

COMUNICACIÓN

Relevamiento magnetométrico terrestre de rellenos sanitarios: Estudio piloto en Gualeguaychú, Entre Ríos

María J. ORGEIRA^{1,2}, C. A. VÁSQUEZ^{1,3} y Héctor OSTERA^{2,4}

¹CONICET - Instituto de Geofísica Daniel Valencio, Email: orgeira@gl.fcen.uba.ar
Ciudad Universitaria Pabellón 2, 1428 Buenos Aires.

²Departamento de Ciencias Geológicas, FCE y N., Universidad de Buenos Aires

³CBC, Universidad de Buenos Aires

⁴CONICET - INGEIS

RESUMEN. La presente contribución contiene resultados de la aplicación de relevamiento magnetométrico terrestre en el estudio de rellenos sanitarios. Se ha elegido como caso testigo el área situada hacia el sur de la localidad de Gualeguaychú, en el extremo sudoriental de la provincia de Entre Ríos. Ésta fue seleccionada pues se tenía conocimiento del cese de operaciones y existía interés de autoridades locales en verificar la ausencia de anomalías indicadoras de potenciales residuos peligrosos para el ambiente. La interpretación de la respuesta magnética obtenida sugiere que los objetos enterrados con alta susceptibilidad magnética, no serían de grandes proporciones (menores a tanques de 1 m de altura). Por ello, se descartaría la presencia de tambores, eventuales contenedores de elementos tóxicos. La profundidad de soterramiento de los objetos de alta susceptibilidad magnética aumenta a mayor distancia del camino de acceso a la zona.

Palabras clave: *Magnetometría terrestre, Rellenos sanitarios, Contaminación*

ABSTRACT. *Terrestrial aeromagnetic survey of waste deposits: a pilot study in Gualeguaychú, Entre Ríos.* This paper presents the results of the application of terrestrial magnetometry in the study of waste deposits. The area chosen for the pilot study was located toward the south of the town of Gualeguaychú, in the southeastern Entre Ríos province. This location was selected because it was known that operations were to cease and local authorities had an interest in verifying the presence of anomalies indicative of potentially dangerous environmental pollutants. Interpretation of the magnetic signal suggests that buried objects of high magnetic susceptibility are not large (smaller than containers of 1m in height). For that reason we discount the presence of drums of standard dimensions, the possible containers of toxic elements. The estimated depth of the objects of high susceptibility increases with the distance from the access road to the the area.

Key words: *Terrestrial magnetometry, Waste deposits, Contamination*

Introducción

El apropiado manejo de los residuos sólidos es una de las prioridades para las cuales es necesario elaborar planes y programas en diferentes escalas. Las tendencias en los países desarrollados incluyen una disminución en la cantidad de los residuos generados y un incremento sustancial en los programas de reciclaje de los mismos. La mayor parte del desperdicio en nuevos rellenos sanitarios viene de fuentes como hogares, oficinas y pequeños comercios que no usan y descartan tradicionalmente sustancias peligrosas. Sin embargo, los descartes de estas fuentes aparentemente inofensivas con frecuencia contienen sustancias tóxicas. A medida que los artículos desechados se descomponen o biodegradan en un relleno sanitario, liberan sus constituyentes tóxicos. Estos tóxicos químicos se mezclan con agua y humedad del residuo para formar el lixiviado. Este lixiviado, si no es controlado, puede migrar desde el relleno y contaminar la napa freática y fuentes de agua próximas. En muchos casos, la

basura se arroja en lugares no apropiados y muchas veces no autorizados, significando gran cantidad de problemas para el ambiente, en otras, aunque las áreas estén autorizadas no se cumple con la legislación establecida. Consecuentemente, es conveniente mantener un sistema de control eficiente y multidisciplinario.

La prospección magnetométrica se basa en las diferentes respuestas magnéticas que producen cuerpos de diferente susceptibilidad. Bajo la acción de un campo magnético ordenador como el campo magnético terrestre (CMT) cuerpos enterrados generan diferentes magnetizaciones inducidas que se adicionan al propio campo terrestre. En consecuencia, la magnetometría revela contrastes de susceptibilidad magnética debajo de la superficie (Cantos Figuerola 1974, entre otros).

