

CARACTERIZACION Y SANEAMIENTO DEL ACUIFERO FREATICO IMPACTADO POR UNA ANTIGUA LOCACION DE POZO EN LA PCIA. DE SANTA CRUZ

*** Mario Grizinik, * Ezequiel Pezzuchi, *Fernando Locci.**

*** Laboratorio de Geología Ambiental. Universidad Nacional de la Patagonia San
Juan Bosco. Comodoro Rivadavia. Chubut**

SINOPSIS

En el presente trabajo se expone la metodología utilizada y los resultados obtenidos a partir de las tareas de caracterización y saneamiento de un sitio impactado por la actividad petrolera, en un sector correspondiente a una antigua locación de un pozo de petróleo.

La evaluación del sitio mostró evidencias de contaminación por hidrocarburos en suelos y aguas subterráneas. Estas últimas pertenecientes al sistema acuífero freático ubicado a profundidades de entre 2,5 a 3 metros y emplazado en gravas arenoarcillosas de un valle aluvial en la provincia de Santa Cruz.

Se realizaron ensayos de bombeo a través de un pozo de 8" de diámetro construido en el sector, para determinar los parámetros hidráulicos y estimar la velocidad de flujo del agua subterránea, ejecutándose además, la perforación de tres freatímetros para ser utilizados como puntos de monitoreo.

A través de la excavación con maquinaria pesada, se extrajo el suelo con material contaminado, realizándose posteriormente la extracción por bombeo de agua subterránea perteneciente al acuífero. Se realizaron los análisis químicos correspondientes, a los efectos de determinar la presencia de constituyentes peligrosos en las mismas.

Los monitoreos semestrales que se están efectuando con periodicidad, muestran la disminución de los valores de constituyentes peligrosos originalmente obtenidos y la eficacia de las tareas de limpieza realizadas en el sitio.

INTRODUCCION

El sector de estudio se ubica en la región Norcentral de la provincia de Santa Cruz, sobre el borde de un amplio valle que surca la misma. Dicho sector se caracteriza por corresponder a una llanura aluvial, con pendiente regional suave hacia el ESE y conformado predominantemente por gravas y arenas cubiertas por material eólico. Gráfico 1.

Excavaciones preliminares que se realizaron en el sitio, descubrieron la presencia de material con impregnaciones de hidrocarburos y remanentes de lodos de inyección, utilizados en la perforación del pozo. Asimismo el Nivel freático, presente a 3,50 metros de profundidad, evidenciaba la presencia de una película oleosa sobrenadante, en dos de dichas excavaciones. En estas excavaciones se tomaron muestras de suelo y se colectaron muestras de aguas para análisis químicos, que mostraron la presencia de constituyentes orgánicos derivados de hidrocarburos. (Ver Tablas 1 y 3).

A partir de ello se planificó la realización de tareas tendientes al saneamiento del suelo contaminado allí presente y al bombeo del agua subterránea impactada por los mismos.

En primer término se realizó la excavación prevista en el denominado Sitio 1, correspondiente a la ubicación de la pileta de vertido de desechos, con la finalidad de extraer el suelo contaminado y transportarlo al lugar seleccionado para su tratamiento. Se colectaron muestras de suelo de las paredes de la excavación resultante, para corroborar que la extracción de suelo contaminado se hubiera completado.

En dicho sector y previo a su tapado, se ubicó un entubado de PVC de 8" con el objeto de permitir el bombeo de agua del acuífero y su monitoreo en el tiempo. Se construyeron además otros tres freatímetros en la dirección del flujo subterráneo, para la extracción de muestras de agua.

Se colectaron muestras de agua para análisis químicos de elementos mayoritarios, Hidrocarburos Totales, BTEX y Metales Pesados (Plomo, Cadmio, Mercurio, Manganeseo y Arsénico).

En el pozo de extracción se efectuaron ensayos de bombeo para la determinación de los parámetros hidráulicos del pozo, Conductividad Hidráulica, Transmisividad, etc, que permitieran estimar la velocidad real de flujo del agua subterránea.

