

TRATAMIENTO ELECTROLÍTICO DE RESIDUOS INDUSTRIALES CON METALES PESADOS

Cecilia Baldo, Vicente Calbo, Mónica Alitta

GGAIA (Grupo de Actividades Interdisciplinarias Ambientales)

Facultad Regional La Rioja - Universidad Tecnológica Nacional

San Nicolás de Bari Este 1100 - (5300) La Rioja - Argentina

cbaldo57@yahoo.com.ar

Resumen: El trabajo realizado consistió en el tratamiento electrolítico de un residuo industrial (barros) de una empresa gráfica, con contenidos importantes de diversos metales componentes de las tintas. Los barros fueron sometidos a una diferencia de potencial de diez voltios de corriente continua, con intensidad variable en una celda electrolítica con electrodos de grafito, formando dos cámaras. Se reposó diariamente agua destilada para mantener el nivel inicial y compensar las pérdidas por evaporación, se controlaron pH y Eh, la experiencia se realizó hasta estabilizar el pH, partiendo de un pH inicial neutro.

Se determinaron cuarenta elementos y se procesó la información con el software estadístico: Surfer 8. Los resultados demuestran un comportamiento diverso según, al menos, tres patrones principales: desplazamiento hacia el cátodo, desplazamiento hacia el ánodo, desplazamiento lateral o irregular. Bajo estas condiciones, el resultado demuestra que el proceso empleado no es del todo aplicable para descontaminar el producto tratado.

Palabras Claves: Tratamiento electrolítico, residuos, metales pesados.

Abstract: This work consisted on the electrolytic treatment of an industrial waste (mud) from a graphical company, having important contents of several metals. The muds were subjected to an electrolytic treatment by applying a potential difference of ten volts (direct current). An electrolytic cell with graphite electrodes, including two compartments for the electrodes, was used. Distilled water was added daily to maintain the initial level in order to compensate evaporation losses. pH and Eh were monitored; the experiment started at nearly neutral pH and was run until local pH values were stabilized. Forty elements were determined and the information was processed with statistical software Surfer 8. The results show diverse behavior according to at least three main patterns: displacement towards the cathode, displacement towards the anode, lateral displacement or irregular. Under these conditions, the results demonstrate that the used process is not absolutely applicable to decontaminate the product.

Key Words: Electrolytic treatment, heavy Metals.

INTRODUCCIÓN

La electrocinética, es una técnica usada para la descontaminación de suelos (Acar, 1993; Acar et al., 1993) que consiste en someter, un volumen definido de material contaminado, a una diferencia de potencial mediante la aplicación de corriente continua a través

de electrodos inertes, alojados cada uno en una cámara (ánodo y cátodo), para producir la movilización de metales pesados hacia la cámara catódica.

En el Grupo de Actividades Interdisciplinarias Ambientales (GAIA) dependiente de la UTN-Facultad Regional La Rioja se llevó a cabo una experiencia utilizando esta técnica para determinar la posibi-

lidad de su aplicación en la descontaminación de residuos industriales.

En el Parque Industrial de la ciudad de La Rioja se encuentra radicada una empresa gráfica que en el proceso, entre otros residuos, produce barros procedentes del lavado de las máquinas y matrices. Estos barros son recuperados y concentrados en una planta de tratamiento anexa. Los efluentes, por su calidad, pueden ser vertidos en el sistema cloacal, los sólidos son transportados a la provincia de Santa Fe, para su disposición final.

El traslado y disposición final de los barros son costosos, por lo que se planteó una alternativa para reducir su cantidad, concretamente, en base a los antecedentes recabados se planteó la aplicación de la técnica electrocinética para producir el desplazamiento de los metales pesados, concentrándolos en un sector y determinar un punto de corte.

La composición química de los barros varía en función del tipo y color de tinta que se emplea para cada producto, el que fluctúa diariamente.

La empresa mantuvo reserva sobre la composición (y fórmula) de las tintas, pero en general son productos sintéticos orgánicos y pigmentos inorgánicos de diverso origen. Según los análisis de referencia, los barros contienen metales pesados (Cr, As, Pb, Fe, Sb, Cu, Cd) entre otros.

