

BIOGEOQUIMICA DE ECOSISTEMAS



XI SIMPOSIUM INTERNACIONAL
DE BIOGEOQUIMICA AMBIENTAL

XI INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
ENVIRONMENTAL BIOGEOCHEMISTRY

SALAMANCA
27 DE SEPTIEMBRE AL 1 DE OCTUBRE 1993



Junta de
Castilla y León

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACION DEL TERRITORIO

Simposium subvencionado por:



**Junta de
Castilla y León**

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

EDITA: JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN
Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio

DEP. LEGAL: VA-191-94

IMPRIME: Reprografía MATA

Plaza de la Universidad, 3
47002 VALLADOLID

BIOGEOQUIMICA DE ECOSISTEMAS



Selección de trabajos presentados al
XI SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE
BIOGEOQUIMICA AMBIENTAL
(*ISEB XI*)

Salamanca (España)
27 de Septiembre a 1 de Octubre, 1993

Edición dirigida por el
Dr. Juan F. GALLARDO LANCHO

Publicado por la
Consejería de Medio Ambiente
Junta de Castilla y León
Valladolid, 1994



IMPACTO ANTROPICO DE LOS RESIDUOS URBANOS EN AMBIENTES MEDITERRÁNEOS XERICOS DEL CENTRO DE ESPAÑA

J. Pastor^{*}; A. Urcelay^{*}; S. Oliver^{*} y A.J. Hernández^{**}

^{*} Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC, Madrid.

^{**} Ecología, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.

ABSTRACT

We study the physical characteristics and the main chemical components found in municipal sealed landfills in semiarid environments. Our work has been focused firstly on the identification of the main limiting factors for plant establishment and growth on landfill surfaces through the understanding of the biogeochemical functioning of the landfill soil systems. Such an information, in turn, can be valuable in the future use of landfill sites.

A comparison between the edaphic cover of landfills and soils from the surrounding herbaceous communities showed that physical factors convert landfill covers in a very hard environment for plant growth. All of them must be related to technical aspects of landfill design and sealing. Operations such as bulldozing flat the waste lands would involve that the refuse becomes intermixed with topsoil and/or subsoil, so that invariably bring about striking increases in some trace elements content of the soil with heavy environmental consequences. In addition, the sealing material characteristics and the use of earth-moving machinery with the lack of an extended plant cover will increase erosion processes. In fact, erosion of the upper layer of the landfills is so severe that it leaves exposed wastes, enabling the transport of some toxic materials by leachates to other neighboring ecosystems.

Soil salinity and the above mentioned higher contents of some trace elements are the most remarkable aspects, both being related to contamination problems. High values of some samples in trace elements indicate that locally toxicity problems could be present. However, soil conditions of these man-made systems may vary so much even within the same area, that preliminary analysis on each landfill would be necessary before engaging on reclamation works. Finally, it is very relevant and worrying the low content in organic matter of the landfill soil, for that reason, the establishment and improvement of a vegetation cover and the subsequent increase in soil organic matter becomes the key factor for the reclamation of these lands.

Keywords: chemical components, landfill, leachates, physical characteristics.

RESUMEN

Estudiamos las características físicas y los principales componentes químicos encontrados en vertederos municipales sellados en ambientes semiáridos. Nuestro trabajo se ha centrado primeramente en la identificación de los principales factores limitantes para el establecimiento y crecimiento de plantas sobre las superficies del vertedero a través del entendimiento del funcionamiento bioquímico de los sistemas edáficos de estos. Tal información, por otra parte, puede ser útil en el futuro uso de las áreas ocupadas por antiguos vertederos.

Una comparación entre la cubierta edáfica de los vertederos y los suelos de las comunidades herbáceas que les rodean mostraron que los factores físicos convierten a la cubierta de los primeros en un ambiente muy inhóspito para el crecimiento de las plantas. Todo ello debe de estar relacionados con los aspectos técnicos del diseño y sellado de los vertederos. Operaciones tales como el allanamiento de las tierras que contienen residuos implica que las basuras se entremezclan con la capa superior de los suelos y/o con los subsuelos, lo cual trae

como consecuencia aumentos notables en el contenido de metales pesados de los suelos, con graves consecuencias ambientales. Además, las características del material de sellado y el uso de maquinaria para el movimiento de tierras unido a la ausencia de una cubierta vegetal continua aumenta los procesos de erosión. De hecho, la erosión de la capa superior de los vertederos es tan severa que deja expuestas al aire algunas basuras, facilitando el transporte de materiales tóxicos por los lixiviados hacia otros ecosistemas vecinos.