Se ejecutaron tareas de bombeo del agua subterránea presente, con un caudal de trabajo acorde a las determinaciones previas de los parámetros obtenidos en los ensayos de bombeo.

El seguimiento en el comportamiento de los valores de constituyentes peligrosos, es monitoreado semestralmente a través de los freatímetros allí construidos.

GEOMORFOLOGÍA

El área se ubica dentro del valle moderno de un río, marcando un gran resalto topográfico con los niveles terrazados situados en coincidencia con su antigua planicie de inundación.

La planicie de inundación subactual, en donde se encuentran los puntos de muestreo, tiene un amplio desarrollo areal y se presenta como remanente del antiguo diseño anastomosado del río. Se compone de sedimentos muy gruesos, poligénicos, con matriz arenosa a limosa y hasta arcillosa. Sobre estos depósitos frecuentemente se disponen acumulaciones de origen eólico, muy móviles, de materiales pelíticos.

Asimismo, hacia los bordes del valle estos niveles terrazados, son cubiertos por depósitos remobilizados desde las barrancas.

Estas barrancas mencionadas, hacen referencia a los sedimentos que representan el desnivel existente, entre la planicie de inundación actual-subactual del río y los niveles superiores correspondientes a la antigua planicie de inundación. En estas laderas queda expuesta la secuencia terciaria con los depósitos de la Formación Río Chico y la Formación Sarmiento (incluyendo las Tobas de Koluel Kayke) esta última constituida principalmente por tobas blanquecinas, cineríticas y bentoníticas.

También se manifiestan, aunque saltuariamente debido a su acuífamiento, los depósitos marinos de la Formación Patagonia, integrada por areniscas, con bancos calcáreos, a veces con fracciones pelíticas abundantes.

Desde el punto de vista hidrogeológico se denomina como subálveo del río, al material predominantemente psefítico contenido entre ambas “barrancas” del valle moderno, que se apoya sobre un piso de diseño cóncavo, remanente de la acción erosiva del cauce. Sobre su superficie plana divaga estacionalmente el río actual de escasa o nula influencia sobre el acuífero freático contenido en el subálveo.

DESARROLLO

Las tareas de saneamiento efectuadas en el sitio, comprendieron tanto a suelos como al agua subterránea presente, efectuándose las mismas en principio, simultáneamente y a posteriori se enfocaron sobre la extracción del agua perteneciente al acuífero freático.

Los análisis realizados por los laboratorios sobre las muestras de suelos colectadas en la excavación original, arrojaron valores indicativos de presencia de derivados de hidrocarburos en las mismas, pertenecientes al sitio denominada punto 1.

Luego de esta primera excavación, se observó que la extensión vertical de la posible contaminación era pequeña (no superaría los 3 mts.) y la extensión areal tampoco sería significativa, involucrando una relativa pequeña cantidad de material. Se recomendó entonces como tecnología de saneamiento, utilizar un método de Remoción

Mecánica de suelos, agregándose el hecho de que el terreno era fácil de excavar y el emplazamiento disponía de espacio necesario para su acopio transitorio. Luego estos suelos contaminados serían transportados a una planta de tratamiento, o repositorio de seguridad.

Esta agua de características Cloruradas Bicarbonatadas Sódicas, poseen una concentración de Sólidos Totales Disueltos comprendidos entre 1800 y 2300 mg/l, lo que las convierte en inaptas para consumo humano. Gráfico2.

Además, la cava a desarrollar en el terreno produciría la afluencia de agua a la misma, la cual podría ser retirada en una primera etapa por bombeo directo, ya que el Nivel freático se hallaba a 3,50 metros de profundidad y con una dirección de flujo Oeste-Este. Gráfico3.

Tareas de Saneamiento

Suelo

La excavación efectuada en la locación del Pozo, se realizó utilizando una máquina retroexcavadora Poclain 320 y consistió en una cava ubicada en el denominado Sitio 1, con medidas finales alcanzadas de 8 metros x 9 metros y de 5 metros de profundidad.

