

## Caracterización de metales pesados en sitios de juego infantil

Héctor Federico Vives,<sup>a</sup> Karina Petelín,<sup>a</sup> Ana María Vives<sup>a</sup> y Laura Zulaica<sup>b</sup>

**Resumen:** La movilización de metales pesados en el ambiente, producto de las actividades humanas, es un problema muy preocupante para la salud de la población, en especial la infantil. El objetivo del trabajo es determinar la concentración de metales pesados (plomo y cromo) en suelos de sitios de juego infantil en Avellaneda (Argentina). Se propone para ello una metodología de evaluación de la contaminación con plomo (Índice de Contaminación, IC) y se analiza la distribución espacial de los resultados obtenidos. Se hallaron valores medios y altos del IC. Sus orígenes se atribuyen a una suma de diversas fuentes y a deficiencias en la gestión ambiental del pasado.

**Palabras clave:** Metales pesados, plomo, cromo, contaminación de suelos, parques infantiles.

**Abstract:** Mobilization of heavy metals in the environment resulting from human activities is a concern for the health of the population, especially children. The aim of this paper is to determine the concentration of heavy metals (lead and chromium) in the soils of children's playgrounds in Avellaneda (Argentina). It proposes a methodology for evaluation of lead pollution (Pollution Index, PI) and analyzes the spatial distribution of the results. The PI results were medium and high values. Its origins are attributed to different sources and poor environmental management in the past.

**Keywords:** Heavy metals, lead, chromium, soils pollution, children's playgrounds.

### Introducción

Las actividades humanas liberan y movilizan sustancias contaminantes en los distintos compartimentos de la biosfera, ocasionando impactos sobre el ambiente y riesgos a la salud de la población expuesta. Dado que el suelo posee un alto potencial de acumulación de sustancias contaminantes, el presente trabajo consiste en un estudio exploratorio de la concentración de metales pesados (1ª parte plomo y posteriormente cromo) en suelos en sitios de juego infantil en la localidad de Avellaneda, Provincia de Buenos Aires, Argentina. El mismo conforma la primera fase de una investigación para la caracterización y evaluación de sitios contaminados realizado por el Grupo Medio Ambiente y Condiciones de trabajo de Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Avellaneda. Existen aproximadamente 150 sitios de juego infantil en Avellaneda, sin contar los sitios no específicos de zonas periurbanas. Debido a las afecciones sobre la salud de niños encontradas y publicadas en estudios anteriores (PAE<sup>[1]</sup>), el trabajo profundiza en el estudio de su problemática proponiendo el cálculo de un Índice de Contaminación y analizando su distribución espacial.

A partir de los hallazgos encontrados en estudios previos realizados por el mismo grupo de trabajo, se llevó a cabo la búsqueda de sitios contaminados con metales pesados. Desde hace varias décadas, la lucha mundial contra el aumento de

metales pesados en el ambiente se ha abordado desde varios frentes: por una parte, sustituyendo los compuestos orgánicos de plomo como antidetonantes en las naftas para automotores; por otra parte, procurando que la utilización del plomo se realice con tecnología que contemple la recuperación de metales pesados en su ciclo de vida para dejar de ser considerados residuos, evitando provocar efectos indeseables sobre la salud. Metales pesados como cromo, mercurio y cadmio, entre otros, representan peligros similares en cada caso particular, pero no serán motivo del presente estudio.

En nuestro país se han logrado algunos avances para eliminar fuentes de contaminación con metales pesados, tal es el caso de una resolución de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano (SRNAH) que reglamentó la obligación de que todas las baterías plomo-ácido de automotores deben ser retornadas al productor para que este proceda al reciclado y recuperación de las mismas (SRNAH N°544/94<sup>[2]</sup>).

Más allá de los avances logrados en el tema, todavía quedan demasiados metales pesados en el ambiente en la forma de polvo en suelos. La situación es grave si se tiene en cuenta que la disolución acuosa de estos metales se comporta muy a menudo como un veneno metabólico para el organismo humano.

En el caso del plomo, los grupos humanos con mayor riesgo, aún con niveles bajos de plomo en el ambiente, son los fetos y los niños menores de 7 años ya que resultan más sensibles a la intoxicación con plomo que los adultos. Debido a su menor peso corporal, las cantidades a que se exponen dan como resultado una dosis mayor. Asimismo se debe tener en cuenta que su cerebro está en constante crecimiento (Baird<sup>[3]</sup>).

Un estudio de la Universidad de Cagliari, Italia, reportó plomo en sangre y pelos de 222 niños de las ciudades de Portoscuso y Sestu, Cerdeña en 1998 (Sanna et al.<sup>[4]</sup>). En nuestro medio, similar hallazgo se encontró en niños de Villa Inflamable, Isla Maciel, y Villa Corina, ambos del Partido de Avellaneda. La fuente presumible de dichas intoxicaciones es el polvillo del suelo, por tratarse del único medio que arrojó concentraciones importantes de plomo superficial en zona residencial (Villa Inflamable) según el estudio realizado por Brown & Caldwell<sup>[5]</sup> y corroborado posteriormente en el estudio ambiental del Polo Petroquímico Dock Sud (PAE<sup>[1]</sup>).



H. F. Vives

K. Petelín

A. M. Vives

L. Zulaica

<sup>a</sup>Grupo Medio Ambiente y Condiciones de Trabajo, Universidad Tecnológica Nacional - FRA.