La salinidad del suelo y los contenidos de algunos elementos traza son los aspectos más notables de la cubierta edáfica de los vertederos, estando ambos relacionados con problemas de contaminación. Valores altos de elementos traza en algunas muestras indican que pueden existir localmente problemas de toxicidad. Sin embargo, las condiciones edáficas de estos sistemas creados por el hombre pueden variar mucho aún dentro de una misma área, por esto un análisis preliminar para cada vertedero sería necesario antes de iniciar cualquier trabajo de recuperación. Finalmente, es muy relevante e inquietante el bajo contenido de materia orgánica del suelo de los vertederos, por lo que respecta al establecimiento y mejora de la cubierta vegetal, el subsiguiente aumento en la cantidad de materia orgánica del suelo se convierte, por tanto, en el factor clave para la recuperación de estas tierras.

Palabras clave: Características físicas, componentes químicos, lixiviados, vertederos.

INTRODUCCION

La intervención humana provoca siempre algún tipo de perturbación en el ambiente, lo que en los territorios secos es de especial importancia. Acciones como la creación de un vertedero interfieren en los ciclos de los elementos, incrementando los flujos elementales y alterando generalmente la disponibilidad de nutrientes, a veces reduciendo la productividad potencial del suelo, otras creando problemas de contaminación.

En las variadas actividades humanas se producen diferentes tipos y cantidades de basuras, si bien una gran parte de los esfuerzos de gestión se han centrado en los residuos urbanos, tanto por su importancia creciente como por su impacto potencial en la salud del hombre y del entorno. El almacenamiento de estos residuos en vertederos sellados es el eje de la política municipal de la gestión de residuos, actividad que constituye una práctica tradicional, atractiva para el público, sensibilizado con los problemas asociados con la acumulación creciente de basuras producidas en las ciudades de muchos países y por las cada vez mayores dificultades para obtener suelo donde depositar dichas basuras, junto con los daños que éstos pueden causar en el sistema hombre-entorno (Pastor *et al.* 1991).

En nuestro país, el depósito de las basuras domiciliarias en vertederos que posteriormente se sellan, es el método más corriente para la gestión de los residuos urbanos. Aunque se traten de evitar, los problemas de contaminación continúan estando presentes (Pastor *et al.* 1992a), mientras que a su vez áreas extensas, generalmente próximas a las ciudades y pueblos se están utilizando para enterrar estas basuras por ser el procedimiento más económico frente a las otras alternativas. Ello requiere la concentración de las basuras en áreas que posteriormente deben ser restauradas si no se desea incrementar la extensión de las zonas degradadas.

En el impacto ambiental que generan estos residuos es un hecho de crucial importancia el que, cuando el agua circula a través de ellos, disuelve componentes inorgánicos y orgánicos produciendo lixiviados contaminados que constituyen un riesgo potencial tanto para los ecosistemas como para los pueblos circundantes. Así los vertederos próximos a un curso de agua, lo que es muy común, tienen una elevada probabilidad para liberar sus contaminantes al arroyo, lo que puede influenciar la vida acuática y constituye además un riesgo potencial a largo plazo.

Sobre la composición de lixiviados existe una información consistente (Ho *et al.* 1974; Apgar y Langmuir 1971). Robinson y Maris (1983) estudiaron la composición química de las aguas adyacentes tanto superficiales como profundas. Murray *et al.* (1981) trataron de evaluar el grado de contaminación del agua subterránea a causa de lixiviados, y Cyr *et al.* (1987) describen datos físico-químicos de los lixiviados y de sus contenidos inorgánicos en particular de metales pesados. Entre estos contaminantes inorgánicos los aniones solubles tienen una importancia creciente debido a que controlan el equilibrio iónico del ecosistema. Sus efectos contaminantes comienzan a ser bien conocidos (Alfá *et al.* 1991, 1992) y además de ellos se indica que continúan lixivándose en el mismo sitio durante décadas. Dado que la contaminación de los ecosistemas lleva a su degradación se hace por tanto necesario que la liberación de contaminantes químicos sea bien conocida con el objeto de tener una información válida para el uso a largo plazo de las áreas ocupadas por vertederos.

