

## REINSERCIÓN DE UN ANTIGUO BASURAL PARA USO AGRÍCOLA EN ARGENTINA

Susana LLAMAS\*, Irma Teresa MERCANTE y Pablo Daniel MARTINENGO

Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, Instituto de Medio Ambiente, Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS), Casilla de correos 405 (M5502KFA), Centro Universitario, Ciudad, Mendoza, Argentina

\*Autora responsable: sllamas@uncu.edu.ar

(Recibido agosto 2011, aceptado enero 2013)

Palabras clave: caracterización, cultivos, pasivo ambiental, remediación

### RESUMEN

En la mayoría de los países de América Latina y El Caribe el descubrimiento de los sitios empleados en el pasado para la eliminación de los residuos generados en las áreas urbanas se produce de manera accidental. Cuando esto sucede es necesario implementar acciones que permitan la recuperación de los sectores afectados para que puedan ser empleados con la finalidad deseada. Con el propósito de recuperar para uso agrícola un área afectada por la existencia de un antiguo basural, se dimensionó el sector afectado a partir de la realización de calicatas, se extrajeron muestras de los residuos encontrados y del suelo situado por debajo de estos para realizar su caracterización en laboratorios certificados y acreditados. La información obtenida se empleó para realizar un análisis de riesgos considerando los escenarios posibles y para el estudio de alternativas para la remediación. Finalmente se elaboraron dos propuestas de intervención en el sitio para lograr su reinscripción con fines agrícolas; se implementó el tratamiento *in situ* del pasivo ambiental a partir de la conformación de una celda de contención provista de una barrera de arcilla compactada con un valor de permeabilidad de  $1.05610 \times 10^{-7}$  cm/s y monitoreo de las principales variables. La densidad de los residuos reubicados en la celda fue de  $1.72$  g/cm<sup>3</sup>. Las muestras de suelo analizadas permitieron concluir que el suelo no presentaba limitaciones desde el punto de vista edáfico para implantar distintos cultivos agrícolas. El sitio recuperado se destinó al cultivo de variedades de uvas finas.

Key words: characterization, crops, environmental passive, remediation.

### ABSTRACT

In most countries of Latin America and the Caribbean, the discovery of sites used in the past for the disposal of urban areas waste occurs accidentally. Due to this the implementation of actions for the recovery of the affected sectors is required, so they can be used for the intended purpose. In order to recover a former landfill for agricultural purposes, the concerned sector was dimensioned by using pits; there were extracted samples of residues and the soil below these to perform its characterization in accredited and certified laboratories. The information obtained was used for conducting risk analysis considering the possible scenarios and studying remedia-

tion alternatives. Finally, two proposals were developed in the intervened site to achieve its reinsertion for agricultural purposes; there was implemented the in situ treatment for the environmental liability by the creation of a holding cell, provided with a compacted clay barrier with a permeability value of  $1.05610 \times 10^{-7}$  cm/s, and monitoring the main variables. The waste relocated density in the cell was  $1.72$  g/cm<sup>3</sup>. Soil samples analyzed allowed concluding that the soil had no limitations to implement different edaphic agricultural crops. The restored site was used to grow fine grapes vineyards.

## INTRODUCCIÓN

Como la mayoría de las regiones de América Latina y el Caribe, la provincia de Mendoza (ubicada en el centro-oeste de la República Argentina), carece de un inventario oficial de los sitios empleados en el pasado para la disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU). Esta situación se refleja en el descubrimiento accidental de estos pasivos ambientales. Para analizar el riesgo que su presencia representa para el ambiente y definir las alternativas posibles para remediar la situación identificada, es necesario determinar las dimensiones del sitio y caracterizar los residuos allí depositados.

Se han reportado métodos de diagnóstico que emplean índices ambientales cuantificables y comparativos entre sí, aplicables a los rellenos sanitarios para definir prioridades sobre el estado ambiental y determinar su idoneidad como zonas de expansión (Calvo Redruejo *et al.* 2002). Otros trabajos destacan el empleo de índices ambientales para obtener información sobre problemas potenciales de los rellenos sanitarios y así posibilitar planes de acción para la remediación o la clausura (Calvo *et al.* 2005, Calvo *et al.* 2007). Estos diagnósticos son útiles para aquellas instalaciones cuya ubicación es bien conocida y permiten tomar decisiones relacionadas con el control, cierre, sellado y recuperación de las áreas impactadas (Zamorano *et al.* 2008). La misma situación se presenta para la evaluación del riesgo de contaminación a partir de datos hidrogeológicos y de gestión de rellenos sanitarios, que permiten valorar la eficiencia de los sistemas de control en las instalaciones existentes y priorizar la intervención para mejorar la gestión futura (Rapti-Caputo *et al.* 2006).

