

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.



Departamento de Geología. Área de Petrología y Geoquímica.

Universidad de Salamanca-Facultad de ciencias.

Marta Septién Rodríguez.

2011

Tutores: M^a Dolores Pereira Gómez

Luis José Proença de Figueiredo Neves

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Dña. María Dolores Pereira Gómez, Profesora Titular del Área de Petrología y Geoquímica del Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca.

D. Luis José Proença de Figueiredo Neves, Profesor Catedrático del Área de Mineralogía, Petrología y Geoquímica del departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Coímbra.

CERTIFICAN:

Que el Trabajo Fin de Carrera Titulado **“Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos; el caso de Villamayor”** ha sido realizado bajo su tutela por Dña. Marta Septién Rodríguez.

Salamanca, 12 de Septiembre de 2011.



Dr. D. Luis José Proença de Figueiredo Neves

Dra. Dña. María Dolores Pereira Gómez

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Agradecimientos

A Lola Pereira, por ayudarme y apoyarme en la realización de este trabajo y transmitirme sus conocimientos.

A Luis Proença de Figueiredo por su ayuda en el análisis de muestras.

A mis amigas y amigos que siempre han estado ahí apoyando y dando ánimos, en concreto a Bea, Cheto y Rizos. Gracias por estar a mi lado durante estos 20 años.

A mis compañeras y amigas de la facultad que han pasado esta etapa conmigo.

Y como no a mi familia, mis padres que ellos son los que empezaron el proyecto para que yo pueda estar aquí.

El trabajo de campo y la analítica para este trabajo han sido realizados con fondos del proyecto de investigación SA110A09 de la Junta de Castilla y León.

Este trabajo se ha realizado en el marco de trabajo del Grupo de Investigación Reconocido "Caracterización de Geomateriales", de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

1. INTRODUCCIÓN:	6
1.1 <i>RADIATIVIDAD NATURAL:</i>	7
1.2 <i>RADIATIVIDAD ARTIFICIAL:</i>	8
2. SITUACION GEOGRAFICA	10
3. MARCO GEOLOGICO:	15
4. ANTECEDENTES:	23
5. METODOLOGÍA DE TRABAJO:	27
5.1. <i>TRABAJO DE CAMPO:</i>	29
5.2. <i>TRABAJO DE LABORATORIO:</i>	32
5.3 <i>TRABAJO DE GABINETE:</i>	36
6. OBJETIVOS:	38
7. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS:	39
7.1 <i>Elementos mayores:</i>	40
7.2 <i>Elementos traza:</i>	42
7.3 <i>Parámetros Radiactivos:</i>	55
8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES:	60
9. BIBLIOGRAFÍA:	62
10. ANEXO I:	65
11. ANEXO II:	77

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

1. INTRODUCCIÓN:

La gestión de residuos es un problema importante a nivel Mundial. Las poblaciones de los países en desarrollo están creciendo rápidamente y, cada vez más, llegando a ser zonas urbanizadas. En los países desarrollados, el consumismo lleva a la sustitución rápida de las mercancías y grandes cantidades de envases desechados. Ambas tendencias llevan a los crecientes volúmenes de residuos que deben tratarse. (Proske et al, 2005)

Los residuos se pueden clasificar, en términos generales, como:

- **Los residuos inertes**, incluyendo muchos minerales y residuos de la ingeniería y la construcción y demolición. Estos son materiales que generalmente se pueden eliminar sin efectos ambientales adversos. Sin embargo, gran parte tiene el potencial de ser reutilizados o reciclados como, por ejemplo, la construcción total o relleno de construcción.
- **Residuos municipales**, incluyendo desechos domésticos y comerciales. Estos contienen una gran cantidad de material biodegradable desechado los productos alimenticios como la que dar lugar, en la descomposición, a los gases como el metano y dióxido de carbono. La composición de los residuos es heterogénea, por lo tanto una amplia gama de compuestos puede ser lixiviado por el paso del agua. Estos pueden contaminar el agua subterránea o de superficie. Sin embargo, desechos municipales contienen una amplia gama de materiales que se pueden reciclar si las circunstancias económicas son correctas. Estos incluyen el papel, metales y algunos plásticos.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

- **Residuos especiales**, incluyendo, por ejemplo, residuos industriales y otros desechos que son realmente, o potencialmente, tóxicos o de otra manera perjudicial. Estos deben ser administrados, con especial cuidado, en instalaciones especialmente construidas. Las perspectivas de reciclado son limitadas.
- **Desechos radiactivos**, algunos de los residuos radiactivos de bajo nivel se trata de pequeñas cantidades de residuos especiales, pero la mayoría requiere de un manejo y las condiciones de conservación o eliminación, que difieren de otros tipos de residuos.

1.1 RADIATIVIDAD NATURAL:

La radiactividad natural es inherente a la vida sobre el planeta Tierra. Estamos expuestos a radiaciones procedentes de varias fuentes naturales, desde las que tienen origen en el espacio a las asociadas al sustrato sobre el que vivimos. Desde los orígenes de la Tierra y hasta hace aproximadamente un siglo, la única exposición procedía de estas fuentes naturales de radiación. A éstas han venido a sumarse, desde el descubrimiento de la radiactividad, otras surgidas de las aplicaciones de dicho descubrimiento y que denominamos “fuentes artificiales”. Actualmente, por tanto, el nivel de exposición causante de la dosis de radiación que recibe la población procede de un conjunto de fuentes, clasificadas por su origen en naturales y artificiales, que tienen distinta intensidad.

La exposición a las radiaciones ionizantes, cualquiera que sea su origen, puede causar efectos perjudiciales sobre la salud.

La exposición, debida a las fuentes terrestres tanto en interiores como en exteriores, procede de los elementos radiactivos naturales presentes en los materiales de la corteza terrestre y su distribución en otros componentes de la

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

biosfera. Dichos elementos son los llamados primordiales, como el K, y los componentes de series radiactivas naturales cuyos elementos, U y Th, existen en la tierra desde su formación dados sus muy largos periodos de semidesintegración.

El Rn es un gas noble radiactivo que se encuentra en las rocas. Este elemento está generado por la transformación del U, elemento químico presente en cantidades variables en las rocas.

Actualmente, las implicaciones ambientales derivadas de la presencia de Rn en sistemas geológicos constituyen una preocupación para los organismos oficiales de diversos países. Las mayores concentraciones de Rn observadas en distintos estudios pertenecían a zonas cuyo sustrato geológico estaba formado fundamentalmente por granitos. De entre todas las variedades de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias que se encuentran en el planeta, los granitos, son los que normalmente incorpora mayores valores de U.