En nuestro trabajo estudiamos tanto las características físicas como los principales componentes químicos inorgánicos en estos ambientes. Sus suelos, degradados y además erosionados, han sido fuertemente perturbados. Hemos tratado de fijarnos sobre todo en la identificación de los principales factores limitantes para

el establecimiento y crecimiento de una cubierta vegetal adecuada y hemos tratado además de comprender el funcionamiento biogeoquímico del sistema edáfico del vertedero. Tal información puede ser valiosa para el futuro de estos lugares.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se ha realizado en 28 estaciones situadas al suroeste de la provincia de Madrid y al norte de la de Toledo. El territorio posee un clima de características semiáridas (400-500 mm de precipitación anual).

Las estaciones de muestreo se encuentran situadas en su totalidad sobre substrato arcóscico: 8 sobre vertederos municipales, 9 en las zonas que los circundan y las 11 restantes sobre comunidades herbáceas del área. Los materiales edáficos utilizados en el sellado de los vertederos corresponde a cambisoles eútricos y luvisoles. Por tanto las características físicas y químicas de los suelos son bastante similares entre las diferentes estaciones. En el caso de los vertederos los puntos de muestreo se encuentran situados en la parte superior de los mismos y en el inicio de la pendiente. Las muestras de suelo se tomaron en los primeros 10 cm y los procedimientos analíticos empleados en su estudio fueron los expuestos en Hernández y Pastor (1989).

Las muestras de aguas y lixiviados procedentes de los vertederos y de su inmediato entorno, se recogieron en envases de plástico después de las lluvias invernales, y se almacenaron a $4^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Los lixiviados se tomaron directamente de las grietas de los vertederos o de charcas. Estos lixiviados son una combinación del agua de escorrentía sobre la superficie del vertedero y del agua infiltrada en contacto con las basuras, que después de circular a través de las mismas se une con el agua superficial y aflora en una grieta.

Otras muestras fueron tomadas en aguas superficiales tales como arroyos y zanjas de drenaje natural en la que los lixiviados han sido de nuevo diluidos por otras aguas superficiales o atenuados por su paso a través de los materiales de sellado. Todas las muestras fueron filtradas debidamente para el análisis aniónico. Este fue efectuado mediante cromatografía iónica, utilizando un equipo Dionex Modelo 10, con una precolumna AG4A, una columna separadora AS4A y una columna supresora AHMS, y conectado con integrador Hewlett-Packard 3390A. Los aniones fueron medidos rápidamente después de efectuado el muestreo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los parámetros edáficos estudiados se muestran en las tablas 1 y 2 agrupados según su carácter. Las estaciones de muestreo fueron agrupadas en tres grupos correspondientes; V: zonas de la cubierta edáfica de los vertederos donde crecían las especies, PV: comunidades herbáceas colindantes con los vertederos y P: comunidades herbáceas del área.

La comparación efectuada entre la cubierta edáfica de los vertederos y las comunidades herbáceas de zonas arcóscicas tanto las colindantes como las otras más alejadas, puso de manifiesto que los factores físicos, principalmente la baja permeabilidad y la elevada inestabilidad estructural caracterizan a la cubierta edáfica de los vertederos como un ambiente muy inhóspito para el crecimiento de las plantas (Pastor *et al.* 1992b). Ello se debe a los aspectos referentes al proceso de sellado de los vertederos. Las pendientes de los vertederos estudiadas oscilan entre un 8 y un 45% (Bello *et al.* 1992) (si bien nuestros puntos de muestreo no superan un 15,2 % de pendiente), alcanzando por tanto valores demasiado elevados para asegurar la estabilidad estructural. Además las operaciones efectuadas con el empleo de maquinaria pesada hacen que las basuras resulten parcialmente mezcladas con el suelo por lo que invariablemente aumenta el contenido de elementos traza del suelo con las consecuencias ambientales implícitas. Por otra parte, las características de los materiales edáficos de sellado (pobres en contenidos de materia orgánica) y el uso de maquinaria para el movimiento de tierras, favorece la compactación y la inestabilidad estructural del suelo. Estas características junto con la falta de una cubierta vegetal incrementa los procesos erosivos, debido a las dificultades que existen para la infiltración del agua de lluvia.

