

# Reinserción de un antiguo basural para uso agrícola en la provincia de Mendoza, Argentina

Susana Llamas, Irma Teresa Mercante, Pablo Daniel Martinengo  
sllamas@uncu.edu.ar

## 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. **Objetivo:** Recuperar para uso agrícola un área afectada por la existencia de un antiguo basural. **Metodología:** 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 reinserción con fines agrícolas. **Resultados:** 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.

**Palabras Clave:** *caracterización, cultivos, pasivo ambiental, remediación*

## 1. Introducción

En los últimos diez años la provincia de Mendoza ha experimentado una marcada reconversión de la actividad vitivinícola a partir de la implementación de técnicas de riego más eficientes. Como resultado de lo mencionado extensas propiedades ubicadas en las zonas áridas del piedemonte, situadas entre la cordillera de Los Andes y las áreas pobladas (que hasta hace pocos años tenían un reducido valor inmobiliario) [1], en la actualidad son fraccionadas y ofrecidas para el desarrollo de modernos proyectos vitivinícolas. Este interés por las propiedades rurales impulsó un mercado de bienes inmobiliarios sin precedentes [2]. Uno de los principales indicadores de esta situación es el incremento de tierras destinadas al cultivo de variedades de uvas finas; en especial de la variedad *Malbec*. Algunos sectores de esas extensas propiedades fueron ofrecidos por sus propietarios a las administraciones municipales para la eliminación de los residuos sólidos urbanos (RSU) generados en las localidades cercanas, sin que quedaran registros del uso dado a los mismos. Por lo general el descubrimiento de estos sitios afectados por la existencia de pasivos como el mencionado, se produce de manera accidental cuando aparecen compradores interesados en desarrollar una actividad de alto valor comercial como lo son, el cultivo de variedades de uvas finas para vinificación, la construcción de bodegas modelo y el desarrollo del turismo ligado a la actividad, acompañado de la construcción de hoteles temáticos. Este profundo cambio del uso del suelo exige que cuando se produce el descubrimiento de estos pasivos, se implementen acciones correctivas que permitan recuperar el sector afectado para el nuevo uso definido sin riesgos ambientales [3], [4], [5], [6], [7], [8].

## 2. Justificación

En el mes de junio de 2009 el Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS) dependiente del Instituto de Medio Ambiente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, fue convocado por un particular para establecer la situación ambiental y recuperar para uso agrícola un área afectada por la existencia de un antiguo basural en un predio situado en la zona central de la provincia de Mendoza. La superficie total de la propiedad en cuestión comprende una extensión superficial de 90 Ha; el sector afectado por el pasivo identificado ocupa una superficie aproximada de 1,8 Ha. Se desconocía tanto la antigüedad, como la profundidad del pasivo y la composición de los residuos allí enterrados; por lo que se elaboró una propuesta para su dimensionamiento y caracterización con el propósito de establecer los riesgos ambientales, estudiar alternativas para la remediación y recuperar el predio para su reinscripción con fines agrícolas.

## 3. Metodología

La modelación del terreno se realizó a partir del levantamiento planialtimétrico de 1.087 puntos que permitieron establecer la superficie directamente afectada, el relieve general y la pendiente del área de trabajo. Se definió la ubicación de una grilla georreferenciada que se materializó en el terreno por medio de 70 estacas en cada una de las intersecciones donde se ejecutaron las calicatas. Se midieron los espesores tanto del material de cobertura como de la masa de RSU. Para determinar la presencia de gases relacionados con el proceso de degradación anaerobia de la fracción orgánica, en la calicata identificada con el N° 17, se insertó un tubo de PVC de 2,7 m de longitud, ranurado en su sección inferior para facilitar la captación de dichos gases. El extremo superior fue herméticamente cerrado y en él se colocó un tubo flexible conectado a una bolsa Tedlar® de 260 cc de capacidad; este dispositivo permaneció en el sitio por espacio de 29 días. El procedimiento empleado durante la realización de las calicatas para la obtención de muestras, consistió en la obtención de una submuestra por cada calicata excavada, tanto para la masa de residuos como para el 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 7. La clasificación y calidad del suelo natural se determinó profundizando las calicatas identificadas con los N°s 27 y 53, hasta alcanzar las profundidades 3 m y 2,85 m respectivamente. Se desarrolló un modelo conceptual de riesgo para establecer la situación del predio con relación a la posibilidad de destinarlo al cultivo de variedades de uva fina para vinificación, se elaboró un proyecto para la restauración del sitio y se ejecutó una acción correctiva a partir del diseño de una celda para la contención segura de los residuos hallados.