La magnetometría terrestre es una de las técnicas geofísicas más difundidas para el control de rellenos sanitarios. Por una parte se aplica esta metodología con el objeto de detectar áreas de enterramiento clandestinas, y por la otra se usa junto con otras técnicas como control

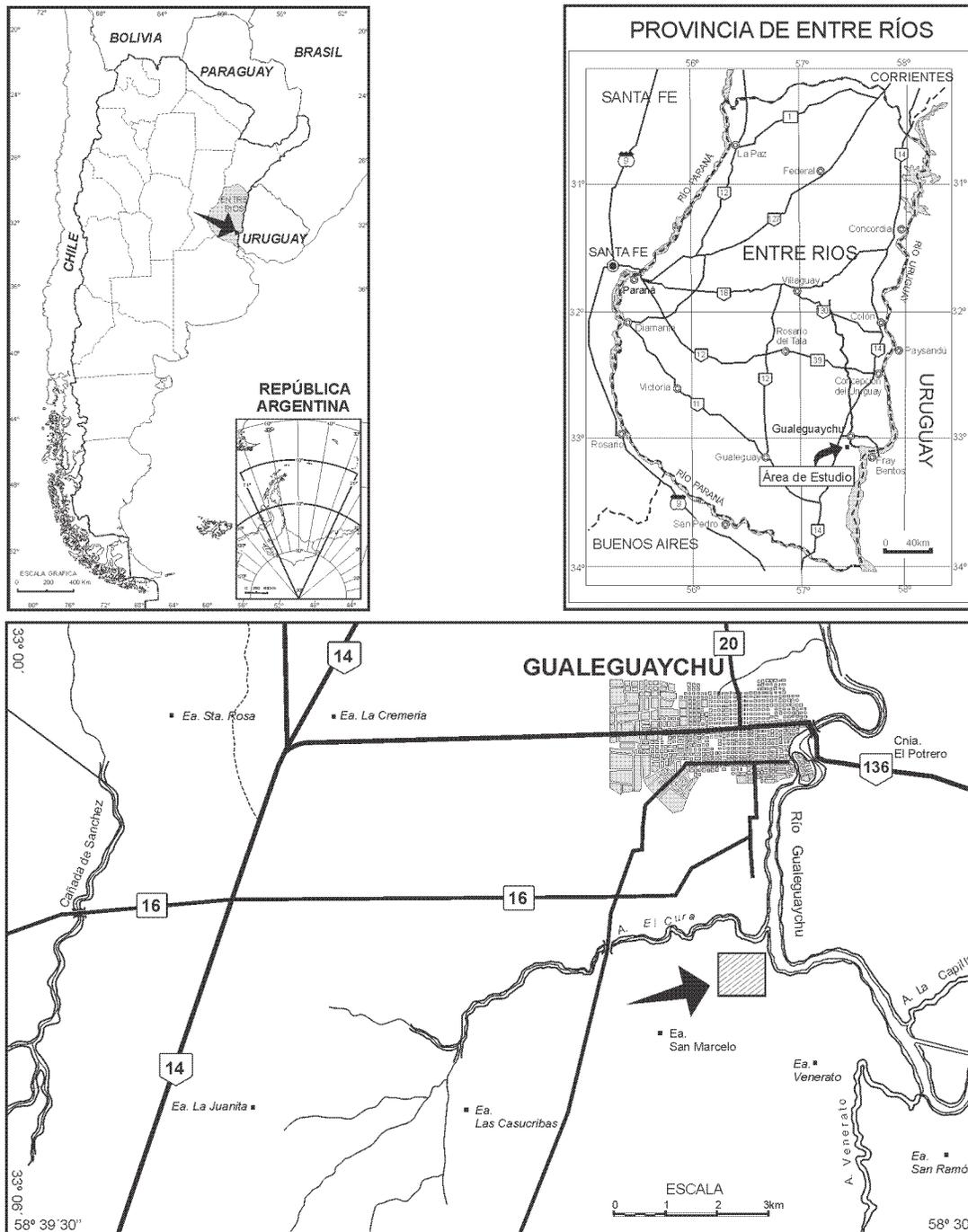


Figura 1: Mapa de ubicación del relleno sanitario en los alrededores de la ciudad de Gualeguaychú, provincia de Entre Ríos.

de la evolución de áreas de soterramiento habilitadas.