<sup>b</sup>Bec. CONICET, Centro de Investigaciones Ambientales, FAUD-UNMDP.

Av. Mitre 750 (CP 1870) Avellaneda, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

C-e: [fvives@fra.utn.edu.ar](mailto:fvives@fra.utn.edu.ar)

Recibido: 16/07/2009. Aceptado: 16/11/2009.

Una fuente importante de este tipo de contaminación son los centros habilitados para la recuperación de baterías agotadas. La situación es peor aún cuando las baterías son descartadas como basura sin ningún tipo de tratamiento, lo cual está prohibido en nuestro país.

Tong-Bin Cheng et al.<sup>[6]</sup> realizaron en la ciudad de Beijing, China, un estudio acerca de la polución con metales pesados en suelo de parques urbanos. Muchos investigadores afirman que es necesario un mayor conocimiento acerca de la polución con metales pesados en suelos urbanos ya que representa un riesgo para la salud, especialmente de los niños, los cuales se encuentran expuestos a los mismos presentes en polvillo del suelo. Dichos metales provienen de fuentes fijas y móviles tales como: metabolitos de pinturas, plomo presente en gasolinas, vehículos, producción de energía por quema de combustibles fósiles, disposición incorrecta de residuos y el impacto de la industria local que manipula dichos elementos. Se ha descubierto que la contaminación con metales pesados varía a través del tiempo y la localización y que el incremento de los niveles de estos metales en el suelo urbano, están relacionados con la intensidad de las actividades humanas y la intensidad de tráfico en la ciudad así como en ciertas áreas urbanas cercanas a las carreteras.

Markus y McBratney<sup>[7]</sup> aseguraban que la contaminación de suelos con metales pesados es un problema ambiental a escala global y que es necesario estimar su distribución espacial para determinar el riesgo potencial de exposición y la calidad ambiental del suelo urbano. Recientemente un trabajo de Silva Busso et al.,<sup>[8]</sup> demostró que los elevados niveles de plomo en sangre en niños de Villa Inflamable se correspondían con las altas concentraciones de plomo en suelos (2000 mgPb/kg de suelo) de sitios de juego infantil.

El objetivo del presente trabajo es realizar una investigación exploratoria de la contaminación con metales pesados en suelos de sitios de juego infantil, toda vez que no existen datos publicados al respecto. Si bien se efectuaron mediciones de plomo y cromo, se trabajará con el primero de los metales mientras que el segundo se analizará en un trabajo posterior.

### El área de estudio

El área de estudio es el Partido de Avellaneda, separado de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires por el Riachuelo. De acuerdo a los datos del último Censo Nacional (INDEC<sup>[9]</sup>) poseía 348.101 habitantes.

El Partido integra la cuenca del Río Matanza-Riachuelo, localizándose en el sector sudeste de la misma. Sus límites son: al norte el Riachuelo y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, al este el Río de la Plata, al sur el Partido de Quilmes y al oeste el Partido de Lanús. El sector muestreado se ubica sobre un área que ocupa una superficie de más de 10.000 km<sup>2</sup>, parte de una de las regiones urbanas más pobladas y extensas del mundo que incluye la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Conurbano Bonaerense (Figura 1).

El territorio se caracteriza por la presencia de amplias superficies anegadizas y alto grado de antropización debido fundamentalmente a los distintos usos de la tierra, la fuerte presencia de establecimientos industriales clasificados de Tercera Categoría según su nivel de complejidad ambiental y al elevamiento de la cota de las áreas inundables realizadas con materiales de relleno de diverso origen y sin seleccionar.

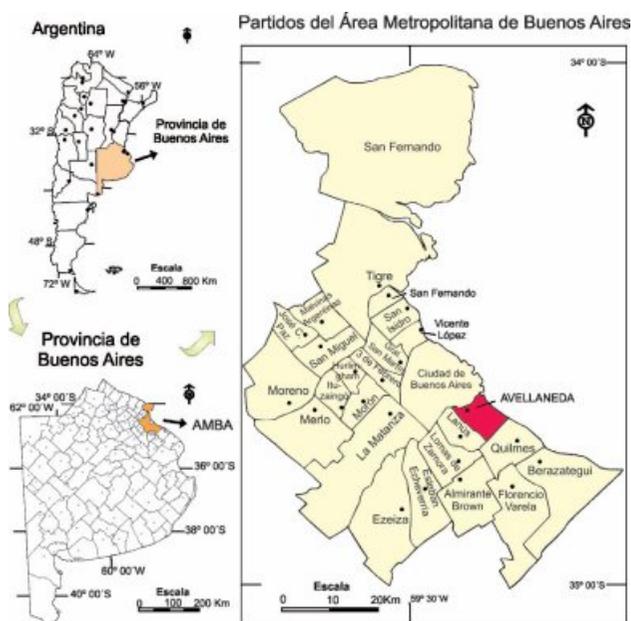


Figura 1. Área Metropolitana de Buenos Aires: localización del Partido de Avellaneda.

Entre estos materiales se incluyen sólidos residuales contaminados de procedencia aleatoria, como es el caso de las evidencias en la denominada "Villa Inflamable", situada en el Municipio de Avellaneda, Provincia de Buenos Aires, Argentina y a 4 km del centro histórico de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En el área de estudio se han encontrado evidencias de intoxicación con plomo en la población infantil que junto con la información antecedente y las grandes diferencias detectadas en los resultados de los estudios anteriores, indujeron a proyectar este trabajo con la finalidad de obtener algunas conclusiones a partir de la exploración de la zona y del análisis de la distribución geográfica de las concentraciones.

