

IV REUNION NACIONAL DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENACION DEL TERRITORIO

COMUNICACIONES

"LA CORNISA CANTABRICA"

GIJON (ASTURIAS) SEPTIEMBRE 1990

DIFERENCIACION DE METALES PESADOS PROCEDENTES DE LA ACTIVIDAD HUMANA EN SUELOS VOLCANICOS DE LA ISLA DE TENERIFE

RODRIGUEZ BADIOLA¹, E.; CARRACEDO², J.C.; SOLER², V. y HOYOS¹, M.

¹Depto. de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC, Madrid

²Estación Volcanológica de Canarias, Instituto de Recursos Naturales del CSIC, La Laguna, Tenerife, Canarias

RESUMEN

En este trabajo se presentan los valores de los elementos pesados analizados en muestras de suelos no cultivados de la zona industrial-urbana de Santa Cruz de Tenerife, así como la distribución de sus concentraciones. El análisis de estos datos permite establecer una primera evaluación de los niveles de toxicidad que representan las diferentes concentraciones en comparación con los valores establecidos en otros países y en consonancia con las características geoquímicas típicas de los materiales volcánicos de los que proceden los suelos.

Palabras clave: Metales pesados, contaminación, suelos, Tenerife, Canarias

ABSTRACT

The values of heavy metals determined in samples of incultivated soils in the urban-industrial area of Santa Cruz de Tenerife as well as the distribution of their concentration are presented in this work. The analysis of these data permits an initial assessment of the levels of toxicity the different concentrations represent in comparison with the values established in other developed countries and in accord with the geochemical characteristics of the parental volcanic materials.

Key words: Heavy metals, contamination, soils, Tenerife, Canary Islands.

INTRODUCCION

Diversos autores estiman que la mayor parte de los contaminantes metálicos proceden de la utilización de combustibles y otros derivados del petróleo en las diferentes actividades industriales. La acumulación de residuos sólidos en vertederos favorece la concentración de algunos elementos metálicos como cinc, cadmio, cromo. Los suelos adyacentes a las autopistas y zonas urbanas de tráfico rodado muy denso tienden a presentar concentraciones anómalas de plomo, que disminuyen rápidamente al alejarse de estas zonas hasta alcanzar los niveles de fondo geoquímico normales.

Sobre estos agentes potencialmente causantes de la contaminación se superponen otros factores ambientales: meteorológicos, edafológicos, vegetación, topografía, etc., que al influir en las condiciones de fijación y concentración selectiva de estos elementos metálicos, son de la mayor importancia en el estudio de su distribución y concentración en el medio.

Hay que tener en cuenta que elementos como el níquel, cobre, cinc, cromo, plomo y cadmio, que se engloban bajo el término de "metales pesados", son generalmente un constituyente natural de los suelos; cuando se presentan en concentraciones superiores a los niveles establecidos como normales pueden adquirir la condición de elementos contaminantes.

Aunque las concentraciones anómalamente elevadas de los metales pesados están por lo general relacionadas con actividades industriales, existe un fondo geoquímico dependiente de los constituyentes primarios de los materiales geológicos que forman parte del entorno natural. Es este, pues, un aspecto que hay que tener muy en cuenta al abordar un estudio que contempla, como elemento fundamental, la evaluación del componente procedente de la contaminación de origen humano en los suelos. En este caso, por tratarse de suelos generados a partir de materiales volcánicos, pueden aparecer particularmente enriquecidos en estos elementos, al encontrarse con frecuencia concentraciones elevadas en fases minerales típicas de rocas volcánicas, como olivino, piroxenos y óxidos metálicos.

CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA ZONA

El área de estudio incluye la zona urbana de Santa Cruz de Tenerife-La Laguna, el aeropuerto de Los Rodeos, así como las zonas industriales situadas hacia San Andrés, por el norte y las Caletillas, en la parte sur (Fig. 1), donde se localizan los focos potencialmente contaminantes.

Los datos analíticos se han obtenido a partir de muestras de suelos no cultivados, recogidas siguiendo una malla de muestreo. Con esta técnica se ha logrado cubrir de forma regular el territorio, lo que ha permitido un análisis fiable de la distribución de los elementos metálicos en la zona.

Desde el punto de vista geológico se puede dividir la zona en tres partes bien definidas: Un sector situado entre Santa Cruz, La Laguna y San Andrés (I en la Fig. 1), constituido por los relieves antiguos, muy alterados y desmantelados, correspondientes a los basaltos tabulares de las series volcánicas Miopliocenas de Anaga. En este sector predominan las coladas basálticas, caracterizadas petrológicamente por la abundancia de fenocristales de augita y olivino, en una matriz con elevada proporción relativa de minerales opacos.

El sector comprendido entre Las Caletillas y Candelaria (II en la Fig. 1) está constituida por un conjunto de materiales de composición más heterogénea, desde basaltos hasta fonolitas, con intercalaciones de mantos pumfíticos. Mineralógicamente estas formaciones volcánicas presentan predominio de minerales félsicos (plagioclasa y feldespatos potásicos) y de piroxenos augfíticos, así como concentraciones variadas de minerales ferromagnesianos y óxidos metálicos, que se concentran preferentemente en la matriz.