En efecto, la erosión en la capa superficial de los vertederos estudiados es tan severa que deja en muchas ocasiones a las basuras expuestas, facilitando el transporte de materiales contaminantes por medio de los lixiviados a los ecosistemas próximos.

Los datos químicos se exponen en la tabla 2. Estos factores limitarán igualmente el desarrollo de la vegetación, aunque casos de tolerancia frente a los mismos ha sido señalada en la bibliografía. La disponibilidad de macronutrientes no presenta problemas en los vertederos. Los niveles de P, K, Ca y Mg fueron similares e incluso más elevadas que los encontrados en suelos de pasto del área. Solo el contenido de N total era algo más bajo, lo que podría remediarse sembrando leguminosas autóctonas adaptadas a las condiciones del medio y así no sería necesaria una fertilización del área.

Es muy relevante el bajo contenido de materia orgánica de los suelos de los vertederos, por las

implicaciones que tiene en los procesos de degradación del ambiente físico del suelo. Por dicha razón, para alcanzar la mejora de la cubierta vegetal, el incremento de materia orgánica constituye el factor clave para la recuperación de estas tierras y el establecimiento de ecosistemas herbáceos que persistan.

El pH se incrementó algo con respecto a los de las localidades cercanas y ello se reflejó en la presencia de algunas especies de *Medicago*. Sin embargo, las condiciones edáficas de estos sistemas construidos por el hombre pueden variar mucho incluso dentro de la misma área (por el uso de materiales del subsuelo en el sellado), así un análisis preliminar de cada vertedero será necesario antes de iniciar los trabajos de recuperación. Si las condiciones resultantes son muy diferentes, las especies ecológicamente apropiadas deben recogerse en áreas colindantes y ser introducidas en el sitio.

Finalmente, la salinidad del suelo (contenido elevado en cloruros y sulfatos solubles y conductividad elevada) y los contenidos altos, en ocasiones, de algunos elementos traza, son los aspectos más destacados, ambos relacionados con problemas de contaminación. Contenidos elevados en aniones solubles como cloruros y sulfatos y sodio fueron mencionados por Pastor *et al.* (1993a) en la cubierta edáfica de vertederos.

Por otro lado no fueron importantes las diferencias en elementos traza entre los suelos de los vertederos y las comunidades del entorno excepto en los valores extremadamente elevados de algunas muestras de vertederos como 797 ppm de Pb, 36,9 ppm de B, 13,4 ppm de Cr. Lo que indica que problemas de toxicidad están presentes localmente.

Además, los metales pesados no son reciclables sino que se acumulan a través de las redes tróficas, e incluso pueden alcanzar niveles letales para los organismos animales, aun estando en los suelos en concentraciones bajas.

En lo que respecta a los lixiviados la tabla 3 recoge los resultados del análisis del contenido de aniones solubles en las diferentes muestras. La tabla muestra las bajas concentraciones que corresponden a F^- y PO_4^{3-} . Estos últimos prácticamente no existen. Ambos aniones se encuentran fuertemente adsorbidos a la superficie de las partículas del suelo y por este motivo no son realmente solubles. Los contenidos de otros aniones más solubles como NO_3^- y SO_4^{2-} son más elevados.

El pH de los lixiviados se encuentra próximo a la neutralidad, indicando que no eran ni suficientemente ácidos o alcalinos para detener el crecimiento bacteriano.

La naturaleza y el volumen de los cursos de agua a las que llegan los lixiviados y su capacidad de dilución tendrán efectos significativos sobre el potencial para producir daños como consecuencia de la descarga de los lixiviados (Pastor *et al.* 1993b). Los arroyos que circundan los vertederos mostraron un elevado contenido en aniones solubles, si bien pudo observarse que las concentraciones decrecían de manera significativa al aumentar la distancia de la muestra al vertedero.

La tabla 3 muestra además la concentración aniónica considerablemente reducida en los lixiviados que fueron recolectados aguas abajo y a distancia del vertedero. Ello refleja el efecto beneficioso de la simple dilución o atenuación en reducir los contaminantes existentes en los lixiviados.

