

## **CONTAMINACION DEL ACUIFERO LIBRE POR HIDROCARBUROS EN EL AREA URBANA DE LA LOCALIDAD DE DIAZ-PROVINCIA DE SANTA FE**

(\*)MARÍA DEL VALLE VENENCIO (\*)-CARLOS H. MANAVELLA (\*\*)  
(\*) Instituto Nacional del Agua y del Ambiente - Centro Regional Litoral (\*\*) Ex-Incyth

### **ABSTRACT**

In 1994, there was an explosion in a large-diameter well located in the Community Building of Diaz, 110 km SW from Santa Fe, capital city of Santa Fe Province. It blew up while maintenance work was being performed in the pump equipment due to the presence of hydrocarbons in the unconfined aquifer, causing damage to people and buildings.

The drinkable water supply, supplied by four wells located in the Puelche Formation, was inaugurated that same year.

Studies were carried out to determine the presence, type and possible origin of hydrocarbons in the aquifer, which were requested by a local Court of Santa Fe City.

The present work was performed considering the information of a technical report dating from November 1994. The presence of hydrocarbons in the aquifer was due to leaking of an underground gasoline storage tank of a gas station.

### **RESUMEN**

En la localidad de Díaz situada a 110 Km al sudoeste de la ciudad capital de la provincia de Santa Fe se produjo en 1994, una explosión en un pozo de gran diámetro ubicado en el edificio de la Comuna. La misma ocurrió al efectuarse tareas de mantenimiento del equipo de bombeo, ocasionando daños personales y edilicios. El motivo fue la presencia de hidrocarburo en el acuífero libre.

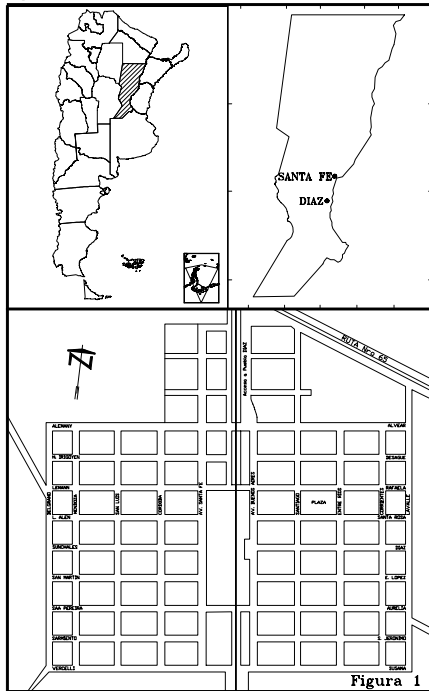
En ese mismo año fue inaugurado el servicio de agua potable, el que se abastece de cuatro perforaciones de la Formación Puelches.

Ante la solicitud del Juzgado de Primera Instancia de Distrito en lo Civil y Comercial de la Quinta Nominación de la ciudad de Santa Fe para determinar la presencia, tipo y posible origen del hidrocarburo en el acuífero, se iniciaron las investigaciones para dar una respuesta inmediata.

Sobre la base del Informe Técnico producido en noviembre de 1994 en el que se determinó la presencia de hidrocarburos en el acuífero como consecuencia de la pérdida de un depósito de combustible enterrado de una boca de expendio, se realizó el presente trabajo.

## 1. INTRODUCCION

La localidad de Díaz es una pequeña población de la provincia de Santa Fe con aproximadamente 1800 habitantes, distante a 110 km. al sudoeste de la ciudad capital. (Figura 1).



Cuenta con un servicio de agua potable inaugurado el mismo año del incidente, 1994, el que se abastece de cuatro perforaciones (Figura 2) que explotan la Formación Puelche.

Con anterioridad la población cubría sus necesidades con pequeñas perforaciones domiciliarias alojadas en el acuífero pampeano. Algunas de ellas aún son utilizadas para consumo por pobladores no conectados a la red de agua potable.

La presencia de hidrocarburo en el acuífero libre de la localidad, originó la explosión en un pozo ubicado en el edificio de la Comuna con daños edilicios y personales al efectuarse tareas de mantenimiento del equipo de bombeo. Este pozo de 1.00 m de diámetro y 14.00 m de profundidad abastecía de agua para uso doméstico al edificio, para riego de calles y ocasionalmente para uso rural.