La apertura de dicha excavación permitió identificar la forma de la pileta de desechos y la canaleta de derivación que poseía la misma. El avance en el trabajo se iba realizando a partir de la observación directa del suelo extraído, el cual se acopiaba para su posterior traslado.

A medida que se avanzaba retirando el material, se comprobaba su estado; si existían evidencias organolépticas visuales que respondieran a la presencia de derivados de hidrocarburos, en donde se prestó especial atención al grado de impregnación, olor e iridiscencia. Se profundizó y ensanchó la excavación, hasta comprobar que todo el material comprometido era retirado.

Alcanzada la extracción del material y el alumbramiento del agua subterránea con producto sobrenadante visualizable en la superficie del agua, se procedió a la colecta de muestras de suelo de las paredes para su envío al laboratorio. Las mismas fueron tomadas en los bordes: Este (Punto 1), Sur (Punto 2) y Oeste (Punto 3); todas ellas corresponden al mismo horizonte de suelo, situado a 2,40 metros de profundidad desde la superficie.

Los resultados de los análisis pueden observarse en la Tabla 2

Estos valores obtenidos, certifican lo eficaz de la limpieza y de la extracción del suelo contaminado del entorno de la locación, justificando el fin de las tareas en ese aspecto. (Ver Tabla 1)

Aguas

El hecho de observar la presencia de sobrenadante en dos de las excavaciones que se realizaron, motivó que se procediera a bombear ambos puntos (previamente al muestreo de las aguas) para eliminar, en principio, las cantidades más importantes de producto sobrenadante. Para ello se utilizó una Bomba de Alto Vacío montada sobre camión, transportando luego el líquido, a una Planta Deshidratadora ubicada en las cercanías.

Previo al tapado de la cava, se colocó un entubado de PVC reforzado de 8", ranurado en la porción enfrentada al material saturado, a fin de su posterior utilización como pozo de extracción (freatímetro 1).

Otros tres pozos fueron acondicionados como freatímetros (ver mapa); los mismos fueron entubados con caño de PVC reforzado con diámetro de 4" y engravados con material grueso de la locación y la profundidad alcanzada promedio fue de 3 metros. En todos los casos, la profundidad límite estuvo relacionada a la posibilidad de disponer de un espesor ranurado, de al menos, 1 metro por debajo del nivel freático.

Su ubicación estuvo orientada a determinar la dirección del flujo subterráneo, a su utilización como pozos de observación para posteriores ensayos de bombeo y a la recolección de muestras de agua para efectuar el monitoreo en el tiempo. Como detalle de terminación, se realizó una base circular de cemento en donde se fija un caño de hierro con tapa y candado.

Transcurrido una semana, se procedió al muestreo de las aguas de los freatímetros siguiendo los procedimientos establecidos para tal fin.

Las aguas se clasifican como Cloruradas Bicarbonatadas Sódicas con sólidos totales disueltos superiores a 1500 mg./l,

Los análisis químicos efectuados sobre las muestras de aguas arrojaron valores en Hidrocarburos Totales en solo dos de las cuatro muestras. (Ver Tabla 3)

La Norma Holandesa fija 0,6 mg/l como el umbral a partir del cual debe procederse a efectuar tareas de remediación, de lo que se desprende que se debían llevar adelante acciones a tal fin.

Como complemento del estudio, se realizó un ensayo de bombeo para determinar los parámetros hidráulicos del acuífero. Asimismo, los datos aportados, se utilizaron para planificar el régimen de extracción al que se lo sometería, a fin de sanear sus aguas.

Ensayos de Bombeo

Se procedió a realizar un bombeo a caudal constante; los volúmenes extraídos fueron aforados mediante recipientes de volumen conocido y efectuándose ajustes a lo largo del ensayo.

