



Palabras clave: contaminantes, suelos, Entre Ríos

Key words: contamination, soils, Entre Ríos.

Contaminantes orgánicos en suelos y napas freáticas de la provincia de Entre Ríos (Argentina)

Argelia Lenardón(*), Eduardo Lorenzatti(*),
Rafael Sabattini(**) y Víctor Lallana(**)

* Instituto de Desarrollo Tecnológico para la
Industria Química (INTEC) CONICET-UNL
Güemes 3450, 3000 Santa Fe.

**Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad
Nacional de Entre Ríos. Oro
Verde, 3100 Entre Ríos, Argentina.

RESUMEN

El trabajo aborda el estudio de la contaminación debido a la operación de estaciones de transformación de energía eléctrica, en relación a los medios suelo y agua de napas freáticas, como consecuencia de escurrimiento vertical. Se analizan parámetros fisicoquímicos de cada medio y su posible relación con los fenómenos de transporte y dispersión de metales pesados, grasas y aceites, cianuros y policlorados bifenilos (pcb's). Se realizaron 9 muestreos de agua de napa freática y 12 de suelos con probable contaminación por los productos bajo estudios, detectándose un fuerte impacto puntual de pcb's así como también de grasa y aceites en el medio suelo. Los lugares utilizados como depósitos de chatarra y elemento en desuso acusaron tenores marcadamente altos de los metales plata y aluminio. No se detectó presencia de contaminantes en napas freáticas.

ABSTRACT

Organic and inorganic contamination of soils and groundwater in Entre Ríos Province (Argentina).

This paper refers to the study of contamination of soil and groundwater caused by the operation of electrical energy secondary station as a consequence of vertical draining. Physicochemical parameters of each medium are studied as regards their possible connection to transport phenomena and dispersion of heavy metals, oil and grease, cyanides and polychlorinated biphenyls (pcb's). Nine sampling of water in groundwaters and twelve of soils were performed, finding a direct impact of pcb's, grease and oil in soil. The place considered as deposit of scrap metal and out of use elements showed high values of silver and aluminium. No contaminants were detected in groundwaters.



INTRODUCCIÓN

En Argentina la energía eléctrica, desde la generación hasta la distribución, se transmite por medio de líneas de alta tensión de 132 o 500 Kilovolts (kV), luego por medio de subestaciones reductoras se reduce a 13,2 kV y posteriormente a 380 Volts (V). Estas operaciones se realizan en áreas confinadas y destinadas a tal efecto. Las actividades directamente relacionadas a la transformación de energía y manipulación de pcb's, sumado a aquellas de atención de la red eléctrica, operación de vehículos, almacenaje a cielo abierto de elementos en desuso conteniendo grasas y aceites, piezas metálicas, pinturas, puede producir un impacto ecológico localizado o puede afectar áreas lindantes por escurrimiento vertical u horizontal.

La movilidad de los contaminantes en este tipo de matrices (sólido-líquido) se encuentra muy influenciada por las características fisicoquímicas de los compuestos (hidrofóbicos, térmicamente estables, lipofílicos y persistentes) y las del suelo (densidad, distribución de tamaño de partículas, humedad, materia orgánica y permeabilidad), (Hutzinger, et al. 1974).

En la provincia de Entre Ríos el 87% de la producción agrícola bajo riego utiliza aguas subterráneas y debido a ello, conocer la concentración existente del tipo de compuestos analizados, su toxicidad y degradabilidad es esencial para evaluar el potencial efecto peligroso sobre la salud humana y población animal en el medio ambiente (D'Itri, et al. 1983).

Existe a nivel internacional una elevada cantidad de trabajos referidos a pcb's en distintos medios pero en la República Argentina no es de nuestro conocimiento que exista un estudio como el planteado. (Bossi, et al. 1992, Meybec, et al. 1994, Quemarais, et al. 1994).

El objetivo de este trabajo es la determinación de contaminantes orgánicos e inorgánicos provenientes de las actividades relacionadas a la transformación de energía, y determinar la incidencia en suelo y aguas subterráneas.

MATERIAL Y METODOS

La red de distribución de energía eléctrica cuenta con 17 predios destinados a albergar transformadores de energía ubicados dentro o próximos a núcleos urbanos. Se utilizó el mapa de suelos realizado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP) y el Consejo Federal Agropecuario (CFA) sobre el cual se situaron los puntos de muestreo (Fig. 1).

El trabajo se realizó a mediados de 1996. Para el muestreo se consideró innecesaria su repetición, ya que

no se persigue el estudio de la evolución temporal sino determinar el estado del ambiente luego de la influencia de una actividad específica.