La zona central, comprendida entre El Rosario, Santa Cruz y Las Caletillas (III en la Fig. 1) está constituida por materiales basálticos recientes, con una morfología característica de centros de emisión bien conservados y coladas que se extienden desde la zona central hacia las costas. Petrológicamente son materiales muy homogéneos, con predominio de basaltos olivínicos-augfíticos de textura porfídica, con microlitos de piroxeno y plagioclasa y frecuentes minerales ferromagnesianos, como magnetitas titaníferas y otros óxidos.

La diversidad composicional de estos materiales volcánicos explica las diferencias en contenido en elementos metálicos, puestas en evidencia por Brandle (1979) en su estudio sobre la variabilidad de composición de los elementos traza en el Archipiélago Canario.

Los suelos están poco desarrollados en la zona estudiada. Únicamente cabe destacar la presencia,

entre La Laguna y Los Rodeos, de una extensa y potente acumulación de sedimentos, edafológicamente definidos como anfisoles (Departamento de Edafología de la Universidad de la Laguna, 1975), caracterizados por presentar horizontes argílicos primarios poco alterados y con fenómenos de lixiviación y acumulación de arcillas silicatadas, en correspondencia con valores de salutación de bases entre moderada y elevada. La zona norte presenta, sobre todo en la zona de barrancos, suelos tipificados como aridisoles, caracterizados por bajos contenidos en arcilla y cantidades reducidas de materia orgánica. Por último, en la zona sureste aparece una franja costera formada por vertisoles, constituidos predominantemente por materiales arcillosos expansibles.

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS

Antes de proceder a la determinación de los contenidos totales en elementos metálicos en los suelos de la malla, se ha efectuado la caracterización de los diferentes tipos de suelos mediante la valoración semi-cuantitativa de su mineralogía. En conjunto se evidencia la existencia de una mineralogía básica bien definida, prácticamente presente en todas las muestras analizadas (Tabla 1), constituida por materiales filosilicatados, como arcillas y micas, cuarzo, feldespatos, piroxenos, olivino y óxidos de hierro.

En lo que respecta a su contenido en materia orgánica los suelos estudiados son relativamente pobres, ya que en su mayor parte no superan el 1% de *MO*, con un rango de variación predominante comprendido entre el 0.2-0.9 %. Su distribución regional delimita una zona situada al oeste de La Laguna hacia los Rodeos y hacia el Rosario, zona donde los valores de concentración en materia orgánica superan el 1%. Esta zona de mayor predominio en *MO* queda prácticamente circunscrita al área de sedimentos de la zona de Los Rodeos indicados en el esquema geológico de la Fig 1.

Las variaciones mineralógicas cualitativas observadas en los suelos analizados están relacionadas con las características primarias del área fuente y con la evolución edafológica de los mismos. Las muestras correspondientes a los sedimentos de la zona de La Laguna-Los Rodeos presentan mineralogías equivalentes en lo que respecta a la fracción arcillosa (Filosilicatos), con la presencia de illitas-micas, cloritas-serpentinatas, minerales feldespáticos y ferromagnesianos, como piroxenos, olivinos y óxidos, siendo asimismo notable la presencia de cuarzo en proporciones significativas. Las muestras de suelos correspondientes a la zona sur de la malla, en relación con las series sálicas recientes, presentan proporciones más elevadas de feldespatos y menores concentraciones en cuarzo y materia orgánica, siendo similares las restantes composiciones mineralógicas.

METALES PESADOS

Las determinaciones de concentraciones totales de elementos traza (Tabla 1) se ha hecho extensivo a los elementos considerados como metales pesados y contaminantes, como Ni, Cr, Cu, V, Zn, Cd y

Pb. Los rangos de concentración (Fig. 2) se encuadran dentro de los límites presentados por Matigod y Page (1983) y sus relaciones con la presencia de determinadas fases minerales (Carracedo et al., 1990). Se podría, pues, establecer su posible área de procedencia y los procesos evolutivos que han intervenido en la formación de los suelos.

El níquel se presenta en los materiales volcánicos preferentemente asociado a rocas volcánicas básicas con fenocristales de olivino, donde llega a alcanzar valores relativamente elevados, disminuyendo rápi-

damente en las rocas sálicas é intermedias. Las concentraciones determinadas en los suelos de la malla señalan su mayor frecuencia en el rango de 50-80 ppm, llegando a concentraciones cercanas a 300 ppm.

El cromo, al igual que el níquel, y dentro del entorno geológico de los materiales volcánicos, es un mineral predominantemente relacionado con la presencia de fases minerales, y en particular con la presencia de clinopiroxenos de tipo augítico, por lo que la presencia de este mineral puede condicionar la presencia de cromo en los suelos. Las concentraciones observadas presentan valores predominantes en el entorno de 100 ppm, aunque se llega a alcanzar 600 ppm.

El cobre es un elemento preferentemente retenido por los suelos, por su capacidad de cambio catiónico. Las concentraciones encontradas son relativamente homogéneas, con mayor frecuencia entre 30-60 ppm y valores máximos del orden de 200 ppm.

El vanadio se presenta normalmente asociado a la existencia de minerales y óxidos de hierro-titanio, mineralogía muy frecuente en las rocas volcánicas de tipo básico. Las concentraciones medidas señalan un máximo predominio en el entorno de 200 ppm, con valores frecuentes hasta 300 ppm.

El cinc es un elemento que se caracteriza por su naturaleza litófila y tiende a incorporarse en la formación de minerales arcillosos. Las concentraciones determinadas en los suelos de la malla presentan su mayor frecuencia en el rango de 100 ppm, alcanzándose valores de 270 ppm.