Dada la variedad y complejidad de las eventuales fórmulas químicas, y debido a las características del proceso electrocinético, no es posible describir los cambios químicos específicos que se producen y solo se ha podido controlar la migración iónica, mediante los análisis químicos correspondientes.

El proceso, que se detalla más adelante, debió ser ajustado hasta obtener los resultados esperados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Existe gran variedad de diseños y procedimientos electrocinéticos (González et al., 1998). En este caso se optó por usar una celda de 25 cm de longitud, 18 cm

de ancho y 15 cm de altura, construida con vidrio de 4 mm de espesor. Esta cuba se divide y sectoriza en los extremos por medio de un filtro geotextil en los que se alojan los electrodos de grafito homogéneo, cuyas dimensiones son: 17 cm de ancho, 10 cm de altura y 1 cm de espesor, entre éstos y las paredes se deja un espacio suficiente para la introducción del electrodo del peachímetro empleado en la medición de variables.

En el interior de la cámara principal se introducen receptáculos permeables, para obtener lectura de pH y Eh sin interferir con la fracción sólida del barro, en la Figura 1 puede verse la cuba preparada.



FIGURA 1.- CUBA ELECTROLÍTICA.

Una vez colocado el barro, se marcó un enrace a 7 cm de altura y se vertió agua destilada en las cámaras anódica y catódica. Se dejó 24 hs y se enrazó nuevamente para iniciar el proceso.

Los electrodos fueron conectados a una fuente, diseñada y fabricada específicamente para el proyecto en el GEMLAR. Esta fuente permite regular el potencial y medir el microamperaje de la corriente (Figura 2), en la Figura 3 se muestra el esquema de trabajo.

Diariamente se realizó la lectura de pH y Eh (en los mismos puntos) con un peachímetro portátil Hanna HI8424, se controló el amperaje y se ajustó el voltaje hasta el valor inicial (10 V), durante los cinco días que duró toda la experiencia.

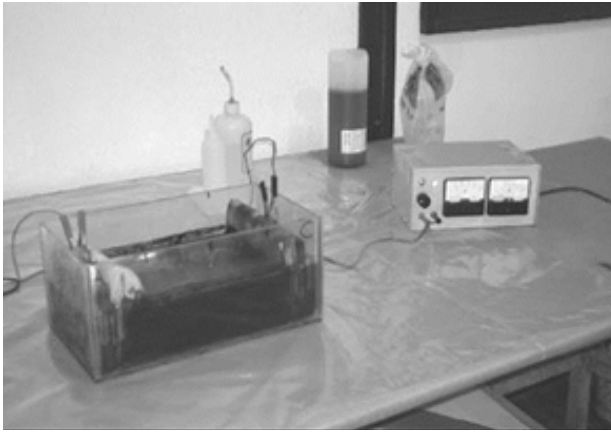


FIGURA 2.- DISPOSITIVO EXPERIMENTAL.

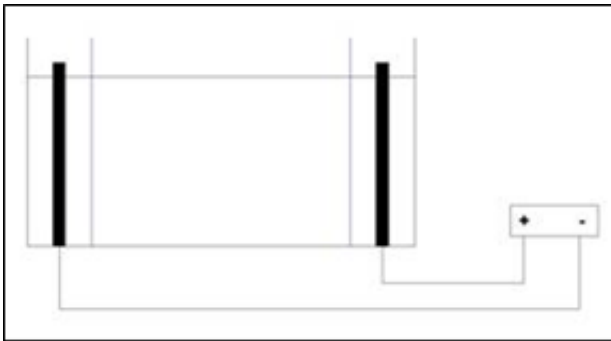


FIGURA 3 - ESQUEMA DEL DISPOSITIVO EXPERIMENTAL.