CONCLUSIONES

En el área estudiada de suelos arcósicos y xéricos, la cubierta edáfica de los vertederos es claramente diferente de los suelos de las comunidades herbáceas adyacentes y cercanas. En lo que respecta a la disponibilidad de nutrientes, únicamente el fósforo es deficiente y no así el nitrógeno y el potasio, debido probablemente a la naturaleza fundamentalmente orgánica de las basuras domésticas que allí subyacen.

Los resultados muestran claramente que tanto el pH como los niveles de sulfatos y cloruros solubles, así como el contenido de sodio, son mayores en la cubierta edáfica de los vertederos. Los contenidos en metales pesados son también algo más altos en vertederos. Por tanto los problemas de salinidad y los, en casos, elevados contenidos de elementos traza son las limitaciones químicas más sobresalientes halladas en estos vertederos municipales. Sin embargo, la heterogeneidad en la distribución de la basura dentro de los vertederos (Bello *et al.* 1992) que se refleja en la alta variabilidad en el contenido de metales pesados, exige un muestreo del suelo más exhaustivo en el futuro.

A las mencionadas e inadecuadas características químicas se unen difíciles condiciones físicas como el bajo contenido de materia orgánica, la bajísima permeabilidad y la elevada inestabilidad estructural entre las más importantes. Todos estos factores junto con los fenómenos erosivos que tienen lugar en la superficie del vertedero tienen como consecuencia el bajo porcentaje de cubierta vegetal que logra desarrollarse sobre el vertedero, justo del orden del 45% en los puntos donde alcanza una mayor cobertura, pero no mucho más de un 20% considerando la totalidad de la superficie de los vertederos.

En lo que concierne a los lixiviados nos es permitido conocer algunos de los contaminantes químicos que están siendo exportados desde los vertederos. Los niveles son elevados en las proximidades de los

vertederos, mientras que se encuentran en un nivel relativamente aceptable en puntos más alejados. A pesar de ello parece conveniente una vigilancia continua de los niveles de contaminación para asegurar una protección ambiental adecuada.

Finalmente es de resaltar que el establecimiento de una cubierta vegetal extensa durante la primera época después del sellado, parece ser el hecho más necesario para conseguir la recuperación de estas áreas, en orden a prevenir los procesos de erosión, a evitar la compactación y los problemas de inestabilidad de la estructura de los suelos; en ello juega un papel importante la materia orgánica del suelo.

Agradecimientos: Este estudio ha sido financiado por las Comunidades de Madrid y Castilla-La Mancha.

BIBLIOGRAFIA

- Alfa, M.; J. Pastor; A. Gil; A. Urcelay y F.A. Antón. 1992. Comparative study of toxicity of leachates from three urban landfill sites over different parent materials. Toxicol. letters, Suppl. 1992, pp:275-276.
- Alfa, M.; J. Pastor; A. Urcelay; A. Gil y A. Bello. 1991. Estudio de la toxicidad de los lixiviados procedentes de un vertedero clausurado en un municipio de la Sierra de Madrid. En: Medio Ambiente: V Encuentro Galego-Portugues de Oufmica. pp 273-274.
- Apgar, M.A. y D. Langmuir. 1971. Ground water pollution potential of a landfill above the water table. Groundwater, 9: 76-81.
- Bello, A.; A. García Álvarez; A. Vela; L.A. Sanz; J. Pastor; H. Laya y A. Urcelay. 1992. Evolución del suelo y su cubierta vegetal en vertederos sellados de la Comunidad de Madrid. C.A.M. y Centro de Ciencias Medioambientales (C.S.I.C.). 97 pp y anexos.
- Cyr, F.; M.C. Mehra y V.N. Mallet. 1987. Leaching of chemical contaminants from a municipal landfill site. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 38: 775-782.
- Hernández, A.J. y J. Pastor. 1989. Técnicas analíticas para el estudio de las interacciones suelo-planta. Henares, Rev. Geol., 3: 67-102.
- Ho, S.; W.C. Boyle y R.K. Ham. 1974. Chemical treatment of leachates from sanitary landfills. J. Water Pollut. Control Fed., 76: 1776-1791.
- Murray, J.P.; J.V. Rouse y A.B. Carpenter. 1981. Ground water contamination by sanitary landfills leachates and domestic water in carbonate terrain. Water Res., 15: 745-757.
- Pastor, J.; M.J. Adarve; A. Urcelay y A.J. Hernández. 1991. Aproximación al estudio del impacto de los residuos urbanos sobre el medio natural y social. En: Residuos sólidos y líquidos: su mejor destino. Ed: ANQUE, Madrid. Vol 1: 57-64.
- Pastor, J.; M. Alfa; A.J. Hernández; A. Gil y A. Urcelay. 1992a. Inorganic contaminants from disturbed soils and municipal landfills sites in central Spain. Ed: ATEGRUS-ISWA, Bilbao, pp:445-450.
- Pastor, J.; A.J. Hernández; M.J. Adarve y A. Urcelay. 1993a. Some chemical characteristics of sedimentary soils in the mediterranean environment: a comparison of undisturbed and disturbed soils. Appl. Geochem., Sp.Is. No. 2 pp. 195-198.
- Pastor, J.; A. Urcelay; M.J. Adarve; A.J. Hernández y A. Sánchez. 1993b. Aspects of the contamination produced by domestic waste landfilling on receiving waters in Madrid Province. En: B. Nath, L. Candela, L. Hens and J.P. Robinson (eds.). Environmental Pollution. Science Policy. Engineering. European Centre for Pollution Research. pp. 750.
- Pastor, J.; A. Urcelay; A.J. Hernández; M.J. Adarve y A. García. 1992b. Estudio comparado de características edáficas en vertederos sellados con materiales arcósicos y suelos del entorno. III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Ed. S.E.C.S., pp: 576-580.
- Robinson H.D. y P.J. Maris. 1983. The treatment of leachates from domestic wastes in landfills. Water Res., 17: 1537-1548.

