,03	0,46	1,07	2,77	-5,60
C2	28-ene-1998	8,1	50	9,5	3190	0,07	489	115	128	91	2,03	0,01	0,15	0,1	0,14	0,01	0,03	0,09	895	449	9,35	375	0,13	0,03	0,74	0,7	-2,05

No.	Fecha	pH	Eh	T	Cond	Li	Na	K	Mg	Ca	Sr	Mn	Fe	NH4	Ba	Zn	Cu	Ni	Cl	SO4	NO3	HCO3	Al	As	P	B	Balance
31	16/07/1997	7,2	-355	21	4500	0,26	466	135	131	428	6,45	0,04	0,56		0,05	0,07	0,01	0,12	895	1954	2,5	932	0,34	0	0,22	2,82	-18,41
31	28/01/1998	7,4	-405	18	4380	0,21	785	196	123	240	5,75	0,05	0,02	94	0,08	0,03	0,02	0,07	738	1153	6	1225	0,07	0,82	0,64	5,27	1,15
31	26/06/1998	6,9	-266	21	3250	0,16	317	96	96	480	2,3	0,09	0,40		0,06	0,02	0,03	0,03	378	1010	0,05	938	0,1	0	0,64	2,3	1,15
31	10/01/1999	7,1	-82	17	3950	0,16	283	90	107	411	6,1	0,09	0,12	38,7	0,07	0	0,01	0,01	293	829	0,32	970	0,03	0	0,05	2,23	5,41
31	01/07/1999	7,2		19	3300	0,16	300	90	84	422	7,32	0,04	0,00	37	0,05	0	0,01	0,03	407	1117	0,23	551	0,07	0,07	0,1	1,68	1,91
32	16/07/1997	7,2	20	22	1650	0,04	190	29	51	153	2,2	0,78	12,13		0,15	0,07	0,29	0,09	338	255	2	600	0,23	0,81	0,27	0,25	-7,34
32	28/01/1998	6,8	-90	15	1645	0,04	177	32	49	155	2,55	0,77	8,25	0,04	0,31	0,03	0,03	0,11	354	104	8	666	0,02	0,32	1,02	0,36	-5,96
32	26/06/1998	7,2	4,3	20	1773	0,03	195	51	43	180	0,7	0,85	###		0,25	0,02	0,01	0,05	273	177	1,5	517	0,09	0	0,32	0,31	7,00
32	10/01/1999	7	-40	15	2265	0,04	188	36	47	189	2,58	1,03	9,63	1,9	0,18	0,03	0,01	0,01	278	116	0,34	570	0,02	0	0,02	0,29	7,79