Las mediciones magnetométricas permiten detectar perturbaciones en el campo magnético terrestre causadas por objetos ferromagnéticos enterrados tales como herramientas, tambores y desechos metálicos en general. Nótese que en el caso particular de los tambores, éstos frecuentemente son portadores de fluidos altamente contaminantes.

Por otra parte este método tiene la sensibilidad suficiente como para determinar la presencia de objetos con

alto contenido de hierro ferromagnético a profundidades mayores que los detectores de metales.

Por lo anteriormente expuesto, la magnetometría es una de las seis técnicas sugeridas de estudio de control ambiental de áreas de basurales por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (Benson *et al.* 1984). Asimismo en Europa es una técnica sumamente difundida, en particular para investigar la existencia y localización de tambores metálicos contenedores de residuos peligrosos. Investigaciones de tales características se pueden

consultar a modo de ejemplo en Dahlin y Jeppson (1995) quienes realizaron la prospección en una zona problemática localizada al sur de Suecia.

El presente trabajo contiene los primeros resultados de la aplicación de técnicas magnetométricas en el estudio de rellenos sanitarios. Se ha elegido un caso testigo, donde se tenía conocimiento del cese de operaciones y existía interés para verificar la presencia de anomalías indicadoras de potenciales peligrosos para el medio.

Ubicación del área, acceso, población y características generales

El área de estudio se circunscribe a la zona situada en el actual relleno sanitario municipal, situada hacia el sur de la localidad de Gualeguaychú, en el extremo sudoriental de la provincia de Entre Ríos. Los límites de la zona de investigación de este trabajo están dados por el área del relleno sanitario pasado y actual, hacia el sur de la confluencia del arroyo del Cura con el río Gualeguaychú.

Esta zona presenta una extensa red de comunicaciones, incluyendo vías férreas y los accesos desde Buenos Aires por el eje de comunicación vial del Mercosur del complejo Zárate – Brazo Largo y el puente internacional Fray Bentos – Puerto Unzué.

Dentro del área se encuentran distintas poblaciones entre las que se destaca la ciudad de Gualeguaychú, cabecera del departamento del mismo nombre y centro de diversas actividades agropecuarias, comerciales e industriales. Tiene una población estable de 80.000 habitantes y se accede a la misma desde Buenos Aires por la ruta nacional 14. Las industrias más importantes se concentran en el parque industrial, cuya actividad económica está actualmente limitada.

Marco geológico

La región se halla comprendida dentro de la llanura chacoparanaense. Las unidades presentes se resumen a continuación. Los afloramientos expuestos en el área corresponden a las unidades Formación Salto Chico, Grupo Punta Gorda (Pampeano) y Formación La Picada. El sustrato del relleno sanitario está constituido básicamente por los limos calcáreos correspondientes al Grupo Punta Gorda (Pampeano). Se resumen a continuación las características más relevantes de estas unidades.

Plioceno – Pleistoceno inferior: Formación Salto Chico (Rimoldi 1963; Formación Ituzaingó, De Alba 1953)