### Materiales y métodos

#### Elección del método de toma de muestras

Para la determinación de la calidad y cantidad de las muestras a tomar de modo tal que fueran representativas de sitios de juego infantil de la ciudad de Avellaneda, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Definición de un marco conceptual que permita formular una apropiada estrategia de muestreo de suelos y esbozar un modelo del tipo y estado de agregación física de los contaminantes.
- Determinación de las distintas etapas del trabajo que incluye en general tres fases: la primera, evaluación en gabinete del riesgo de contaminación de los diversos sitios posibles de estudio y reconocimiento de los mismos; la segunda, es otra fase de gabinete, donde se profundiza la investigación exploratoria del sitio; y por último se realizan investigaciones intrusivas (toma de muestras).<sup>[10]</sup>
- Recopilación y análisis de antecedentes obrantes en el estudio de la contaminación en Avellaneda (PAE<sup>[11]</sup>). Según esa fuente, se concluyó que la principal vía de ingreso de los contaminantes (metales pesados) al medio interno de los niños (sangre) es a través de la inhalación de partículas de polvo conteniendo plomo. Por esta razón y por antecedentes

históricos, se determinó que la toma de muestras de suelo fuera superficial. Esta elección concuerda con lo expuesto en el "Procedimiento Modelo Secundario para el Desarrollo de Estrategias Apropriadadas de Muestreo de Suelos en Terrenos Contaminados", publicado por la Agencia Ambiental de Bristol, que incluye la investigación sobre los usos de la tierra y la historia de los emprendimientos que se asentaron en el sitio y sus alrededores para encontrar pistas acerca del tipo de sustancias peligrosas contenidas en el suelo.

- Determinación del número de muestras: se siguieron pautas recomendadas por el método USEPA 6200,<sup>[11]</sup> que propone un muestreo al azar y brinda ciertos límites para que la cantidad de muestras sea representativa y económicamente aceptable y por otra parte se siguieron lineamientos de la Agencia Ambiental de Bristol (Gran Bretaña) en cuanto a formas estratégicas de toma de muestras, la cual establece directivas específicas para sitios de juego infantil.<sup>[10]</sup>

- Definición de la distribución espacial de las muestras, que implicó la elaboración de una grilla que dividiera al partido de Avellaneda en 9 sectores y dentro de ella se practicó un muestreo al azar en 4 sectores en los cuales se tomaron aproximadamente 5 muestras en cada uno, algunas muestras fueron dirigidas a sitios específicos donde los antecedentes históricos indicaban una posible fuente de contaminación. Las bases de este método fueron tomadas del citado trabajo de Bristol.<sup>[10]</sup>

En referencia a las herramientas utilizadas para la toma de muestras se evitó usar elementos que contuvieran los metales buscados para prevenir la contaminación de las mismas, siguiendo las recomendaciones de Seoanez Calvo<sup>[12]</sup> y La Grega<sup>[13]</sup> para las muestras tomadas hasta 0,05 m de profundidad.

Los sitios de obtención de las muestras de suelos se seleccionaron considerando los siguientes criterios: ubicación geográfica, antecedentes de uso del suelo, uso actual de la tierra y áreas de relleno. El objetivo del muestreo es distinguir tipos de suelos (si los hubiere) considerando una distribución lo más homogénea posible dentro de la zona de estudio y/o atendiendo las particularidades del estudio. La calidad en el muestreo se aseguró utilizando como referencia la guía de evaluación de riesgo (US-EPA<sup>[14]</sup>) para hacer posible la obtención de información confiable, fidedigna y que efectivamente represente la geoquímica del suelo. Esta exigencia responde a que en el análisis de la composición química se deben tomar todas las precauciones que sean necesarias para mantener las características químicas inalteradas y debido a los cambios que pueden sufrir los diferentes componentes y parámetros del suelo, se aplicaron las recomendaciones de la técnica Standard Methods 7420.<sup>[17]</sup> Para cada muestra se tomaron de 25 a 35 sub/muestras de cada sitio en una grilla de puntos de acuerdo a la superficie del mismo, las cuales se almacenaron en bolsas de polietileno reforzado de 500 gr duplicadas y triplicadas para contra-verificación.

### Elección del método analítico

La determinación de la concentración total de metales en suelo se realizó mediante dos técnicas analíticas y en tres etapas:

- A fin de efectuar las determinaciones se realizó una preparación de muestras consistente en secado de las mismas (105°C hasta peso constante), molienda mortero, homogeneización y tamizado (tamiz de ensayo de laboratorio marca Zonytest malla de poro 2000, 250 y 125 µm cuerpo ABS norma ASTM E11/70 con malla certificada norma ISO 3310-1).

- Luego, se utilizó el equipo Portátil XRF. Modelo Alpha marca Innov-X (Fotografía 1) que con un límite de cuantificación del orden de las 4 ppm y mediante el método Fluorescencia de Rayos-X (aprobado por USEPA 6200<sup>[11]</sup>) permite examinar *in situ* hasta 25 metales presentes en el suelo. Se realizaron 5 mediciones de la muestra en bruto, se calculó la desviación estándar relativa y cuando fue inferior a 20% se aceptó la media. Cuando excedió ese valor, se tamizó la muestra (tamiz con poro de 2000 µm), se realizaron 5 mediciones, se calculó la desviación estándar relativa nuevamente y así con poros de 250 y 125 µm hasta conformidad.