El cadmio, al igual que el plomo, es un elemento muy contaminante por sus elevados niveles de toxicidad. Las concentraciones detectadas presentan un rango comprendido entre 0.10 y 0.25 ppm, con dos máximos de frecuencia en el entorno de 0.12 y 0.24 ppm. Estos valores están comprendidos en el rango propuesto por Wedepohl (1969) para las rocas volcánicas de composición máfica y basáltica (0.2 a 0.6 ppm).

El plomo es un elemento típicamente contaminante en el entorno ambiental estudiado, ya que las rocas volcánicas de la zona contienen bajas concentraciones de este elemento. Su presencia en proporciones anómalas está, pues, estrictamente relacionada con la presencia de focos contaminantes, principalmente el tráfico automovilístico. Los resultados analíticos indican una mayor frecuencia de las concentraciones en el entorno de 10-30 ppm, alcanzándose valores por encima de 70 ppm.

VALORACION DEL POTENCIAL TOXICO DE LOS SUELOS

Una vez establecidas las características composicionales de los suelos analizados y sus relaciones con los contenidos en elementos metálicos, se ha tratado de aislar y cuantificar los niveles de concentración que pueden considerarse anómalos y el potencial tóxico que presentan. En estas valoraciones se han utilizado criterios encaminados a determinar las anomalías geoquímicas y a establecer si los contenidos en metales pesados se encuentran dentro de los límites de tolerancia recomendado por los organismos internacionales.

Uno de estos criterios es el propuesto por Rodríguez Sanchidrián y Mariño (1979), que establece los diversos grados de contaminación en base a las relaciones entre los valores considerados como anómalos y las concentraciones de fondo.

En este estudio, el fondo geoquímico se ha determinado, siguiendo los criterios de Siegel (1974), partiendo de los datos estadísticos calculados en base a los datos analíticos, y considerándose como valores anómalos aquellos cuyas relaciones respecto al fondo geoquímico son superiores a la unidad.

La representación gráfica de los valores de relación (ppm/fondo) de los diferentes elementos metálicos considerados como posibles contaminantes se indica en las Figs. 3 y 4.

Para el níquel (Fig. 3a), se observa cómo los valores residuales superiores al fondo de 120 ppm delimitan claramente las zonas de anomalías, en la zona de sedimentos situada al sur de La Laguna, y en relación con los basaltos de las series antiguas.

El cromo presenta asimismo fuertes anomalías de concentración en relación al fondo de 270 ppm (Fig. 3b), con una distribución muy parecida a la del níquel.

El cobre presenta valores algo más atenuados, sobre un fondo geoquímico de 88 ppm (Fig. 3c). Las zonas de anomalía están próximas a las del níquel y cobre, pero con cierto desplazamiento hacia el sur.

La distribución de anomalías correspondiente al vanadio, sobre un fondo de 280 ppm, se circunscriben a una zona difusa entre La Laguna y Santa Cruz (Fig. 3d), que se extiende hacia el noreste.

El cinc presenta una concentración muy acentuada en la parte noroeste de la zona, sobre un fondo geoquímico de 70 ppm. Destaca una ancha franja que se extiende desde La Laguna a los Rodeos y un máximo muy acusado al este del Rosario (Fig. 4a).

El cadmio es muy selectivo, como se observa en la distribución de los valores superiores al fondo geoquímico de 0.29 ppm, en zonas muy puntuales, preferentemente en la costa (Fig. 4b).

Finalmente, el plomo presenta tres zonas de clara anomalía sobre el fondo geoquímico de 40 ppm., coincidentes con los núcleos urbanos de Santa Cruz, La Laguna y El Rosario (Fig. 4c). Si se rebaja el fondo geoquímico a 30 ppm como límite indicativo (Fig. 4d), se evidencia la existencia de una banda continua de contaminación entre La Laguna y Sta Cruz de Tenerife.

La valoración del grado de toxicidad potencial que puede contener un suelo puede establecerse mediante la utilización de criterios como el "Equivalente de Zn" y las "Relaciones Cd/Zn" (Cala Rivero et al., 1986).

El primero de ellos se define de acuerdo con la ecuación empírica:

$$\text{Equivalente de Zn (ppm)} = \text{Zn (ppm)} + 2 \text{ Cu (ppm)} + 8 \text{ Ni (ppm)}$$

Según la cual los suelos con valores superiores a 250 ppm de equivalentes de Zn se considerarían tóxicos. Este criterio es totalmente inadecuado en este entorno geológico, ya que los valores medios obtenidos (830 Eq. de Zn) son muy superiores a los propuestos por estos autores. Para establecer un criterio discriminante se ha efectuado el cálculo de los valores de fondo de equivalente de cinc (1300 ppm), de forma equivalente a la utilizada para la delimitación de zonas con contenidos elementales anómalos, lo que restringe de forma muy significativa las zonas que podrían encuadrarse bajo la denominación de "potencial tóxico". Su representación (Fig. 5a) delimita dos zonas de "auténtica" anomalía, al NW y SE de Los Rodeos.

En cuanto a las relaciones Zn/Cd, se observa una pauta similar, con valores de Zn/Cd > 700 en el entorno de Los Rodeos (Fig. 5b). Estos valores de relación Zn/Cd son en su mayoría suficientemente elevados para que el cinc desarrolle su efecto antagónico frente al cadmio (Cala Rivero et al., 1986).