El pH inicial del barro fue de 6,73, aproximadamente neutro. El proceso se mantuvo ininterrumpidamente hasta que se estabilizó el pH, lo que indica que el desplazamiento iónico se ha completado. Las lecturas del Eh fueron erráticas y no resultaron útiles en la experiencia.

Una vez finalizado el proceso se tomaron muestras en 9 puntos de la cuba y en la cámara catiónica. Las mismas se secaron y se enviaron para su análisis con la técnica de ICP/MS en Activation Laboratories Ltd. (Canadá). En la Tabla 1 se muestran los resultados de las lecturas del pH,

Diariamente se realizó la lectura de pH y Eh (en los mismos puntos) con un peachimetro portátil Hanna HI8424, se controló el amperaje y se ajustó el voltaje hasta el valor inicial (10 V), durante los cinco días que duró toda la experiencia.

El pH inicial del barro fue de 6,73, aproximada-

mente neutro. El proceso se mantuvo ininterrumpidamente hasta que se estabilizó el pH, lo que indica que el desplazamiento iónico se ha completado. Las lecturas del Eh fueron erráticas y no resultaron útiles en la experiencia.

Una vez finalizado el proceso se tomaron muestras en 9 puntos de la cuba y en la cámara catiónica. Las mismas se secaron y se enviaron para su análisis con la técnica de ICP/MS en Activation Laboratories Ltd. (Canadá). En la Tabla 1 se muestran los resultados de las lecturas del pH, observándose el aumento del pH en las proximidades del cátodo. El pH en el ánodo fue inferior a 2 y en el cátodo superior a 12.

pH	Puntos					
	1	2	3	4	5	6
1°	6,73	7,71	9,21	6,75	7,90	10,04
2°	6,55	7,99	10,11	6,66	8,10	11,00
3°	6,39	8,15	10,50	6,50	8,19	10,89
4°	6,33	8,30	10,90	6,41	9,11	10,99
5°	6,33	8,29	10,89	6,39	9,20	11,14

TABLA 1 LECTURA DEL PH.

RESULTADOS

Los puntos de muestreo del barro, efectuado al final de la experiencia, se indican con círculo lleno en la Figura 4. Los resultados obtenidos en los análisis, se muestran en la Tabla 2, cabeza es la composición inicial del barro.



FIGURA 4- PUNTOS DE LECTURA Y TOMA DE MUESTRAS.

Elemento	As	Cr	Pb	Fe	Ca	Sb
Muestras	ppm	ppm	ppm	%	%	ppm
1	< 0.1	16.2	8.9	0.21	0.58	1.4
2	0.5	13.6	6.5	0.29	2.5	2.0
3	0.2	7.8	6.7	0.23	1.68	0.3
4	< 0.1	3.8	5.7	0.14	0.63	2.4
5	< 0.1	7.0	4.8	0.19	1.77	1.4
6	0.4	13.7	8.9	0.27	3.16	1.5
7	0.8	14.6	6.3	0.13	0.42	2.9
8	< 0.1	12.8	6.7	0.26	3.01	1.6
9	0.2	16.8	10.1	0.34	1.95	3.3
Cátodo	0.8	12.3	1.8	0.07	0.96	1.1
Cabeza	0.8	16.8	7.9	0.27	1.09	4

TABLA 2 – RESULTADO DE ANÁLISIS.

Elemento	Cu	Cd	Zn	Li	Ni	Mo	Co
Muestras	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	>10000	< 0.1	39.7	1.9	19.9	8.3	1.0
2	8630	< 0.1	89.7	10.0	14.8	13.2	1.2
3	>10000	< 0.1	87.6	11.3	16.5	0.8	1.1
4	>10000	< 0.1	54.8	1.9	16.9	9.8	0.7
5	>10000	< 0.1	96.8	7.5	16.0	9.7	0.8
6	>10000	< 0.1	103.	12.1	16.8	7.1	0.8
7	>10000	< 0.1	51.4	1.5	18.6	18.8	0.7
8	>10000	< 0.1	90.0	14.4	19.9	11.0	1.0
9	>10000	< 0.1	81.2	11.4	16.1	16.8	0.9
Cátodo	>10000	0.6	39.1	16.6	15.4	13.8	0.7
Cabeza	>10000	< 0.1	64.3	5.9	15.2	20.9	0.9

TABLA 2 – RESULTADO DE ANÁLISIS (CONTINUACIÓN).