1.2 RADIATIVIDAD ARTIFICIAL:

Entre las posibles fuentes de radiactividad artificial contribuyentes a la dosis de radiación que recibe la población, se encuentran las exposiciones médicas, el ciclo del combustible nuclear, incluyendo las operaciones de centrales nucleares, las antiguas explosiones nucleares en atmósfera, causantes de contaminación a escala mundial y los accidentes nucleares con consecuencias ambientales. Otras fuentes de uso industrial, limitan su posible exposición a los profesionales que las manejan, sin afectar a la población general, salvo pérdida de control o accidente. Con excepción de las exposiciones médicas, cuya contribución a la dosis promedio se estima en 0,4 mSv por año, el resto de fuentes artificiales tiene escasa contribución a la dosis promedio de la población. A pesar de ello, la preocupación social es mucho mayor para este tipo de emisiones, menos contribuyentes a la exposición total.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Una vez introducidos los tipos de radiactividad que existen, hago una breve reseña a los objetivos principales del trabajo ya que existe una cierta posibilidad de que residuos considerados peligrosos en cuanto a su radiactividad terminen en vertederos de residuos urbanos por descuido o negligencia.

Por ello, el objetivo general de nuestro trabajo es estudiar la posible radiactividad asociada a un vertedero de residuos sólidos urbanos y la posible contaminación del suelo por metales pesados.

Con estos dos objetivos principales intentaremos hacer una interpretación de los valores que se detectan en cuanto a radiactividad y elementos metálicos, para poder decir si el estado del suelo de los alrededores de un vertedero de residuos urbanos se encuentra en unas condiciones adecuadas para que en los alrededores se encuentre una urbanización y centro de ocio.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

2. SITUACION GEOGRAFICA:

El área objeto de este trabajo se localiza en los alrededores de la localidad de Villamayor de la Armuña en la parte centro-noreste de la provincia de Salamanca. (Véase figura 2.1 y 2.2).



Figura 2.1.- Localización de Villamayor en la provincia de Salamanca

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

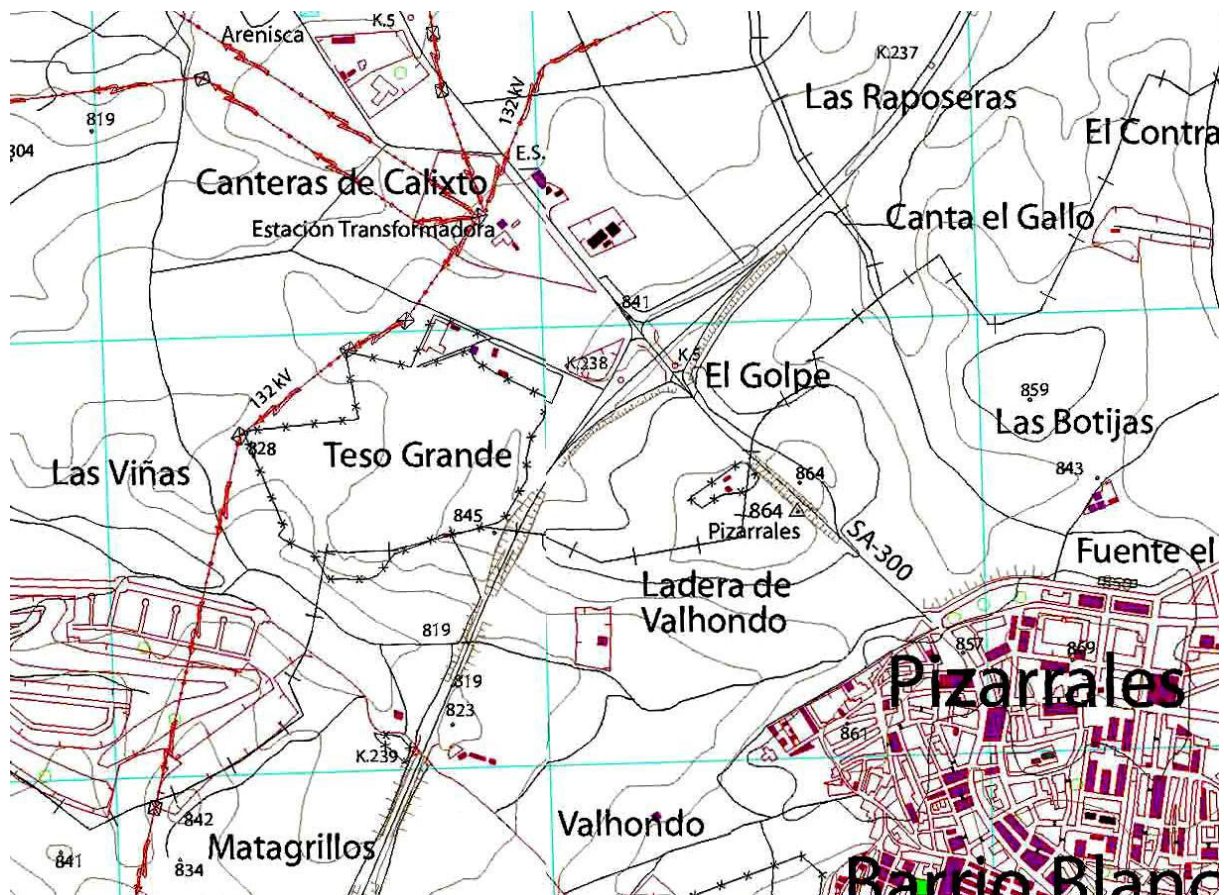


Figura 2.2.- Imagen del mapa digital de Salamanca a escala 1:25.000 (Hojas 478-I y II, edición de 2001) mostrando el vertedero en el denominado Teso Grande.

El vertedero de Villamayor se encuentra en una zona de vaguada en el paraje del Teso Grande, a 2 kilómetros del Río Tormes (figura 2.2). Según el informe de la Agenda 21 sobre Villamayor de la Armuña (Lucas et al., 2003), está situado supuestamente sobre terrenos impermeables, pero no hay ningún dato publicado sobre ello ni existen estudios geotécnicos previos a su construcción. Es difícil conocer las verdaderas condiciones hidrológicas actuales de la zona.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