Frente a este hecho, el Juzgado de Primera Instancia de Distrito en lo Civil y Comercial de la Quinta Nominación de la ciudad de Santa Fe, solicitó al Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas –hoy INA- a través del Centro Regional Litoral, realizar un estudio a efectos de determinar la presencia, tipo y posible origen del hidrocarburo en el acuífero.

El objetivo fue determinar la presencia de hidrocarburos en el agua subterránea, tipo de contaminante, la fuente que originó la contaminación, el área de afectación, y dar las bases a una segunda etapa de investigación de mayor detalle que permita la remediación del acuífero.

Sobre la base del Informe Técnico presentado en noviembre de 1994, se realizó el presente trabajo.

## 2. CARACTERISTICAS GENERALES

Díaz está emplazada a cota 36.50 metros referido al cero del Instituto Geográfico Militar, entre las cañadas Carrizales y de Arce, que originan una divisoria de aguas que se inserta en el centro de la localidad. Los escurrimientos naturales hacia las cañadas presentan pendientes que oscilan entre 3.5 y 4 por mil hacia ambos lados.

Geológicamente se encuentra en la llanura Chacopampeana, caracterizada regionalmente, por un relieve de baja pendiente topográfica con modificaciones locales causadas por elementos geomorfológicos.

Las principales unidades estratigráficas se enmarcan en el esquema conceptual regional. Las características litológicas y las propiedades hidrogeológicas de las Formaciones de interés para el presente estudio, son descriptas a continuación, comenzando por la más antigua.

**Formación Paraná:** constituida por pelitas y psamitas de colores verdes y azulados, perteneciente a la transgresión marina del Mioceno, el techo se encuentra a 48.50 metros de profundidad. Las arcillas de esta Formación en la llanura Chacopampeana son utilizadas como horizonte guía, rara vez las perforaciones para alumbramiento de agua la penetran totalmente. Estas arcillas y arenas de origen marino son portadoras de aguas altamente salinizadas.

**Formación Puelches:** formada por arenas cuarzosas, maduras, de colores amarillentos, comúnmente de grano fino a mediano con intercalaciones de gravilla en sus niveles inferiores de edad plio-pleistocena. Se dispone en discordancia sobre la Formación Paraná y está cubierta en igual forma por los sedimentos Pampeanos. Estas arenas conforman una entidad francamente acuífera de carácter semiconfinado de fácil acceso mediante perforaciones, con caudales y características químicas que la hacen apropiada para el abastecimiento público de la localidad y

otras actividades que emplean agua subterránea. Su espesor es de 22.40 m en el área de estudio.

Formación Pampeano: integrado por limos y arcillas de colores castaños con tonalidades amarillentas y rojizas, con pequeñas concreciones calcáreas intercaladas. De edad Pleistocena. Su espesor varía en coincidencia con la profundidad del techo de la Formación Puelches. Aloja el acuífero libre, con nivel freático próximo a los 11.00 metros de profundidad.

Las variaciones litológicas del Pampeano, son el resultado de los cambios climáticos que da lugar a un medio anisotrópico, tanto en sentido vertical como areal, originando acuíferos integrados por secuencias productivas separadas de otras de características acuitardas. A escasa profundidad se los encuentra con características freáticas y semiconfinadas. Estas unidades localmente complejas, presentan a escala regional, un comportamiento simple.

La recarga natural de estos acuíferos está dada por las precipitaciones (normales: 1250 mm/año) a nivel regional, infiltrándose prácticamente en todos los sectores. Esta infiltración se incrementa por la escasa pendiente topográfica, aunque particularmente la recarga se origina en la divisoria de aguas con descarga en ambas cañadas.

El escaso gradiente hidráulico de 7 por mil aproximadamente, origina bajas velocidades de escurrimiento de las aguas subterráneas.

Todas las Formaciones mencionadas presentan una extendida continuidad areal.

### 3. METODOS

En el marco del modelo conceptual se desarrolló un plan de trabajo ajustado al tiempo requerido y al presupuesto disponible para esta primera instancia.