32	01/07/1999	7,1		19	2510	0,01	213	51	51	263	3,61	1,11	0,00	0,1	0,37	0	0	0,02	363	40	8,72	659	0,07	0,04	0,25	0,29	11,75
33	16/07/1997	7,4	-202	20	3270	0,07	551	34	137	214	3,46	0,26	3,62		3,54	0,11	0,01	0,09	1176	1116	2	773	0,21	0,25	1,02	0,69	-19,02
33	29/01/1998	7,3	7	15	2950	0,03	372	61	134	223	3,45	0,51	0,34	0,01	0,18	0,06	0,02	0,06	684	702	7,8	430	0,26	0,54	0,36	0,52	-3,60
33	26/06/1998	7,4	36	17	3090	0,05	568	48	137	223	1,2	0,57	1,25		0,21	0,02	0,01	0,06	633	552	0,41	684	0,12	0	1,58	0,82	8,83
33	10/01/1999	6,9	43	16	3500	0,05	418	35	124	208	3,24	0,22	0,31	9,2	0,18	0	0	0,01	531	532	7,74	502	0,06	0	0,04	0,75	7,70
33	01/07/1999	7,1	-90	16	5200	0,05	519	44	160	240	4,85	0,43	0,01	1,4	0,19	0,02	0,01	0,03	841	701	1,47	676	0,01	0,02	1,42	0,69	-0,44
34	16/07/1997	7,4	-142	23	5390	0,3	830	108	154	174	3,76	0,2	8,00		0,11	0,09	0,02	0,05	1605	964	7	1476	0,11	0	0,68	7,3	-19,37
34	28/01/1998	7,3	-250	17	4570	0,13	765	71	157	115	3,47	0,12	0,81	42,9	0,23	0,03	0,01	0,18	842	357	1	1422	0,06	0,3	1,86	6,54	1,55
34	26/06/1998	7,4	-207	20	5040	0,14	###	72	168	119	1,2	0,15	1,90		0,11	0,01	0,01	0,03	1341	1242	0,38	1400	0,38	0	3,48	6,15	-11,87
34	10/01/1999	7,3	-76	15	5425	0,22	850	87	139	129	3,99	0,07	0,15	32,9	0,14	0,01	0,01	0,01	746	316	0,38	1396	0	0	0,1	7,15	7,74
34	01/07/1999	7,3		18	5100	0,23	801	84	141	134	4,42	0,16	0,00	25,9	0,21	0	0	0,03	921	375	0,1	1410	0,02	0,04	0,61	7,18	-0,08
35	18/07/1997	7,4	84,8	20	1505	0,07	169	47	75	189	2,54	0,77	4,10		0,07	0,04	0,01	0,08	336	348	2	541	0,56	0,81	0,26	0,19	-2,54