### 3.1 Materiales

Para la modelación de 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 software GNSS SOLUTION®. El modelado de la nube de puntos se efectuó con Golden Software Surfer 8®. La superposición de cartas geográficas se realizó con el programa Arc-GIS®.

Las muestras de RSU y de suelos fueron sometidas a las siguientes determinaciones: pH y conductividad eléctrica por el método EPA 9045, relación de absorción de sodio (RAS) por cálculo (determinación de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^+$  y  $\text{Ca}^+$ ), concentración de metales pesados y compuestos volátiles 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;

Cromatógrafo de gases Perkin Elmer Clarus 500, con detector de masas y Head Space marca Perkin Elmer HS 40 XL. La determinación de la muestra de gas se realizó 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.

#### 4. Resultados

El resultado de la modelación de los datos obtenidos en campo permitió estimar que el volumen aproximado de residuos sólidos dispuestos en el área de estudio se encontraba en el orden de 8.000 a 10.000 m<sup>3</sup>. En cuanto a la presencia de contaminantes, para el suelo natural la concentración de Arsénico fue de 23 mg/Kg, valor superior al nivel guía de 20 µg/g expresado en las reglamentaciones vigentes. Con respecto a la concentración de metales en las muestras del suelo situado por debajo de la masa de residuos, los resultados obtenidos permitieron establecer que en una de las muestras la concentración de Mercurio resultó <0,9 mg/Kg, valor ligeramente superior al nivel guía de 0,8 µg/g expresado en la reglamentación y que 8 de los 16 elementos metálicos determinados se encontraban presentes, constituyendo un claro indicador de la migración de los mismos durante los años posteriores al abandono del sitio. Sobre un total de 7 compuestos volátiles analizados, 3 presentaron concentraciones superiores a los valores guía para uso agrícola; los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 1.

*Tabla 1. Concentraciones de compuestos volátiles y comparación con niveles guía*

Elemento	Concentración medida [mg/Kg]	Muestras positivas	Niveles guía para uso agrícola [µg/g]
Benceno	< 0,1	1	0,05
Tolueno	1	4	0,1
Etilbenceno	0,1	1	0,1
Xilenos	1	3	0,1
Propil bencenos	1	2	No definido
Metil etil bencenos	3	2	No definido
Trimetil bencenos	0,4	1	No definido

Los resultados obtenidos para los hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP) indicaron que no se encontraban presentes en las muestras analizadas. Los resultados de los análisis de suelo nativo permitieron concluir que para la muestra obtenida entre 0,00 m y 1,50 m las características correspondieron 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 Aleen 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. Las conclusiones de los estudios indicaron que las características del suelo favorecen la percolación en sentido vertical descendente por arrastre de materiales finos y sólidos disueltos.