TABLA 1 FACTORES FISICOS DEL SUELO

VERTIEDEROS

	Capac campo	Punto march	Agua util	F>2mm	Arc %	Limo %	Arena fina %	Arena grue %	Arena Total %	Perme	Dens apar	Is	Suelo desn %	Pdte Piedras % superf %
V-1	16.3	9.5	6.8	35.3	18.4	24.1	23.2	34.3	57.5	16.0	1.51	2.46	53.0	4.0 1.0
V-2	10.5	5.9	4.6	11.5	18.4	16.1	16.9	48.6	65.5	33.0	1.66	3.64	58.0	7.0 0.9
V-3	16.5	10.0	6.5	10.3	16.3	25.1	26.7	31.9	58.6	20.0	1.48	2.12	81.0	6.0 0.4
V-4	12.2	7.2	5.0	12.3	18.2	16.1	19.6	46.1	65.7	12.0	1.66	2.23	62.0	13.4 4.3
V-5	16.4	8.0	8.4	13.4	19.8	21.2	16.2	42.8	59.0	46.0	1.51	5.70	63.0	15.2 0.8
V-6	9.1	4.7	4.4	8.6	11.3	17.0	26.9	44.8	71.7	48.0	1.51	1.62	53.0	12.0 0.0
V-7	13.0	6.3	6.7	15.4	16.9	17.9	25.2	40.0	65.2	23.0	1.54	1.76	72.0	12.3 1.0
V-8	12.7	6.4	6.3	21.0	16.8	19.0	18.1	46.1	64.2	90.0	1.55	2.54	74.0	15.2 1.5

SUELOS DE PASTO COLINDANTES CON LOS VERTIEDEROS

	Capac campo	Punto march	Agua util	F>2mm	Arc %	Limo %	Arena fina %	Arena grue %	Arena Total %	Perme	Dens apar	Is	Suelo desn %	Pdte Piedras % superf %
PV-1	15.0	9.2	5.8	14.9	24.6	18.9	9.4	47.1	56.5	59.0	1.41	2.91	39.0	4.5 0.0
PV-2	11.7	6.3	5.4	16.2	18.2	22.3	2.8	46.7	49.5	117.0	1.55	1.58	11.0	9.0 0.0
PV-3	15.5	9.0	6.5	22.1	24.4	21.0	18.5	36.1	54.6	56.0	1.42	1.07	9.0	10.0 1.3
PV-4	13.5	7.8	5.7	14.3	14.9	15.5	15.6	54.0	69.6	154.0	1.36	0.75	56.0	0.0 0.4
PV-5	8.9	3.6	5.3	10.4	8.1	17.5	17.6	56.8	74.4	79.0	1.32	0.95	13.0	0.0 0.0
PV-6	10.4	6.4	4.0	23.2	11.8	13.1	11.4	63.7	75.1	136.0	1.53	1.22	4.0	13.0 0.3
PV-7	12.8	7.4	5.4	24.3	17.7	15.2	15.2	51.9	67.1	164.0	1.35	0.90	24.0	9.1 0.5
PV-8	12.6	9.0	3.6	13.2	10.4	15.7	9.7	64.2	73.9	213.0	1.34	0.68	8.0	10.2 0.0
PV-9	14.4	9.7	4.7	15.0	19.5	18.1	18.4	44.0	62.4	110.0	1.39	2.87	3.0	13.2 0.0