Cuando la situación identificada corresponde a la existencia de un pasivo ambiental del cual no se tiene información y que debe ser remediado, la intervención sobre el mismo es una medida correctiva que se aplica para eliminar, mitigar o controlar la fuente u origen de la contaminación existente (Llamas *et al.* 2011a, Llamas *et al.* 2011b).

El caso que se presenta a continuación corresponde al descubrimiento de un basural de 1.8 ha de extensión superficial, situado en el interior de un predio rural de 90 ha ubicado en el departamento de Tupungato, localidad de Gualtallary, en la zona central de la provincia de Mendoza. La ausencia de información sobre el pasivo hallado se resolvió por medio de la investigación del sitio, seguida de la aplicación del análisis de riesgo para establecer la situación ambiental, generar alternativas de intervención y recuperar para uso agrícola el área afectada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Como paso previo al análisis del riesgo ambiental del pasivo, fue necesario establecer las dimensiones del mismo, identificar las características de los residuos depositados y describir el entorno. El desarrollo de estas etapas se expone a continuación.

### Caracterización de área de influencia del pasivo

Para la caracterización general del área de influencia del pasivo fue necesario recopilar documentos oficiales y publicaciones de instituciones de investigación.

La propiedad en la que se encontró el pasivo limita al NE, NO y SO con plantaciones de viñedos; hacia el SE con una ruta provincial pavimentada. El entorno corresponde a un área de características rurales con una población conformada por 516 habitantes (INDEC 2001) situada hacia el este de la Cordillera de Los Andes en una planicie rellena por sedimentos de carácter aluvional de las eras terciaria y cuaternaria (Cortés *et al.* 2006, DGI 2007).

En función del grado de peligrosidad sísmica determinado por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), la zonificación de la República Argentina ubica al área de estudio en la Zona 3: Sísmicidad elevada (INTI-CIRSOC 1991).

Desde el punto de vista de la hidrología, la zona de estudio presenta numerosos cursos superficiales de

características torrenciales y estacionales. La mayoría de ellos pierden todo su caudal por infiltración debido a la gran permeabilidad de los suelos, representada por sedimentos gruesos y sueltos. La profundidad de los pozos para captación de agua subterránea oscila entre 80 y 120 m. La dirección general del flujo subterráneo es NO-SE con gradientes que fluctúan entre el 0.5 % al NO y el 2 % al SE.

El clima de la región es de tipo árido con precipitaciones escasas, con un promedio de 33.38 mm y un máximo de 388.6 mm, que se producen entre los meses de primavera y verano. Las temperaturas resultan moderadas, con promedios de 20 °C en verano y 6 °C en invierno. Los valores extremos según los registros de los últimos 12 años fueron de 37.4 °C en verano y -8 °C en invierno. La dirección dominante de los vientos es O-E con velocidades del orden de 5 a 7 m/s. Una particularidad regional corresponde a la frecuencia de episodios de viento Zonda entre los meses de marzo a agosto, caracterizados por una humedad muy baja y ráfagas que pueden alcanzar velocidades superiores a los 100 km/h (Fernández *et al.* 2007).

La vegetación dominante corresponde al tipo arbustivo con una cobertura superficial del 20 al 30 % y alturas de 0.20 m a 0.40 m.

### Modelación del terreno

Para modelar la forma del terreno se adoptó la técnica de nube de puntos. Se emplearon dos receptores topográficos Pro Mark3® y Mobile Mapper®. Las coordenadas obtenidas en el sistema datum del satélite POSGAR (WGS84) se procesaron con el programa GNSS SOLUTION®. El modelado de la nube de puntos se efectuó con Golden Software Surfer 8® y la superposición de cartas geográficas se realizó con el programa Arc-GIS®. Se realizó el levantamiento planialtimétrico de 1087 puntos para establecer la superficie afectada, el relieve general y la pendiente del área de trabajo. A continuación se definió la ubicación de una red georreferenciada que se materializó en el terreno por medio de 70 estacas en cada una de las intersecciones donde se ejecutaron las calicatas, por medio de las cuales se averiguó el método de cubrición de los residuos depositados, el espesor del material empleado y se obtuvieron las muestras para análisis.