En dicho ensayo, se utilizó una bomba electrosomergible, con un caudal de bombeo de aproximadamente $1,2 \text{ m}^3/\text{hora}$. A lo largo del mismo y a intervalos regulares, se midieron los descensos que se producían en el freático nro.1 (pozo de bombeo) y en el freático Nro.2.

Para el cálculo de la Transmisividad se utilizaron 3 métodos: el de Theis para acuífero libre, el de recuperación de Theis y por otro lado, el método de “pozo incompleto” utilizando las formulaciones de Muskat.

En resumen, se considera aceptables que los valores de Transmisividad calculados varían en el orden de los 17 a los $100 \text{ m}^2/\text{día}$ y la permeabilidad entre 7 y $15, \text{ m}/\text{día}$.

La permeabilidad calculada, correspondería a un acuífero compuesto por mezcla de grava y arena, calificado en la bibliografía como de buen drenaje; este hecho es coincidente con la estimaciones previstas en base a lo que se observó en el campo y los estudios llevados a cabo en la región por el Consejo Federal de Inversiones (Geohidrología del área Noreste de la provincia de Santa Cruz, CFI,1991).

A través de la ley de Darcy (ver Anexo de Cálculos) se determinó que la velocidad del flujo subterráneo en el sector es de $0,3 \text{ m}/\text{día}$.

Sin tomar en cuenta los procesos de adsorción, absorción y de degradación natural de los contaminantes en el terreno, los cálculos realizados han permitido estimar el desplazamiento de la pluma contaminante dentro del acuífero, a partir del momento de llegada del lixiviado a la superficie freática.

Bombeo-Saneamiento

El sistema de descontaminación usado fue diseñado a partir del bombeo de “agua + derivados de hidrocarburos”, desde los freáticos Nro. 1 y 3; ambos son los que acusaron valores que indican contenidos de Hidrocarburos Totales, que es coherente con el lugar de vertido del contaminante y con el sentido que tiene el flujo subterráneo en ese sector (ver mapa adjunto). De esta manera se intentó provocar un gradiente hidráulico capaz de producir el desplazamiento del sistema “agua + contaminantes” hacia los pozos y extraerlos del acuífero para su posterior tratamiento.

En particular para el freático Nro. 1, el sistema consistió en la extracción del agua por medio de una bomba electrosomergible que trabajó con un régimen que osciló en los $30 \text{ m}^3/\text{día}$, durante 3 días que duró la operación; se optó por este caudal en función de la información brindada por el ensayo de bombeo, el cual permitía asegurar que el pozo no se vaciaría durante el tiempo que demandara el bombeo.

Para el caso del freatímetro Nro 3, dadas sus características constructivas en cuanto a su menor diámetro, desarrollo y limpieza con respecto al freatímetro Nro. 1, se utilizó una bomba electrosumergible de 12 V, capaz de desagotar del pozo un volumen de 6 litros por minuto. Este caudal es más que suficiente, ya que en función de lo expuesto en este párrafo, los aportes de agua al pozo son escasos. Esta misma circunstancia motivó que se trabajara en forma alternada bombeando y dejando recuperar el nivel del agua dentro del pozo.

El líquido extraído era almacenado transitoriamente en una cisterna, para luego de su llenado, ser transportado al sitio de disposición final. Se pudo advertir que con el paso del tiempo de bombeo, se pasó de un agua con abundantes manchas oleosas, a otra desprovista de todo vestigio de las mismas.

Finalizado el bombeo, se procedió a la toma de muestras en ambos freatímetros para realizar determinaciones en laboratorio de Hidrocarburos Totales. En las muestras de aguas analizadas en laboratorio, se comprobó el descenso de los valores en Hidrocarburos Totales en las aguas de los freatímetros 1 y 3 por debajo de los valores detectables por instrumental (0,6 mg/l).

Asimismo las determinaciones realizadas en los monitoreos semestrales realizados, permiten observar que los valores de Hidrocarburos Totales de Petróleo se hallan por debajo de los Niveles tomados como referencia. Tabla 3.