- Por último, para la confirmación de los datos, se utilizó la técnica de Espectrofotometría de Absorción atómica (AA). Para ello se analizaron las muestras con mayor desviación, cuyos resultados fueron inferiores a dicha desviación estándar relativa. Si bien esta técnica no permite distinguir la especiación ni el estado de oxidación del metal (McLean y Bledsoe<sup>[15]</sup>), brinda confiabilidad adecuada a los propósitos de la presente investigación. Con este fin, se utilizó un Espectrofotómetro de Absorción Atómica marca Pelkin Elmer, Modelo AA-200 perteneciente a CORPLAB Latinoamérica, con sus curvas de calibración actualizadas. El método de análisis utilizado es el indicado por la literatura analítica de metales pesados (Beaty<sup>[16]</sup> y por US-EPA<sup>[14]</sup>) en el método analítico para determinación de metales EPA 7420<sup>[17]</sup> y específico para digestión de la muestra de sólidos y semi-sólidos USEPA SW 846.<sup>[11]</sup> La digestión ácida se realizó pesando una porción de muestra seca, agregando HNO<sub>3</sub> pureza 70% (Carlo Erba) y HCl pureza 32% (Carlo Erba) a 95°C durante 3 hs hasta destrucción total de la materia orgánica.



Fotografía 1. Equipo portable XRF.

### Cálculo del índice de contaminación (IC)

Se calculó un índice de contaminación para cada una de las muestras analizadas en suelos de sitios de juego infantil. Para ello, se utilizó el modelo propuesto por Chen et al.<sup>[18]</sup> para indicar la contaminación con metales pesados en suelos. El mismo expresa la relación entre la concentración hallada (CH) del metal pesado en el estudio, dividido por la media geométrica de la concentración antecedente (CA):

$$IC = CH / CA$$

Dicha concentración antecedente se determinó a partir un estudio anterior realizado en un sector del Partido (PAE<sup>[11]</sup>) ya que en los sitios de toma de muestras no se cuenta con estudios de concentraciones antecedentes de plomo.

### Análisis de la distribución espacial

Los datos de los niveles de concentración de plomo en suelos inventariados a campo, fueron geo-referenciados y representados espacialmente. Posteriormente, se llevó a cabo el

mismo procedimiento utilizando los valores del índice de contaminación obtenidos. La distribución espacial de los resultados permite establecer sectores con diferentes niveles críticos en el área de estudio.

Una vez definidos los sectores, se realizó un análisis de las posibles causas de su distribución y se identificaron aquellas áreas que merecen una atención prioritaria para disminuir riesgos sobre la salud de la población infantil.

### Resultados

La síntesis de los resultados de las determinaciones de plomo y cromo realizadas por Fluorescencia de rayos "X" (XRF) se presenta en la Tabla 1.

Asimismo, la distribución de los sitios en los cuales fueron obtenidas las muestras se presenta en la Figura 2 y en las fotografías 2 y 3, se presentan dos de esos sitios.

Tabla 1. Determinaciones de plomo en sitios de juego infantil del Partido de Avellaneda.

N°	Dirección	Ubicación Geográfica	Fecha	Metales (mg Pb ó Cr/kg M.S.)	
				Pb	Cr
1	Las Llores y Pino	S 34°41515' W 58°17969'	18/08/2008	34	-
2	Las Flores y Toay	S 34°41515' W 58°17969'	18/08/2008	87	323
3	Cent. Uruguayo y Cangallo	S 34°42512' W 58°20805'	18/08/2008	304	-
4	Las Flores e/Robles	S 34°41372' W 58°18044'	18/08/2008	80	-
5	Pje. Lavalle e/Sevilla y Acc.	S 34°41245' W 58°18076'	18/08/2008	192	-
6	Lobos y Toay	S 34°41143' W 58°18579'	18/08/2008	153	18
7	Oroño y Pirán	S 34°41390' W 58°18531'	18/08/2008	63	-
8	Toay y Pirán	S 34°41286' W 58°18498'	18/08/2008	113	-
9	Cabildo y Mendoza	S 34°40532' W 58°23585'	27/06/2008	233	17
10	Rivadavia y Lopez	S 34°40239' W 58°23586'	27/06/2008	176	-
11	Rivadavia y las vías	S 34°40167' W 58°23320'	27/06/2008	506	170
12	Rivadavia y Aráuz	S 34°40045' W 58°23000'	27/06/2008	73	-
13	De la Serna y Mariano Acosta	S 34°40664' W 58°22925'	27/06/2008	13	-
14	Bustamante y Montes	S 34°41097' W 58°22969'	27/06/2008	143	-
15	Av. Roca y Sarmiento	S 34°39527' W 58°21524'	26/06/2008	70	-
16	Rondeau y J. C. Varela	S 34°42240' W 58°19350'	13/06/2008	89	-
17	Cotagaita y Campichuelo	S 34°425148' W 58°20323'	01/07/2008	62	135
18	Raposo y Friuli	S 34°43083' W 58°20238'	01/07/2008	176	190