### Estimación del volumen de residuos

En cada una de las 70 calicatas ejecutadas se procedió a medir los espesores tanto del material de cubrición como de la masa de RSU. Se empleó el Golden Software Surfer 8® para definir una red con la totalidad de los puntos levantados en el terreno por

el método de triangulación con interpolación lineal (TCIL). Con los datos de profundidad correspondientes a los espesores de cubrición y de los residuos, se recalculó la red en un nuevo archivo empleando el mismo método (TCIL). El volumen contenido entre ambas superficies se obtuvo por diferencia entre las superficies superior e inferior.

### Obtención de muestras de suelo y de residuos

El procedimiento empleado para la obtención de muestras consistió en la obtención de una submuestra por cada calicata excavada, tanto de la masa de residuos como del suelo situado por debajo de aquellos. Por cada 10 calicatas excavadas se conformó una muestra compensada por las submuestras ya referidas, de manera que al finalizar la tarea el número total de muestras para analizar en laboratorio fue de siete muestras de residuos y siete muestras de suelo. La antigüedad de los residuos se estableció a partir de la identificación de fechas entre los diversos elementos identificados durante la ejecución de las calicatas.

### Determinación de la calidad del suelo

La calidad del suelo natural se determinó a partir de la obtención de una muestra de un sector del predio situado hacia el oeste, en el sentido de las mayores elevaciones del terreno, antes del sitio ocupado por el pasivo identificado. Se realizaron las siguientes determinaciones: pH y conductividad eléctrica por el método EPA 9045, relación de absorción de sodio (RAS) por cálculo (determinación de Na<sup>+</sup>, Mg<sup>+</sup> y Ca<sup>+</sup>) y metales pesados empleando como referencia la norma EPA-SW 846. Las determinaciones se realizaron por espectrometría de absorción atómica y espectrometría de absorción atómica con productor de hidruros, este último para mercurio. Se emplearon los siguientes equipos: espectrofotómetro de absorción atómica AAnalyst 200-Perkin Elmer. Productor de hidruros Shimadzu HVG-1.

Para obtener la clasificación del suelo ubicado por debajo de la masa de residuos se profundizaron las calicatas identificadas con los números 27 y 53, hasta alcanzar profundidades de 3 y 2.85 m respectivamente. El análisis granulométrico se realizó por tamizado según norma ASTM E 11, con aperturas comprendidas entre 0.074 y 610 mm. Con los datos reunidos se obtuvo la clasificación del suelo natural y se calculó la permeabilidad por el método Allen Hazen.

Las muestras obtenidas del suelo situado por debajo de los residuos se remitieron al laboratorio para averiguar las concentraciones de metales pesados

asociados a la ocurrencia de migración por lixiviación o arrastre desde la masa de residuos.

### **Evaluación de la presencia de gases**

Para determinar la presencia de gases relacionados con el proceso de degradación anaerobia de la fracción orgánica, en la calicata identificada con el número 17, se insertó un tubo de PVC de 2,7 m de longitud, ranurado en su sección inferior para facilitar la captación de los gases. El extremo superior fue herméticamente cerrado y en él se colocó un tubo flexible conectado a una bolsa Tedlar®, este dispositivo permaneció en el sitio por espacio de 29 días. Las determinaciones de la muestra de gas se realizaron para metano y anhídrido carbónico y para la composición de gas (suma de N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>) empleando las normas ASTM D 1945 y D 2597. Las determinaciones se realizaron en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer Clarus 500, con detector de masas y *Head Space* marca Perkin Elmer HS 40 XL.

### **Desarrollo del modelo conceptual de riesgo**

Para la estimación de los riesgos ambientales relacionados con el pasivo identificado se aplicó un modelo de jerarquización de riesgos a partir de la potencialidad de provocar consecuencias sobre los receptores ubicados en la zona de influencia (Llamas 2006).