Se tomaron 9 muestras de agua de pozo con salida inmediata luego de su captación y bombeo, registrándose la profundidad de la napa.

Se tomaron 12 muestras de suelo mediante barreno, integrando de 0 a 50 cm y de 50-100 cm de profundidad. Se desecharon los dos primeros centímetros y la vegetación.

Dado que los sitios de muestreo se localizaron en áreas en las que se realizaron diversos tipos de actividades humanas (construcciones civiles, basamentos para transformadores, calles, etc.), a las muestras extraídas se les determinó porcentajes de material extraño, entendiéndose por tal piedras, ladrillos, metales, restos calcáreos u otros elementos provenientes de relleno de terreno, que de alguna forma pudiera modificar positiva o negativamente los procesos fisicoquímicos entre suelo y el material a estudiar.

Todas las muestras de suelo fueron secadas al aire, trituradas, homogeneizadas y posteriormente cuarteadas para ser sometidas a análisis.

En agua se determinaron los parámetros básicos alcalinidad, pH, cloruros, turbidez utilizando los métodos de American Public Health Association 1985.

Para la cuantificación de metales pesados en ambos tipos de muestras, se utilizó la técnica para cationes extractables de la serie 70 de la EPA (Keith 1995), con extracción en solución de SO_3H_2 y HCl, agitación, filtración y dilución de la solución a 50 ml. Se efectuó la lectura por absorción atómica. Cuando resultó necesario se utilizó horno de grafito y generador de hidruros. Los límites de detección fueron: Fe 1 mg/l; Mn 3 mg/l; As 0,04 mg/l; Ba 0,5 mg/l; Cd 0,15 mg/l; Cr 1 mg/l; Pb 2 mg/l; Hg 0,03 mg/l; Se 0,20 mg/l y Ag 0,3 mg/l.

El análisis de pcb's se realizó utilizando la metodología de la EPA métodos 3540A para suelo y 3510A para agua, realizando la extracción del soluto a través de repetidos tratamientos con solventes orgánicos.

Al extracto obtenido se le realizó una «limpieza» utilizando Al_2O_3 al 9% y como eluyente hexano y benceno (método 3160 de EPA), obteniéndose 4 fracciones.

Para la identificación y cuantificación se utilizaron estándares de Aroclor 1242, 1254 y 1260, principales componentes del fluido refrigerante utilizado en transformadores, cromatografiados en forma individual y como su mezcla.

Se utilizaron cromatógrafos Varian 3400 y 3700 con procesador de datos y las siguientes condiciones cromatográficas: temperatura de columna 210° C, de inyector 220° C; de detector 240° C con columna Megabore DB-608 y DB-5, utilizando detector de cap-