Para conocer la morfología de la superficie freática, se efectuó un censo de perforaciones de abastecimiento domiciliario, las que fueron referidas al cero del Instituto Geográfico Militar.

Con los datos obtenidos se elaboró el mapa isofreático, definiendo el sentido, dirección del escurrimiento y las divisorias de agua. De su observación, se diseñó una red de monitoreo compuesta por 17 sondeos interceptores a la posible pluma contaminante, que permita conocer la morfología de la freática con detalle y la toma de las muestras de agua.

Los sondeos de monitoreo se construyeron hasta una profundidad de 16.00 metros y 3 pulgadas de diámetro, utilizándose un sistema de perforación con barreno helicoidal con la finalidad de no usar inyección de agua para evitar la disturbación que ésta provocaría, procediéndose luego a su limpieza por cuchareo.

Finalizada la construcción y acondicionamiento de los sondeos de monitoreo se dejaron reposar para recuperar su equilibrio natural de la disturbación provocada por la perforación, antes de la medición y muestreo.

Como el combustible presenta una fase sobrenadante en el agua y otra miscible con ella, para la toma de muestra se debió enfrentar la realidad de no contar con muestreadores que resolvieran nuestro requerimiento, por lo que fue necesario diseñar y fabricar dos muestreadores específicos para:

→ la determinación del espesor de combustible sobrenadante con la mayor exactitud posible.

→ y el muestreo puntual para evaluar la parte miscible con agua, manteniendo las condiciones a las que se encontraba sometida en el acuífero por tratarse de elementos volátiles.

Inmediatamente a la toma de muestras, se enviaron a dos laboratorios en envases con cierres adecuados para evitar la pérdida de constituyentes orgánicos volátiles.

Los sondeos de monitoreo y el muestreo se efectuaron desde la zona menos afectada a la más próxima al derrame, prestando especial cuidado en la limpieza de las herramientas de perforación y muestreo para evitar la contaminación de un punto a otro.

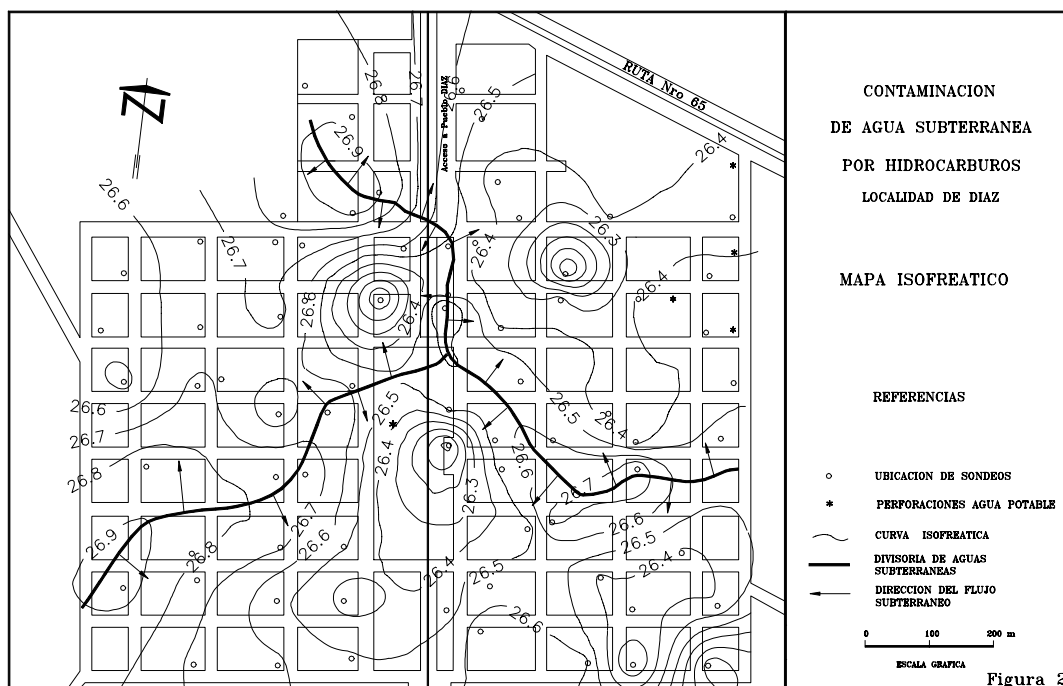
## 4. RESULTADOS

### 4.1 Relevamiento Hidrogeológico

Con anterioridad la población cubría sus necesidades con pequeñas perforaciones domiciliarias que captaban el acuífero freático. Esto facilitó el censo de los 74 sondeos logrando una densidad considerada suficiente para alcanzar el nivel de detalle deseado.