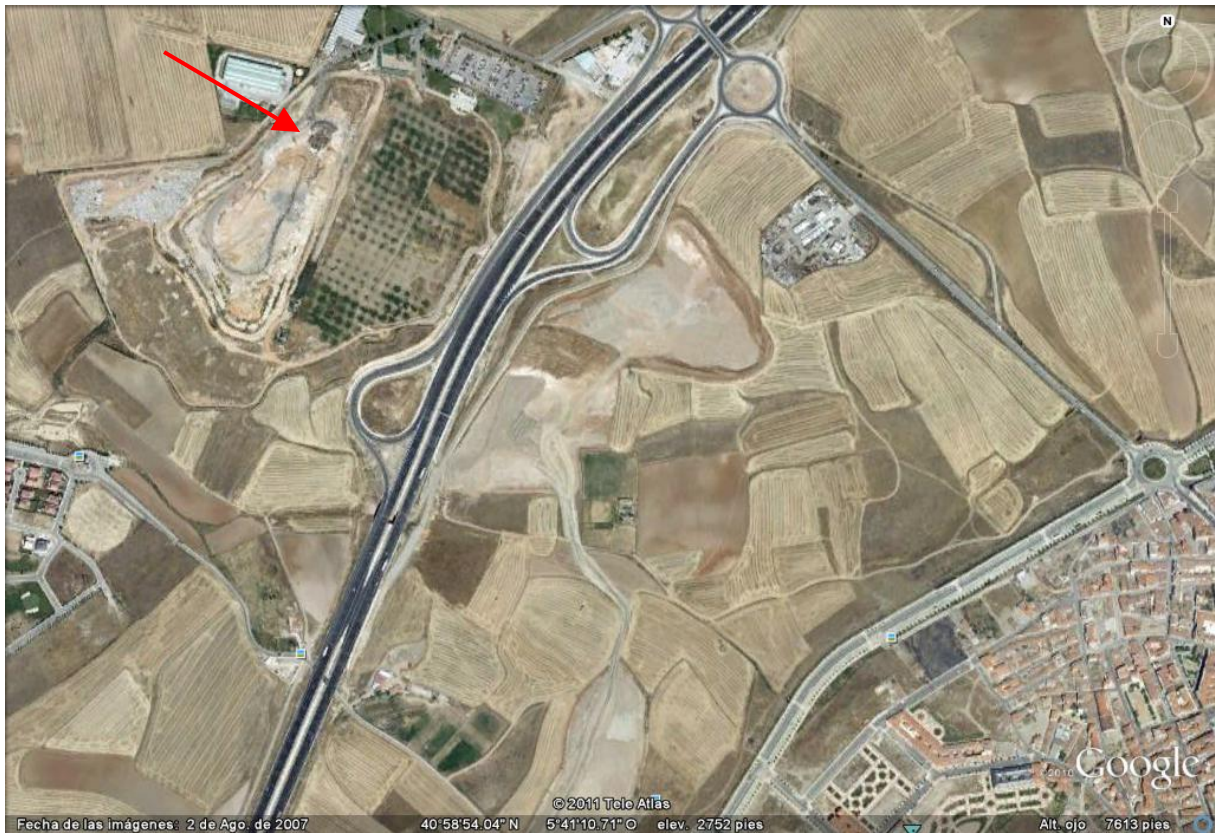


Figura 2.3.- situación del vertedero entre las localidades de Salamanca, al sur y Villamayor de la Armuña, al norte. (Google earth, 2011)

La provincia de Salamanca, con una extensión de 12.336km^2 , está condicionada por la morfología de la zona. Encontramos desde zonas de montaña, que rodean la provincia, a zonas de penillanura, y en el interior de la provincia tenemos zonas de páramos y cuestas que accidentan el relieve.

La penillanura es la parte más destacable de la orografía de esta zona, en la cual destaca principalmente la localizada en la parte meridional de la provincia. Estas penillanuras se han formado por el arrasamiento de la antigua alineación Hercínica, que hace posible el afloramiento del zócalo, cuya heterogénea naturaleza geológica es la responsable de la formación de la penillanura poligénica (Atlas de España, 1992).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Las diferentes penillanuras se sitúan sobre materiales graníticos, metamórficos y esquistoso-grauvaquicos, localizándose estos últimos en la parte meridional de Salamanca. Se caracterizan por la presencia de relieves residuales y por procesos de hundimiento, que forman cubetas. Todos estos relieves han sido posteriormente cubiertos y colmatados por materiales terciarios y seguidamente de materiales miocénicos. Estos procesos han dado como resultado la formación de un relieve modelado, con extensas llanuras escalonadas, y hacia la parte Noroeste de la provincia, los relieves ondulados generados en estas zonas de penillanura se han ido suavizando (Atlas de España, 1992).

Es de destacar el relieve de las altas llanuras desecadas, formadas en plataformas detríticas construidas sobre depósitos aluviales. La nota más característica de la morfología es, por tanto, la dualidad existente entre los páramos y las campiñas (Atlas de España, 1992).

Con respecto a la tectónica de la zona, existen una serie de fracturas, generadas durante las dos orogenias que afectaron a los materiales: la Hercínica y la Alpina. Estas franjas deprimidas han sido aprovechadas posteriormente para el encauzamiento de la red hidrográfica de la provincia y la comunidad. La red fluvial en la provincia está formada por el río Duero y sus afluentes, entre ellos el río Tormes, que es el que discurre próximo a la zona de trabajo, hacia la parte Oeste.

El clima de la zona es de tipo continental, con alguna influencia atlántica. Presenta inviernos largos y fríos, y veranos cortos y frescos, con aparición esporádica de algunas tormentas. Las temperaturas medias en el invierno son de 3º a 4ºC, aunque en ocasiones aparecen valores extremos de 15º y 18ºC negativos. Los veranos, por su parte, presentan una temperatura media de 21ºC, pero también en ocasiones se llagan a alcanzar valores de hasta 35º ó 40ºC. La precipitación anual que se registra es de unos 400 mm a 600mm, aproximadamente, y aunque es irregular a lo largo de todo el año, se producen principalmente en las estaciones de otoño y primavera. Además hay que considerar la diferente cantidad de

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

precipitaciones que se dan en unos puntos de la provincia a otros, debido al cambio de orografía, siendo en las zonas de montaña donde se da la mayor cantidad de lluvia (Atlas de España, 1992).

La vegetación de la provincia de Salamanca está marcada sobre todo por la existencia de encinares. A parte de esto también tenemos zonas de pinares, matorrales, arbustos y grandes extensiones de terreno utilizados para el cultivo, además de pastizales (Mapa Agronómico Nacional, 1970; García, 2002).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

3. MARCO GEOLOGICO:

El material geológico, sobre el que se asienta el vertedero de Salamanca fue descrito en el trabajo de Sanchón (2008). Y a continuación se presenta un resumen del mismo.

Las formaciones superficiales de la provincia de Salamanca se sitúan geológicamente en dos unidades estructurales fundamentales: la Zona Centroibérica del Macizo Hespérico, según la clasificación de Julivert et al (1974) (figura 3.1), y la Zona de la Cuenca del Duero (Mapa Geológico y minero de España).



Figura 3.1.- División del Macizo Ibérico, según Julivert et al. (1974).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Desde el punto de vista estructural, la Zona Centroibérica se divide en dos dominios formados durante la primera fase Hercínica: el Dominio de Pliegues Verticales y el Dominio de Pliegues Acostados (Mapa Geológico y Minero de Castilla y León, 1998).

La parte de la provincia de Salamanca que aparece en la hoja 478 (figura 3.2) se encuentra dentro del Dominio de Pliegues Verticales. Los materiales que encontramos son en un 40% metasedimentos véndico-cámbricos y ordovícicos; el resto de los materiales son terciarios y cuaternarios.