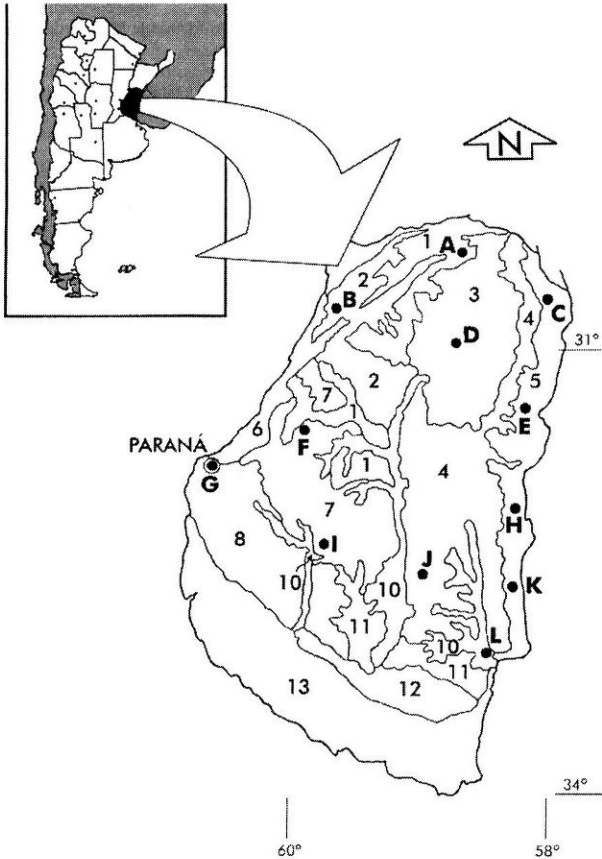


Figura 1

Zona de estudio. Provincia de Entre Ríos, Argentina. En números, los tipos de suelo. En letras, ubicación de las estaciones de muestreo. 1 Alcalinos, planosoles y arenosos; 2 Vertisoles c/gilgai; 3 Alfisoles; 4 Gleys subhúmicos; 5 Vertisoles hidromórficos; 6 Entisoles e insectisoles; 7 Brunizem típicos y vérticos; 8 Brunizem arenosos y gleizados arcillosos; 9 Vertisoles hidromórficos y gley vertisólicos; 10 Brunizem típicos con manto de limo y afloraciones calcáreas; 11 Argiúdoles vertisólicos y vertisoles sin gilgai; 12 Planosoles vérticos y vertisoles planos sólicos y 13 Brunizem y vertisoles planosólicos. A Feliciano; B Santa Elena; D Federal; E Concordia; F Chajarí; G Paraná; H Colón; I Nogoyá; J Rosario del Tala; K Concepción del Uruguay; L Gualeguachú.



tura de electrones y Nitrógeno como gas portador. La cuantificación se realizó dividiendo el cromatograma en tres áreas, cuantificadas utilizando los Aroclor antes mencionados. Los picos con tiempo de retención desde 11 a 70 minutos son comparados individualmente como correspondientes al Aroclor 1242, picos entre 84 y 174 minutos como Aroclor 1254 y picos con tiempo de retención mayores, como Aroclor 1260. El límite se fijó en 20 ng/l.

Se realizaron análisis de muestras sembradas a fin de establecer la recuperación de los distintos pcb's obteniéndose el 67, 78 y 74%, respectivamente. Para cianuros se utilizó el método 9010 de EPA y para aceites y grasas se siguió el método 9070 de EPA, ambos con límite de detección de 1 mg/g.

RESULTADOS

Las napas freáticas, de tipo profundo se localizaron entre los 30 y 78 m.

El pH osciló entre 7 y 8,5, la alcalinidad entre 112 y 424 mg/l, y la conductividad entre 195 y 950 mS/cm, que evidenció napas con distinta carga salina.

Los sólidos disueltos variaron paralelamente a la conductividad con 842 y 236 mg/l en los extremos.

Excepto para una muestra dónde el hierro alcanzó el tenor de 417 mg/l, el resto de los parámetros, cianuros y aceites y grasas, orgánicos volátiles y pcb's resultaron por debajo del nivel de detección del método utilizado en cada caso.

De las 12 muestras de suelo analizadas el valor medio de materia orgánica fue 5%, mientras que humedad 25%.

El 64% de las muestras contenían material extraño, con valores entre 1 y 28%.

Comparando los resultados alcanzados con los valores fijados en la Ley Nacional 24051 de residuos peligrosos (República Argentina, 1992), en lo referente a suelos de uso industrial, sólo el metal plata excede el límite de 40 ug/g, mientras que los metales Ba, Cd, Cr, Hg, Pb y Cianuro nunca superaron los límites establecidos.

La ausencia de orgánicos volátiles se explica debido a que la contaminación es de tiempo anterior y los sitios de muestreo están expuestos al aire y sol con la consecuente volatilización de los compuestos con baja tensión de vapor.

La ley de residuos peligrosos considera a los pcb's como contaminantes ecotóxicos, o sea, sustancias o desechos que tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el ambiente, debido a la bioacumulación o a los efectos tóxicos en los sistema bióticos. Los resul-

Cuadro 1

Valores medios, máximos y mínimos de contaminantes, detectados en suelo. n.d. = no detectado

Profundidad	0-50 cm			50-100 cm		
	medio	máximo	mínimo	medio	máximo	mínimo
Hierro (mg/g)	17	29,6	5,12	19	25	13,2
Manganeso (µg/g)	453	751	87,5	395	460	330
Arsénico (µg/g)	0,9	1,6	n.d.	0,8	1,0	0,6
Bario (µg/g)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cadmio (µg/g)	0,29	0,71	<0,15	<0,19	<0,15	<0,15
Cromo (µg/g)	18,4	44,5	7,4	18,3	26,1	7,8
Plomo (µg/g)	61,7	365	3,5	25	34,4	18
Mercurio (µg/g)	0,09	0,78	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Selenio (µg/g)	0,63	6,1	<0,29	<0,29	<0,29	<0,29
Plata (µg/g)	9,4	77,7	0,4	4,7	13,6	0,6
Cianuro (µg/g)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pcb's (µg/kg)	2216	4556	540	150	750	n.d.
Aceites y grasas (mg/g)	10,0	25,8	1,3	2,8	5,6	0,7
Orgánicos volátiles totales (mg/g)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.



tados obtenidos están por debajo de los niveles guías establecidos por la ley 24051, la cual considera tres diferentes tipos de uso del suelo, y establece las concentraciones admisibles para cada uno, fijando un límite de 50 ppm para zona industrial, 5 ppm para áreas residenciales y cuando se trata de uso agrícola 0,5 ppm de pcb's.