35	28/01/1998	7,8	40	15	672	0,01	47	75	17	48	0,38	0,02	0,45	0,04	0,02	0,01	0,03	0,12	83	100	10	161	0,47	0,56	2,01	0,15	3,10
35	26/06/1998	7,2	-148	20	1528	0,03	148	68	59	155	2,5	0,38	0,90		0,05	0,04	0,02	0,03	188	266	6	529	0,05	0	1,81	0,32	2,92
35	10/01/1999	7,3	18	15	2500	0,06	152	80	85	204	2,52	0,22	0,58	0	0,04	0,02	0,02	0	286	447	6,54	512	0	0	0,2	0,29	-0,07
35	01/07/1999	7,3		18	2730	0,05	194	60	97	268	3,33	0,61	0,00	0,1	0,07	0	0	0,04	288	253	15,3	553	0,02	0,05	1,75	0,29	15,77
36	29/01/1998	6,6	190	14	2730	0,03	325	29	139	261	3,9	0,11	0,07		0,05	0,06	0,04	0,12	590	1074	51	317	0,28	0,5	0,56	0,44	-7,19
36	26/06/1998	7,7	-320	25	3960	0,03	765	20	106	141	5,2	0,24	0,30		0,06	0,02	0,02	0,05	506	602	0,07	1374	0,03	0	6,64	1,41	0,30
36	10/01/1999	7,5	3	12	4300	0,08	475	14	213	329	5,88	0,14	0,15	1,2	0,06	0	0	0,02	653	1352	0,03	621	0,02	0	0,04	0,87	-1,46
37	26/06/1998	7,5	186	18	3420	0,04	714	36	143	158	2,2	0,44	0,08		0,07	0,01	0,03	0,05	655	539	2	709	0,95	0	0,24	1,04	11,08
37	10/01/1999	7,3	161	11	4850	0,07	537	116	138	110	2,28	0,01	0,02	1,2	0,14	0,01	0,03	0,01	817	359	0,37	417	0	0	0,03	0,72	7,33
37	01/07/1999	7	-0	17	3960	0,06	655	21	163	159	2,86	0,26	0,00	0,1	0,09	0,07	0,02	0,02	884	605	1,2	729	0,04	0,03	0,1	0,89	0,92
38	26/06/1998	7,6	-240	17	3950	0,04	815	49	149	231	1,3	0,33	4,60		0,3	0,01	0,01	0,03	705	751	0,28	811	1,24	0	15,4	1,17	10,84
