

Gestión Ambiental de Sitios Contaminados con Hidrocarburos (GASC)

María Graciela Pozzo Ardizzi,* Juan Lucas Fidel,* Susana Moyano *

*GEOciencia S.R.L.

geociencia@speedy.com.ar

La remediación de sitios contaminados es una medida correctiva que se aplica para mitigar o eliminar la contaminación de un sitio.

Estos sitios generalmente constituyen pasivos ambientales históricos, de origen ignorado o poco preciso, con una dudosa delimitación espacial y consecuentemente sin cuantificación ni calificación.

Para abordar una tarea de remediación, con criterio de sustentabilidad, es aconsejable seguir los lineamientos sistemáticos establecidos para una Gestión Ambiental de Sitios contaminados (GASC).

Comprende tres etapas, que finalmente conducen a definir y establecer criterios para la remediación del sitio contaminado:

- Estudio de sitio
- Evaluación de riesgo
- Remediación del sitio

El estudio de sitio debe concluir aportando datos confirmatorios respecto a la cantidad, calidad, ubicación y extensión de la contaminación presente.

La evaluación de riesgo a la salud humana y/o el riesgo ambiental y el estudio de sitio, permiten decidir la necesidad de remediar, el o los métodos a aplicar y un punto final aceptable para la remediación.

A modo de ejemplo se expondrán s casos de sitios contaminados con hidrocarburos, en yacimientos, donde se aplicó GASC con el objetivo de remediarlos.

Introducción

La remediación de sitios contaminados es una medida correctiva que se aplica para mitigar o eliminar la contaminación de un sitio. Para cumplir con este objetivo supremo, previamente deben abordarse acciones para conocer exhaustivamente el origen, la calidad y cantidad de la contaminación existente y el riesgo que ella significa para la salud humana y el ecosistema.

En general, muchos sitios contaminados constituyen pasivos ambientales históricos, algunos sólo sospechados, con escasas evidencias, de origen ignorado o poco preciso, con una dudosa delimitación espacial y consecuentemente sin caracterización total o parcial del perfil químico-toxicológico de los contaminantes y de su distribución espacial en el sitio.

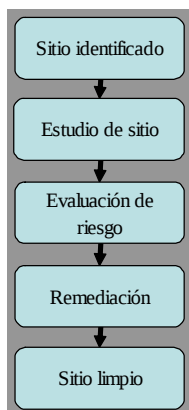
Conocidos estos aspectos el paso siguiente es determinar como y en que magnitud los seres humanos y demás componentes ambientales involucrados han sufrido o pueden sufrir el efecto de la contaminación.

Finalmente y sólo después de haber investigado los aspectos antes descriptos, se deben proponer y adoptar medidas correctivas para remediar el daño ambiental.

Para abordar una tarea de remediación, con criterio de sustentabilidad, contamos con herramientas metodológicas que ofrecen lineamientos sistemáticos preestablecidos cuya aplicación resulta en una Gestión Ambiental de Sitios Contaminados (GASC).

Desarrollo

Para la aplicación de una GASC, se debe establecer una organización del trabajo, es decir, líneas de acción basadas en los fundamentos del desarrollo sustentable.



1. **Identificación del sitio.** Se debe identificar el sitio como potencialmente contaminado, es decir que se sospecha que representa un riesgo al ambiente, los elementos naturales o la salud humana. La elaboración de un Inventario de Sitios Contaminados es indispensable para llevar a cabo esta acción.

2. **Estudio del sitio.** Se debe realizar una determinación de las características del lugar, los contaminantes presentes y, el (los) medio(s) afectado(s).

Para la aplicación de GASC en un sitio específico, se requiere realizar una caracterización, que aporte datos suficientes que permitan la identificación del problema de contaminación del sitio así como los receptores de las sustancias tóxicas presentes y las rutas posibles. La magnitud del estudio de caracterización depende directamente de la complejidad de la problemática encontrada en el sitio.

El estudio de sitio puede incluir dos fases:

- Fase I: Investigación preliminar. En esta fase se propone un modelo teórico en base a la información disponible acerca de él, por ejemplo referencias históricas del sitio y del área circundante, caracterización física regional y detallada que incluya el sitio, los usos pasados, actuales y futuros, los estudios previos y datos analíticos, y un reconocimiento somero del sitio y el área circundante.
- Fase II: Investigación detallada. En esta fase se verifican y complementan las informaciones obtenidas anteriormente. Con un diseño y ejecución de nuevos muestreos y análisis, y de la interpretación de los resultados obtenidos se valida o reconstruye el modelo teórico establecido en la fase anterior.