Al tratar de establecer, en base a los valores de concentración obtenidos, unos posibles límites de tolerancia, se evidencia la ausencia de unos criterios concretos. Si se confrontan los resultados obtenidos con los límites de tolerancia establecidos en algunos países europeos (Tabla 2) se observa que los contenidos en los elementos típicamente contaminantes, como el plomo y el cadmio, presentan concentraciones

muy próximas a los valores límites recomendados en la República Federal Alemana (RFA) y en Gran Bretaña (GB), para suelos tratados con aguas residuales. En el caso del plomo los valores determinados superan los límites recomendados en GB, mientras que son inferiores al límite de la RFA. Los contenidos en plomo de los materiales basálticos que se indican en la Tabla como elemento de comparación, son muy inferiores. Por el contrario, los valores determinados para los elementos pesados Ni, Cr y Cu, superan ampliamente los valores límite recomendados en otros países de la CEE, incluso en lo que se refiere a los valores medios obtenidos para los suelos estudiados. Estas concentraciones elevadas parecen guardar cierta correspondencia con las existentes en los los materiales basálticos, aspecto que se refleja claramente en la Tabla 2.

CONCLUSIONES

En base a los resultados analíticos y en consonancia con las características geológicas y edafológicas de la zona de Santa Cruz de Tenerife, se han podido definir diversos sectores en función de su contenido en elementos metálicos y contaminantes.

Las anomalías más importantes de concentración de Níquel, Cromo, Cinc y Cobre aparecen circunscritas al área comprendida entre La Laguna, Los Rodeos y El Rosario.

Las anomalías de concentración de Plomo parecen estar restringidas fundamentalmente al entorno de la autopista que une Santa Cruz con La Laguna y al área de influencia del aeropuerto de Los Rodeos.

Los niveles de toxicidad definidos en la zona para los elementos pesados son superiores a los establecidos por las normativas de otros países comunitarios. Sin embargo, el estudio comparativo con los materiales del entorno geológico pone de manifiesto que buena parte de los contenidos en elementos como el Níquel, Cromo y Cobre son consecuencia del aporte de estos elementos a partir de la denudación de las rocas volcánicas y a mecanismos acumulativos en zonas de sedimentación.

Los niveles de concentración de Plomo y Cadmio, más estrechamente relacionados con la contaminación de origen antrópico, caen dentro de los límites de tolerancia recomendados para los países de la CEE y son bastante inferiores a los observados en otras zonas de alta densidad urbana de España.

Como conclusión final puede indicarse, a la vista de los resultados obtenidos, que los niveles de contaminación y el potencial tóxico de los suelos naturales del área industrialurbana de Santa Cruz de Tenerife, pueden considerarse como de bajo índice de peligrosidad para el hombre y sus niveles de concentración no superan los límites de tolerancia generalmente aceptados en los países desarrollados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a N. Rodríguez su colaboración en la toma de muestras. Este Proyecto de investigación ha sido financiado por un convenio del CSIC y el Gobierno de Canarias (Dirección Gral. del Medio Ambiente y Conservación de La Naturaleza).

	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	M-8	M-9	M-10	M-11	M-12
FiIs	59	65	60	63	59	62	59	54	62	65	64	68
Q	3	7	5	6	5	4	6	7	4	5	6	5
Feld	16	8	13	12	10	14	14	17	14	11	10	7
Px	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3
Olv	4	5	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5
Hm	6	4	5	4	7	4	4	5	4	4	4	4
Ox	7	6	6	5	8	6	7	7	6	6	6	6
MO	0.45	0.83	1.72	0.36	1.13	0.23	0.18	0.58	0.16	0.25	0.24	0.97
Cu	18	56	64	47	66	24	37	80	60	19	29	226
Ni	39	67	66	51	51	41	44	73	44	38	63	109
Cr	79	110	102	101	112	93	90	131	85	60	133	137
V	180	201	174	190	305	172	167	212	160	150	199	207
Pb	18	29	18	69	10	31	19	60	18	19	0	18
Zn	118	152	212	172	148	96	98	200	112	110	98	176
Cd	0.05	0.09	0	0	0.04	0	0.01	0	0.21	0.13	0.14	0.2

Analistas: M.I. Ruiz Pineda, M.A. Vallejo, R. González. Lab. de Geoquímica y Rayos-X del M.N.C.N. (C.S.I.C.)
 N. Pérez Rodríguez. Estación Volcanológica de Canarias. I.R.N.A.C. (C.S.I.C.)

Tabla 1. Mineralogía (%) y contenido en elementos metálicos (ppm) en suelos del área de Santa Cruz de Tenerife.

	M-13	M-14	M-15	M-16	M-17	M-18	M-19	M-20	M-21	M-22	M-23	M-24	M-25
Fils	62	69	50	61	60	60	64	71	61	62	60	64	65
Q	3	5	8	3	5	5	3	2	5	6	5	3	7
Feld	8	6	19	15	12	12	11	3	9	10	12	10	8
PX	6	3	4	5	4	4	4	2	5	4	5	6	4
Oliv	5	6	6	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5
Hm	6	4	4	6	5	5	6	8	6	4	5	5	4
Ox	9	6	8	5	8	8	6	8	7	7	7	7	6
MO	0.63	0.57	0.56	0.32	0.68	0.64	0.93	0.69	1.65	1.17	0.72	0.61	0.33
Cu	60	22	90	29	37	49	33	27	34	44	38	56	38
Ni	268	53	74	48	67	65	74	23	115	72	43	89	30
Cr	403	71	170	61	130	126	77	30	162	110	104	131	65
V	267	207	239	69	265	301	141	229	259	207	316	317	133
Pb	19	21	20	26	14	18	24	25	24	36	12	41	30
Zn	108	92	164	82	91	122	72	104	120	176	105	65	109
Cd	0.21	0.06	0.43	0.16	0.13	0.13	0.13	0.1	0.17	0.13	0.17	0.18	0.11