Para establecer el horizonte temporal de análisis, evaluar la situación del pasivo descubierto, identificar las vías de transporte y la situación de los potenciales receptores, se emplearon los resultados de las determinaciones analíticas de las muestras de suelo situadas por debajo de los residuos, las estimaciones de la antigüedad de los mismos y la situación ambiental del entorno.

El modelo conceptual de análisis de riesgos para el sitio se preparó para los siguientes escenarios posibles: 1) continuidad del estado actual del sitio y 2) cierre y restauración del pasivo. El primero de ellos consideró el riesgo potencial para el horizonte temporal sin la implementación de medidas que puedan modificar el escenario actual. En el segundo escenario se tuvo en cuenta el riesgo potencial después de la implementación de alguna forma de intervención para modificar la situación identificada.

En ambos escenarios se consideró la fuente u origen del riesgo, las vías de transporte para los contaminantes identificados y la situación de los potenciales receptores.

Se analizó el modelo con los dos escenarios posibles, se evaluaron las alternativas para el control del riesgo y se elaboraron las propuestas para la remediación.

La ejecución de la solución adoptada para la implementación de la acción correctiva incluyó el retiro y acopio temporal del material de cubrición; el retiro, acopio y posterior reubicación de los RSU en una celda impermeable, el retiro de residuos patógenos, la excavación de la celda, la verificación del espesor de la base de arcilla, la impermeabilidad de la barrera inferior, la determinación de la densidad, el control de la cobertura superior, y la colocación de un freático de control.

## **RESULTADOS**

En los siguientes párrafos se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo del trabajo sobre la aplicación del modelo conceptual de riesgo para el pasivo ambiental identificado.

### **Modelación del terreno y del volumen ocupado por los residuos**

Los valores de las curvas de nivel entre los límites superior (NO) e inferior (SE) del área ocupada por el pasivo, fueron de 1110.24 m y 1104.29 m, con una diferencia de cota de 5.95 m para una distancia de 389.08 m; estos valores resultaron compatibles con los gradientes correspondientes a la dirección general del flujo subterráneo.

El cálculo del volumen de residuos sólidos dispuestos en el área de estudio por el método de TCIL resultó del orden de 8000 m<sup>3</sup> a 10000 m<sup>3</sup>.

Del total de 70 estacas demarcatorias de la red en el terreno, 33 presentaron residuos en superficie (47 %), 14 calicatas presentaron una capa de cubrición superior a 1.00 m de espesor (20 %) y las 23 restantes (33 %) correspondieron a profundidades intermedias, lo que confirmó que la disposición de los RSU se realizó de manera desordenada e irregular.

### **Caracterización del suelo natural y de la masa de residuos**

Los resultados de las determinaciones analíticas para el suelo natural permitieron establecer los siguientes valores: pH entre 7.52 y 8.21; conductividad eléctrica: entre 0.5 y 5.68 mS/m (Grupo C2) y RAS entre 0.63 y 4.38 (Grupo S1). Las determinaciones de metales pesados confirmaron que el Arsénico, con una concentración de 23 mg/kg, fue el único elemento que superó el nivel guía de 20 µg/g expresado en las reglamentaciones vigentes y que el mercurio exhibió una concentración <0.9 mg/kg, valor ligeramente superior al nivel guía de 0.8 µg/g expresado en la

reglamentación vigente de calidad de suelos para uso agrícola (HCN 1992).

Los resultados de la clasificación del suelo natural confirmaron que las muestras obtenidas entre 0.00 m y 1.50 m de profundidad corresponden a un suelo grueso con arena limosa. Para la profundidad comprendida entre 1.50 m y 3.00 m las muestras presentaron características de suelo grueso y grava mal graduada con limo. La permeabilidad, calculada por el método Allen Hazen, se ubicó entre  $7.4 \times 10^{-3}$  cm/s y  $1.7 \times 10^{-2}$  cm/s en correspondencia con una permeabilidad media y buen drenaje.

Los resultados de los análisis sobre las muestras del suelo situado por debajo de la masa de residuos reflejaron los siguientes valores para metales pesados. cadmio: entre 0.016 mg/L y  $< 0.01$  mg/L; zinc: entre 18.1 mg/L y 0.2 mg/L; cobre: entre 0.16 mg/L y  $< 0.1$  mg/L. Ninguno de los valores obtenidos superó la concentración correspondiente a los niveles guía indicados en la reglamentación vigente para uso agrícola.