Se trata de arenas y areniscas blancas a rojizas, muy maduras con intercalaciones de niveles limosos; en el área aparecen expuestas en la cercana isla de Martín Chico. De origen fluvial, Iriondo (1980) sugiere la correlación de es-

tas unidades con las Arenas Puelches o Formación Puelches (Santa Cruz 1972) y señala que está compuesta por arenas gruesas y finas de color amarillo y rojo, arcillas verdes y estratos de rodados finos y gruesos. La Formación Puelches es muy probable que se corresponda con sedimentos aflorantes en la provincia de Entre Ríos conocidos como Formación Ituzaingó; constituidas por arenas cuarzosas, pardo amarillentas a blanquecinas con intercalaciones arcillosas, depositadas por el río Paraná. Si bien se ha relacionado con la Formación Ituzaingó, Iriondo (1980) propone diferenciarla como una unidad aparte de la Formación Ituzaingó debido a que la Formación Salto Chico corresponde a un ambiente fluvial más inestable originado por el río Uruguay y sus afluentes.. La edad sería pliocena - pleistocena inferior según Bossi (1969). Con referencia a esta asignación temporal, los estudios geológico-paleomagnéticos llevados a cabo por Bidegain (1991, entre otros) determinan la existencia de niveles de polaridad reversa en sedimentos marinos fosilíferos en Aldea Brasilera (proximidades de Paraná), que asigna al subcron Kaena (2,9 Ma). El mismo autor sostiene que las arenas fluviales de la Formación Ituzaingó (correlacionables con la Formación Salto Chico) se depositaron con posterioridad a dicho evento marino y antes de la depositación loésica, ubicándolas temporalmente en el lapso 2,5 - 2,9 Ma.

Pleistoceno Medio-Superior: Grupo Punta Gorda (Iriondo 1980)

Constituye la mayor parte de la cubierta sedimentaria de tipo pampeano en Entre Ríos (Iriondo 1980). Está constituido por limos y arcillas castaños y castaño rojizos depositados en ambientes palustres o eólicos, con abundante carbonato de calcio. En el área su espesor oscila entre los 20 y 30 metros. Se asigna para la zona una edad pleistocena media-superior.

Holoceno: Formación La Picada (Iriondo 1980)

La unidad está compuesta por los rellenos aluviales y consisten en arenas cuarzosas medianas a finas de color castaño pardusco, limos arenosos castaño amarillento, arcillas limosas y arenosas de colores castaños a verdosos, que aparecen en los valles fluviales. Las condiciones de sedimentación parecen haber sido más estables y regulares en los afluentes del Uruguay que en los del Paraná (Iriondo 1980). En el área aparecen a lo largo del curso del río Gualeguaychú y sus afluentes.

Nótese que el sustrato del relleno sanitario no posee características relevantes que indiquen un potencial contraste de susceptibilidades a profundidades intermedias debido a razones geológicas. Consecuentemente, los resultados que se obtengan a partir del relevamiento magnetométrico serán exclusivamente debidos al contraste de propiedades producto del relleno sanitario.

Antecedentes del relleno y objetivos del trabajo

El área de relleno sanitario que se ha utilizado como caso piloto ha sido desactivado desde hace aproximadamente cuatro años. El mismo fue operado por una empresa concesionaria, desconociéndose en detalle la tareas de protección del medio oportunamente desarrolladas.

Actualmente, la explotación del relleno sanitario es efectuada por la empresa de higiene urbana del municipio, quien ha solicitado una evaluación del estado actual del viejo relleno sanitario.

Como parte del estudio ambiental se ha procedido a realizar un relevamiento magnetométrico para determinar la existencia de anomalías que indiquen la presencia de elementos de larga degradación o potencialmente riesgosos para el medio ambiente, tales como tambores metálicos portadores de residuos líquidos.

Metodología experimental

Se efectuó un relevamiento magnetométrico terrestre, mediante un magnetómetro protónico *Geometrics* con una sensibilidad de 0,1 gamma. Se realizó una corrección diurna con repetición de estación base cada hora. El relevamiento comprendió tres transectas de 150 m rumbo norte-sur, equidistantes entre sí 50 m y dos transectas este-oeste separadas a igual equidistancia y una transversal al área de rumbo N 45°O. En cada transecta las estaciones de medición se localizaron cada 2 metros. La estación base (33°3'S-58°32'O) y puntos adicionales de control se localizaron en coordenadas geográficas con posicionador GPS.