Según la hipótesis del proyecto, se esperaba en general obtener un comportamiento catiónico.

La movilidad de cada elemento depende esencialmente del pH inicial de la muestra a tratar. En este caso el pH se ha mantenido en valores próximos al inicial en la zona cercana al ánodo mientras que en sector opuesto de la celda (cátodo) el pH aumentó formando un frente básico que avanza desde el

cátodo hacia el ánodo, como puede observarse en las Figuras 5 y 6, condicionando de esta forma la movilidad de los iones.

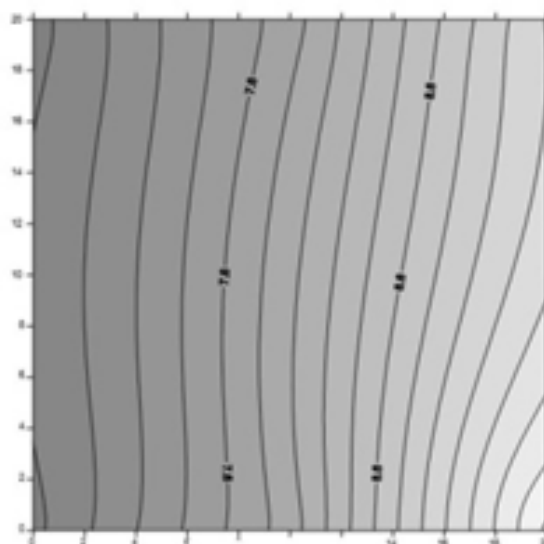


FIGURA 5.- PH DÍA 1.

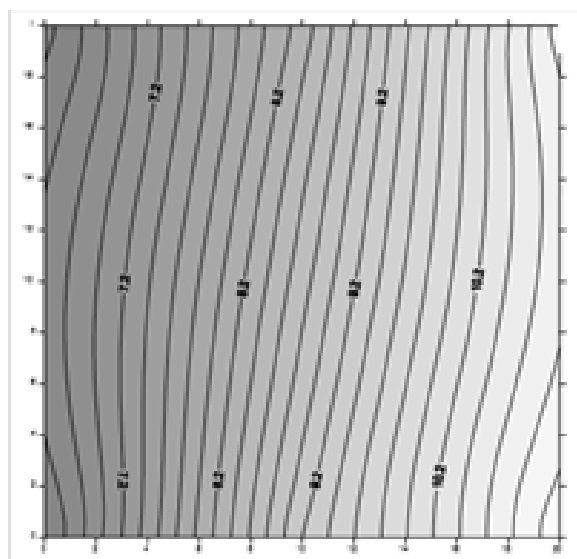


FIGURA 6.- PH DÍA 5.

En base al comportamiento de los metales considerados, se realiza una evaluación en tres grupos, dejando sin analizar el Cu y el Cd, debido a que los resultados obtenidos de ambos elementos exceden los límites de detección del método de análisis empleado.

GRUPO CON COMPORTAMIENTO SEGÚN LA HIPÓTESIS

Este grupo formado por cuatro iones: Fe, Ca, Zn y Li se movilizaron de acuerdo a lo esperado, pero con una concentración alta en la zona central de la celda, a excepción del Fe. Esto se muestra en las Figuras 7, 8, 9 y 10.