38	01/07/1999	7,3	-88	16	4030	0,03	643	44	158	221	4,22	0,24	0,00	22,4	0,22	0,03	0,02	0,02	863	720	0,15	779	0,02	0,07	0,31	1,1	2,18
L1	26/06/1998	8,6	-69	27	3480	0,04	674	123	131	96	4	0,01	0,03		0,14	0,01	0,01	0,01	682	433	0,28	417	0,04	0	0,18	7,67	15,62
L1	10/01/1999	8,5	207	9	4300	0,11	526	112	216	212	3,41	0,02	0,07	0	0,1	0,05	0,03	0,01	813	797	25,3	709	0,03	0	0,03	1,02	2,23
L1	01/07/1999	8		25	5330	0,06	634	127	165	112	2,78	0,02	0,00	0,1	0,16	0,01	0,01	0,01	1009	509	0,37	446	0,07	0,08	0,18	0,79	3,80
L2	01/07/1999	7,9		25	2320	0,02	210	48	50	111	1,95	0,05	0,00	0,1	0,14	0,01	0	0,03	305	127	1,02	280	0,11	0,04	0,22	0,2	11,66
L1	28/01/1998	8,1	50	9,5	3190	0,07	489	115	128	91	2,03	0,01	0,15	0,06	0,14	0,01	0,03	0,09	895	449	9	375	0,13	0,03	0,7	0,74	-2,04

Anexo5

221



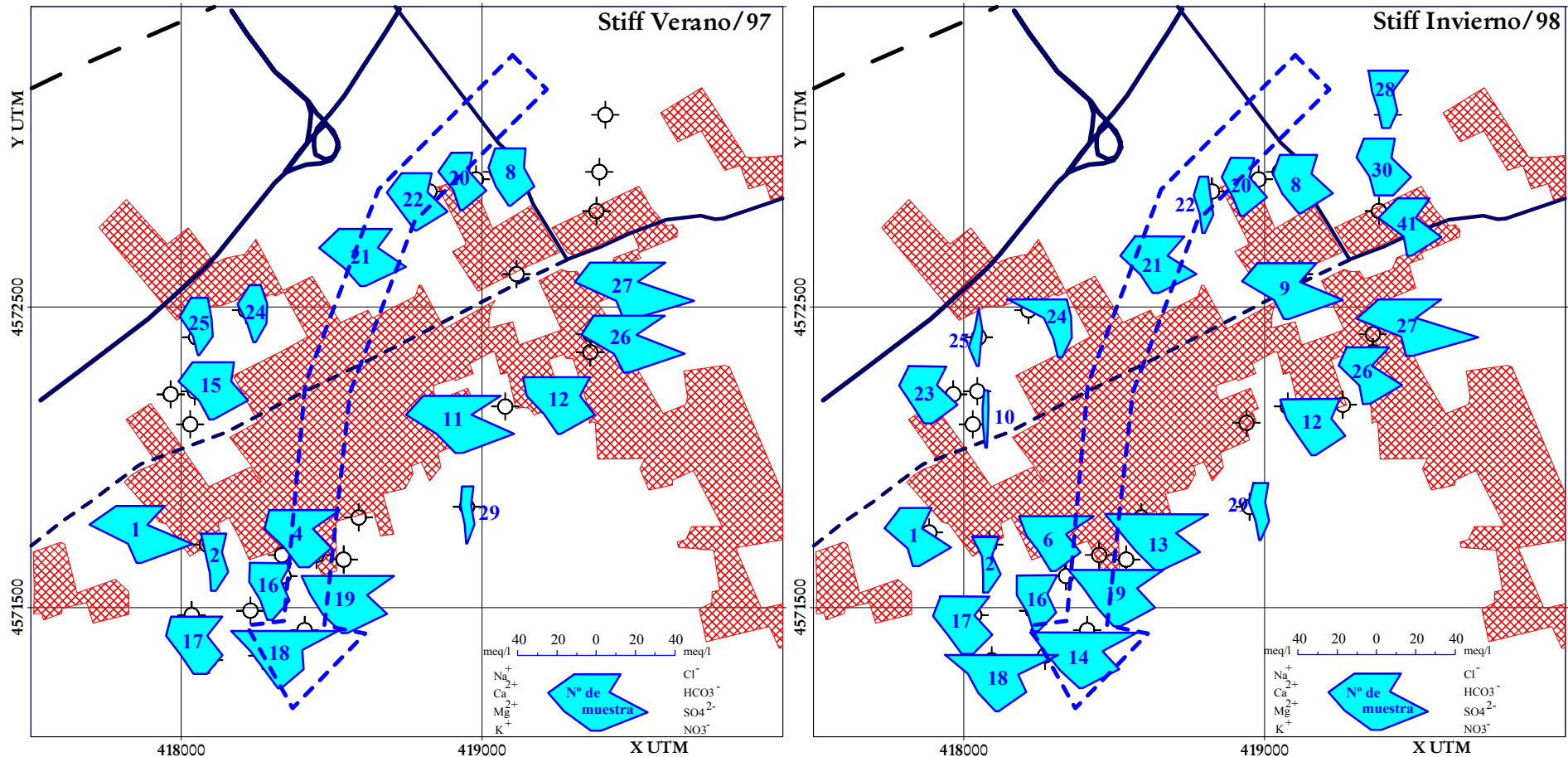
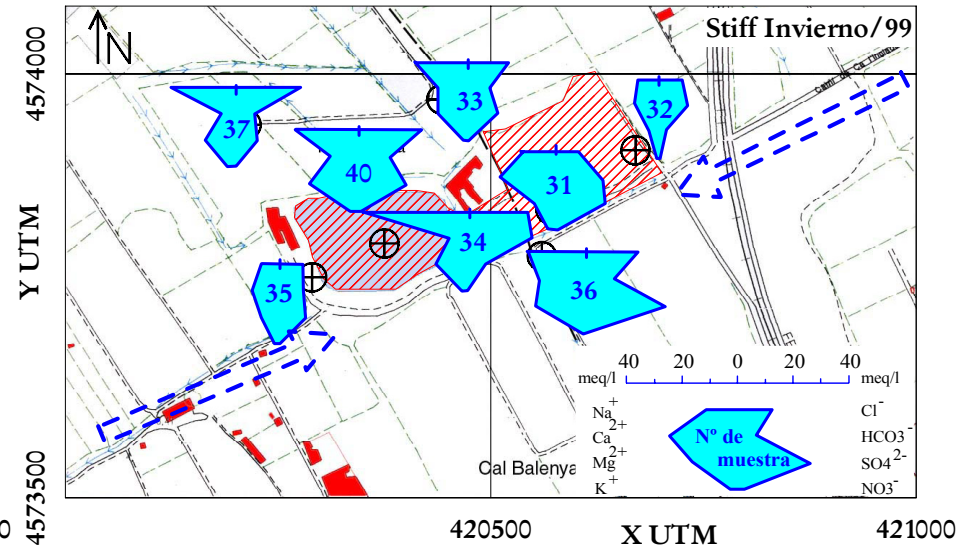
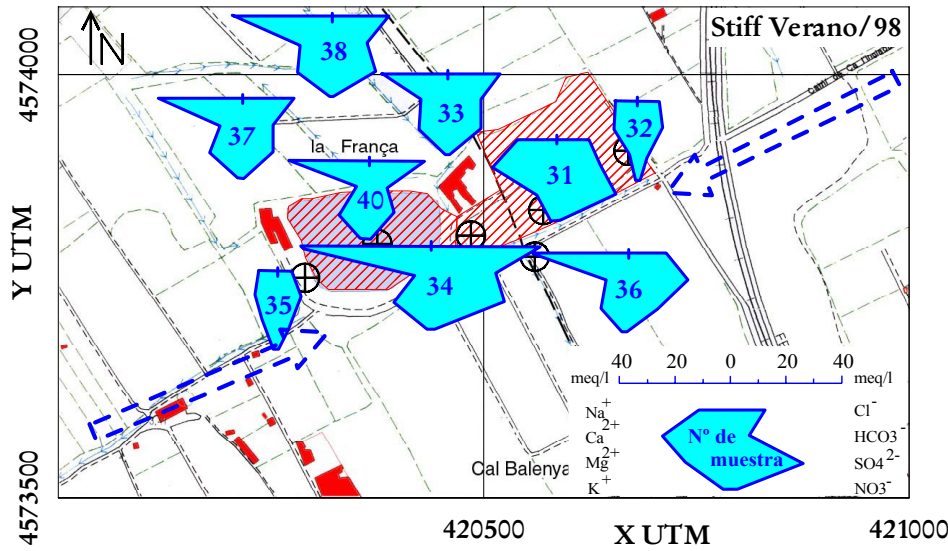
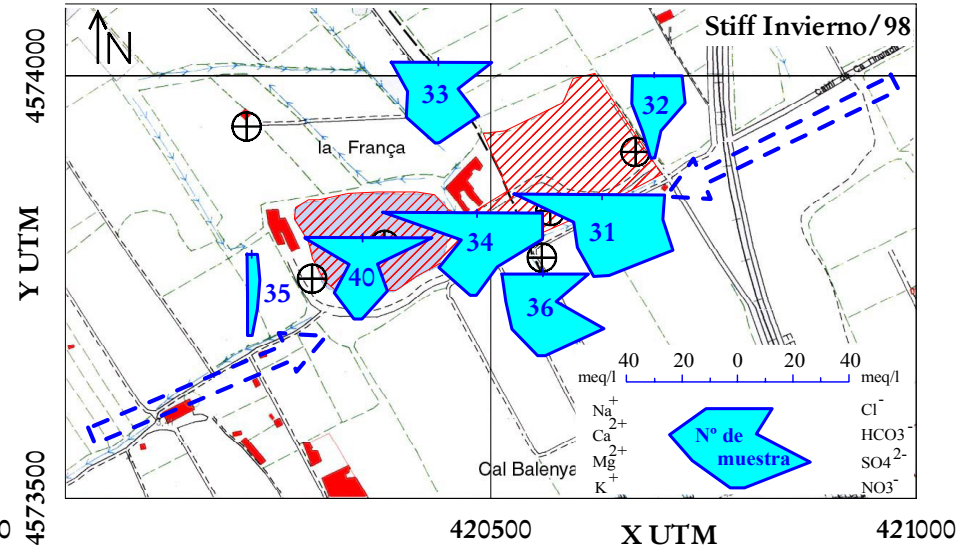
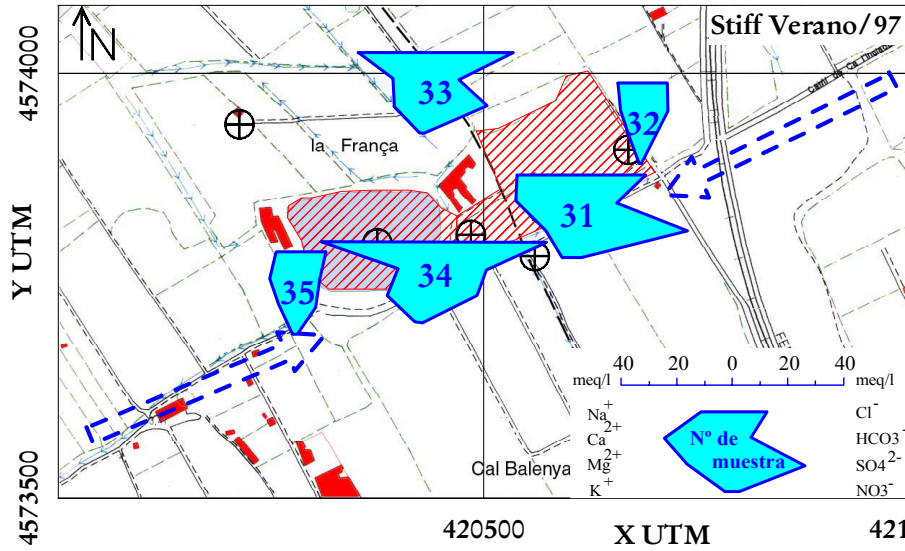


Figura A.5.1.- Diagramas de Stiff modificados para la zona de estudio Can Panyella – Can Sabadell. Estos diagramas permiten obtener una primera aproximación del contenido de iones de las aguas subterráneas. Nótese el progresivo incremento aguas abajo posiblemente debido a la interacción de los lixiviados generados en la zona de extracción – relleno con las aguas subterráneas. La flecha de trazo discontinuo marca la línea de flujo regional de las aguas subterráneas.