3. **Evaluación de riesgo.** Es un proceso que tiene como objetivo asignar magnitudes y probabilidades a los efectos adversos de la contaminación. En consecuencia, un instrumento que puede utilizarse para definir si un sitio contaminado merece ser ambientalmente intervenido.

Con este instrumento puede establecerse si el grado de contaminación presente en un sitio, genera efectos nocivos. Cuando mayor sea el riesgo de que la contaminación afecte a los seres vivos, mayor será la necesidad de instrumentar programas de restauración. La evaluación del riesgo permite definir cuales serán los objetivos de la remediación del sitio, los cuales pueden ser (a) los límites máximos permisibles establecidos por la legislación existente o por autoridad de aplicación y (b) límites específicos del sitio, con base en una evaluación de riesgo.

Un Evaluación de Riesgo Ambiental asigna probabilidades de ocurrencia de efectos adversos a los organismos vivos (humanos y no humanos) debidos a la exposición a un contaminante. Permite, en

primer lugar, establecer si las concentraciones presentes son susceptibles de producir dichos efectos o no, y en base a ello determinar hasta cuanto debe limpiarse un sitio contaminado.

En este punto se conjugan todos los datos a fin de responder a la pregunta: ¿El sitio representa un riesgo, actual o potencial, para la población humana y/o para la biota? En caso afirmativo, entonces deberá evaluarse: ¿Cuál es la magnitud del riesgo encontrado? ¿El sitio debe ser restaurado a fin de reducir el riesgo? ¿En caso de que no se restaure el sitio, el riesgo puede incrementar y/o puede extenderse?

Contestadas estas preguntas el ERA constituye una herramienta para la toma de decisiones respecto a la necesidad de realizar acciones correctivas en el sitio contaminado y fijar el punto final de la remediación.

Llevar las concentraciones hasta los niveles que ese ambiente tenía antes de ser contaminado, debería ser el objetivo ideal, pero muchas veces resulta técnicamente inviable.

Establecer el nivel de limpieza a alcanzar con base en una evaluación de riesgo significa que no se tiene que remediar el sitio hasta un nivel cero de contaminación, sino hasta la concentración necesaria para asegurar un punto final en el cual la concentración residual del contaminante no constituya riesgo para la población humana y/o para la biota.

4. Remediación.

Implica:

4.1 Análisis y selección de las alternativas de remediación. Se evalúan y luego se determinan cuáles son las alternativas de remediación (se pueden considerar una o varias tecnologías de remediación), tomando en cuenta los resultados del Estudio de sitio, los niveles de limpieza a los que se debe llegar y la capacidad de las tecnologías de remediación disponibles.

4.2 Diseño, implementación y operación de la remediación. Una vez que se ha seleccionado la alternativa de remediación, se debe diseñar, implementar y operar. La operación debe acompañarse de un Plan de Monitoreo temporal y espacial que permita seguir la evolución de la remediación y confirmar que se han alcanzado los objetivos de la remediación y el sitio no representa riesgos al ambiente o a la salud humana.

Para seleccionar las alternativas de remediación de un suelo contaminado primero se deben definir los objetivos de la remediación (por ejemplo, los niveles de limpieza a los que se debe llegar), en dichos objetivos se debe incluir el uso del suelo, luego se deben considerar diferentes factores.

Para ello, los criterios que deben ser considerados para seleccionar la(s) tecnología(s) más viable(s), son:

a) Exploración de alternativas

- Tecnologías aplicables y aceptables.
- Tecnologías disponibles.
- Costos comparativos.

b) Análisis de las alternativas

- Beneficios y dificultades comparativas de cada tecnología.
- Especificación a detalle.
- Costos detallados (económicos y ambientales).
- Análisis de impactos adversos.

Diseño, implementación y operación de la remediación.

En el diseño se desarrolla la ingeniería del proceso para la alternativa de remediación seleccionada. Una vez autorizada la propuesta técnica, se realiza la puesta en marcha, operación y mantenimiento que duran hasta que se cumplan los objetivos de la remediación.

Una instancia en el diseño de la remediación que permite probar la instrumentación y operación en escala experimental, son las pruebas de tratabilidad.

El Plan de Monitoreo es el conjunto de actividades llevadas a cabo para evaluar la marcha del tratamiento y confirmar que se han alcanzado los objetivos de la remediación y en el sitio se han minimizado los riesgos al ambiente o a la salud humana.