Una vez corregidas las lecturas efectuadas en el campo, en el gabinete se sustrajo la intensidad del campo magnético terrestre de referencia (IGRF) para el área. Luego, los valores de anomalía magnética así obtenidos fueron representados en planta (Fig. 2).

Resultados

La respuesta magnética obtenida presenta un patrón peculiar, aunque esperable en cuanto a la magnitud de anomalías para un relleno sanitario domiciliario. Cuerpos de alta susceptibilidad magnética, con alto contenido de Fe, están enterrados en forma más o menos aleatoria.

Sin embargo (véase figura 2), el sector sudoeste del área muestra una alineación de máximos y mínimos longitudinales de rumbo este-oeste. Este peculiar diseño y el reflejo de una distribución alineada de objetos magnéticos debida al desarrollo de celdas de enterramiento durante el proceso del relleno sanitario.

Si bien el cálculo de la profundidad de enterramiento, así como la localización exacta de los cuerpos es difícil de hacer en este tipo de áreas por las limitaciones propias de la metodología empleada, puede arribarse a estimaciones útiles a los fines propuestos. Al respecto, en la figura 2,

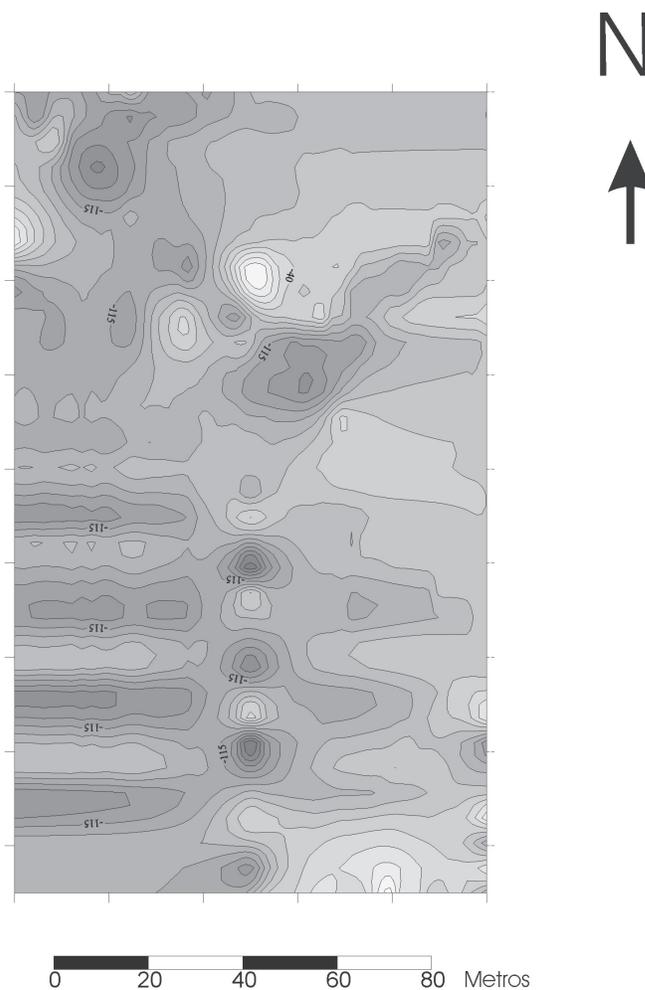


Figura 2: Mapa de anomalías magnéticas. Las curvas de isonivel se indican en gammas (= nanotesla)

se observa que las dimensiones de las anomalías magnéticas obtenidas disminuyen hacia el sur. Es de destacar que este sector se correlaciona con la parte más antigua del basurero. Consecuentemente, podría interpretarse que tal distribución de anomalías está generada por objetos metálicos ferrosos enterrados que se encuentran a mayor profundidad en el sector sur, debido al enterramiento paulatino debido al efecto de hundimiento progresivo de los objetos metálicos de mayor densidad, efecto previsible en este tipo de depósitos antrópicos.