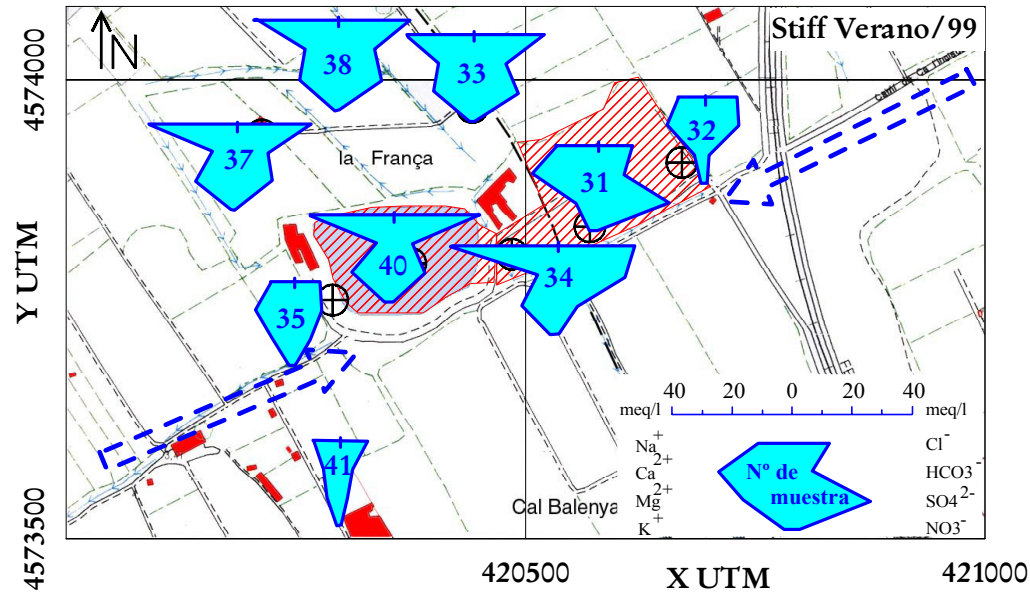


Figura A.5.2.-: Diagramas Stiff modificados para la Zona de Cal Dimoni. En este caso los puntos de muestreo números 32 y 35 se han tomado como los representativos del valor regional ya que en todas las campañas presentan el menor contenido en iones mayores. El punto de muestreo número 38 corresponde al 33 después de una hora de bombeo intensivo del pozo, puede apreciarse el aumento en concentración de los iones para las dos ocasiones en que se pudo analizar. Es importante hacer notar que al muestrear después de 1 hora de bombeo, el agua del pozo adquiriría un color muy oscuro, y su olor era putrefacto. Las flechas señalan el sentido de las líneas de flujo determinadas por la posición del nivel freático en los diferentes puntos de muestreo.

Anexo A.10. Formato de archivo de entrada para LEHGC 2.0

```

1      EXAM-FT WITH CONSERVATIVE COMPONENT (WELL8-9-27) (C1) (units: dm-g-day)
1 1 0 0 0 0 1 1 1  IMODF,IMOD,IITR,INTER,ICOND,NHGGI,IGEOM,IBUG,ICHNG
DATA SET 2 Coupling iteration parameters
1 1 1.0 1.0          NITFTS,NITFTT,OMEFTS,OMEFTT
DATA SET 3 Iteration and optional parameters
10      30      100      1      0          NCYLF,NITERF,NPITERF,KGRAV,IPNTSF
0        0        1      0      1      0      22  ILUMPF,IMIDF,IVML,KSSF,KSTRF,NSTRF,IQUARF
5.0D-3  5.0D-3  1.0 1.0 1.0 0          TOLAF,TOLBF,W,OMEF,OMIF,CNSTKR
0        1        1      1      200      1          NSTR,KSTR,KSS,NITER,NPITER,KVI
0 1 1 0 0 1 11 1 0  IMID,IWET,ILUMP,IOPTIM,IPNTS,LGRN,IQUAD,IDTI,IALT
1.0 1.0 1.0 1.0 5.0D-3 5.0D-3 1.0 0  W,WV,OME,OMI,TOLA,TOLB,APHAG,APC
DATA SET 4 Time step and printouts as well as storage control
60      60      12      0.0d0 12.0d0 1.0D38  NTIF,NTI,DELT,CHNG,DELMAX,TMAX
5          NTIPRT
1 5 10 5 20 5 50 5 60 5          (ITMPRT,ITYPPRT) NTIPRT times
14          NTISTO
0 1 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60          ITMPRT, NITISTO times
1 1.0D38          NDTCH TDTCH(N)
DATA SET 5 Chemical Printout Indicator
0          NCPRT
DATA SET 6 Material properties
2          NMAT
11      0      5      0      7.32D11  NMPPMf KCP NSPPM KSP GRAV
0.0 0.0 0.41 1.77D2 8.85D1 0.0 1.0D6 8.657D4 1.2D6 0.0 0.0 (PROPF,
0.0 0.0 0.61 3.00D2 1.50D2 0.0 1.0D6 8.657D4 0.8D6 0.0 0.0 NMAT t)
0.1 2.0 0.41 0.0 0.0 0.0 1000.0 0.0 2.0 0.0 (Th,Kr,
0.2 2.0 0.61 0.0 0.0 0.0 1000.0 0.0 2.0 0.0 NMAT t)
9          NMPPM
3.00d2 1.0d2 6.0d-2 1.2D6 0 0 0.41 1.0 1.0 (PROP,
3.00d2 1.0d2 6.0d-2 1.2D6 0 0 0.61 1.0 1.0 NMAT t)
DATA SET 7 Nodal point coordinates
1111 0.0 0.0          NNP, FE, CYLIND