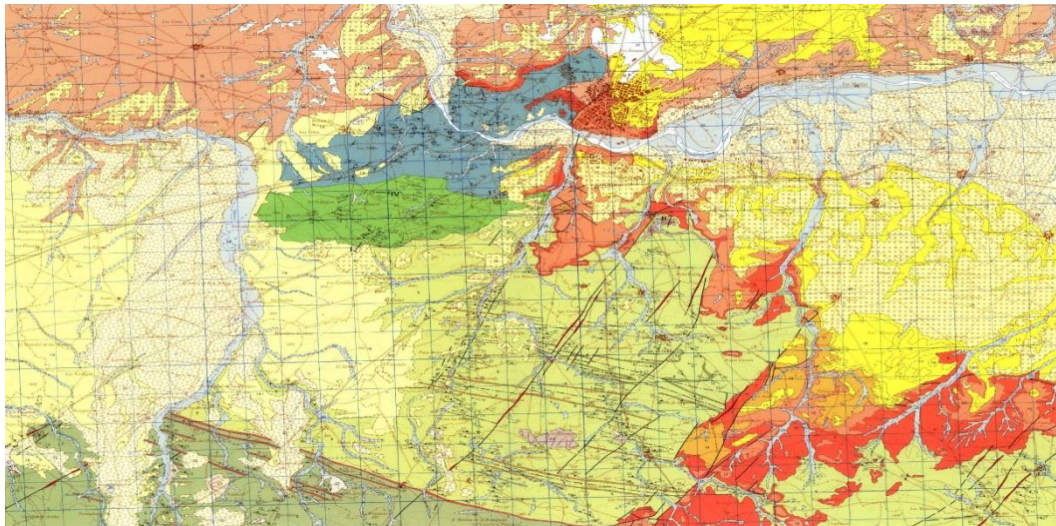


Figura 3.2.- Mapa geológico de la zona de estudio (Mapa Geológico de España (1996): Escala 1:50.000, nº 478).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septián Rodríguez

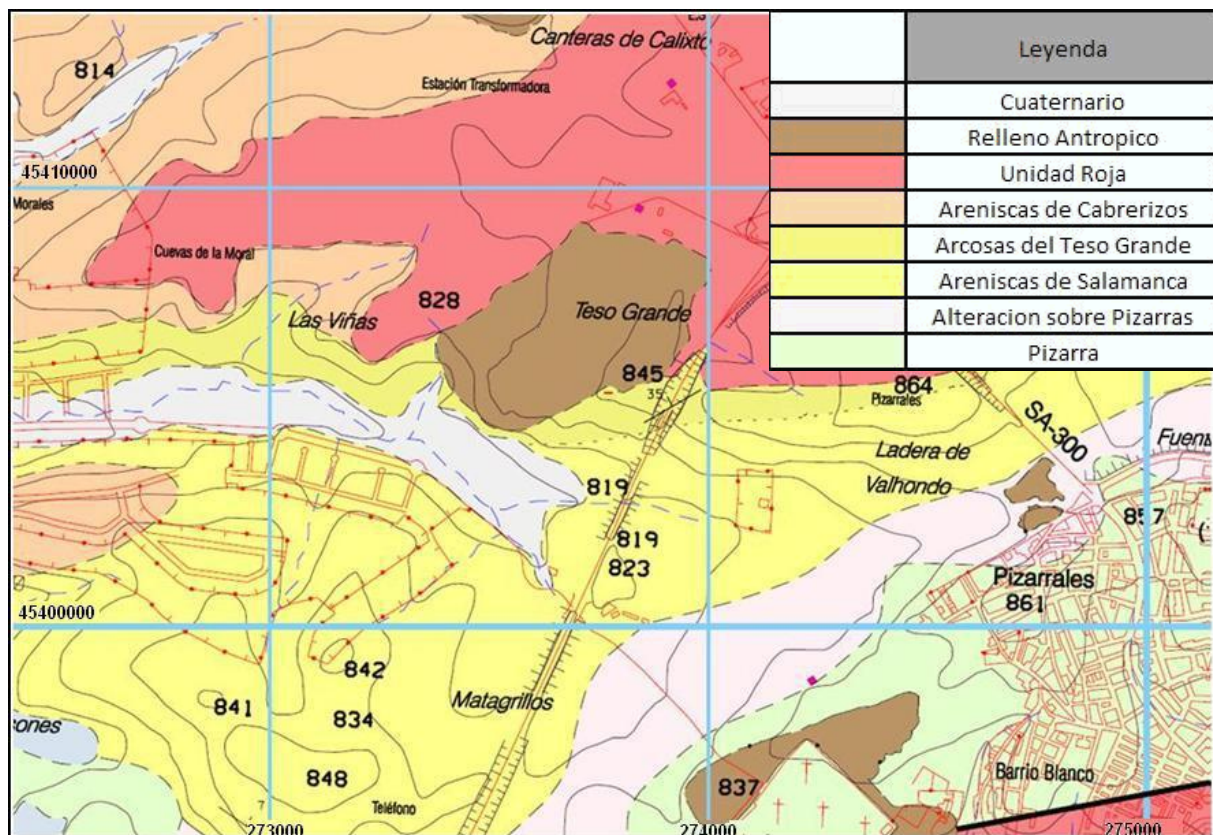


Figura 3.3.- Mapa geológico de los alrededores del Teso Grande, (Nespereira, 2006)

La Zona Centro ibérica se vio afectada por dos importantes orogenias: la Orogenia Hercínica y la Orogenia Alpina.

La Orogenia Hercínica afectó a los materiales véndico-cámbricos y ordovícicos, por medio de una deformación polifásica, existiendo tres fases principales de deformación, más una fase tardihercínica; a esta orogenia se le han asociado además de procesos de metamorfismo y plutonismo.

Las estructuras formadas son principalmente pliegues con foliación asociada y cabalgamientos, pero también aparecen zonas de cizallas extensionales y transcurrentes (Mapa Geológico de España, 1996; Mapa Geológico y Minero de Castilla y León, 1998).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

- La primera fase Hercínica, se caracteriza por ser una fase compresiva relacionada con un acortamiento, dando lugar a un plegamiento de los materiales precámbricos y paleozoicos.

Junto con el engrosamiento cortical de esta fase, se produce un metamorfismo progrado de presión intermedia.

En el material que aparece en la hoja de Salamanca aparecen pliegues de dirección NO-SE con un plano axial subvertical con una esquistosidad (S1) asociada, debidas todas las estructuras a la deformación D1.

- La segunda fase Hercínica, en algunos casos se caracteriza por la continuación de la deformación compresiva de la anterior fase. Las estructuras que se generan son cabalgamientos dúctiles y pliegues aplastados.

En cuanto al metamorfismo, en un principio es de grado medio a medio-alto, y posteriormente se presenta un cambio a unas condiciones de menor presión, que posiblemente pudo ser de carácter isotérmico.