El uso final que se le vaya a dar al sitio tratado debe ser especificado.

5. Certificación de sitio limpio

Cumplidos los objetivos de remediación debe confeccionarse un informe final que resuma los resultados de todas las acciones cumplidas en la remediación y los resultados analíticos de los monitoreos que permitan a la Autoridad de Aplicación certificar la limpieza del sitio.

A modo de ejemplo se presentan dos casos de sitios contaminados con hidrocarburos, en yacimientos, donde se aplicó GASC con el objetivo de remediarlos.

Estudio de Caso:

Sitio contaminado con materiales residuales de perforación que fueron oportunamente inmovilizados con calcáreo y dispuestos en suelos contiguos a una locación, en una ladera próxima a un lago.



Los materiales, expuestos a la acción climática (weathering) durante 10 años, comenzaron a liberar los hidrocarburos inmovilizados y extendieron la contaminación a terrenos bajos, con pendiente hacia un lago vecino.

Se solicitó una tarea de remediación del sitio, para ello se decidió abordarla aplicando las herramientas metodológicas que resulten en una Gestión Ambiental del Sitio Contaminado(GASC). Se cumplieron las etapas anteriormente descriptas

Estudio del sitio. Se describieron las características del lugar, los contaminantes presentes y los medios afectados.

La aplicación de GASC en este sitio específico, permitió realizar una caracterización, la identificación del problema de contaminación del sitio existente, los receptores de las sustancias tóxicas presentes y las rutas de exposición posibles.

- Fase I: Investigación preliminar. En esta fase se recopilaron las referencias históricas del sitio y del área circundante, estudios previos y datos analíticos, y se realizó un relevamiento somero del sitio y el área circundante.
- Fase II: Investigación detallada. En esta fase se realizó un profundo estudio de sitio con un diseño y ejecución de nuevos muestreos y análisis.

Se investigaron tres áreas, a) sobre la locación, b) en la pendiente del cerro (ladera) y c) en el área inferior (valle a nivel del lago)

La interpretación de los resultados obtenidos permitió concluir que el área crítica correspondía al sector de acopio y disposición de los cortes de perforación inmovilizados con materiales calcáreos; el área permitió identificar diversos sitios de contaminación variable (contenido de HP, 88.800 ppm a 8.300 ppm)

Los contaminantes críticos detectados en los materiales contaminantes, fueron Antraceno (12,20 ppm), Pireno (1,50 ppm) y Criseno (1,30 ppm)

Los receptores reales fueron el suelo superficial de ladera y valle del sitio y su biota. Los receptores potenciales eran el lago vecino y su biota.

Evaluación de riesgo. Con los datos analíticos, receptores y rutas de exposición se confeccionó una matriz de riesgo. Concluyendo en la necesidad de remediación fijando como objetivo de remediación la reducción de los niveles de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares detectados a los niveles establecidos por la Ley 24051 para suelos de uso agrícola.

Remediación.

Se analizaron las alternativas de remediación y se evaluaron las características del sitio tomando en cuenta los resultados del Estudio de sitio y los niveles de limpieza objetivo. Tras la realización con resultados exitosos de pruebas de tratabilidad, se seleccionó la biorremediación como técnica para aplicar en el sitio.

Se confeccionó un Plan Operativo que incluyó el diseño, implementación y operación de la remediación.

Como resultado del estudio de sitio se estimó un volumen de suelos a remediar de 1865 m³. En la etapa de movimiento de suelos se extrajeron 1935 m³ de suelos.