1 100 11 0.0 45.0 0.0  NI,NSEQ,NAD,XNI,XAD,XRD
2 100 11 0.0 45.0 0.0
3 100 11 0.0 45.0 0.0
4 100 11 0.0 45.0 0.0
5 100 11 0.0 45.0 0.0
6 100 11 0.0 45.0 0.0
7 100 11 0.0 45.0 0.0
8 100 11 0.0 45.0 0.0
9 100 11 0.0 45.0 0.0
10 100 11 0.0 45.0 0.0
11 100 11 0.0 45.0 0.0
0 0 0 0.0 0.0 0.0          END OF X COORD
1 100 11 0.0 0.0 0.0  NI,NSEQ,NAD,XNI,XAD,XRD
2 100 11 10.0 0.0 0.0
3 100 11 20.0 0.0 0.0
4 100 11 30.0 0.0 0.0
5 100 11 40.0 0.0 0.0
6 100 11 50.0 0.0 0.0
7 100 11 60.0 0.0 0.0
8 100 11 70.0 0.0 0.0
9 100 11 80.0 0.0 0.0
10 100 11 90.0 0.0 0.0
11 100 11 100.0 0.0 0.0
0 0 0 0.0 0.0 0.0          END OF Z COORD
DATA SET 8 Element incidences
1000 136          NEL,NCM
1 1 12 13 2 1 10 100  MI,IE(MI,1,.4),IE(MI,5),MODL,NLAY

```

```

DATA SET 9 Material Type Correction
  457  33  10  2  0          MI,NSEQ,MAD,MITYP,MTYPAD
  458  33  10  2  0
  459  33  10  2  0
  460  33  10  2  0
    0   0   0   0   0
DATA SET 10 Chemical component information
  1  0  0  0  0  0 NOHA,NOHS,NOKX,NOKY,NOKZ,NOKP
NaCl CNAM
  1  0 IDNTC(I,1),INDTC(I,1)
  0.0 0.0 WTMOL(1),...N+1 WTMOL(N+1)
  0.0 0.0 AMUWT(1)...N+1 AMUWT(N+1)
DATA SET 11 Input for initial or pre-initial conditions for flow
  1  100  11  80.0d0  0.0  0.0 NI,NSEQ,NAD,HNI,HAD,HRD
  2  100  11  70.0d0  0.0  0.0
  3  100  11  60.0d0  0.0  0.0
  4  100  11  50.0d0  0.0  0.0
  5  100  11  40.0d0  0.0  0.0
  6  100  11  30.0d0  0.0  0.0
  7  100  11  20.0d0  0.0  0.0
  8  100  11  10.0d0  0.0  0.0
  9  100  11  0.0d0  0.0  0.0
 10  100  11 -10.0d0  0.0  0.0
 11  100  11 -20.0d0  0.0  0.0
    0   0   0   0   0.0  0.0
DATA SET 12 Input for initial or pre-initial conditions for transport
  1  100  11  1.0d-8  0.0  0.0 NI,NSEQ,NAD,RNI,RAD,RRD
  2  100  11  1.0d-8  0.0  0.0
  3  100  11  1.0d-8  0.0  0.0
  4  100  11  1.0d-8  0.0  0.0
  5  100  11  1.0d-8  0.0  0.0
  6  100  11  1.0d-8  0.0  0.0
  7  100  11  1.0d-8  0.0  0.0
  8  100  11  1.0d-8  0.0  0.0
  9  100  11  1.0d-8  0.0  0.0
 10  100  11  1.0d-8  0.0  0.0
 11  100  11  1.0d-8  0.0  0.0
    0   0   0   0   0   0
DATA SET 13 Element (distributed) source/sink for flow
  0  0  0 NSEL,NSPR,NSDP(TSOSF,SOSF;-LES,ISTYP)
DATA SET 14 Point (well) source/sink data for flow
  0  0  0 NWNP,NWPR,NWDP(TWSSF,WSSF;-NPW(I),IWTYP(I))
DATA SET 15 Element (distributed) source/sink for transport
  0  0  0 NSEL,NSPR,NSDP(LES(1..N);TSOSF,SOSF(1,I,K..N,I,K))
DATA SET 16 Point (well) source/sink for transport
  0  0  0 NWNP,NWPR,NWDP(NPW(1..N);TWSSF,WSSF,TWSSF,WSSF...)
DATA SET 17 Variable rainfall/evaporation-seepage B.C.