Durante la apertura de las calicatas se registraron las fechas impresas en envases y otros elementos hallados. Con esta información y los resultados de los análisis realizados sobre la muestra gaseosa se pudo establecer, con una buena aproximación, que la fecha de cierre de operaciones del basural superaba los 20 años.

Con estos valores se confirmó la presencia de metales en las muestras analizadas y por comparación con los resultados de las muestras de suelo natural, se determinó como vía de transporte la migración de contaminantes a través del suelo en sentido vertical descendente por lixiviación y arrastre.

### Evaluación de la presencia de gases

Al finalizar los 29 días de captación se recolectaron 260 cm<sup>3</sup> de gas a una presión atmosférica de 933 HPa y temperatura de 23 °C. El volumen ajustado a condiciones normales de temperatura y presión resultó de 238 cm<sup>3</sup>. Los valores de concentración medidos en la bolsa Tedlar® confirmaron ausencia de los gases metano y anhídrido sulfúrico y registraron 0.06 % para anhídrido carbónico; 20.9 % para oxígeno y 79.04 % para nitrógeno. La expresión de estos valores para una tasa de emisión con un caudal de venteo de los gases de  $9.62 \times 10^{-11}$  m<sup>3</sup>/s, fueron los siguientes: CO<sub>2</sub> =  $1.2084 \times 10^{-7}$  mg/s; O<sub>2</sub> =  $2.6239 \times 10^{-5}$  mg/s; N<sub>2</sub> =  $8.6828 \times 10^{-5}$  mg/s. La ausencia de metano y anhídrido sulfúrico es un buen indicador del cese de los procesos de degradación de la fracción orgánica de los residuos.

### Modelo conceptual de riesgo

Con los resultados de las determinaciones realizadas sobre las muestras del suelo obtenidas por debajo de la masa de residuos, junto con la confirmación de la ausencia de gases vinculados a la degradación de la fracción orgánica y considerando que el cierre del basural supera los 20 años, se adoptó un horizonte temporal de 10 años por tratarse de la situación más desfavorable. En otras palabras se alcanzarían 30 años desde el cierre del basural.

Los dos escenarios considerados para el desarrollo del modelo conceptual del riesgo ambiental fueron: 1) continuidad del estado actual del sitio y 2) cierre y restauración del pasivo.

Del análisis de los dos escenarios de riesgo para los contaminantes identificados, resultó que para el horizonte temporal de 10 años, tanto las vías de transporte como los potenciales receptores no presentarán diferencias debido a que no están previstas modificaciones en el entorno que puedan alterar ambos aspectos.

Se descartó el escenario de continuidad del estado actual del sitio por la imposibilidad de desarrollar cultivos debido a la presencia superficial de residuos y las condiciones de permeabilidad del suelo natural. La técnica adoptada consistió en el control del sistema peligroso a partir de la implementación de una acción correctiva para anular la migración de los contaminantes presentes y permitir el cultivo de variedades de uvas finas.

### Implementación del cierre y restauración del pasivo

Se desarrollaron dos alternativas de trabajo para la implementación de la técnica de cierre y restauración del sitio. La Alternativa I consistió en la excavación y retiro de la totalidad del pasivo descubierto y su envío a un centro de tratamiento y disposición final (CTDF) para RSU. La Alternativa II se desarrolló a partir de la conformación de una celda de confinamiento en el lugar para recuperar el área afectada y permitir su uso agrícola. En el **cuadro I** se presenta el resumen comparativo de los volúmenes de trabajo y los costos correspondientes a las dos alternativas.

Ambos esquemas resultaron técnicamente viables, por lo que la adopción de la medida a ejecutar se definió con base en el estudio de los costos de ejecución.

### Reinserción del pasivo para uso agrícola

La implementación de la recuperación in situ se extendió por espacio de tres meses, durante el invierno de 2010.