Los resultados muestran que los pcb's no penetran significativamente en forma vertical. Dada las características de los suelos estudiados (arcillas expansibles con alto contenido de materia orgánica), se debería considerar relevante el escurrimiento lateral de estos contaminantes hacia las áreas lindantes de uso agrícola o habitadas, para los que la ley tiene límites muy inferiores.

CONCLUSIONES

El estudio a dos profundidades en suelo, permite verificar que la contaminación se reduce luego de los primeros 50 centímetros, verificándose la penetración de contaminantes orgánicos e inorgánicos hacia los estratos inferiores. A pesar de ello el efecto contaminante sigue teniendo importancia en razón del tipo de compuesto de que se trata, persistentes y ecotóxicos, como lo señala Ambranowicz 1994.

Teniendo en cuenta la escasa superficie que ocupan los predios destinados a transformación de energía eléctrica y la dispersión a que se ven expuestos los contaminantes, por arrastre hacia áreas agrícolas y pobladas, lleva a concluir que la aplicación de la ley 24051 debe hacerse sobre esta consideración, dependiendo de la ubicación de cada estación transformadora y no sólo a la actividad específica.

Los pcb's tienen características fisicoquímicas que no sólo le permiten acumularse sino moverse en el suelo y agua y, por lo tanto, incorporarse a la cadena trófica, (bioacumulación) por lo que la delimitación de las zonas que establece la ley 24051 resulta relativamente inconsistente para casos como el abordado.

Los estudios relacionados a factores que afectan la adsorción por componentes del suelo o por degradación microbiana en el suelo (bioremediación), (Bedart, *et al.* 1990 y Fiebig, *et al.* 1993) pueden proveer una base para determinar métodos de tratamiento de desechos, para predecir migración en las landfills, para designar y elegir futuros sitios de depósitos, ubicación de las plantas, sistemas de monitoreo, condiciones de recuperación de las áreas contaminadas y sistema de penalidades e incentivos.

REFERENCIAS

- Abramowicz, D. A. 1994. Aerobic pcb's biodegradation and anaerobic pcb chlorination in the environment. *Biorremediation: Sc. Technol. Issue 146* (1): 42-46.
- American Public Health Association. 1985. Standard methods for the examination of water and wastes. *APHA, AWWA, WPCF*, Washington, 1268pp.
- Bedart, D. L.; M. L. Harberl. 1990. Influence of chlorine substitution pattern on the degradation of polychlorinated biphenyls by eight bacterial strains. *Microb. Ecol.* 20: 87-102.
- Bossi, R.; B. Larsen, & G. Premazzi. 1992. Polychlorinated biphenyls congeners and other chlorinated hydrocarbons in bottom sediment cores of lake Garda (Italy). *Sci. Tot. Environ.* 121: 77-93.
- D'Itri, M.; F. M. Kamrin. 1983. Pcb's : «Human and environmental hazard» *Butterworth Publisher*. Woburn: 299-310.
- Fiebig, R; D. Schuze; D. Erlenmann; M. Slawiski & H. Dellweg. 1993. Microbial degradation of pcb in contaminated soil. *Biotech. Letters* 15 (1): 93-98.
- Hutzinger, O.; S. Safe & V. Zitko. 1974. The chemistry of pcb's. *CRC Press*. Ohio 269 pp.
- Keith, L. H. 1995. Sampling and analysis methods environmental protection agency. *Lewis Publisher, Inc. ed.* Chelsea 803 pp.
- Meybec, M.; A. Pasco & Y. Bouloubassi. 1994. Evaluation des flux polluants dans les eaux superficielles. *Micropolluants organique Chapter 6. Laboratoire de Géologie Appliquée*. Paris. 61pp.
- Quemerais, B.; C. Lemieux & R. W. Lund. 1994. Concentration and sources of pcb's and organochlorine pesticides in the St. Lawrence River (Canada) and it's tributaries. *Chemosphere* 29 (3): 591-610
- República Argentina. Poder Legislativo Nacional. 1992. Ley 24051. Residuos Peligrosos.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP) & el Consejo Agropecuario (CFA). 1995. El deterioro de las tierras en la Republica Argentina. Alerta Amarrillo. SAGyP y CFA. Buenos Aires. 287p.

Recibido/Received/: 6 junio 1997
Aceptado/Accepted/: 6 octubre 1999