Bibliografía

- Byrnes, M. E., 1994. Field Sampling Methods for Remedial Investigations. Lewis Publishers.
- Cairney, T., 1995. The Re-use of Contaminated Land. A Handbook of Risk Assessment. John Wiley & Sons, Inglaterra.
- Díaz-Barriga F, "Metodología de Identificación y Evaluación de Riesgos para la Salud en Sitios Contaminados" Organización Panamericana de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Primera Edición, pp 96. OPS/CEPIS/PUB/99.34. Perú, 1999. World Health Organization.
- Dikerson R. L., Hooper M. J., Gard N. W., Cobb G. P., Kendall R. J. (1994). Toxicological foundations of ecological risk assessment: Biomarker development and interpretation based on laboratory and wildlife species. Environmental Health Perspective. 102(suplemento 12): 65-69.
- EPA/542/B-94/013. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide. Prepared by the DOD Environmental Technology Transfer Committee. Segunda edición, octubre de 1994.
- EPA 540-R-97-006. Ecological risk assessment for superfund: process for designing and conducting ecological risk assessments. EUA.1997.
- Guidelines for Ecological Risk Assessment (1998) United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/ncea/raf/pdfs/ecotxtbx.pdf>
- IRAM 29401-4 (ISO/DIS 11074-4) Vocabulario-Parte 4: Rehabilitación de suelos y sitios.
- IRAM 29481-1 Muestreo-Parte 1: Directivas para el diseño de programas de muestreo.
- IRAM 29555-1 Tratamiento biológico en suelo: LANDFARMING. Parte 1.
- Directivas para estudios de tratabilidad.
- IRAM 29550-1 Esquema 1 Determinación de hidrocarburos en suelo.
- IRAM 29481-5 (ISO 10381-5) Muestreo Parte 5: Directivas para la investigación de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación del suelo.
- IRAM 29523 Determinación de la composición de residuos sólidos urbanos sin tratamiento previo Ley 24.051, de Residuos peligrosos. República Argentina.
- Moreno AR y Díaz-Barriga F, "Evaluación de Riesgos en Salud por la Exposición a Residuos Peligrosos" (traducción del inglés al español), editorial: Centro Panamericana de Ecología Humana y Salud OPS/OMS, ISBN: 0873718577, México, 1995.
- Pozzo Ardizzi, M.G. 1995. Medio mínimo desarrollado para crecimiento facilitado de microorganismos hidrocarburolíticos in vitro. Trabajo no publicado.
- Pozzo Ardizzi, M.G. y col. 1996. Biodegradación de residuos de petróleo por bioaumentación con bacterias nativas de suelos regionales. Gerencia ambiental. 25: 391-393.
- Pozzo Ardizzi, M.G. y col. 1996-97-98. Informes bimensuales y semestrales presentados sobre el Trabajo de Rehabilitación de suelos para Perez Companc.
- Pozzo Ardizzi, M.G. 1995. Tratamiento biológico de residuos de petróleo, "landfarming". Publicación de divulgación del Instituto Universitario en Ciencias para la Salud.
- Pozzo Ardizzi, M.G.; Manacorda, A.; Altamirano, G.; Pellejero G. Aschkar, G.; Pozzo Ardizzi, M.C., Lizzi F. 1996. Biodegradación de residuos de petróleo en suelos patagónicos por bioaumentación con microorganismos autóctonos de ambientes regionales. Actas del Seminario Microorganismos útiles para la agricultura y la forestación. XV Congreso Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. 100-107.
- Pozzo Ardizzi M. G. y col. 1998. Rehabilitación de áreas contaminadas por el vertido de aguas de producción de la industria petrolera. Publicado en Actas, con referato, en el Congreso de AIDIS Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Medio Ambiente. Rosario, mayo de 1998. Con obtención del premio 1ra. Mención al trabajo presentado, otorgado por AIDIS Argentina.
- Pozzo Ardizzi M. G., L. Fidel y A. Caligari. 2000. Diseño y construcción de plantas de biotratamiento para remediación de suelos contaminados en recintos de acopio transitorio de suelos empetrolados. IV Jornadas de Preservación del Suelo, Agua y Aire en la industria del petróleo y del gas. Publicado en actas Tomo 1 p 121-136.

Rogers J. A., Tedaldi D. J. y Kavanaugh M. C., 1993. A Screening Protocol for Bioremediation of Contaminated Soil. *Environmental Progress*, vol.12, No.2,p146-156;

Ronald J. Kendall, Jeanne M. Funsch, Catherine M. Bens. (1990) Use of wildlife for on-site evaluation of bioavailability and ecotoxicity of toxic substances found in hazardous waste sites. In: *In situ Evaluations of Biological Hazards of Environmental Pollutants*. Edited by S. S. Sandhu. Plenum Press, New York.

U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I —Human Health Evaluation Manual, Part A. Final. <http://www.epa.gov/superfund/programs/risk/ragsa/index.htm>

U.S.EPA (United States Environmental Protection Agency), 1996. Soil Screening Guidance: User's Guide. Pub 9355.4-23. Office of solid Waste and Emergency Response. Washington, D. C.

U.S. Environmental Protection Agency, 1992. Framework for ecological risk assessment. Risk Assessment Forum, Washington, D. C.