 100  101  1  25 NVES NVNP NRPR NRDP
  0.0 0.00127 31.0 0.00071 59.0 0.00213 90.0 0.00263 120.0 0.00303
 151.0 0.00247 181.0 0.00161 212.0 0.00142 243.0 0.00129 273.0 0.00155
 304.0 0.00170 334.0 0.00184 365.0 0.00127 396.0 0.00071 424.0 0.00213
 455.0 0.00263 485.0 0.00303 516.0 0.00247 546.0 0.00161 577.0 0.00142
 608.0 0.00129 638.0 0.00155 669.0 0.00170 699.0 0.00184 730.0 0.00127
  1  100  1  11  11          NI,NSEQ,NIAD,NODE,NODEAD
  0  0  0  0  0
  1  100  1  1  0          NI.NSEQ,NIAD,NITYP,NITYPAD
  0  0  0  0  0
  1  100  1  0  0  0.0 NI,NSEQ,NIAD,HCONNI,HCONAD, 0.0
  0  0  0  0  0
  1  100  1 -20  0  0.0 NI,NSEQ,NIAD,HMINNI,HMINAD, 0.0
  0  0  0  0  0
  1  99  10  1  2  1  10  1  1 MI,NSEQ,M,IS1,IS2,MIAD,MAD,IS1AD,IS2AD

```

```

0 0 0 0 0 0 0 0 0
DATA SET 18 Dirichlet BC. for flow
22 2 5 NDNP,NDPR,NDDP
0 8.22D1 223 8.87D1 363 9.20D1 579 9.30D1 730 9.3D1 (THDBF,HDBF(1))*NDDP
0 7.29D1 223 7.57D1 363 7.57D1 579 7.50D1 730 7.2D1 (THDBF,HDBF(2))*NDDP
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111
1 10 1 1 0 NI,NSEQ,NAD,NITYP,NTYPAD
12 10 1 2 0 NI,NSEQ,NAD,NITYP,NTYPAD
0 0 0 0 0
DATA SET 19 Cauchy B.C. for flow
0 0 0 0
DATA SET 20 Neumann B.C. for flow
0 0 0 0 0
DATA SET 21 River B.C. for flow
0 0 0 0 0 0
DATA SET 22 Variable B.C. for transport
10 11 1 2 NVES,NVNP,NRPR,NRDP
0.0 4.46D-3 1.0D38 4.46D-3 (TCVBF,CBF)*NRDP
1 9 1 1 0 MI,NSEQ,MIAD,MITYP,MTYPAD
0 0 0 0 0
1 10 1 1101 1 NI,NSEQ,NIAD,NODE,NODEAD
0 0 0 0 0
1 9 991 1 2 1 1 1 1 MI,NSEQ,M.IS1,IS2,MIAD,MAD,IS1AD,IS2AD
0 0 0 0 0 0 0 0
DATA SET 23 Dirichlet B.C. for transport
186 2 5 NDNP,NDPR,NDDP
0 4.46D-3 223 4.03D-3 363 7.28D-3 579 9.48D-3 730 9.48D-3 (TCDBF,CDBF)*NDDP
0 8.92D-3 223 8.06D-3 363 1.46D-2 579 1.88D-2 730 1.88D-2 (TCDBF,CDBF)*NDDP
1 10 1 1 0 NI,NSEQ,NAD,NITYP,NTYPAD
12 174 1 2 0
0 0 0 0 0
1 10 1 1 1 NI,NSEQ,NIAD,NODE,NODEAD
12 34 1 502 11 NI,NSEQ,NIAD,NODE,NODEAD
47 34 1 503 11 NI,NSEQ,NIAD,NODE,NODEAD
82 34 1 504 11 NI,NSEQ,NIAD,NODE,NODEAD
117 34 1 505 11 NI,NSEQ,NIAD,NODE,NODEAD
152 34 1 506 11 NI,NSEQ,NIAD,NODE,NODEAD
0 0 0 0 0
DATA SET 25 Number of Components and Product Species
1 0 0 0 0 0 0 NONA,NONS,NOMX,NOMY,NOMZ,NOMP,NOMXC
DATA SET 26 1+, e-, and Ionic Strength Correction Info
0.0 0 0 0 SICOR,ICOR,LNH,LNE
DATA SET 27 Temperature, Pressure, and Expected pe and pH
298.0 1.0 TEMP,PRESU
-20.0 20.0 0.0 14.0 PEMN,PEMX,PHMN,PHMX
DATA SET 30 Basic Real and Integer Parameters
1.0 1.0D-6 50 1 1.0D38 1.0D38 OMEGAC,EPSC,NITERC,NPCYL,CNSTRNX,CNSTRNY
DATA SET 31 Name of Chemical Component and Types of Component Species
Cl- CNAM
1 INDTC
DATA SET 32 Component Species and Their Ion-Exchanged Species
Free Cl- SPECN
0 0 0 ISCN,VJ,IONEX
DATA SET 36 Mixed Kinetic Reaction Data
0
0 END OF JOB -----

```


Num	Au	Ag	As	Ba	Br	Ca	Co	Cr	Cs	Fe	Hf	Hg	Ir	Mo	Na	Ni	Rb	Sb	Sc	Se	Sn	Sr	Ta	Th	U	W	Zn
	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	2	5	0.5	50	0.5	1	1	5	1	0.02	1	1	5	1	0.01	20	15	0.1	0.1	3	0.01	0.05	0.5	0.5	0.5	1	50
28172	10	-5	29	660	17	6	17	99	7	3.83	6	-1	-5	2	0.42	-25	74	2.9	13	-3	-0.01	-0.05	-0.5	13	2.6	3	130
28173	-2	-5	17	410	7	13	10	69	5	2.55	5	-1	-5	5	0.31	-20	73	2.8	9	-3	-0.01	-0.05	-0.5	10	2.5	-1	79