N°	Dirección	Ubicación Geográfica	Fecha	Metales (mg Pb ó Cr/kg M.S.)	
				Pb	Cr
19	Oyuela y Larralde	S 34°42002' W 58°20345'	02/09/2008	73	-
20	Larralde y Posadas	S 34°42032' W 58°20311'	02/09/2008	139	-
21	C. Uruguayo y Larralde	S 34°42081' W 58°20245'	02/09/2008	179	16
22	Cortez y Acceso	S 34°40175' W 58°20466'	08/11/2008	308	41
23	Ocantos y Solís	S 34°39755' W 58°20456'	08/11/2008	227	12
24	Ponce y Nuñez	S 34°38810' W 58°20681'	08/11/2008	259	18
25	Ponce y Avellaneda	S 34°38685' W 58°20865'	08/11/2008	213	22
26	Vértiz e Irala	S 34°39418' W 58°20963'	08/11/2008	199	11
27	Suárez y Nuñez	S 34°39696' W 58°20712'	08/11/2008	199	13

Nota 1: Cuando no figura un valor en la Tabla (-) significa que los resultados obtenidos no alcanzan el límite de detección del método analítico. Nota 2: M.S. = Muestra Seca.

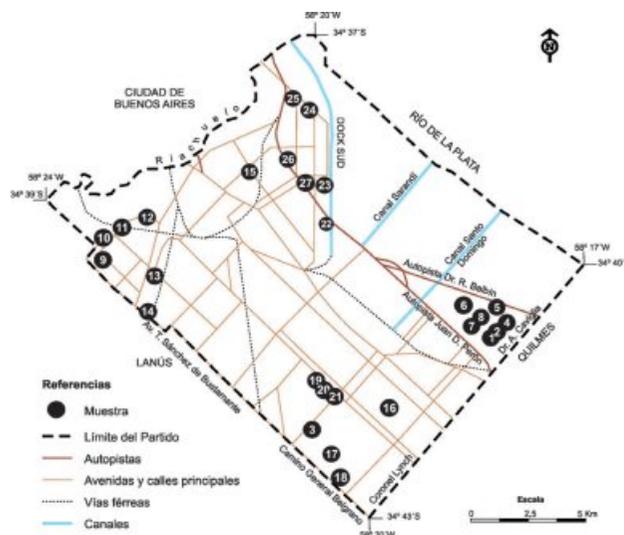


Figura 2. Partido de Avellaneda: localización de los sitios de toma de muestras.



Fotografía 2. Corresponde al sitio de muestreo N° 17.



Fotografía 3. Corresponde al sitio de muestreo N° 19.

**Discusión**

La variabilidad de las concentraciones de plomo y cromo halladas en el área es significativa si se comparan con otros muestreos pero no lo es si se consideran independientemente. Estudios previos han demostrado que la evaluación de la calidad ambiental del suelo está sujeta a una alta complejidad y es por ello que, en algunos trabajos se emplean un conjunto de elementos traza para caracterizar las asociaciones y determinar sus posibles orígenes (De Miguel et al.;<sup>[19]</sup> Wilken et al.;<sup>[20]</sup> Silva Busso et al.<sup>[21]</sup>).

Tong-Bin Chen et al.,<sup>[6]</sup> realizaron un análisis multivariado de "cluster" para el estudio de una asociación de Cu, Ni, Pb y Zn en suelos en los parques de Beijing. Dichos autores proponen el tratamiento estadístico para la asociación de diversos contaminantes que no corresponden a un proceso de contaminación específico sino a la suma de diversos procesos a lo largo de los últimos cien años.

En relación al riesgo de contaminación con plomo, se dispone de abundante información sobre estos hallazgos tanto en Europa (Culbard et al.;<sup>[22]</sup> Leharne et al.;<sup>[23]</sup> Sanna et al.<sup>[4]</sup>) y Asia (Tong-Bin Chen et al.<sup>[6]</sup>) como en Oceanía (Markus y McBratney;<sup>[24]</sup> Markus y McBratney<sup>[7]</sup>) y América (Linzon et al.<sup>[25]</sup>). No sucede lo mismo con la presencia de cromo que será tratado en un futuro trabajo.

Dado que este estudio se vincula al realizado por Silva Busso et al.<sup>[8]</sup> y se ha determinado un posible origen específico de la contaminación a partir de un solo contaminante, se emplearon métodos de estadística descriptiva en el análisis de los índices de contaminación (IC), según la propuesta inicial de Tong-Bin Chen et al.<sup>[6]</sup> Para evaluar la calidad ambiental del suelo de esta zona se utilizó el Índice de Contaminación (IC), o como se lo denomina en idioma inglés Pollution Index (PI). Este índice ha sido definido por Chen et al.,<sup>[18]</sup> como la relación entre la concentración hallada del metal pesado en el estudio dividido por la media geométrica de la concentración antecedente.

Para la determinación de la "Concentración antecedente" conviene tener en cuenta lo propuesto por Breckenridge y Crockett,<sup>[26]</sup> que para suelo superficial de los EEUU siguió los lineamientos de Kabata Pendias y Pendias.<sup>[27]</sup> En ese trabajo se indican valores medios que oscilan entre 17 y 26 mg Pb/kg. de Muestra Seca (M.S.) para distintos tipos de suelos no afectados por residuos peligrosos.

Con el objeto de evaluar el nivel de contaminación, se comparan los IC hallados con los niveles de referencia establecidos en la clasificación propuesta por Chen et al.<sup>[18]</sup> y Tong-Bin Chen et al.<sup>[6]</sup> (Tabla 2).

Las concentraciones antecedentes presentan gran variabilidad, toda vez que se trata de sitios con una gran influencia de

Tabla 2. Clasificación del IC.