Analistas: M.I. Ruiz Pineda, M.A. Vallejo, R. González, Lab. de Geoquímica y Rayos-X del M.N.C.N. (C.S.I.C.)
 N. Pérez Rodríguez. Estación Volcanológica de Canarias. I.R.N.A.C. (C.S.I.C.)

	M-26	M-27	M-28	M-29	M-30	M-31	M-32	M-33	M-34	M-35	M-36	M-37
Fils	51	64	58	57	52	64	54	55	58	65	57	56
Q	3	3	9	3	4	3	3	4	6	4	3	5
Feld	14	11	11	8	14	12	14	14	16	10	13	16
Px	6	5	4	7	10	4	8	8	4	4	9	6
Oliv	11	4	4	11	5	4	7	4	4	5	6	5
Hm	10	8	7	9	9	7	9	8	6	6	7	7
Ox	4	4	6	4	4	5	4	6	5	5	4	4
MO	0.43	0.85	0.9	1.06	1.34	0.81	0.65	0.24	0.72	0.59	0.34	0.19
Cu	52	47	51	17	66	36	69	58	127	69	92	104
Ni	83	48	63	19	107	64	43	120	63	85	195	215
Cr	131	67	99	20	191	101	65	114	142	289	568	600
V	226	166	217	239	204	219	252	187	283	322	291	292
Pb	6	11	27	12	14	15	25	13	41	12	11	7
Zn	86	98	191	127	126	69	205	116	271	82	83	109
Cd	0.2	0.14	0.12	0.18	0.21	0.12	0.24	0.19	0.21	0.23	0.25	0.24

Analistas: M.I. Ruiz Pineda, M.A. Vallejo, R. Gonzalez. Lab. de Geoquímica y Rayos-X del M.N.C.N. (C.S.I.C.)
 N. Perez Rodriguez. Estación Volcanológica de Canarias. I.R.N.A.C. (C.S.I.C.)

	M-38	M-39	M-40	M-41	M-42	M-43	M-44	M-45	M-46	M-47	M-48	M-49
Fils	55	55	62	60	62	63	63	55	63	56	69	57
Q	4	3	3	8	6	7	8	6	2	8	3	7
Feld	21	16	5	8	10	8	8	13	11	14	9	10
Px	5	8	4	5	5	4	4	7	7	4	4	5
Oliv	4	5	8	5	5	4	4	5	4	4	4	5
Hm	6	8	11	7	6	7	6	8	8	7	6	9
Ox	4	4	5	6	5	5	6	5	4	6	4	6
MO	0.16	0.47	1.16	1.39	0.79	1.38	0.66	0.43	0.65	0.63	0.47	0.77
Cu	23	27	88	62	60	63	60	57	126	38	45	76
Ni	33	39	177	57	67	75	97	83	131	71	58	154
Cr	57	73	456	105	87	99	115	128	431	110	115	227
V	152	213	321	188	192	193	195	253	315	208	208	291
Pb	10	14	13	30	59	42	27	37	11	19	26	21
Zn	100	136	152	172	123	220	210	192	91	121	92	147
Cd	0.17	0	0.25	0.11	0.09	0.12	0.26	0.2	0.23	0.1	0.16	0.2

Analistas: M.I. Ruiz Pineda, M.A. Vallejo, R. Gonzalez, R. Gonzalez. Lab. de Geoquímica y Rayos-X del M.N.C.N. (C.S.I.C.)
 N. Perez Rodriguez. Estación Volcanológica de Canarias. I.R.N.A.C. (C.S.I.C.)

Tabla 2. Contenidos en metales pesados (ppm) de suelos de Tenerife en comparación con los límites aceptados en algunos países de la CEE.

	Suelos (1)		Límites (2)		Rocas Volcánicas (3)	
	Media	Máximo	R.F.A.	G.B.	Basalto	Basalto
Ni	75	268	50	40	170	182
Cr	145	600	100	150	381	263
Cu	55	226	100	40	64	59
Zn	125	271	300	75	-	-
V	223	322	-	-	459	421
Pb	25	69	100	45	6	3
Cd	0.19	0.44	3	0.6	-	-

(1) Valores medios de los suelos analizados.

(2) Contenidos límites recomendados (Purves, 1979; El Bassam 1979).

(3) Basaltos recientes de Tenerife. (Brandle, 1979).