Con los valores referidos al cero del Instituto Geográfico Militar se elaboró el mapa isofreático utilizándose una equidistancia de 0.10 metros.

En la Figura 2 se observa la morfología de la freática con una divisoria principal de dirección noroeste-sureste ubicada próxima al sector de derrame (estación de servicio Figura 3) y una divisoria secundaria evidenciada por el nivel de detalle utilizado en la elaboración del mismo y las direcciones del flujo subterráneo.

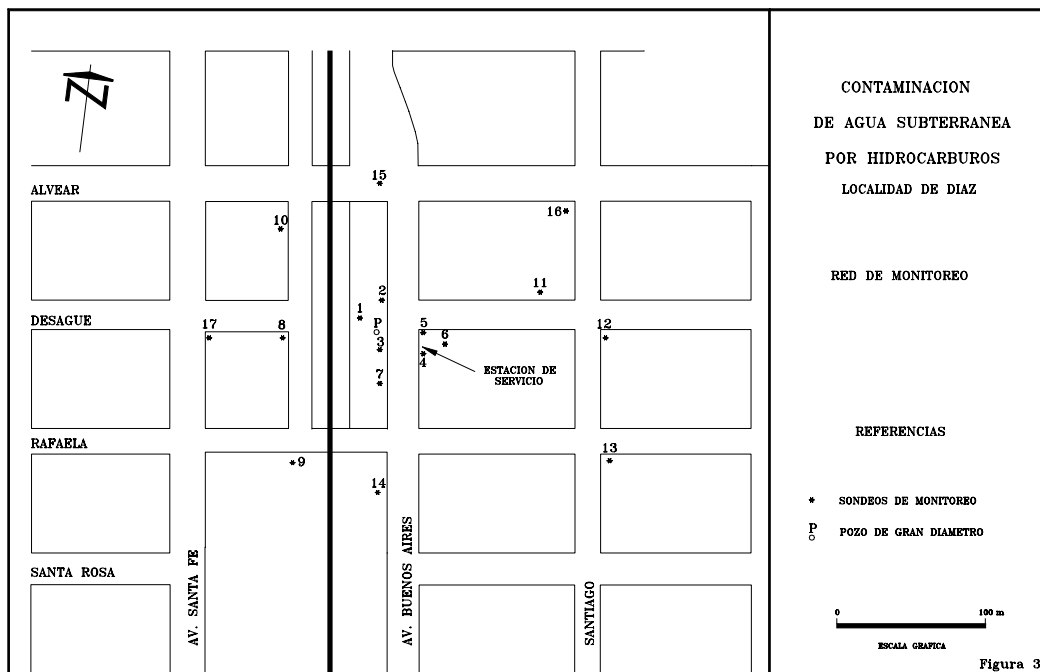


Una vez que la nafta penetra en el suelo se separa en varias fases: Fase Gaseosa, Fase Residual, Fase Separada y Fase Disuelta.

El movimiento de estas fases es complejo, (muy comentado en la bibliografía especializada, por lo que aquí no se expondrán). La heterogeneidad de los sedimentos cuaternarios que conforman las zonas no saturada y saturada (Manavella y Venencio, 1995) acentúan el problema en el área de estudio. Las disminuciones de permeabilidad actúan como trampas que tienden a impedir la propagación del contaminante (Custodio, 1976).

**Fase Gaseosa:** Las fases separada, residual y disuelta son fuentes de gases por volatilización. Estos gases pueden migrar por advección, efusión y difusión ocupando los poros en la zona no saturada, (Everett et al., 1986).