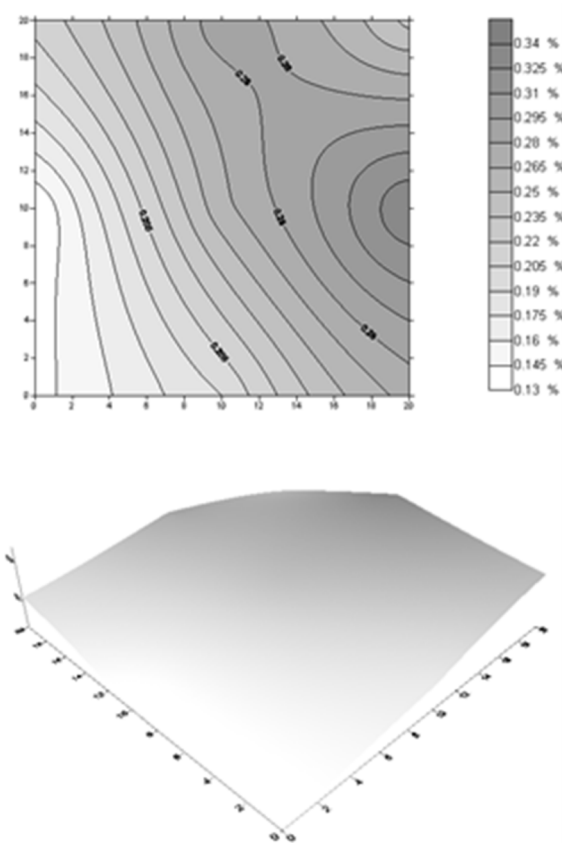


FIGURA 7.- HIERRO.

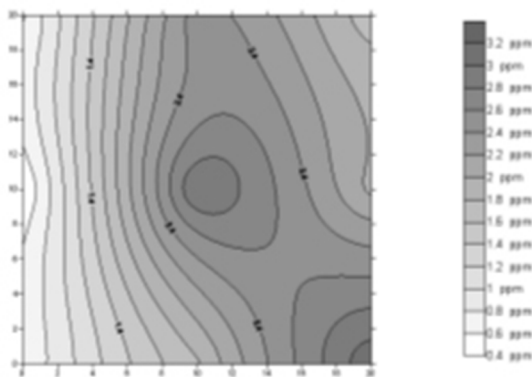


FIGURA 8.- CALCIO.

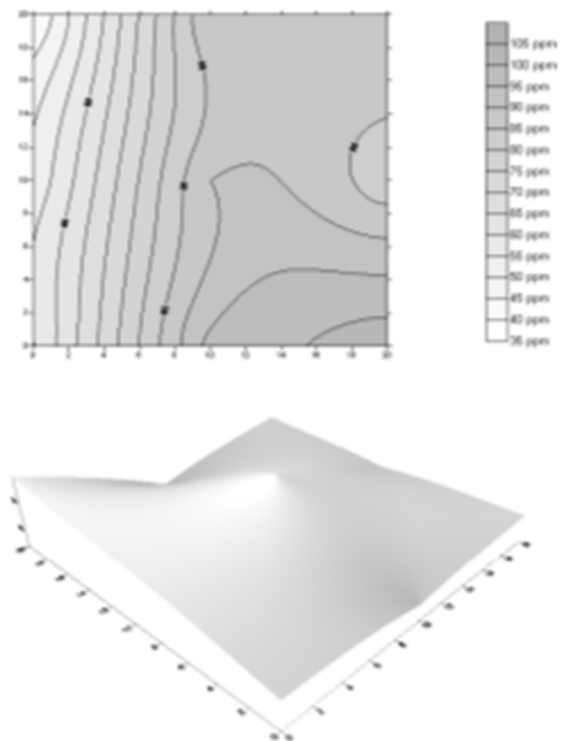


FIGURA 9.- ZINC.

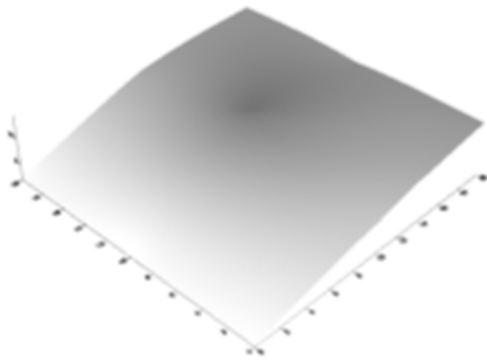


FIGURA 8.- CALCIO.