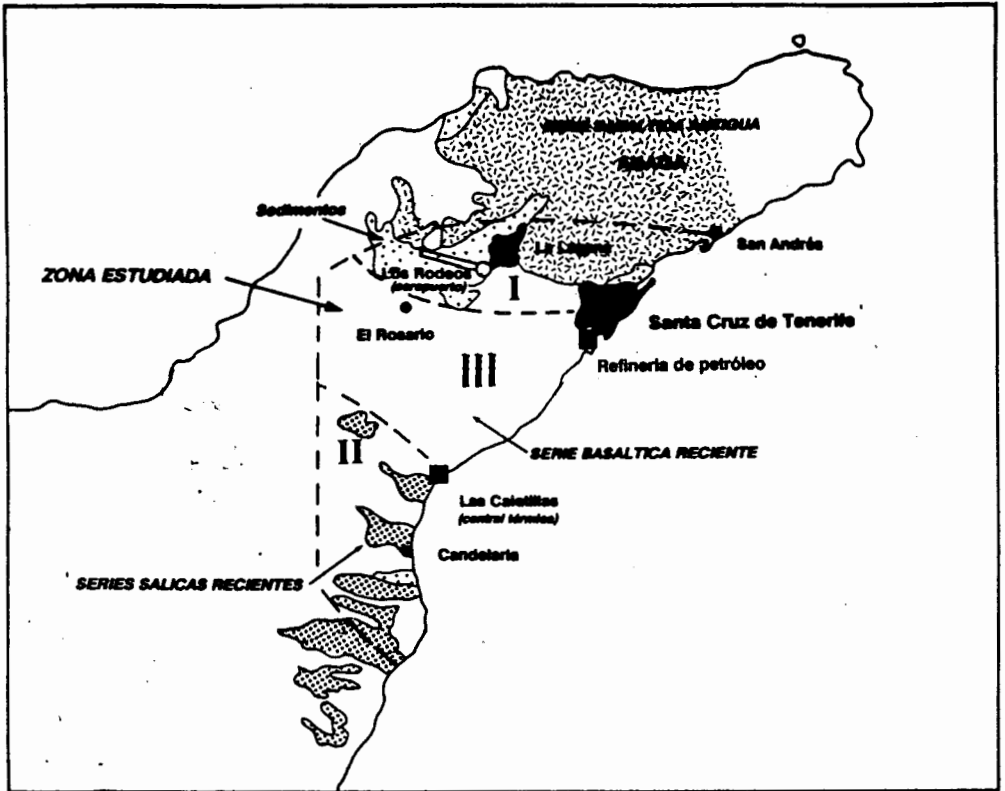


Fig.1.- Esquema geológico muy simplificado de la zona estudiada.

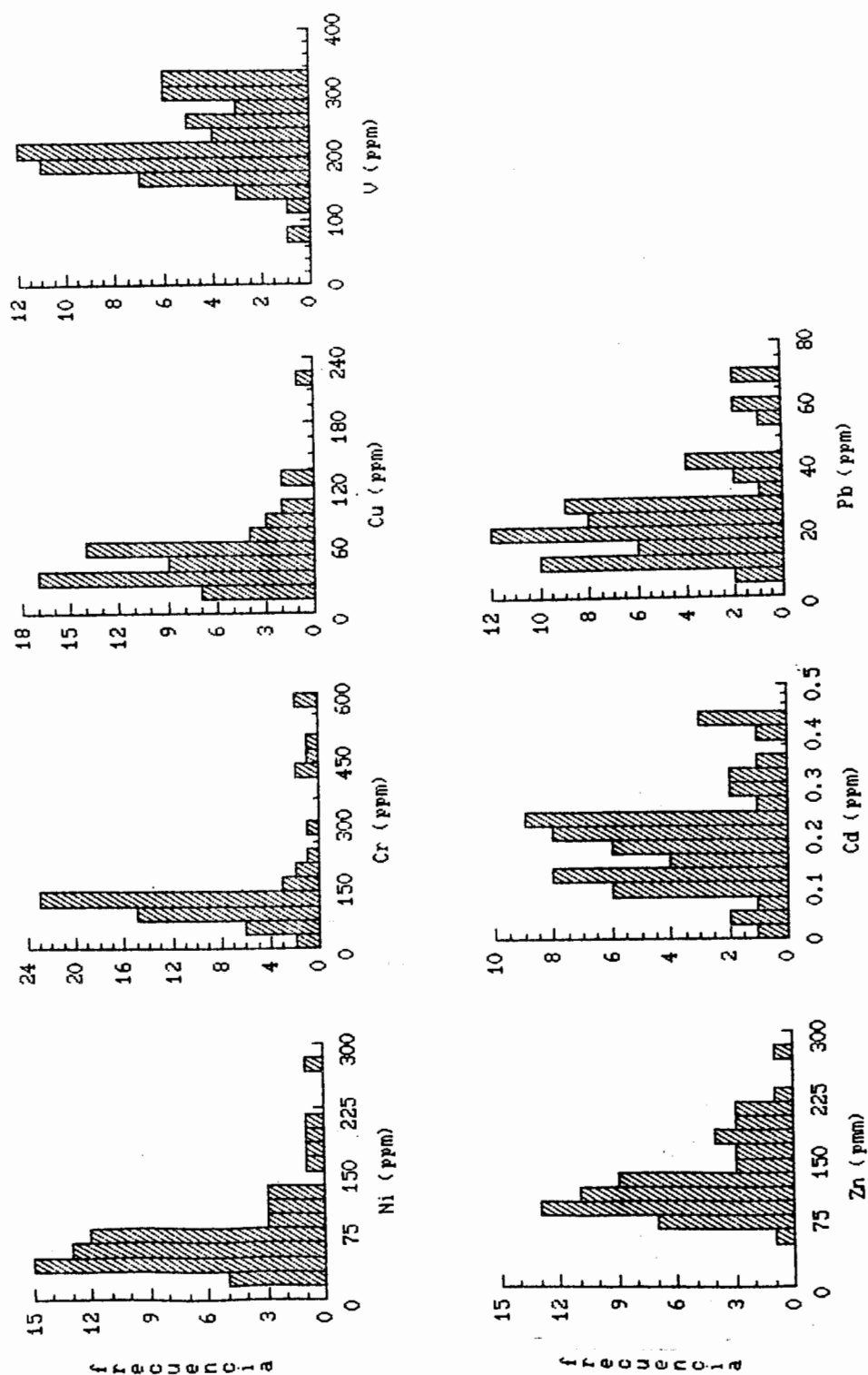


Fig.2.- Representación de las relaciones frecuencia/concentración de los elementos traza analizados en suelos del área de Santa Cruz de Tenerife. Explicación en el texto.