Si bien no se realizó un estudio de gases en suelo, durante la construcción de los sondeos de monitoreo, se detectó fácilmente emanaciones gaseosas con olor a nafta proveniente de los sondeos 5, 6 y 7 (Figura 3) a una profundidad aproximada de 7.50 metros. Sin embargo en los mismos, no se presentó nafta sobrenadante lo que indica una mayor expansión de gases que combustible sobrenadante en el acuífero.



**Fase Residual:** Al ser liberado el hidrocarburo en el subsuelo, una cierta cantidad se absorbe como residual en la zona no saturada en los espacios porosos, que no migra y contribuye a la contaminación.

El porcentaje o volumen residual retenido en la zona no saturada depende de la granulometría de los sedimentos. En limos y arcillas (textura de los sedimentos pampeanos) suele ser muy significativo, pudiendo alcanzar aproximadamente un 20 % cuando llega a la saturación residual. Un fluido que se infiltra dentro de la zona no saturada, comenzará a migrar hacia abajo, si el volumen del fluido excede la capacidad de retención (capacidad de campo del suelo), (Schwille, 1967).

Si la zona no saturada tiene mucho espesor y el volumen derramado es pequeño, todo el combustible puede ser retenido por el sedimento.

En el caso que nos ocupa, el volumen derramado puede ser considerable por el espesor de fase separada como se expondrá más adelante.

En la zona saturada también se presenta esta fase, siendo una fuente significativa de contaminación disuelta. Esta fase no fue analizada en el presente estudio, pero deberá serlo en una próxima etapa.

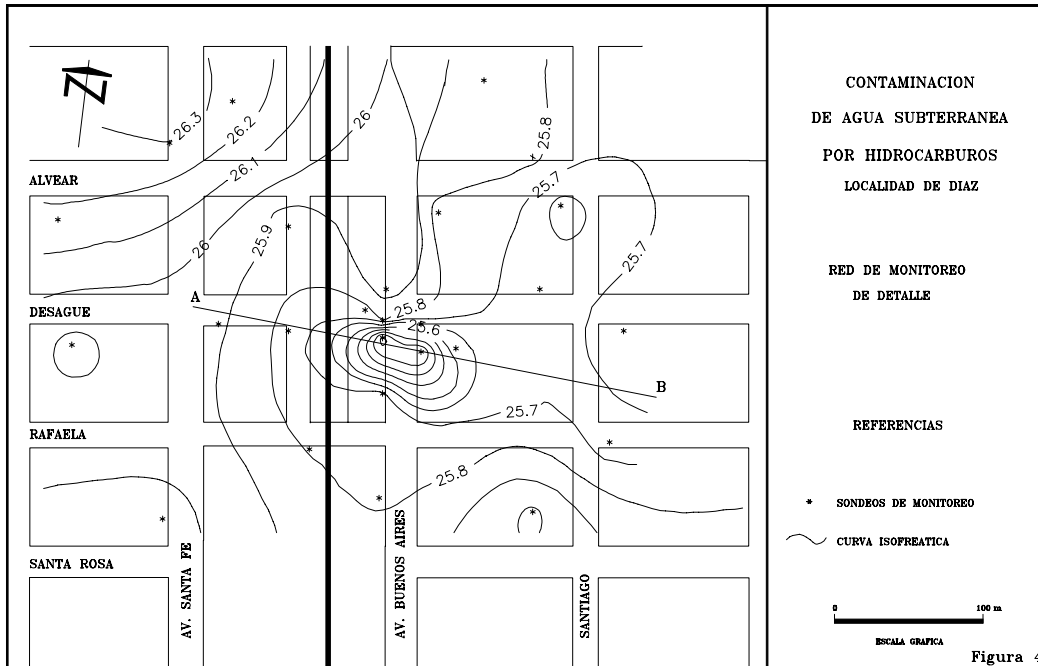
**Fase Separada:** Esta fase, también llamada libre, es el hidrocarburo líquido puro que se encuentra en el perfil.

Si el peso del hidrocarburo es suficiente para vencer las fuerzas capilares, puede deprimir la superficie freática (Williams et al., 1971; Bruce, 1993).