Observamos en los materiales cartografiados en la hoja de Salamanca, como la intensidad del cizallamiento aumenta en las zonas más profundas dando pliegues fuertemente apretados, asimétricos y con charnelas curvas. Junto con los pliegues generados por la cizalla dúctil, aparece asociada una esquistosidad (S2).

- La tercera fase Hercínica, se trata de una nueva etapa compresiva relacionada con un acortamiento, que da lugar a un plegamiento y a un cizallamiento que afecta a las anteriores fases.

Durante la tercera fase se da una esquistosidad (S3), que provoca la crenulación de la anterior.

Con los materiales que aparecen en la Hoja de Salamanca, vemos como por el desarrollo de esta fase se producen pliegues de todo orden. Las isogradas del metamorfismo progrado que se da en la zona son afectadas por las

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

macroestructuras de esta fase. Además, se reconocen frecuentemente fallas y zonas de cizallas subverticales que pasan posteriormente a subhorizontales, de forma que son coherentes con el acortamiento sufrido en la región.

- La fase tardihercínica, se caracteriza por la existencia de una fracturación general, observándose la presencia de una familia de fallas de dirección NE-SO. Durante esta etapa, algunas estructuras rejuegan con cizallas subverticales o fallas normales, formándose de esta manera nuevos sistemas conjugados de cizallas. También se dan fallas y pliegues muy abiertos con diversas direcciones.

Los materiales cartografiados en la Hoja de Salamanca, tienen muy poco desarrollado, apareciendo únicamente en tramos pelíticos. No aparecen macro ni mesopliegues, aunque si tenemos algún pequeño pliegue de plano axial subvertical.

La Orogenia Alpina, se caracteriza por una tectónica frágil, que a escala regional da una serie de fracturas con una componente de movimiento horizontal. La actividad de estos rejuegos mesozoicos y alpinos, además afectó al registro sedimentario cenozoico. La actividad, durante este periodo generó algunos indicios indirectos como son lineaciones y alguna anomalía geográfica o geológica (Mapa Geológico de España, 1996; Mapa Geológico y Minero de Castilla y León, 1998).

La cuenca del Duero (figura 3.4), es una importante depresión de 50.000 Km² generada por el hundimiento del Macizo Hespérico, y que se ha rellenado por sedimentos continentales de edad terciaria y de una gran variedad litológica.

Es una cuenca intraplaca asimétrica de evolución compleja, con espesores que varían entre 400 metros en la zona sur y oeste a unos 3000 metros en el norte y

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

este, junto con la primera fase compresiva de la Orogenia Alpina, siguiendo las directrices tardihercínicas.

El origen y evolución de la cuenca y de sus satélites periféricas se debe a diversos factores que han concurrido en ella, como el contexto estructural, las últimas etapas compresivas, el diferente tectonismo de los bordes, la variedad litológica y finalmente por la evolución paleoclimática.

La Cuenca del Duero se ha formado por el transcurso de diferentes etapas geológicas (Mapa Geológico y Minero de Castilla y León, 1998):

- La primera fase se originó a finales del cretácico, en la que se dan diferentes procesos de sedimentación de distintas litologías.
- La segunda fase, producida en el Eoceno Medio, comienza con un importante relleno sedimentario de diversas litologías.
- La tercera fase de relleno, sucede con la última ruptura, en el periodo del Mioceno inferior- Plioceno.
- La cuarta y última fase, va desde el Plioceno hasta la actualidad, produciéndose un vaciado de los materiales terciarios que serán sustituidos por los cuaternarios, dando lugar a la apertura de la cuenca hacia el Atlántico.

Todos los procesos evolutivos han quedado reflejados en la geología de la ciudad de Salamanca y en sus alrededores. El basamento está constituido, por materiales paleozoicos de naturaleza pizarrosa y cuarcítica, y en ellos han quedado marcada la acción de las Orogenias Hercínica y Alpina. Sobre todo ello, se han situado los materiales terciarios, en los que se evidencian los procesos de desarrollo por los que ha pasado la Cuenca del Duero. Los materiales más recientes, son los depositados por la red fluvial y también por la evolución actual del relieve. Existe a la

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

vez, un registro cada vez más importante que refleja la acción humana en el entorno geológico: los rellenos antrópicos (Nespereira, 2006).

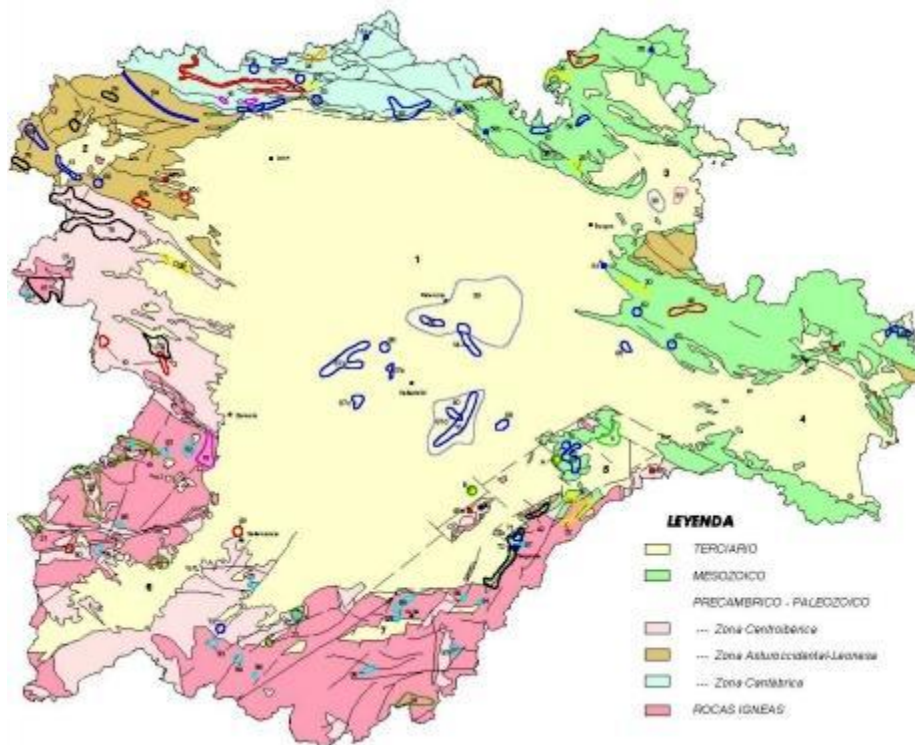


Figura 3.4.- Esquema geológico de la cuenca del Duero. (SIEMCALSA, 1998)

Sobre todos los materiales afectados por las orogenias, metamorfismos y procesos de sedimentación, se han desarrollado suelos de litologías y características variadas. De esta forma, sobre las rocas metamórficas como las pizarras y las cuarcitas, se han producido suelos ácidos, del tipo regosoles, litosoles y luvisoles, mientras que sobre depósitos del terciario, tales como los conglomerados, areniscas, arcillas, calizas y margas se han desarrollado suelos de tipo litosoles, regosoles, cambisoles y vertisoles (Santos & García, 1993).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez



Figura 3.5.- Material sobre el que se asienta el vertedero de Salamanca (Sanchón, 2008).