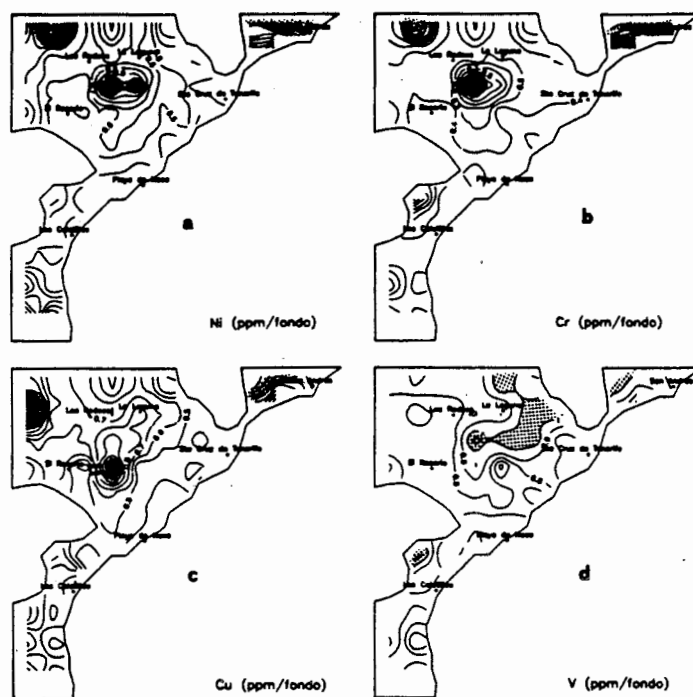


Fig.3.- Representación gráfica de los valores de relación ppm/fondo de los elementos metálicos (Ni, Cr, Cu y V) considerados como posibles contaminantes en suelos del área de Santa Cruz de Tenerife. Explicación en el texto.

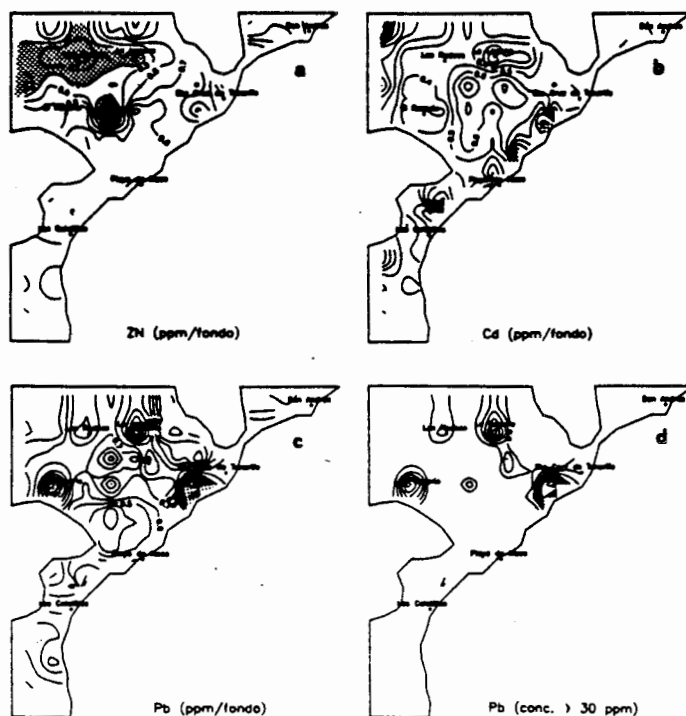


Fig.4.- Igual que en la figura 3, para el Zn, Cd y Pb. Para este último elemento, se incluye también (d en la figura) el resultado de adoptar el valor de 30 ppm como límite indicativo de nivel de contaminación. Explicación en el texto.