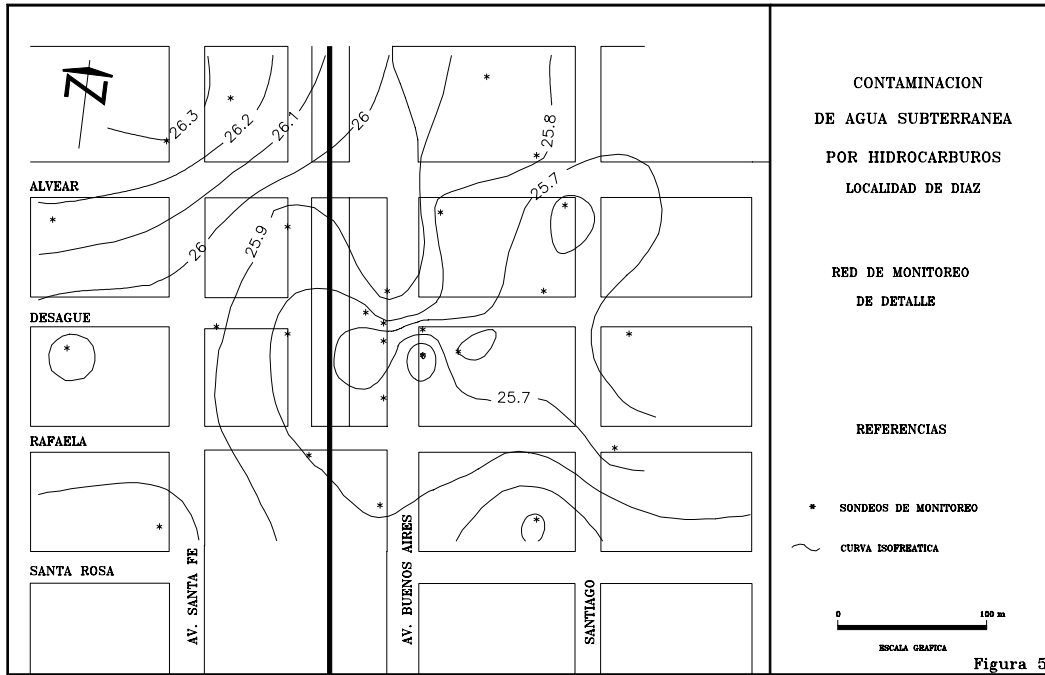
Para conocer la fase separada se elaboraron dos mapas isofreáticos de detalle, utilizándose los sondeos de monitoreo con apoyo de algunos de los censados.

En la Figura 4 se representa el nivel freático del acuífero libre sin la presencia de nafta. Se observa una depresión en la zona del episodio causada por el desplazamiento provocado por la nafta acumulada.

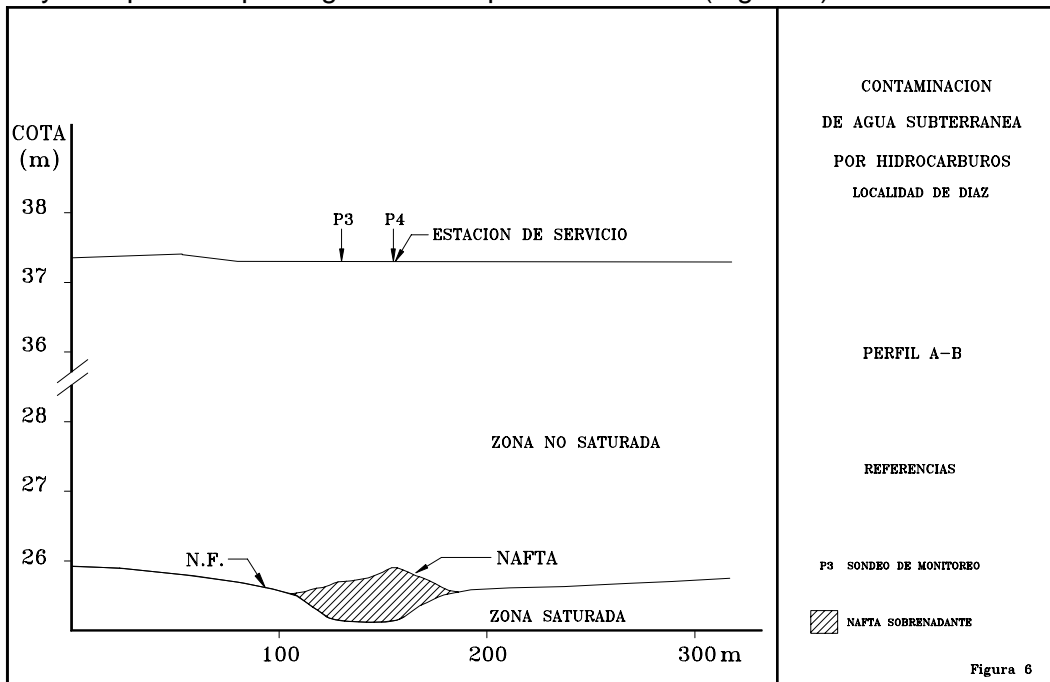
Esta depresión localizada no se aprecia en el relevamiento hidrogeológico general, donde contrariamente se localiza la divisoria de aguas, Figura 2.