CONCLUSIONES

Las tareas de saneamiento efectuadas en la locación del Pozo, comprendieron diferentes acciones que podríamos resumir en los siguientes pasos:

- La constatación de la presencia de contaminantes derivados de hidrocarburos a lo largo del perfil del suelo que involucra la zona no saturada y el acuífero freático; dicha situación se encontraba circunscripta al sitio que ocupó en algún momento, una excavación donde se hizo el vertido de residuos.
- Se efectuó la extracción y retiro del material sólido afectado y disposición del mismo en el repositorio más cercano.
- A través de un ensayo de bombeo, se determinaron los parámetros hidráulicos del acuífero; estableciéndose la presencia de un acuífero de regular a bueno, con una permeabilidad promedio de 10 m/ día.
- Se ejecutó el bombeo intensivo de los freatímetros que acusaban presencia de Hidrocarburo, para crear un cono de depresión a fin de provocar la generación de un nuevo gradiente hidráulico dirigido hacia el pozo para permitir el ingreso de las aguas del entorno; el líquido extraído fue retirado del lugar para ser trasladado a una Planta Deshidratadora, para su posterior tratamiento.
- Remuestreo de las aguas en los puntos bombeados, donde los resultados de los análisis químicos en laboratorio mostraron un descenso de los valores en Hidrocarburos Totales por debajo de 0,6 mg/l.

A partir de estos valores, se consideraron efectivas las tareas de saneamiento desarrolladas en el sitio del área de estudio, estimándose prudencial el monitoreo por un

lapso de dos años, con una frecuencia semestral de los freatómetros allí ubicados, a fin de conocer su evolución en el tiempo.

Los valores obtenidos en los dos monitoreos semestrales realizados, han permitido concluir al presente, que las tareas efectuadas en la locación de referencia lograron extraer la mayor parte del material contaminante.

BIBLIOGRAFIA

Benítez, A. 1972. Captación de Aguas Subterráneas. Editorial Dossat SA. Madrid-12 España.

C.F.I., 1991. Geohidrología del Area Noreste de la Provincia de Santa Cruz. Informe interno. Buenos Aires.

Custodio, E., M.R. Llamas, 1996. Hidrología Subterránea. Editorial Omega. Barcelona. España.

Grizinik, M., S. Fronza, 1996. “Hidrogeología de la región situada al Noroeste de Las Heras, Provincia de Santa Cruz, Argentina”. Actas del XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas IV. 417-425.

Grizinik, M., E. Pezzuchi y F. Locci. 2001. Observaciones correspondientes a las tareas efectuadas en la locación del Pozo...., provincia de Santa cruz. Laboratorio de Geología Ambiental. UNPSJB. Comodoro Rivadavia.

Grizinik, M., E. Pezzuchi y F. Locci. 2002. Observaciones, Tareas y Estudios de Saneamiento efectuados en la locación del pozo..., Provincia de Santa cruz. Laboratorio de Geología Ambiental. UNPSJB. Comodoro Rivadavia.

McBride, M. 1994. Environmental Chemistry of Soils. Oxford University Press, Inc. New York.

FIGURAS

Tabla. 1

Muestra de suelo	Hc. totales % p/p, mg./Kg.	Benceno ug/g.	Plomo ug/g.
Valor Guia	5 g./Kg	0,5 ug/g.	500 ug/g.
Punto 1 (Oct-01)	21,9	0,4	130
Punto 1 (Feb-02)	< 0,02	<0,05	11,3

Tabla. 2

Muestra de suelo	Hc. totales % p/p, mg./Kg.	Benceno ug/g.	Cadmio ug/g.	Plomo ug/g.
Valor Guia	5 g./Kg	0,5 ug/g.	5 ug/g.	500 ug/g.
Punto 1 (Este)	< 0,02	<0,05	0,42	11,3
Punto 2 (Sur)	< 0,02	<0,05	0,55	12,3
Punto 3 (Oeste)	< 0,02	<0,05	0,62	13,9

Nota: El valor Guía utilizado es el mencionado en la Ley 24,051 para suelos de uso residencial; el nivel guía de Hidrocarburos Totales al no estar contemplado, nos remite a la norma Holandesa, dicha normativa fija un limite de 5 g./Kg de Hc total en suelo seco a partir del cual es necesario llevar a cabo acciones de remediación.