Valores	Niveles de contaminación
IC < 1	Nivel de contaminación Bajo
1 < IC ≤ 3	Nivel de contaminación Medio
IC > 3	Nivel de contaminación Alto

Fuente: Chen et al.<sup>[18]</sup> y Tong-Bin Chen et al.<sup>[6]</sup>.

las actividades humanas. Por esta razón, si bien se dispone de datos donde las concentraciones antecedentes promedio de plomo en distintos tipos de suelos de los EEUU de 17 a 26 mg Pb/kg M.S., para el cálculo de índices de contaminación en este trabajo se van a utilizar los datos disponibles a nivel local que representan de alguna manera la influencia antropogénica en el medio.

Así, para obtener la concentración de plomo antecedente, se utilizaron los datos de plomo superficial publicados por el informe del PAE<sup>[1]</sup> que se presentan en Tabla 3. Es importante aclarar que este estudio no pretende determinar niveles de base regionales de plomo, sino que refiere a muestreos previos en el Partido estudiado que se utilizaron para obtener la media geométrica o concentración antecedente de la zona dado que no hay estudios anteriores específicos de todos los sitios muestreados.

Tabla 3. Análisis de plomo en polvillo superficial de "Villa Inflamable".

Muestras	Ubicación de las muestras	mg Pb/kg M.S.
S1	Campo de deportes escuela N° 67	11
S2	Canalejas N° 2227	32
S3	Malabia y Campana	121
S4	Larroque y Campana	144
S5	Campana y Canalejas	88
S6	Canalejas N° 2992	44
S7	Sargento Ponce N° 2927/45	36
S8	Génova N° 1802	87
S9	Ocantos y Génova	234
S10	Ocantos N° 1616/1613	247
S11	Ocantos N° 1895	105
S12	Larroque y Progreso	12
S13	Unidad Sanitaria de Porres	107
S14	Canalejas N° 2189	23

Fuente: PAE<sup>[1]</sup>.

El decreto 831 de la Ley Nacional 24.051 (de residuos peligrosos) fija como nivel guía aceptable para plomo en suelos agrícolas 375 mg Pb/kg M.S. y para suelos de uso residencial 500 mg Pb/kg M.S. Considerando estos valores, sólo una de las muestras excede el límite (N° 11). Sin embargo, de acuerdo a Breckenridge y Crockett,<sup>[26]</sup> para prevenir el ingreso del plomo a la sangre de los niños se propone como límite de contaminación de suelos el nivel de 150 mg Pb/kg M.S. La simple comparación de los valores hallados con el límite propuesto, revela que el área tiene concentraciones que exceden ese valor límite para uso en sitios de juego infantil, por lo

cual se infiere que se trata de un área contaminada con plomo. El 51,8% de las muestras analizadas en este trabajo superan el nivel propuesto en el estudio citado y si se consideran los valores establecidos en EEUU para suelos no afectados por residuos peligrosos dicho porcentaje asciende a 96,3%. La Figura 3 muestra la distribución de valores que superan los niveles de referencia indicados y los que están por debajo.

La media geométrica de la concentración antecedente calculada a partir de los datos de la Tabla 3 alcanza 62,32 mg Pb/kg siendo que casi el 90% de las muestras obtenidas, supera ese valor. Los resultados del cálculo IC con plomo siguiendo el procedimiento señalado en párrafos anteriores indican que el 37% de los sitios muestreados presentan niveles altos de contaminación, el 52% medios y sólo el 11% bajos (Figura 4).

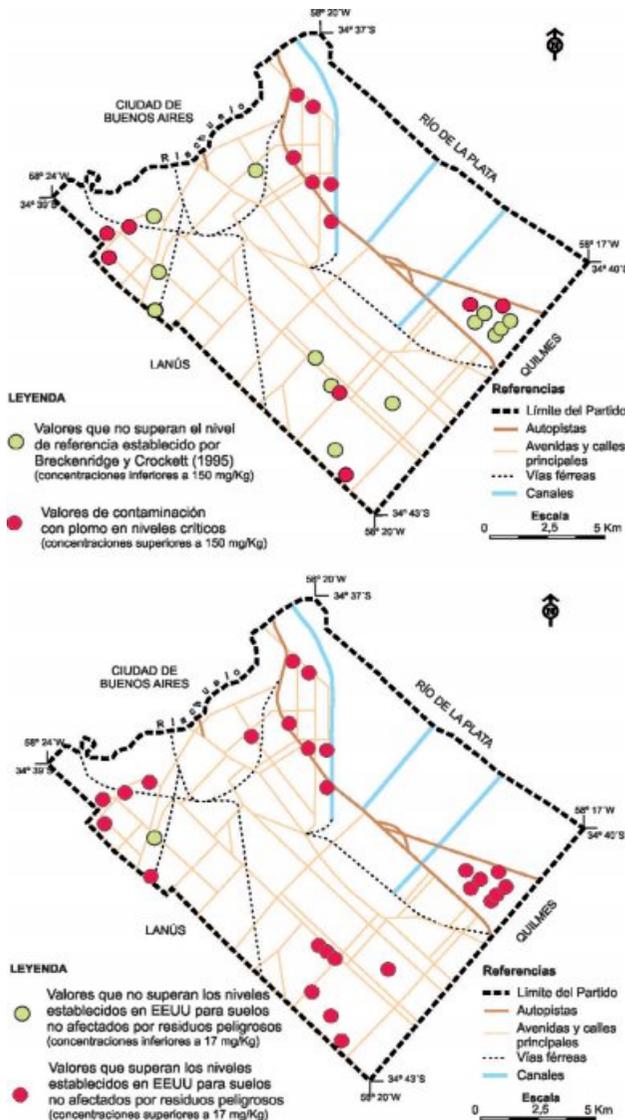


Figura 3. Clasificación de las muestras de plomo analizadas, comparadas con distintos niveles de referencia.