En la Figura 5 se representó la superficie freática con la nafta acumulada sobre el acuífero. La morfología de las isofreáticas cambian significativamente indicando una elevación en la cercanía del punto de contaminación por la presencia de nafta.



De la interpretación de ambos mapas, se elaboró el perfil A-B de la Figura 4, donde se aprecia claramente la fase separada, con un domo manifiesto en las proximidades de la estación de servicio y la depresión que origina en la superficie freática. (Figura 6).



Aunque el resultado de la medición estática de los espesores de la fase separada en los sondeos de monitoreo no es un indicativo de los espesores del hidrocarburo móvil (Bruce, 1993), los valores medidos en los sondeos de monitoreo 3, 4 y en el pozo de gran diámetro indican la cantidad de nafta derramada. Los espesores medidos son 0.54 m, 0.845 m y 0.0188 m respectivamente.

Por las edificaciones y el pavimento fue imposible aumentar el número de perforaciones para definir con exactitud la extensión del combustible sobrenadante, no obstante la concentración del mismo se circunscribe al sector del derrame.

El pozo de gran diámetro presenta un espesor pequeño de combustible, y su presencia en él es atribuida al gradiente provocado por la explotación que se realizaba en el mismo, que originó una vía preferencial en la migración de la nafta.

**Fase Disuelta:** La nafta es considerada generalmente inmisible con el agua, pero hay muchos de sus componentes que se disolverán en contacto con ella para formar una pluma de contaminación de fase disuelta.

Los contaminantes disueltos pueden llegar al acuífero por el agua infiltrada que estuvo en contacto con el producto residual, o por el agua que pasa a través de la fase separada.

Los elementos disueltos se desplazarán principalmente en la dirección que circula el agua subterránea por advección y dispersión, pero a una velocidad menor debido a la adsorción de los componentes, (Bruce, 1993).

Esta fase en nuestro caso, al momento del estudio, no era todavía significativa según los análisis realizados.

### 4.3 Análisis Químico

Para determinar la presencia de hidrocarburos en las muestras de agua se utilizaron técnicas cromatográficas.

Se tomaron dos muestras de cada sondeo y se remitieron a un laboratorio privado, y al Instituto de Investigaciones en Catálisis y Petroquímicas -INCAPE- dependiente de la UNL-CONICET.

Ambos laboratorios concluyeron que el hidrocarburo presente en el acuífero libre corresponde a nafta común del tipo comercial.

Considerando la alta toxicidad de algunos elementos se analizaron además muestras de los perforaciones utilizadas para abastecimiento de agua potable, no resultando afectadas.

## 5. DISCUSION

La investigación demostró que el hidrocarburo derramado en el acuífero era nafta común de tipo comercial.

En la zona no saturada, los componentes orgánicos volátiles del combustible producen vapores que se extienden en sentido lateral y longitudinal que constituye una pluma de contaminación permanente. Se suman a éstos, la volatilización de la nafta presente en la superficie freática con movimiento ascendente. Estos gases pueden acumularse en sótanos y pozos negro.

Por ello, es conveniente efectuar un estudio de gases contenidos en el suelo para conocer su extensión y eliminar su contaminación.