#### 4.1 Control de riesgos

Se estableció un horizonte temporal de 10 años para la aplicación del modelo conceptual de riesgos ambientales desarrollado para los dos escenarios considerados (continuidad del estado actual y cierre y restauración del sitio). Se concluyó que la forma en que se realizó la disposición de los residuos favoreció la migración señalada. Para ambos escenarios se consideró que tanto las vías de transporte como los potenciales receptores incluidos en el análisis del riesgo eran las mismas, ya que no estaban previstas modificaciones para el horizonte temporal considerado. Para el control del riesgo identificado se propusieron dos técnicas: a) control del sistema peligroso a partir de la implementación de acciones para anular la migración de los contaminantes presentes, y b) control de las consecuencias a partir de la implementación de barreras para dificultar la exposición de los eventuales receptores. Las técnicas propuestas se formularon según dos esquemas para el control

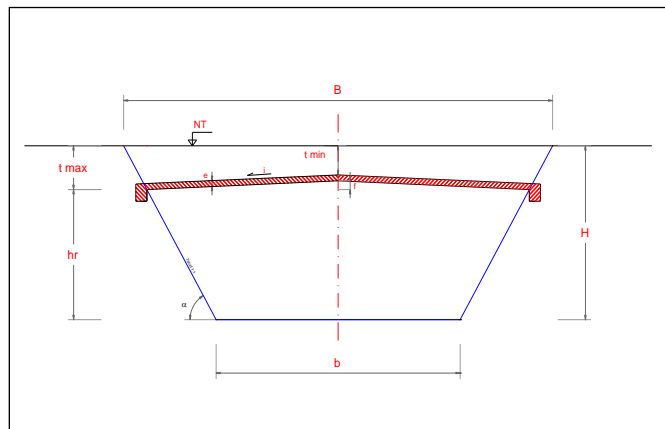
del riesgo: el primero consistió en la excavación y retiro de la totalidad del pasivo descubierto y su envío a un vertedero habilitado para la disposición final de RSU; el segundo tuvo en cuenta la implementación de una acción correctiva para mitigar los efectos de los residuos sobre el ambiente, a partir de la conformación de una celda de confinamiento que permitiera recuperar el área afectada para su uso agrícola. Ambos esquemas resultaron técnicamente viables, por lo que en la adopción de la medida a ejecutar se definió con base en el estudio de los costos de ejecución.

#### 4.2 Acción correctiva

Se proyectó una celda para la remediación *in situ* del pasivo identificado. En la Figura 1 se presenta el esquema del corte transversal de la celda propuesta, donde:

1.  $B = 28,00$  m corresponde al ancho del coronamiento superior
2.  $b = 20,00$  m corresponde al ancho de la base de la celda
3.  $H = 4,00$  m corresponde a la profundidad total
4.  $hr = 2,80$  m corresponde al tirante de residuos
5.  $t_{\min} = 1,20$  m corresponde a la tapada mínima
6.  $t_{\max} = 1,50$  m corresponde a la tapada máxima
7.  $e = 0,20$  m corresponde al espesor de la impermeabilización
8.  $\alpha = 45^\circ$  corresponde al ángulo del talud (1:1)
9. NT: representa el nivel del terreno

Esta alternativa consistió en reubicar los residuos existentes en el predio, en una celda excavada en el lugar empleando la técnica de control del emisor. Para su ejecución se realizaron las siguientes tareas: excavación y acopio de los suelos de cubrición, extracción de los residuos existentes en el predio, excavación de la celda de confinamiento, traslado de los residuos a la celda, limpieza de residuos dispersos, extracción y gestión de residuos patogénicos y peligrosos, compactación de los residuos en la celda de confinamiento, colocación de la barrera superior impermeable, cobertura final, colocación de los elementos de control (5 chimeneas de venteo y 1 freatímetro).



**Figura 1.** Esquema del corte transversal de la celda propuesta

La ejecución de la acción correctiva se extendió por espacio de 5 meses. La realización de la tarea se llevó a cabo sin afectar ni interrumpir la dirección de los cauces de escurrimiento superficial de aguas existentes en la zona de trabajo.