COMPORTAMIENTO OPUESTO AL DE LA HIPÓTESIS

El As, es el único ión que ha registrado un movimiento uniforme de acuerdo a las condiciones de pH de la muestra, concentrándose en la zona más próxima al ánodo (Fernández Canteli et al., 2001), en contraste con lo planteado en general para todos los metales, Figura 11.

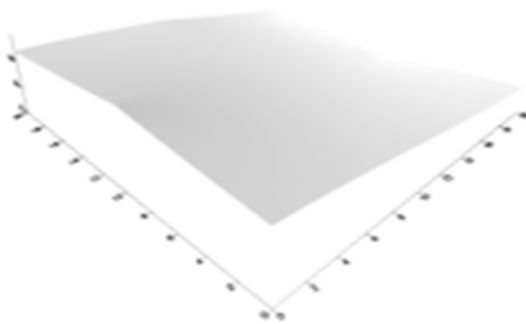
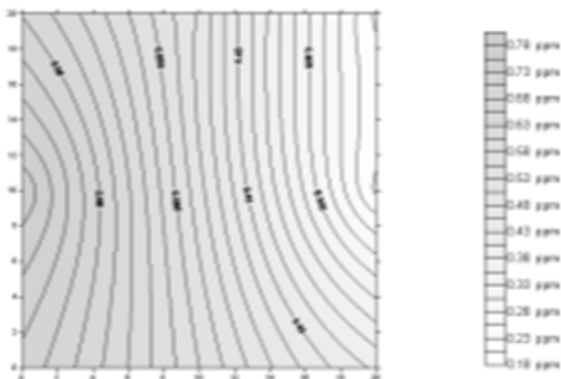


FIGURA 11.- ARSÉNICO.

OTRO COMPORTAMIENTO

El Cr, Pb, Sb, Ni, Mo y Co, han tenido un comportamiento desordenado, ya que han migrado en distintas direcciones, es decir sin seguir un patrón, unos (Cr, Pb, Sb y Mo) lo hicieron en dos direcciones opuestas (ánodo y cátodo) Figuras 12, 13, 14 y 15, el Níquel hacia el centro y ánodo, Figura 16, mientras que el Co se ha concentrado en la parte central de la celda como se ve en la Figura 17.

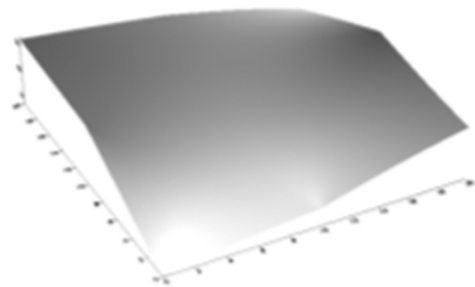
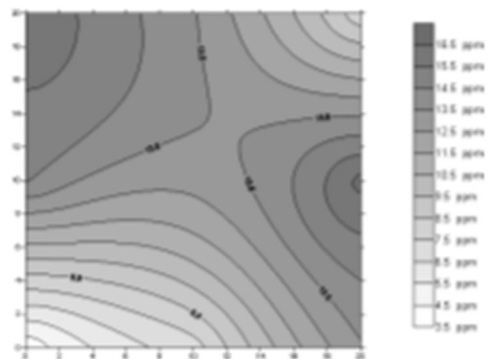
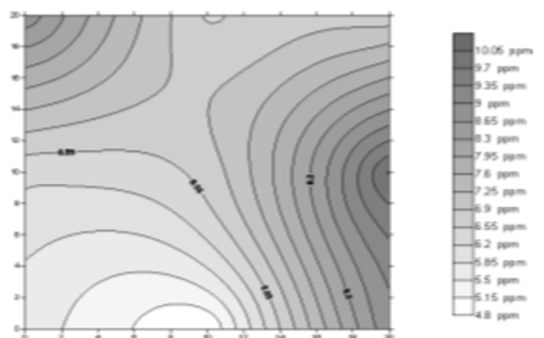


FIGURA 12 - CROMO.