El vertedero de Salamanca se localiza asentado sobre los materiales de las Arcosas del Teso Grande (Figura 3.5), formadas por una alternancia de tramos arenosos heterométricos con matriz limosa y arcillosa y con tramos limo-arcillosos, con cantos en su mayoría de cuarzo, y donde se ha desarrollado un suelo de tipo luvisol (Nespereira, 2006).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

4. ANTECEDENTES:

La contaminación del aire, agua y suelo es cada vez más evidente, se llevan a cabo actualmente una serie de trabajos para evaluarla.

En cuanto al agua y aire, existen muy diferentes formas de evitar y tratar su contaminación, para lo que se utilizan diferentes filtros, tratamientos químicos, etc. Pero es lo que se refiere al suelo, la forma de intentar evitar y tratar una posible contaminación es más dificultosa y bastante más costosa.

En diferentes países se han realizado estudios cartográficos para caracterizar cada tipo de suelo, de forma que se pueda saber que actividades son más o menos indicadas para que se desarrollen sobre él. Todo esto ha llevado a la elaboración de ciertas normativas sobre el contenido de elementos traza en algunos países, tales como la normativa holandesa, o a nivel más amplio la normativa europea. De esta forma se establecen los valores de los elementos que son más admisibles, hasta cierto punto, en los diferentes tipos de suelos. En esta norma, existen dos parámetros a tener en cuenta: el valor objetivo, el cual determina los valores para los que el suelo es aceptable para una determinada actividad, y el valor de intervención, siendo este el que indica que en ese suelo existe una clara contaminación y precisa una intervención descontaminante. Además existe una guía de la calidad del suelo, realizada por la Generalitat de Cataluña, sobre el suelo de esta comunidad, y que puede ser aplicada a otras zonas de nuestro país.

En España, actualmente se utilizan los estudios de evaluación de impacto ambiental para conocer la aceptabilidad de una actividad por los diferentes factores ambientales de una zona determinada, además de incluir el concepto de carga crítica de un contaminante.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Es importante, saber que cada vez existen más estudios en nuestro país encaminados a conocer mejor los niveles de contaminación en los diferentes suelos. Existen trabajos cartográficos, como una cartografía temática de suelos de Salamanca (Santos & García, 1993). Estos pueden ser utilizados para conocer mejor los suelos, y como se verían afectados por una posible contaminación.

Hay estudios más concretos, por ejemplo los realizados sobre la alteración de ciertas rocas, como las areniscas del Terciario, la Arenisca de Villamayor (Alonso et al, Blanco et al, 1989). Hay que tener en cuenta que las alteraciones sufridas por una roca de este tipo pueden afectar al suelo que se desarrolla sobre ella.

En la zona donde se ha realizado este trabajo existen otros estudios anteriores, en zonas próximas de la comunidad de Castilla y León y en la provincia de Salamanca. Tenemos una cartografía de suelos del área periurbana de Salamanca, que fue realizada con la finalidad de establecer una serie de recomendaciones para el establecimiento de ciertas actividades industriales, agrícolas, etc. y que suelos deben ser protegidos debido a su sensibilidad o por tener algún tipo de interés, como puede ser ecológico o arqueológico (Santos & García, 1993). Otro trabajo describe los diferentes tipos de suelos de la provincia e incorpora un mapa a escala 1:200.000 en los que se representan los diferentes tipos de suelos de Salamanca (García Rodríguez et al, 1979).

En 1988 se llevo a cabo un trabajo subvencionado por la Diputación de Salamanca, en el cual se realizo un amplio muestreo de los suelos de la provincia (García, 2002). Los datos recogidos mostraron que no existía una alta concentración en lo que se refiere a elementos traza. Los resultados fueron comparados con los de la normativa holandesa, que es hasta ahora la utilizada en toda Europa, ya que utilizan un análisis de suelo total.

Con posterioridad a éste se han realizado otros estudios subvencionados por proyectos de la Junta de Castilla y León, y cuyos datos fueron comparados con los del anterior trabajo. Uno ha tratado la evaluación de unos muestreos realizados en

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

diferentes puntos de las provincias de Salamanca y Valladolid, además de un estudio puntual del caso de la contaminación por un foco tal como el Vertedero de Béjar (García, 2002). Otro trabajo que se realizó paralelamente al anterior, estudió la contaminación producida en el suelo, por el tráfico rodado de una carretera (Bernal, 2002).

También de antecedentes, tenemos otras publicaciones internacionales que son importantes tener en cuenta cuyo objetivo principal es llamar la atención mediante diferentes tipos de mapas, la conveniencia de las distintas tierras para la recogida de basuras (Proske, 2005).

Otro trabajo internacional a destacar ya que sigue un plan de trabajo similar al nuestro, estudiando las implicaciones medioambientales asociadas a vertederos de residuos, encargado por el Ministerio Holandés de Asuntos Públicos. Nos muestra que la información cuantitativa puede ser obtenida en el flujo de transporte neto de los componentes de la draga botín utilizando técnicas radiométricas (Natural Radioactivity in Monitoring Waste Disposals, 2001).

El presente trabajo intenta añadir, un estudio de la contaminación radiactiva que pudiera haber originado el vertedero en los suelos de alrededor.

Decimos que este trabajo intenta añadir un estudio de contaminación radiactiva puesto que no podemos asegurar con certeza, que los datos que hemos tomado sean realmente ciertos, debido a la imposibilidad de entrar en el vertedero, ya que el Ayuntamiento de Salamanca siempre ha denegado los permisos, según la información facilitada por el profesor Martínez Catalán. Esto supone un problema porque al hacerse las medidas solamente en dos perfiles, como indicaremos con posterioridad, la detección de elementos radiactivos se hace complicada ya que dichos elementos pueden estar inmóviles dentro del vertedero.

Además en estos últimos años se han realizado las obras de sellado del vertedero, dadas por terminadas en marzo de 2011, con lo cual la movilización de

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

los elementos radiactivos puede ser menor desde el inicio de las obras y los datos obtenidos pueden no ser totalmente reales.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

5. METODOLOGÍA DE TRABAJO:

Para poder realizar este trabajo de investigación, se han tomado una serie de muestras en dos perfiles diferentes (Figura 5.1). Por la forma en las que las hemos recogido, se busca obtener la evolución de los diferentes elementos con la distancia al foco contaminante, además de su evolución con el aumento de la profundidad en el suelo y con las características geoquímicas de la roca madre, a partir de la cual se desarrolla este suelo.