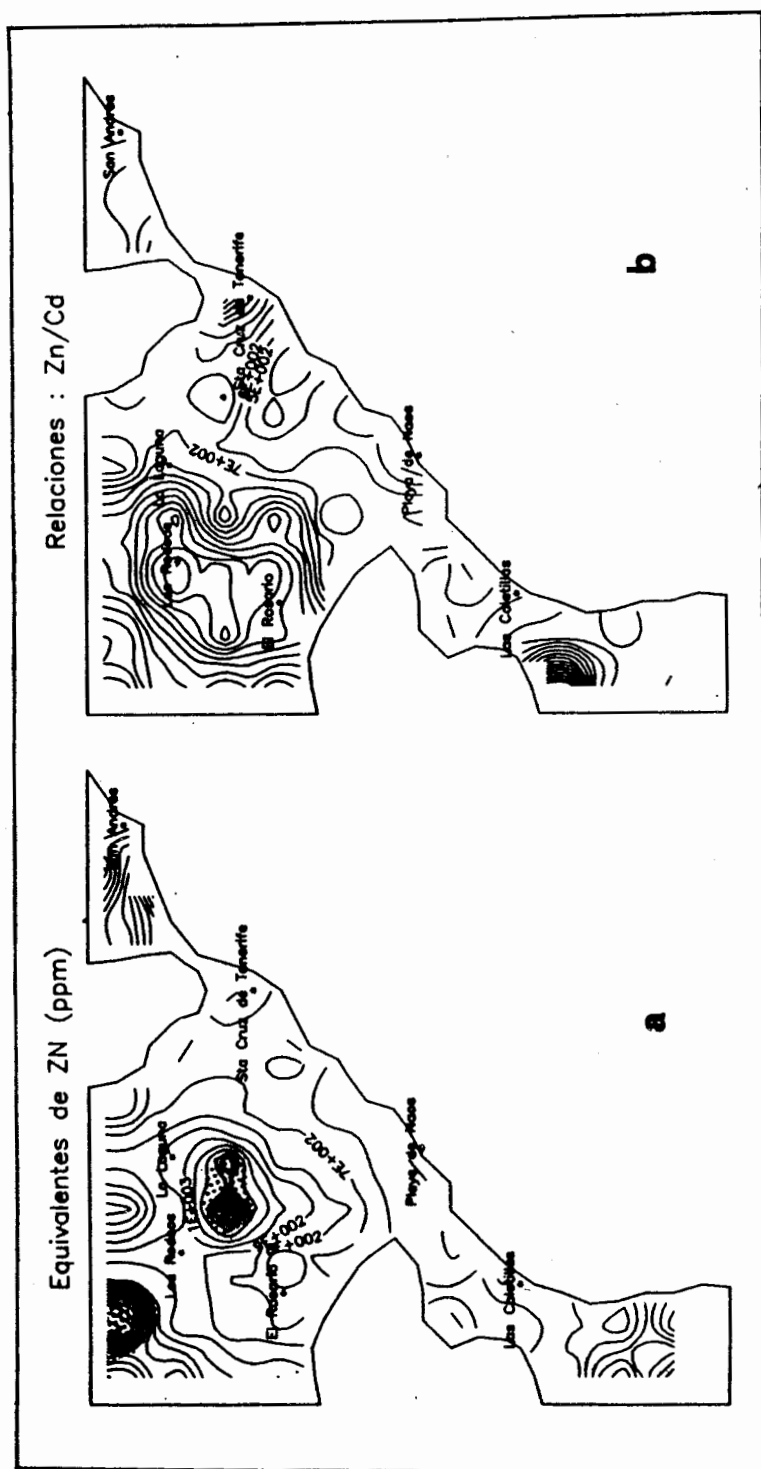


Fig.5.- Valoración del grado de toxicidad potencial de los suelos de la zona de Santa Cruz de Tenerife indicados por la representación de los valores de "Equivalente de Zn" y la relación Zn/Cd de Cala Rivero y otros (1986).
Explicación en el texto.

BIBLIOGRAFIA

- Araña, V., Carracedo, J. C., Caraballo, J. M., Fúster, J. M. y García Cacho, L. (1979) Mapa geológico de España 1:25.000. Barranco Hondo. Hoja 1,104-II. I.G.M.E.
- Araña, V., Carracedo, J. C., Fúster, J. M. y García Cacho, L. (1979) Mapa geológico de España 1:25.000. Punta de Anaga. Hoja 1.097-III-IV. I.G.M.E.
- Brandle J. L. (1979). Variaciones de composición en elementos traza del Archipiélago Canario. III Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. Madrid. 1605 - 1631.
- Cala Rivero V., Rodríguez Sanchidrián J. y Guerra Delgado A. (1986). Contaminación por metales pesados en suelos de la Vega de Aranjuez. Anal. Edaf. Agrobiol. 1595-1622.
- Carracedo, J. C., Rodríguez Badiola E., Soler V., Alvarez C., Fernández Falcón M., Pérez García V., Gutiérrez López J. y Palomares J. (1989). Determinación y distribución de metales pesados y radionucleidos en el medio natural del área urbana-industrial de Santa Cruz de Tenerife. Informe final del proyecto del CSIC-Dirección Gral. del Medio Ambiente del Gobierno de Canarias.
- Departamento de Edafología de la Universidad de La Laguna (1975) Mapa de suelos de Tenerife 1:100.000.
- El Bassam, N. y Tietjean, C. (1979). Long-term studies on application of urban waste on heavy metals input and crop ecology.
- International Conference : "Heavy metals in the Environment". London, 521-524.
- Mattigod, S. V. y Page, A. L. (1983) Assesment of metal pollution soils. In: Applied environmental geochemistry. Iain Thorton. Academy Press, 355-391.
- Purves D. (1979). Trace element contamination of soils from sewage sludge applications. International Conference : "Heavy metals in the environment". London ,485-488.
- Rodríguez Sanchidrián, J. y Mariño M. (1979). Estudio de la contaminación de suelos y plantas por minerales pesados en los entornos de las autopistas que confluyen en Madrid. Anal. de Edaf. Agrobiol., 38, 7-8, 1377-1389.
- Siegel, F. R. (1974). Applied Geochemistry. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons. New York
- Wedepohl, K. H. (edit.). (1969). Handbook of Geochemistry. Springer Verlag, Berlin.