El análisis de los datos obtenidos permite destacar que la situación es crítica si se considera que los niveles de contaminación medios y altos alcanzan casi la totalidad de los sitios de juego infantil en los que se tomaron las muestras. La distribución de los niveles es heterogénea; sin embargo es evidente que la concentración de aquellos más altos se encuentra

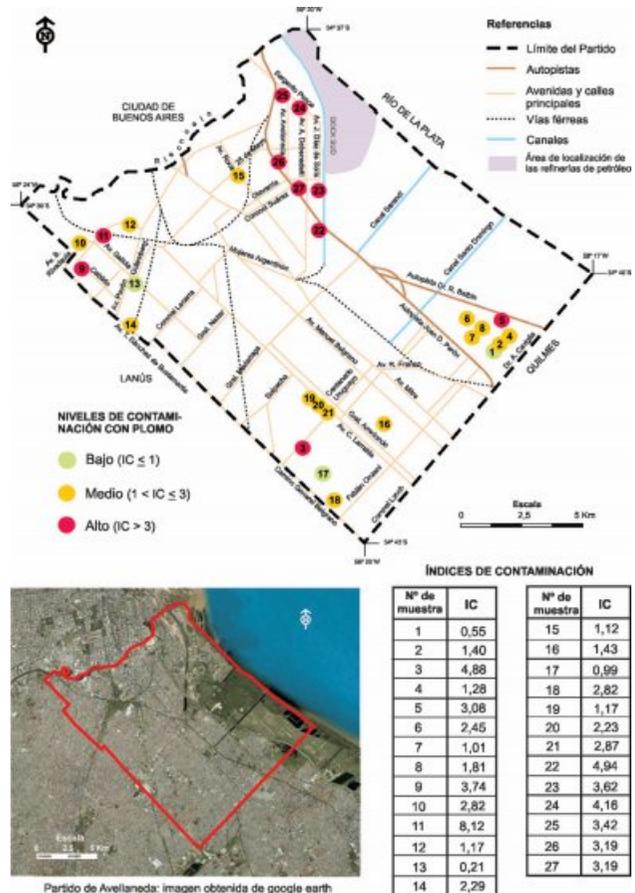


Figura 4. Partido de Avellaneda: Índices de Contaminación con Plomo.

en Dock Sud (IC promedio 3,63), cuyo Polo Petroquímico agrupa las principales refineras de petróleo de la Ciudad de Buenos Aires. En segundo lugar, adquieren importancia los valores obtenidos en el sector oeste del Partido (Piñeyro), con un IC promedio de 3,06 calculado a partir de los seis sitios muestreados en el área. Los siete datos tomados en la zona sur del Partido permiten establecer un promedio de IC de 2,34, mientras hacia el este dicho valor promedio desciende a 1,65. Los valores particularmente altos corresponden a sitios que tienen antecedentes históricos de establecimientos vecinos dedicados a la manufactura de plomo.

En relación al cromo (que será analizado en profundidad en un trabajo posterior), sólo una de las muestras correspondiente al sector este del Partido (Nº 2) supera el nivel guía de calidad de suelos residenciales (250 mg Cr/kg M.S.) establecido en el decreto citado correspondiente a la Ley Nacional 24.051.

## Conclusiones

El análisis de la contaminación de suelos con plomo presentado en la discusión anterior se ha realizado de acuerdo a tres criterios: por una parte, tomando como patrón de comparación al límite (150 mg Pb/kg M.S.) adoptado por Breckenridge y Crockett<sup>[26]</sup> y por algunos estados europeos para sitios de juego infantil, el cual indica que un 51,8% de los sitios muestreados exceden ese valor. Luego, si se comparan los valores hallados con las concentraciones antecedentes para suelos no afectados con residuos peligrosos, publicados en EEUU (Kabata Pendias y Pendias)<sup>[27]</sup> se llega a la conclusión que el 96,3% de los sitios están exce-

dados. Por último, el criterio de evaluación propuesto por Tong-Bin Chen et al.<sup>[6]</sup> que permite tomar en cuenta el aporte antrópico según un Índice de Contaminación (IC), indica que casi el 90% de las muestras obtenidas, supera ese valor. Los resultados del cálculo de IC con plomo revelan que el 37% de los sitios muestreados presentan niveles altos de contaminación, el 52% medios y sólo el 11% bajos.

Aún cuando las comparaciones según los criterios considerados arrojen resultados diferentes, se puede observar que existe una coincidencia general en los importantes niveles de contaminación y que esos datos, están indudablemente relacionados con los tenores de plomo en sangre de niños publicados en el informe final del PAE.<sup>[1]</sup>

Algunos valores particularmente altos corresponden a sitios que tienen antecedentes históricos de establecimientos vecinos dedicados a la manufactura de plomo. Otros se deben a los gases de escape del tránsito vehicular y un número importante de muestras a la utilización de rellenos no clasificados para elevar la cota de zonas anegadizas del Partido de Avellaneda, por lo cual sostenemos que esta problemática es debida fundamentalmente carencias en las políticas de gestión ambiental o a la inexistencia de las mismas.