Además, dichos perfiles se han seleccionado así para que coincidan con los perfiles de Sanchón (2008) y poder correlacionar los elementos de dicho trabajo con los datos obtenidos en nuestros análisis.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez



Figura 5.1. Vista conjunta de los dos perfiles donde se han tomado las muestras (Sanchón, 2008).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

5.1. TRABAJO DE CAMPO:

Hemos realizado dos perfiles de muestreo distintos: el perfil A y el perfil B, separados entre sí 100 metros y situados a distintos niveles. El perfil A está a una cota un poco superior que el perfil B y ambos tienen distintas inclinaciones. Además estos dos perfiles se diferencian por su litología, siendo una más arcillosa que la otra.

En los dos perfiles hemos recogido seis muestras separadas entre sí 5 metros, haciendo un total de cada perfil de 30 metros.

De cada muestra se recogió aproximadamente entre 1,5 a 2 kilogramos. Las muestras se introdujeron en bolsas de plástico etiquetadas debidamente para saber a qué perfil pertenecían, y a cuántos metros del vertedero se encontraba, así se pueden relacionar fácilmente con la zona a la que pertenecían (figura 5.2).



Figura 5.2.- Muestras debidamente etiquetadas.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

PERFIL A:

En el caso de este perfil la primera muestra se recogió a un metro de la pared del vertedero, y el resto de las muestras se recogieron a una distancia constante de 5 metros respecto de la que le antecede (figura 5.3).

La zona de muestreo es bastante plana y está a unos 10 metros por encima del perfil B.

La litología de esta zona se caracteriza por un suelo más pardo-rojizo y más arenoso que el que se encuentra en el perfil B. Además tiene una mayor presencia de cantos en el suelo. Está mejor conservado por estar en una zona llana, y por ello mantiene la cobertera de gravas en la superficie con pocos signos de erosión (Sanchón, 2008).

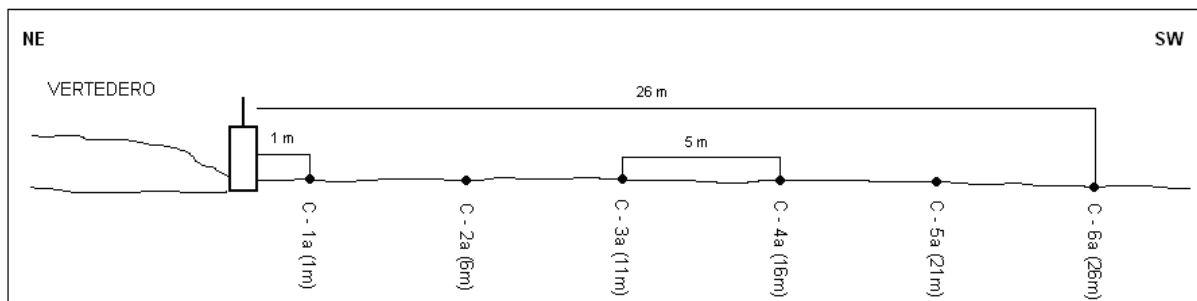


Figura 5.3.- Corte perfil A en dirección NE-SW. (Sanchón, 2008).

PERFIL B:

En este perfil la primera muestra se recogió a 4 metros de la pared del vertedero ya que hay un talud que no nos permite recoger la muestra a un metro de la pared. El resto de las muestras están separadas entre sí 5 metros cada una de la anterior.

Este perfil tiene una ligera pendiente. La zona se encuentra a una cota un poco más baja que el perfil A, con una diferencia aproximada de 10 metros.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

La litología que se aprecia en este muestreo se caracteriza por un material más gris y más arcilloso, además de presentar menor cantidad de cantos. Al ser un suelo labrado y en pendiente, está parcialmente erosionado y es mucho más arcilloso que el perfil A (figura 5.4).

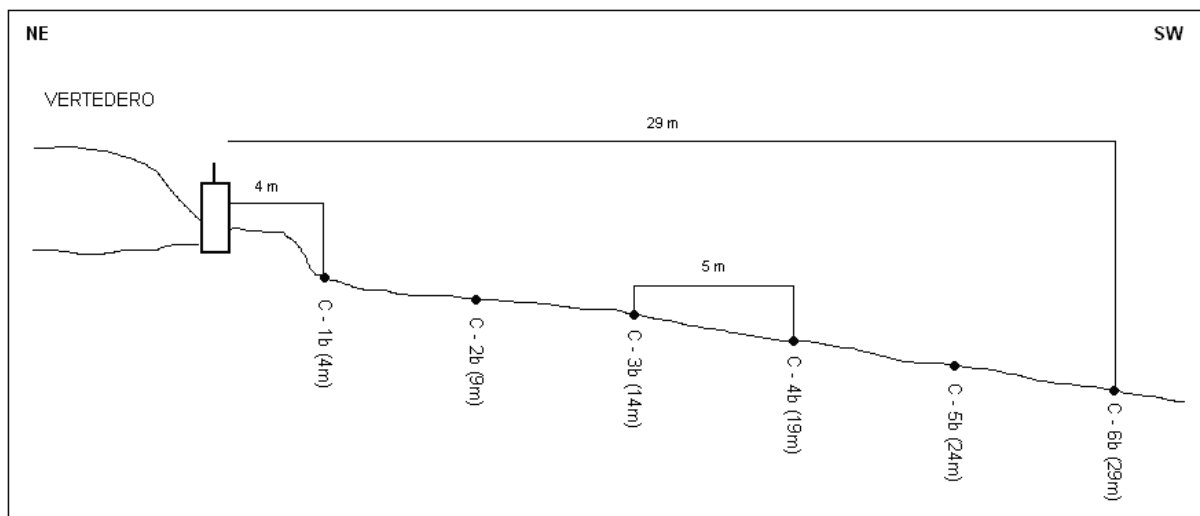


Figura 5.4.- Corte del perfil B en dirección N-S. (Imagen tomada de Sanchón (2008)).

Además de la recogida y toma de muestras se realizaron medidas con el escintilómetro.

El escintilómetro es un aparato que sirve para detectar los minerales radiactivos, como uranio, torio, ..., y para medir la radiactividad (figura 5.5)

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez



Figura 5.5.- Escintilómetro.

Con este aparato se midieron los parámetros radiométricos cada 5 metros, en cada uno de los perfiles coincidiendo con los puntos donde se recogieron las muestras (figura 5.5)

Con este método obtuvimos datos de cada punto de recogida de muestras para poder obtener más información de la posible radiactividad existente en los suelos de los alrededores del vertedero de Villamayor.

5.2. TRABAJO DE LABORATORIO:

Preparación de las muestras:

Lo primero que se llevo a cabo después de la recogida de las muestras fue el secado en el laboratorio a temperatura ambiente. Después las muestras se

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

tamizaron utilizando una malla de luz de un milímetro y se almacenó la fracción menor (figura 5.7 y 5.8).



Figura 5.7.- Tamizado de las muestras.