Dado que la dirección del flujo subterráneo es hacia el campo de bombeo situado a 300 metros del sector afectado, lo que constituye una alerta para preservar la fuente actual de abastecimiento de agua potable, se recomendó como acción preventiva, realizar un muestreo periódico para determinar la presencia de elementos liberados por hidrocarburo.

Si bien en el momento que se concluyó la investigación (noviembre de 1994), el combustible sobrenadante se circunscribía al sector de derrame, mediciones posteriores (dos años después), demostraron la movilidad del combustible alcanzando sondeos de monitoreo que se encontraban libres del contaminante.

Ya que la nafta no se elimina naturalmente, es necesario remediar el recurso contaminado y disponer el mismo en un lugar que no ocasione nuevos riesgos y perjudique el ambiente. La acción inmediata para sanear el acuífero contaminado, minimizará costos y riesgos futuros.

Recientemente hubo una iniciativa de la Comuna de la localidad de continuar con la investigación, que hasta el momento no se ha concretado.

## 6. CONCLUSIONES

- El hidrocarburo presente en el acuífero es nafta común del tipo comercial.
- La migración del hidrocarburo por efecto de la fuerza de gravedad es desde la fuente contaminante hacia el acuífero. Como el volumen de la pérdida, evidentemente fue significativo, superó la retención residual y ésta llegó al acuífero.
  - En la franja capilar se acumuló un volumen de combustible que ejerció una presión tal, que deprimió la superficie freática, como se observa en la Figura 6. La extensión de la pluma contaminante por nafta quedó comprendida entre los sondeos 3, 4 y el pozo de gran diámetro (del siniestro). Los espesores medidos indican una mayor concentración en las cercanías de la estación de servicio.
  - En los sondeos de monitoreo en los que no se encontró sobrenadante, no presentan cortes cromatográficos de nafta, razón por la cual el área de derrame quedó restringida al sector de emplazamiento de los sondeos 3 y 4 (a noviembre de 1994).
  - De los estudios realizados y resultados obtenidos, se concluye que el foco contaminante se localiza en la estación de servicio, dada la concentración puntual y espesor de nafta sobrenadante en el acuífero.

Esto se apoya con los análisis de laboratorio que indica que la muestra del sondeo 4 no presenta signos de evaporación, mientras que sí lo manifiestan la del sondeo 3 y la del pozo del siniestro. Es decir que han migrado desde el origen de la contaminación (estación de servicio) al pozo de la comuna.

- En el área de estudio no existían otras actividades de manipulación de combustible.
- Las perforaciones de suministro de agua potable no presentaron contaminación por hidrocarburos.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Bruce, Lyle G., 1993. Refined Gasoline in the Subsurface. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin. V. 77, N°2., pp. 212-224.
- Custodio, E., 1976. Contaminación por derivados del petróleo. E. Custodio y M.R. Llamas (Ed.): Hidrología Subterránea. Tomo II, Capítulo 18.3, pp-1915-1916. Ediciones Omega S.A., Barcelona, España.
- Everett, L.G.; Tyler, S.W.; Hess, J.W.; Kreamer, D.K.; Whitbeck, M.R.; Kirk, M.W. and Wilson, B.H., 1986. Subsurface Transport of Leaking Underground Storage Tank Fluids. Water Resources Center Pub. #4100, 73 p.. Desert Research Institute, University Nevada System.
- Manavella, C. H. y Venencio, M., 1995. Influencia de los Sedimentos Pampeanos en la Obra de Recarga Artificial de Acuífero en la Ciudad de Sunchales, Provincia de Santa Fe. Memorias del 2° Simposio Sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. San Lorenzo. Paraguay, pp. 137-148.
- Schwille, F., 1967. A hydrogeological problem. Proceedings of a Symposium on Joint Problems of the Oil and Water Industries. P. Hepple (Ed.), Elsevier (pub.). Amsterdam, pp. 23-53.
- Servicio Provincial de Agua Rural (SPAR), 1985. Estudio Hidrogeológico de Díaz. Provincia de Santa Fe. pp 1-61.
- Williams, D. E. and Wilder, D. G., 1971. Gasoline Pollution of a Ground-Water Reservoir - A case History. Proceeding National Ground Water Quality Symposium. Denver, Colorado, pp. 50-56.