SUELOS DE COMUNIDADES DE PASTO DEL AREA

	Capac campo	Punto march	Agua util	F>2mm	Arc %	Limo %	Arena fina %	Arena grue %	Arena Total %	Perme	Dens apar	Is	Suelo desn %	Pdte Piedras % superf %
P-1	16.1	10.7	5.4	9.5	26.8	10.4	19.5	43.3	62.8	64.0	1.49	2.03	21.0	0.0 0.0
P-2	18.4	7.6	10.8	18.6	15.2	19.5	11.0	54.3	65.3	86.0	1.39	0.88	31.0	6.0 0.4
P-3	25.1	13.9	11.2	32.1	21.1	14.0	13.8	51.1	64.9	129.0	1.27	0.71	11.0	14.0 0.3
P-4	15.9	9.6	6.3	26.5	18.1	18.3	17.8	45.8	63.6	113.0	1.30	0.91	33.0	6.4 0.0
P-5	13.8	9.0	4.8	11.2	16.2	10.7	29.9	43.2	73.1	87.0	1.35	0.94	10.0	5.0 0.0
P-6	18.5	10.9	7.6	12.2	21.9	13.9	26.4	37.8	64.2	14.0	1.28	1.26	16.0	6.0 0.0
P-7	19.7	12.1	7.6	28.8	30.8	12.3	12.4	44.5	56.9	39.0	1.50	1.11	48.0	10.0 0.8
P-8	13.1	7.2	5.9	30.7	16.5	12.2	12.3	59.0	71.3	68.0	1.43	1.60	1.0	7.0 0.0
P-9	27.8	14.2	13.6	33.3	21.5	15.1	13.2	50.2	63.4	119.0	1.30	0.67	2.0	8.2 1.0
P-10	12.7	7.0	5.7	27.3	13.2	16.7	12.4	64.6	77.0	142.0	1.39	1.33	47.0	13.2 0.0
P-11	8.2	3.8	4.4	11.0	9.2	13.5	17.6	56.5	74.1	81.0	1.42	1.12	25.0	8.3 0.6

VERTIEDEROS

	ELEMENTOS TRAZA (mg/kg soil)										ANIONES SOLUBLES (mg/100g)					pH	Materia organ. %	N % Total	Conduct S/cm	Na	K	Ca	Mg
	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	B	Co	F	Cl	NO ₃	SO ₄	PO ₄									
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg									
V-1	13690	195	37.5	7.5	0	0	+	4.1	2.16	22.74	1.24	23.44	0.5										
V-2	6856	172	23.8	3.8	0	0	4.1	+	0.05	13.37	1.76	18.33	0.5										
V-3	14803	202	32.8	5.9	0	0	13.4	0.0	2.08	68.31	1.12	31.32	0.0										
V-4	9406	83	26.9	4.4	797	0	4.1	0.0	1.78	25.94	3.86	19.67	0.0										
V-5	7009	56	22.2	+	0	0	7.2	0.0	1.18	23.10	2.70	68.31	0.0										
V-6	5047	107	13.8	+	0	0	+	0.0	1.17	13.21	4.84	14.29	0.0										
V-7	7728	125	22.8	4.4	0	0	+	36.9	1.45	4.30	2.03	19.01	0.0										
V-8	6950	102	21.6	3.1	0	0	8.4	+	1.22	4.52	1.65	20.88	0.0										