28174	-2	-5	17	480	1.7	5	16	81	5	3.46	8	-1	-5	-1	0.56	-22	67	1.9	12	-3	-0.01	-0.05	1.3	12	2.4	-1	99
28175	216	-5	31	680	4.7	4	21	94	6	4.21	8	-1	-5	3	0.51	-25	110	3.2	14	-3	-0.01	-0.05	0.7	15	2.4	2	170
28176	20	-5	29	620	21	6	15	87	7	3.41	6	-1	-5	2	0.37	-20	110	3.7	12	-3	-0.01	-0.05	-0.5	11	1.9	-1	280
28177	4	-5	11	350	3.6	17	9	53	4	1.88	8	-1	-5	2	0.24	-20	62	1.5	6.7	-3	-0.01	-0.05	-0.5	8.8	2.3	-1	91
28178	4	-5	27	460	21	10	14	91	7	3.43	4	-1	-5	7	0.54	-23	89	2.7	11	-3	-0.01	-0.05	-0.5	11	3.7	2	83
28179	94	-5	26	890	16	12	16	140	5	2.66	11	-1	-5	3	0.41	-21	82	5.8	8.2	-3	-0.01	-0.05	0.8	9.9	3.1	3	530
28180	-2	-5	25	510	13	8	14	110	7	3.55	5	-1	-5	4	0.34	-22	110	3.2	13	-3	-0.01	-0.05	1.2	12	3.2	-1	96
28181	46	-5	29	710	22	9	13	90	6	3.3	5	-1	-5	4	0.36	-21	86	5.6	11	-3	-0.01	-0.05	1.1	11	2.9	3	160
28182	12	-5	25	480	3.7	11	14	100	4	3.27	6	-1	-5	6	0.46	98	51	5.4	8.2	-3	-0.01	-0.05	-0.5	9.6	1.8	-1	260
28183	34	-5	32	690	16	8	13	110	5	2.95	7	-1	-5	10	0.42	-23	95	7.6	9.9	-3	-0.01	-0.05	1	11	1.9	6	630
28184	-2	-5	24	470	7.7	11	14	82	8	3.55	3	-1	-5	2	0.31	-21	120	2.7	13	-3	-0.01	-0.05	0.8	11	3.3	3	-50
28185	-2	-5	24	250	3	12	10	40	2	2.89	13	-1	-5	3	0.39	-20	64	2.8	6.8	-3	-0.01	-0.05	-0.5	16	3	3	69
28186	11	-5	27	490	4.4	11	14	110	4	3.31	6	-1	-5	6	0.47	-21	71	5.2	8.5	-3	-0.01	-0.05	-0.5	10	2.8	-1	290

La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Mn	Sr	Cd	Bi	V	Ca	P	Mg	Ti	Al	K	Y	Be
ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm
0.1	3	5	0.1	0.2	0.5	0.2		2	1	4	1	0.4	1	1	1	0.5	5	2	0.01	0	0.01	0.01	0.01	0.01	2	2
41	78	33	5.9	1.2	1.1	2.6	0.37	-2	60	71	134	-0.4	43	624	179	-0.5	-5	119	6.92	0.094	1.18	0.24	8.07	2.39	16	2
31	62	24	4.6	0.9	-0.5	2.4	0.32	-2	20	20	65	0.5	34	543	289	-0.5	-5	85	15.64	0.05	1.87	0.21	5.75	1.8	18	2
41	80	33	5.9	1.3	-0.5	3.1	0.41	-2	34	38	84	-0.4	45	702	169	-0.5	-5	115	7.33	0.043	0.92	0.47	7.5	1.94	22	2
47	93	33	6.8	1.5	1.4	3.5	0.51	-2	94	193	193	1.2	49	1077	245	0.5	-5	129	5.27	0.095	0.89	0.26	9.42	2.64	13	3
36	68	27	5.1	1.1	-0.5	2.6	0.36	-2	85	117	224	0.6	43	593	184	-0.5	-5	113	8.33	0.133	1.21	0.24	7.68	2.28	17	2
30	54	22	4.3	0.9	0.9	2.4	0.4	-2	30	42	57	-0.4	27	461	141	-0.5	-5	55	22.46	0.026	0.66	0.18	3.99	1.25	20	-2
31	58	23	4.4	1	-0.5	2.3	0.29	5	27	32	80	-0.4	47	463	289	-0.5	-5	112	11.41	0.048	1.65	0.24	7.29	2.18	19	2
30	58	24	4.4	1	0.8	2.2	0.31	-2	294	245	523	5.4	97	448	207	0.5	-5	76	14.2	0.143	1.1	0.2	5.62	1.68	16	-2
34	67	26	4.8	1	0.7	2.3	0.35	-2	37	42	101	-0.4	47	592	253	-0.5	-5	129	11.09	0.048	1.64	0.27	8.59	2.6	19	3
31	60	21	4.8	1	0.8	2.4	0.31	3	125	159	171	0.7	49	648	214	-0.5	-5	130	10.57	0.095	1.24	0.23	7.22	2.17	20	2
30	59	23	4.3	1	0.6	2.2	0.3	6	90	118	283	-0.4	66	636	237	0.9	-5	84	14.8	0.049	1.04	0.26	5.66	1.75	18	2
35	69	27	5.1	1.1	0.7	2.4	0.37	9	672	469	590	0.8	111	539	238	0.5	-5	87	10.42	0.11	1.3	0.22	6.17	1.9	17	2
30	59	22	4.2	0.9	0.7	2	0.29	-2	27	27	87	-0.4	36	587	334	-0.5	-5	125	12.88	0.044	1.95	0.26	8.14	2.37	18	3
64	120	48	8.7	1.4	1.3	3.1	0.41	-2	17	27	59	-0.4	25	520	198	-0.5	-5	62	14.65	0.062	2.51	0.24	4.13	1.3	19	-2
31	60	22	4.4	1	-0.5	2.4	0.32	6	84	112	267	-0.4	59	608	229	0.7	-5	80	14.3	0.048	1	0.25	5.51	1.68	18	2