### 4.3 Controles realizados

Se verificó el valor de densidad de los residuos compactados en el interior de la celda practicando un orificio de 1 m de profundidad y 0,40 m de diámetro, se emparejaron los bordes y se revistió con una lámina impermeable; a continuación se ingresó un volumen de agua previamente pesado y en laboratorio se determinó la densidad de la masa de residuos, cuyo valor resultó de  $1,72 \text{ g/cm}^3$ , compatible con el valor de referencia establecido en  $1,60 \text{ g/cm}^3$ . La impermeabilidad de la barrera se determinó con base en la Norma IRAM 10530 (versión 88) del Instituto Argentino de Normalización y Certificación con un resultado promedio sobre 19 puntos diferentes de  $1,05610 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ , valor aceptable para instalaciones de RSU. Los resultados de la calidad edáfica del suelo se obtuvieron a partir del análisis de 10 muestras obtenidas sobre la superficie de la celda y 15 muestras extraídas del perímetro, a profundidades comprendidas entre 0 y 0,40 m.

### 5. Conclusiones

En este trabajo se ha resumido el conjunto de estudios realizados y actividades ejecutadas para contar con un diagnóstico muy preciso del pasivo identificado, con la finalidad de implementar una acción correctiva para que su recuperación permita el uso en actividades agrícolas. En la Figura 2 se puede apreciar la situación del sector de trabajo en su estado inicial y final.

La recuperación de pasivos ambientales ligados a la presencia de RSU depositados sin control en el pasado sobre suelos superficiales, requiere la realización de estudios específicos para establecer la antigüedad del depósito, el volumen de los materiales residuales, las concentraciones de diferentes contaminantes vinculados al tipo de residuos presentes, las características del terreno afectado con relación a diferentes aspectos ambientales, los riesgos ambientales y los nuevos usos previstos para el sitio, entre otros.



*Figura 2. Vistas del predio antes y después de la intervención*

Al finalizar la intervención el sitio recuperado no presenta limitaciones desde el punto de vista edáfico para llevar a cabo distintos cultivos agrícolas.

### Referencias Bibliográficas

- [1] Cortés, J., Casa, A., PAsino, M., Yamin, M., Terrizazano, C. *Fajas oblicuas de deformación neotectónica en precordillera y cordillera frontal (31° 30' - 33° 20' LS): Controles Paleotectónicos*. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Vol. (4) 61. 2006. 639-646.
- [2] Llamas, S., Mercante, I., Martinengo, P. *Metodología de caracterización de pasivos ambientales generados por la eliminación de residuos sólidos urbanos*. Desarrollos e Investigaciones Científico-Tecnológicas en Ingenierías. 2011. Editores: Juan E. Nuñez McLeod, Irma Mercante, Susana Llamas, Alejandro P. Arena. ISBN 978-950-42-0134-2. 2011. Mendoza.

- [3] Calvo Redruejo, F., Zamorano, M., Moreno, B. *Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos como herramienta en la planificación ambiental*. En: Actas I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. 2002. Granada. 975-975.
- [4] Calvo, F., Moreno, B., Ramos, A., Zamorano, M. *Implementation of a new environmental impact assessment for municipal waste landfills as tool for planning and decision-making process*. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 11. 2007. 98-115.
- [5] Tchobanoglous, G., Theysen, H., Vigil, S. *Gestión integral de residuos sólidos*. Volumen II. Parte V. Clausura, restauración y rehabilitación de vertederos. Capítulos 16 y 17. 1° edición. 1994. McGraw-Hill. Madrid. 869-924.
- [6] Szanto Narea, M. *Diseño de plan de cierre y rehabilitación de áreas utilizadas como vertederos o rellenos sanitarios*. En: Actas del VII Congreso internacional en disposición final de residuos sólidos y perspectivas ambientales. 2007. Colombia. pp: 17.
- [7] Calvo, F., Moreno, B., Zamorano, M., Szanto, M. *Environmental diagnosis methodology for municipal waste landfills*. Waste Management. Vol. (25). 2005. 768-779.
- [8] Zamorano, M., Molero, E., Hurtado, A., Grindlay, D., Ramos, A. *Evaluation of municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology*. Journal of Hazardous Materials, Vol. 160. 2008. 473-481.