SUELOS DE PASTO COLINDANTES CON LOS VERTIEDEROS

	ELEMENTOS TRAZA (mg/kg soil)										ANIONES SOLUBLES (mg/100g)					pH	Materia organ. %	N % Total	Conduct S/cm	Na	K	Ca	Mg
	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	B	Co	F	Cl	NO ₃	SO ₄	PO ₄									
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg									
PV-1	8928	87	23.1	3.4	0.0	0	6.3	0	1.48	2.62	0.53	3.35	0.0										
PV-2	7531	126	20.6	3.4	0.0	0	4.1	0	0.09	1.43	0.62	3.28	0.0										
PV-3	10021	105	25.3	4.4	0.0	0	5.0	0	0.22	3.47	0.81	3.78	0.0										
PV-4	4703	56	30.6	5.3	10.6	0	5.3	+	0.48	3.59	1.20	5.45	0.0										
PV-5	2903	105	18.1	+	6.3	0	0.0	0	0.19	3.92	4.11	9.52	0.0										
PV-6	3822	48	22.2	+	3.8	0	0.0	0	0.56	6.36	1.06	5.66	0.0										
PV-7	6053	47	27.2	22.5	4.4	0	0.0	0	0.46	3.22	2.02	3.21	0.0										
PV-8	5653	53	26.9	4.7	11.3	0	0.0	0	0.47	8.68	4.80	6.20	1.9										
PV-9	9106	128	28.8	3.8	4.4	0	0.0	20	0.43	7.26	2.07	5.12	0.0										
PV-10	7156	115	20.0	5.0	0.0	0	+	+															

SUELOS DE COMUNIDADES DE PASTO DEL AREA

	ELEMENTOS TRAZA (mg/kg soil)										CATIONES SOLUBLES (mg/100g)					pH	Materia organ. %	N % Total	Conduct S/cm	Na	K	Ca	Mg
	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	B	Co	F	Cl	NO ₃	SO ₄	PO ₄									
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg									
P-1	9600	73	25.6	+	0.0	0	3.4	+	1.65	3.97	1.77	9.67	0.0										
P-2	4206	40	13.4	0.0	0.0	0	0.0	0	2.20	5.95	1.54	4.04	3.4										
P-3	11525	90	27.2	5.6	0.0	0	+	0	2.02	6.45	2.11	5.07	0.0										
P-4	7956	75	20.6	3.1	5.0	0	5.6	0	1.29	2.98	1.19	6.44	0.5										
P-5	7706	109	19.4	+	0.0	0	+	0	0.05	7.12	1.77	17.90	0.5										
P-6	7390	79	23.1	+	0.0	0	+	0	1.08	4.86	1.57	5.08	0.5										
P-7	10859	66	24.4	3.5	+	0	5.9	0	0.82	3.38	0.74	3.74	0.5										
P-8	10506	139	25.6	4.1	0.0	0	4.4	0	0.75	3.96	1.06	4.52	0.5										
P-9	9400	118	29.5	0.0	0.0	0	5.5	0	0.73	3.85	1.92	5.86	0.0										
P-10	2850	46	19.0	0.0	0.0	0	+	0	0.89	1.56	1.63	3.60	0.5										
P-11	2315	92	9.7	0.0	0	0	+	0	0.05	9.63	10.43	4.47	0.0										

Tabla 3. Muestras de agua recogidas en vertederos.

	pH	COND. (s)	ANIONES (ppm)					
			Fl ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	PO ₄ ⁻³	
VERTEDEROS								
AGUAS SUPERFICIALES								
Lixiviados de lluvia	1	6.8	516	0.81	78.0	16.5	131.8	0.0
	2	7.5	530	0.80	84.5	16.2	135.5	0.0
	3	7.3	1058	1.00	166.6	-	383.7	0.0
Charcos	1	6.9	628	-	139.7	8.3	163.3	0.0
	2	6.9	544	0.70	77.1	+	135.6	0.0
AGUA DE ARROYOS AFECTADOS								
Arroyos próximos circundantes	1	5.9	6700	0.00	18.0	828.0	2743.0	0.0
	2	6.8	6450	0.80	1774.0	1967.0	4326.0	-
Arroyos alejados aguas abajo	1	7.5	500	0.00	38.0	36.0	34.0	0.0

COND. Conductividad, - No determinado, + Trazas.