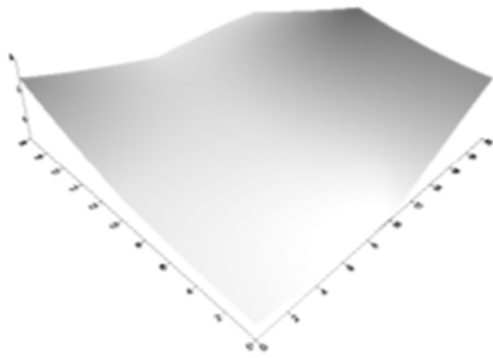


FIGURA 13 - PLOMO.

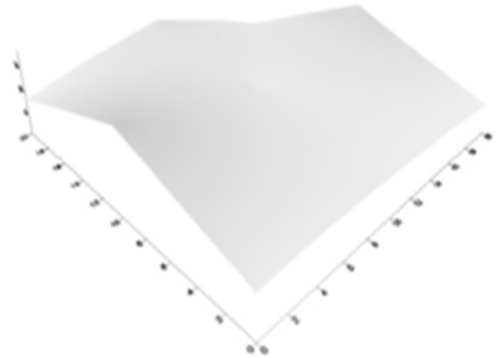


FIGURA 15 - MOLIBDENO.

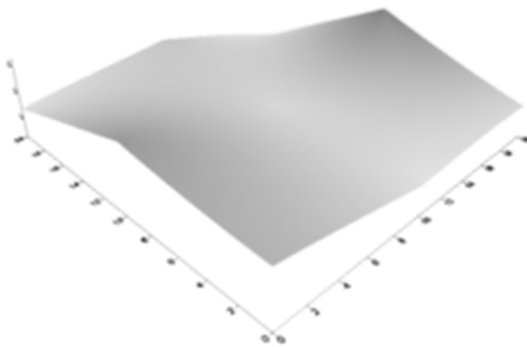
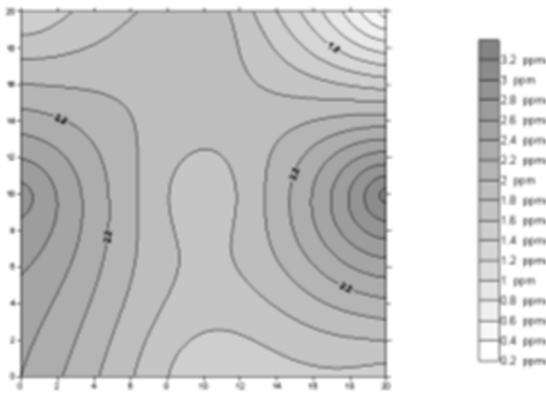


FIGURA 14 - ANTIMONIO.

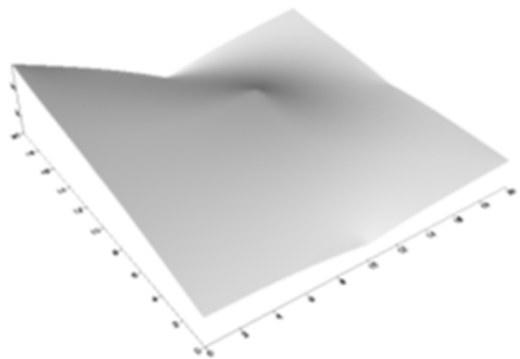
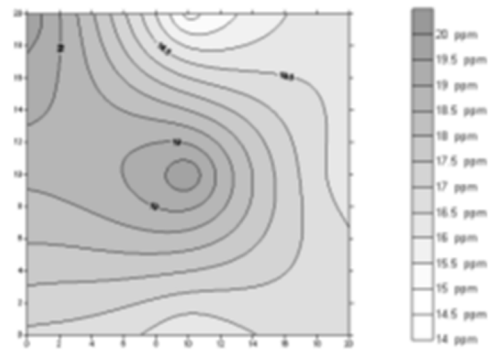
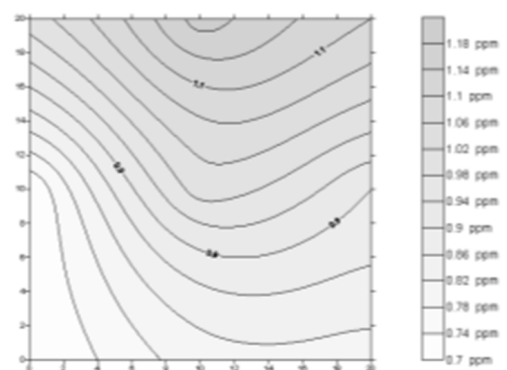
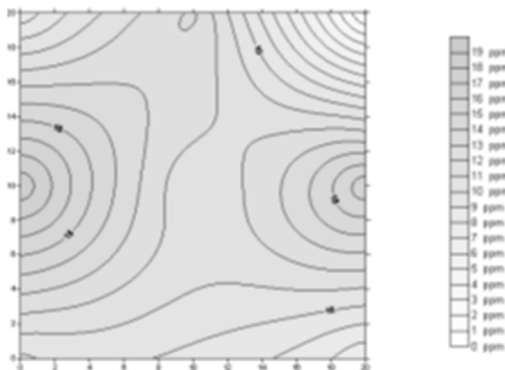