**CUADRO I.** RESUMEN COMPARATIVO DE LAS ALTERNATIVAS ANALIZADAS

Alternativa I		Alternativa II	
Actividad	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Actividad	Volumen [m <sup>3</sup> ]
Retiro material de cubrición	2 540	Excavación celda	14 051
Acopio RSU	9 298	Retiro material de cubrición	2 540
Carga y transporte al CTFD	12 087	Acopio RSU	9 298
Disposición final	5 923	Barrera de arcilla impermeable	886
Nivelación superficie	6 000	Cobertura final	4 652
Costo total alternativa I: U\$D 167 600		Costo total alternativa II: U\$D 64 840	

Las dimensiones de la celda para el confinamiento de los RSU fueron las siguientes: longitud = 109.40 m; ancho medio = 26.5 m y profundidad media = 4 m, con taludes a 45°. El volumen total de la celda resultó de 11 596.40 m<sup>3</sup>, compatible con las estimaciones iniciales. La densidad calculada para los RSU compactados en la celda fue de 1.72 g/cm<sup>3</sup>.

Se recolectó un total de 10 kg de residuos patógenos que fueron gestionados conforme lo indicado por la legislación vigente (HLM 2003, MAyOP 2005).

Se logró una base impermeable de 21 cm de espesor con arcilla compactada, alcanzando un valor promedio de permeabilidad de  $1.05610 \times 10^{-7}$  cm/s, según los resultados obtenidos para los 19 puntos ensayados (IRAM 1988). Esta conformación de barrera es la más adecuada para un sitio con las características geológicas y sísmicas de la zona.

La cobertura superior de la celda se conformó con el siguiente arreglo: 0.20 m de suelo cohesivo impermeable, 0.5 m de suelos granulares y 0,5 m de suelos finos, totalizando un valor de 1.20 m. Esta profundidad permite la implantación de viñedos, así como la ubicación de cabeceros y estacones sin que se vea afectada la integridad de la barrera superior de la celda (Serra Stepke y Carey 2010).

Los resultados del estudio de suelos sobre 10 muestras extraídas de la superficie de la celda y 10 muestras perimetrales obtenidas a profundidades comprendidas entre 0 y 0.40 m realizados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), dependiente del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación para establecer la calidad agrícola, expresaron que el suelo presenta características de textura franco arenoso ligeramente salino. Los resultados de fertilidad determinaron valores pobres en nitrógeno y materia orgánica, con valores medios de fósforo y potasio, sin limitaciones desde el punto de vista edáfico para la realización de actividades agrícolas.

La construcción de un freaticómetro en el lugar del menor valor de las curvas de nivel para el control de

eventuales escurrimientos se concretó con la excavación para la colocación de un tubo de PVC de 4 m de largo, 63 mm de diámetro y 3.2 mm de espesor.

## DISCUSIÓN

En este trabajo se propuso analizar el riesgo de un pasivo ambiental de características desconocidas con la finalidad de lograr su reinserción para uso agrícola. Para lograr el objetivo planteado se analizaron las características geológicas, hidrológicas, meteorológicas y sísmicas del área donde se ubica el pasivo con residuos sólidos.

Los resultados analíticos obtenidos confirmaron que la situación inicial del pasivo favorecía la percolación en sentido vertical descendente por arrastre de materiales finos y sólidos disueltos. En el avance del frente movilizado, el escurrimiento seguiría el flujo de la pendiente natural del terreno. En ese proceso una eventual acidificación del medio podría producir el arrastre de algunos de los constituyentes metálicos en forma de iones solubles fuera de los límites del sitio evaluado.

Estas condiciones configuran un marco ambiental vulnerable para el entorno inmediato, limitando su empleo con fines agrícolas.

Las dos alternativas planteadas para la recuperación del pasivo y así lograr su reinserción con fines agrícolas, aseguraron el control del riesgo. La diferencia entre ambas alternativas es que la primera de ellas requiere una inversión mayor para la eliminación del riesgo, mientras que la segunda permite la contención segura de los residuos en una celda de reducida permeabilidad ejecutada en la misma propiedad, con una menor inversión.

## CONCLUSIONES

El descubrimiento de pasivos ambientales generados por el abandono incontrolado de los RSU, debe

dar lugar a la intervención sobre el sitio para eliminar los riesgos de su presencia.

La realización de diagnósticos por medio del empleo de índices cuantificables contribuye a profundizar el conocimiento del estado ambiental general en instalaciones conocidas. Sin embargo cuando no se cuenta con información del pasivo identificado, la implementación de acciones correctivas se debe ejecutar a partir de la realización de un estudio de riesgos.

La formulación de escenarios para un mismo horizonte temporal mejora la comprensión de las consecuencias que se podrían producir en cada situación.