Un punto muy importante a evaluar es la magnitud de las anomalías magnéticas obtenidas. En este caso los valores más elevados fueron del orden de las 200 gammas. Si se toma en consideración que la profundidad máxima de este relleno sanitario no supera los 2 metros, información suministrada por trabajadores de la zona y constatada *in situ* en el área activa aledaña, los objetos metálicos enterrados no superarían los dos kilogramos de hierro. Esta afirmación se funda en los estimaciones de anomalías calculadas por Breiner (1973) para objetos típicos metálicos

enterrados. Consecuentemente, los valores obtenidos en el área de estudio no son compatibles con la respuesta que originaría a las citadas profundidades un tambor metálico de tamaño estándar.

Conclusiones

El método magnetométrico resultó adecuado a los fines propuestos. En el sector sudoeste del área muestra se ha podido una alineación de máximos y mínimos longitudinales de rumbo este-oeste, producto de una distribución alineada de objetos magnéticos y que reflejan el desarrollo de celdas de enterramiento durante el proceso del relleno sanitario. No se detectaron cuerpos de grandes dimensiones de alta susceptibilidad magnética enterrados en profundidad, lo cual es consistente con relleno sanitario de tipo domiciliario. Consecuentemente se descarta el enterramiento de tambores metálicos, potenciales contenedores de sustancias peligrosas.

La profundidad de enterramiento de los residuos fue disminuyendo a mayor cercanías de las vías de acceso, lo cual es interpretado como un efecto de soterramiento natural progresivo de los objetos metálicos o bien podría ser interpretado por un aporte diferente de residuos metálicos a lo largo de la evolución del relleno sanitario. Dado que la población del área se mantuvo estable durante el período de operación del terreno y que no existieron rellenos alternativos en otras áreas, la segunda alternativa es descartada.

Agradecimientos

A la Intendencia de la Ciudad de Gualeguaychú; al CONICET, la Universidad de Buenos Aires y el Instituto Antártico Argentino. Al Sr H. Lippai por su colaboración en la realización de las figuras.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Benson R.C., R.A. Glaccum y M.R. Noel, 1984. Geophysical techniques for sensing buried wastes and waste migration. Report for the U.S. Environmental Protection Agency . PB84-198449. EPA -600/7-84-064. 233 p.
- Bidegain, J.C., 1991. Sedimentary development, magnetostratigraphy and sequence of events of the Late Cenozoic in Entre Ríos and surrounding areas in Argentina. PhD Thesis Department of Geology and Geochemistry Stockholm University, 128 p., Stockholm
- Bossi, G., 1969. Geología y estratigrafía del sector sur del Valle de Choromoro. Acta Geológica Lilloana 10(2): 17-64, Tucumán.
- Breiner, S. 1973. Applications manual for portable magnetometers. Geometrics Sunnyvale, USA, 58 p.
- Cantos Figuerola, J., 1974. Tratado de Geofísica aplicada. Litoprint. 515 p. Madrid.
- Dahlin, T. y H. Jeppson , 1995. Geophysical investigations of a wastedeposit in Southern Sweden. Proceedings of the Symposium on the application of Gephysics to Engineering and Environmental Problems. EEGS: 97-105.
- De Alba, E., 1953. Geología del Alto Paraná en relación con los trabajos de derrocamiento entre Ituzaingó y Posadas. Revista de la Asociación Geológica Argentina 8(3): 129-161, Buenos Aires.
- Iriondo, M., 1980. El Cuaternario de Entre Ríos. Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral 11: 125-141, Santa Fe.
- Rimoldi, H., 1963. Aprovechamiento del Río Uruguay en la zona de Salto Grande. Estudio geológico-geotectónico para la presa de compensación proyectada en el Paso Hervidero (provincia de Entre Ríos). Ias. Jornadas Geológicas Argentina, Actas 2: 287-310, Buenos Aires.
- Santa Cruz, J., 1972. Estudio Sedimentológico de la Formación Puelches en la Provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 26(1): 1-62, Buenos Aires.

Recibido: 29 de abril, 2003

Aceptado: 7 de julio, 2004