Por último, debemos agregar que resulta fundamental profundizar la investigación con el análisis de otros metales pesados (como el cromo en la 2ª Parte), incluyendo la toma de muestras en el centro geográfico de Avellaneda y realizar un inventario de las mismas intensificando la grilla de puntos de muestreo y el análisis estadístico en cada uno de los sectores cuya distribución espacial se indica en la Figura 4.

### Agradecimientos

La invaluable colaboración prestada por el Ing. Gabriel Poch de Innov-X, permitió realizar las determinaciones de la concentración de metales en suelo por Fluorescencia de Rayos X. A Mabel Giraldo por su aporte en idioma. A Pedro Salinas y su amigo César Carabajal por la ayuda en la toma de muestras en zonas periurbanas del Partido.

### Bibliografía

[1] PAE, JMB, *Ingeniería Ambiental*, Plan estratégico para la gestión ambiental sustentable de un área urbano-industrial a escala completa, Municipalidad de Avellaneda, Avellaneda, **2003**, pp. 5–6 y 650–654.

[2] SRNAH, Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano (Rep. Argentina), *Ley 24051, Resolución N°544/94*, **1994**.

[3] C. Baird, en *Química Ambiental*, Ed. Reverté, Barcelona, **2004**, pp. 406–419.

[4] E. Sanna, A. Liguori, L. Palmas, M. R. Soro, G. Floris, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **2003**, *55*(3), 293–299.

[5] Brown & Caldwell, *Dock Sud Environmental Remediation and Pollution Abatement Project*, Final Report, Prepared for Secretaría General de la Gobernación de la Provincia de Buenos Aires, **1996**.

[6] Z. Tong-Bin Chen, L. Yuang Ming, H. Mei, W. Ze-Chuh,

W. Hong-Tao, C. Huang, F. Ke-Ke, W. Xiao y T. Qim-Zheng, *Chemosphere*, **2005**, *60*(4), 542–551.

[7] J. Markus y A. B. McBratney, *Environment International*, **2001**, *27*, 399–411.

[8] A. Silva Busso, K. Petelín, O. L. Ramírez; A. M. Vives y H. F. Vives, *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente ASAGALA*, Buenos Aires, **2005**, *21*, 147–156.

[9] INDEC, *Censo Nacional de Población Hogares y Viviendas*, Buenos Aires, **2001**.

[10] Monitor-Enviro Cónsul; *Secondary Model Procedure for the Development of Appropriate Soil Sampling Strategies for Land Contamination*, Final Report, Ed. Environmental Agency Bristol, UK, **2000**.

[11] USEPA 6200 SW 486 under RCRA, *Metals in Soil Analysis Using Portable X-ray Fluorescence*, **1998**.

[12] Seoanez Calvo, M., en *Contaminación del Suelo; Estudios, tratamiento y gestión*, Ed. Mundi Prensa, Madrid, **1999**, pp. 257–266.

[13] M. D. La Grega, en *Gestión de Residuos Tóxicos*, Ed. McGraw-Hill Interamerican, Madrid, **1998**, pp. 1068–77.

[14] US-EPA, en *Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I - Human Health Evaluation Manual, Parts A & B*, **1995**.

[15] J. E. McLean y B. E. Bledsoe, *Behavior of metals in soil*, EPA-Ground Water Issue, EPA/540/S-92/018, **1992**, pp. 3–4.

[16] R. D. Beaty, *Concepts, Instrumentation and Techniques In Atomic Absorption Spectrophotometry*, Pelkin Elmer, **1987**.

[17] Standard Method 7420–86, *Method for Chemical Analysis of water and wastes*, refer to EPA-600/4-82-055.

[18] T. B. Chen, Y. M. Zeng; H. Chen y G. D. Zeng, *Chinese Journal of Environmental Science*, **2004**, *25*, 117–122.

[19] E. De Miguel, J. F. Llamas, E. Chacón, C. Fernández Arrojo, A. Ordóñez, A. Callada, S. Larssen y S. Charlesworth, *Boletín Geológico y Minero, IGME*, Madrid, **2002**, *133*(1), 35–43.

[20] R. D. Wilken, U. Förstner y A. Knöchel, *Heavy metals in the environmental*, Hamburg, CEP Consultands Ltd., **1995**.

[21] A. Silva Busso, J. Santa Cruz y O. Heredia, *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, ASAGALA*, **2004**, *20*, 22–32.

[22] E. B. Culbard, I. Trotón, M. Wheatley, S. Moorcroft y M. Thompson, *Journal of Environmental Quality*, **1988**, *17*, 226–234.

[23] S. Leharne, D. Charles Worth y C. Babur, *Environment International*, **1992**, *18*, 263–270.

[24] J. A. Markus y A. B. Bratney, *Australian Journal of Soil Research*, **1996**, *34*, 453–465.

[25] S. N. Linzon, B. L. Chai, P. J. Temple, R. G. Pearson y M. L. Smith, *J. Air. Poll. Control Ass*, **1976**, *26*, 650–654.

[26] R. P. Breckenridge y A. B. Crockett, en *Determination of Background concentrations of inorganics in soils and sediments at hazardous waste site*, EPA/540/S-96/500, **1995**.

[27] A. Kabata Pendias y H. Pendias, en *Trace Elements in Soils and Plants*, 2nd Ed. CRC Press, Boca Raton, **1992**, pp. 365–367.