FIGURA 16 - NIQUEL.



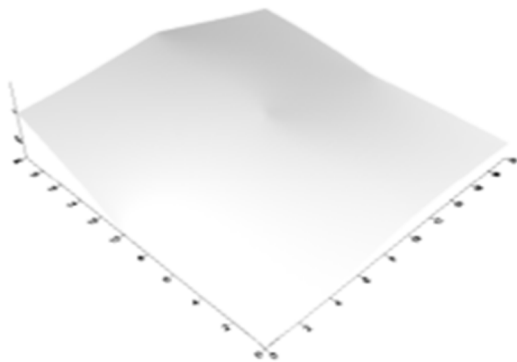


FIGURA 17 - COBALTO.

CONCLUSIONES

Los resultados solo han convalidado parcialmente la hipótesis de trabajo.

En primer lugar, el método, en las condiciones de ensayo, ha permitido el desplazamiento catiónico de algunos de los metales presentes (Fe, Ca, Zn y Li).

El pH inicial, neutro en este caso, condiciona la movilidad de algunos metales ya que afecta la solubilidad y el desplazamiento.

La aplicación de este método directamente sobre un caso concreto, plantea un conjunto muy amplio de variables difícilmente controlables.

El método se presenta como una alternativa interesante para continuar estudios.

Sería recomendable continuar este trabajo en etapas, en experiencias con menos variables: celda

de ancho reducido para obtener un solo perfil, tratamiento de barro dopado con un elemento por vez, repetición en ensayos a diferentes pH y con diferentes voltajes para cada elemento. Esto permitiría analizar el proceso sin la interferencia recíproca entre iones y entender cómo cada variable afecta el comportamiento particular y general.

REFERENCIAS

Acar, Y.B. "Electrokinetic soil processing (A review of the state of the art)". *Geotechnical Special Publication*, vol.2, pp. 1420-1432. (1993).

Acar, Y.B. y Alshawabkeh, A.N. "Principles of electrokinetics remediation". *Environ. Sci. Tech.*, vol.27, nº13. pp. 2638-2647. (1993).

González Arenales, Mónica; Loredó Pérez, Jorge y García Iglesias, Jesús. "La electrocinética aplicada a la descontaminación de suelos. Estudios experimentales". *Actas X Congreso Internacional de Minería y Metalurgia*, vol. 5. (1998).

Fernández Canteli, Paula; Baldo, Cecilia; Ordoñez, Almudena y Loredó, Jorge. "Experiencias de electrocinética aplicadas a la descontaminación de suelos con arsénico". *III Congreso Ibérico de Geoquímica y VIII Congreso de Geoquímica de España, Instituto Tecnológico de Aragón, Zaragoza (España)*, pp. 485-489. (2001).