El análisis de riesgos es un método de trabajo que permite determinar la situación de la fuente u origen del pasivo, identificar las vías de transporte de los contaminantes presentes en el sitio y establecer la situación de los potenciales receptores.

Con la recuperación del área comprometida de 1.8 ha de extensión superficial, las 90 ha de la propiedad se encuentran en condiciones de laboreo para el cultivo de la vid.

## REFERENCIAS

- Calvo F., Zamorano M. y Moreno B. (2002). Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos como herramienta en la planificación ambiental. Memorias. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. Madrid. 13 al 15 de Febrero, 2002. pp. 965-975.
- Calvo F., Moreno B., Zamorano M. y Szanto M. (2005). Environmental diagnosis methodology for municipal waste landfills. *Waste Manage.* 25, 768-779.
- Calvo F., Moreno B., Ramos A. y Zamorano M. (2007). Implementation of a new environmental impact assessment for municipal waste landfills as tool for planning and decision-making process. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11, 98-115.
- Cortés J., Casa A., Pasino M., Yamin M. y Terrizano C. (2006). Fajas oblicuas de deformación neotectónica en precordillera y cordillera frontal (31° 30' - 33° 20' LS): Controles Paleotectónicos. *Rev. Asoc. Geol. Argent.* 61, 639-646.
- DGI (2007). Plan Director del Río Tunuyán. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación. Gobierno de Mendoza. Departamento General de Irrigación. Mendoza, 95 pp.
- UTN-FRM (2007). Mapa Eólico de La Provincia de Mendoza. Evaluación del Potencial Eólico y Pronóstico de Rendimiento. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza. Instituto Regional de Estudio Sobre Energía. Informe. Mendoza, 455 pp.
- HCN (1992). Ley N° 24.051. Residuos Peligrosos. Anexo II. Tabla N° 9. Decreto N° 831. Honorable Congreso de la Nación. Boletín Oficial de la República Argentina. 17 de enero de 1992.
- HLM (2003). Ley N° 7168. Residuos patogénicos y farmacéuticos. Honorable Legislatura de Mendoza. Boletín Oficial de la Provincia de Mendoza. 11 de noviembre de 2003.
- INDEC (2001). Censo Nacional de Población, Vivienda y Hogares. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina. Censo. Buenos Aires.
- INTI-CIRSOC (1991). Reglamento INPRES – CIRSOC 103. Parte I. Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes. Aprobado por Resolución S.S.O. y S.P. N°18/91. Capítulo 3. Tabla 1. Instituto Nacional de Tecnología Industrial – Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para Obras Civiles. 1991.
- IRAM (1988). IRAM 10530. Mecánica de suelos. Método de ensayo de la permeabilidad a carga variable en suelos cohesivos, Instituto Argentino de Normalización y Certificación. 02 de setiembre de 1988.
- Llamas S. (2006). Riesgo ambiental de los sistemas de contención de lixiviados en vertederos de residuos sólidos urbanos. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina, 197 pp.
- Llamas S. y Mercante I. (2011). Restauración de sitios contaminados con residuos: En: Residuos sólidos un enfoque multidisciplinario. (L. Márquez, Ed). Libros en red, Vol. I, pp 443-487.
- Llamas S., Mercante I. y Martinengo P. (2011). Metodología de caracterización de pasivos ambientales generados por la eliminación de residuos sólidos urbanos. Memorias. VI Encuentro de Investigadores y Docentes en Ingeniería. San Rafael, Mendoza. 11 al 13 de Mayo, 2011. CD-ROM.
- MAyOP (2005). Decreto N° 2108. Residuos patogénicos y farmacéuticos. Ministerio de Ambiente y Obras Públicas. Gobierno de Mendoza. Decreto, Mendoza. 36 pp.
- Rapti-Caputo, D.; Sado, F. Masi, S. (2006). Pollution risk assessment based on hydrogeological data and management of solid waste landfills. *Engineering Geology* 85, 122-131.
- Serra I. y Carey V. (2010). Sistema radical de la vid: importancia y principales factores que lo afectan. *Ciencia Ahora* 25, 69-79.
- Zamorano M., Molero, E., Hurtado A., Grindlay D. y Ramos A. (2008). Evaluation of municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology. *J. Hazard Mater.* 160, 473-481.