Tabla. 3

Muestras de Agua	Febrero-02	Octubre-02	Mayo-03
Freatímetros	T.P.H (mg./l)		
F-1	2,7	<0,07	<0,07
F-2	<1	<0,07	<0,07
F-3	1,5	<0,07	<0,07
F-4	<1	<0,07	<0,07

Feb-02: antes del bombeo.

Oct- 02, May -03: después del bombeo.

Gráfico1.

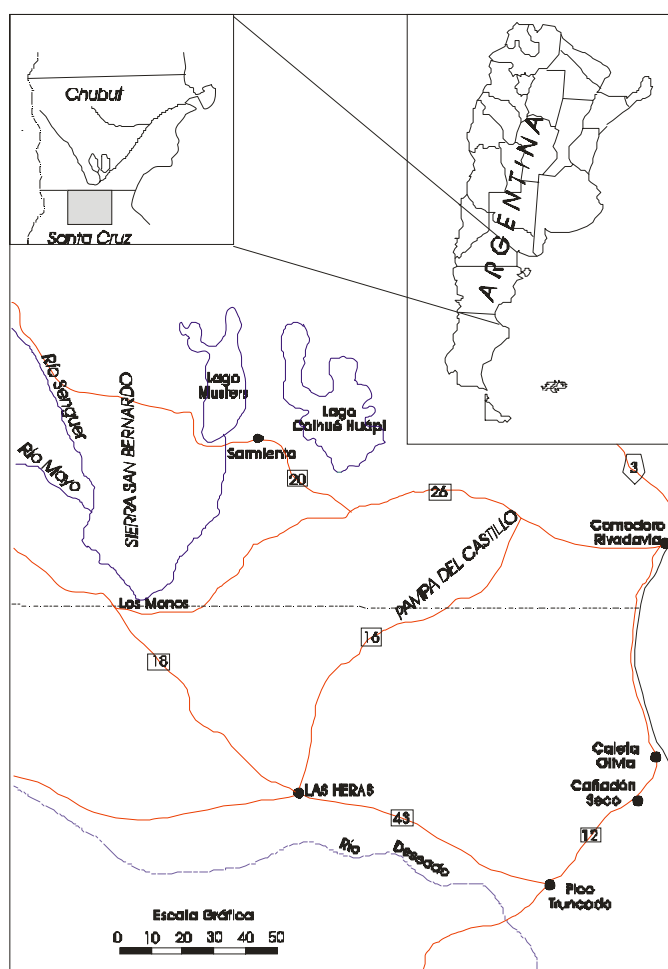


Gráfico 2.

Gráfico 2

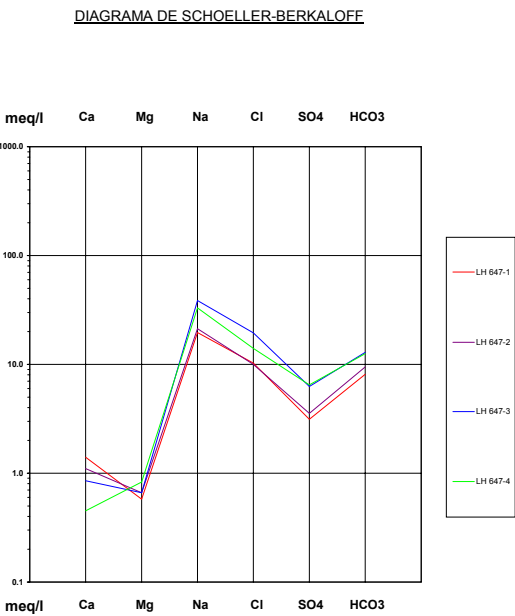


Gráfico 3