De cada muestra tamizada a un milímetro, se pesaron 500g y se almacenó cada una en una bolsa independiente. Una vez preparadas las muestras se enviaron al laboratorio de Radioactividad Natural de la Universidad de Coímbra (figura 5.9).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez



Figura 5.8.- Almacenamiento de las muestras tamizadas.



Figura 5.9.- Pesado de las muestra y almacenadas.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Análisis de las muestras:

La geoquímica de suelos se analizó en el laboratorio de análisis químico de la Universidad de Salamanca. Los parámetros radiométricos se obtuvieron en el laboratorio de Radiactividad Natural de la Universidad de Coímbra.

El protocolo de preparación de muestras para medir la radiactividad de los suelos fue el siguiente:

- Cada una de las doce muestras tamizadas a $< 1\text{mm}$ se coloca dentro de un recipiente, Beakers Marinelli, y a su vez este recipiente se coloca dentro de un contenedor (figura 5.10)



Figura 5.10.- Beakers Marimelli.

- El contenedor es un recipiente de plomo y no elimina por completo la radiación ambiental, pero la reduce mucho (figura 5.11).
- Este recipiente transmite la información a un analizador multicanal y de esta información transmitida dice la radiación y específica que está llegando al transmisor.
- En el contenedor se distribuye la energía de los impactos, comprendida entre 0 y 1,4 Mev.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez



Figura 5.11.- Contenedor de plomo.

A cada pico obtenido de la información transmitida se le asigna un elemento.

El tiempo de análisis de cada muestra fue de 10 horas y se calcula el número de cuentas de cada elemento y de cada pico.

A partir de cada número de cuentas en cada muestra lo podemos convertir en la concentración de cada elemento y su efecto.

El análisis de las muestras se hace en función del peso de la muestra, del volumen del contenido en aire de la muestra y de las constantes de Radón.

Aproximadamente para analizar cada muestra se tarda un mes.

5.3 TRABAJO DE GABINETE:

El trabajo de gabinete ha implicado, en una primera fase, la elaboración de la síntesis geográfica, geológica y bibliográfica, relacionada esta última, con los antecedentes en cuanto a concentraciones de radiactividad. Posteriormente, en una

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

segunda fase, se ha procedido al análisis de los datos obtenidos, teniendo en cuenta los resultados destacados que se han encontrado.

Posteriormente, se llevó a cabo la representación gráfica de los datos obtenidos en el análisis de las muestras mediante la creación de tablas comparativas, que mostrasen la variación en la concentración de cada elemento, y la descripción e interpretación de las mayores concentraciones.

Además, se aplicó un estudio estadístico aplicando el coeficiente de correlación Pearson, para ver si existe relación entre las diferentes variables.

Con toda esta información se han elaborado una serie de conclusiones y una discusión sobre los resultados obtenidos.

En el trabajo se han utilizado una serie de programas informáticos, para procesar y evaluar los datos, así como para la obtención de gráficos, dibujos y fotografías:

1. Para procesar el texto se ha utilizado el programa WORD 2007.
2. Para la obtención de tablas y gráficos se ha utilizado el programa EXCEL 2007.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

6. OBJETIVOS:

Existe una cierta posibilidad que residuos considerados peligrosos en cuanto a su radiactividad, terminen en vertederos de residuos urbanos por descuido o negligencia. Tal sería el caso de residuos procedentes de la medicina nuclear, componentes de pararrayos radiactivos (prohibida su utilización hoy en día en numerosos países, incluido el nuestro), y otros residuos radiactivos industriales.

Por ello, el objetivo fundamental de nuestro trabajo es estudiar la posible radiactividad asociada a un vertedero de este tipo, identificando las posibles anomalías radiactivas y su correlación con otros materiales residuales que indiquen una posible negligencia o descuido en la gestión de los residuos especiales.

En el caso de que exista alguna anomalía radiactiva, se intentará determinar por qué se ha producido y analizar la posible correlación con las anomalías geoquímicas determinadas por Sanchón (2008).

Con estos dos objetivos principales intentaremos hacer una interpretación de los valores que se detectan en cuanto a radiactividad y elementos metálicos, para poder decir si el estado del suelo de los alrededores de un vertedero de residuos urbanos se encuentra en unas condiciones adecuadas para que en los alrededores se encuentre una urbanización y centro de ocio.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

7. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS:

Las muestras estudiadas han sido recogidas en el horizonte más superficial de los suelos próximos a un foco contaminante de carácter antrópico, el vertedero de Salamanca. Dichas muestras se han recogido coincidiendo con las que Sanchón (2008) recogió en su trabajo.

Para evaluar la posible contaminación del suelo por metales pesados hemos tomado los datos de los análisis realizados por Sanchón (2008), de los que se hace un resumen a continuación. Se destacan aquellos entre los que existe una correlación evidente, para intentar identificar su posible fuente. Los elementos analizados en las muestras de estudio son: Silicio (Si), Aluminio (Al), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Sodio (Na), Potasio (K), Titanio (Ti), Fósforo (P), como óxidos (elementos mayores), Bario (Ba), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Litio (Li), Niobio (Nb), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Azufre (S), Escandio (Sc), Estroncio (Sr), Vanadio (V), Yodo (I), Zinc (Zn), Berilio (Be), Arsénico (As), Selenio (Se), Zirconio (Zr), Molibdeno (Mo) y Cadmio (Cd) (elementos traza). El grado de humedad se ha medido como pérdidas al fuego, y se expresa como material volátil (M.V). Además se ha medido el pH y la cantidad de materia orgánica en algunas de las muestras: para el perfil A la medida de pH es 5,7 y la medida de la materia orgánica 1,08; para el perfil B la medida del pH es 6,1 y la medida de la materia orgánica 1,10.(Sanchón, 2008)

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

7.1 Elementos mayores:

Perfil A (Anexo I, Tabla 12):

Si: la máxima concentración se encuentra en la muestra C-2a con un valor de 87,95% y la mínima concentración se encuentra en la muestra C-6a con un valor de 84,9%.

Al: el máximo de concentración de este elemento se encuentra en la muestra C-6a con un porcentaje de 6,17 y el mínimo en la muestra C-2a con un valor de 4,98%.

Fe: la concentración mínima se encuentra en la muestra C-2a y la máxima en la C-6a con unos valores de 1,66% y 2,02% respectivamente.

Mn: tiene en todas las muestras un valor constante de 0,02% con lo cual no hay ni máximos.

Mg: la mínima concentración se encuentra en la muestra C-2a con un valor de 0,28% y la máxima en la muestra C-6a con un valor de 0,42.

Ca: la concentración máxima se encuentra en la muestra C-3a y la mínima en la muestra C-2a con unos valores de 0,22% y 0,17% respectivamente.

Na: la mínima concentración se encuentra en la muestra C-6a con un valor de 0,17% y la máxima en la muestra C-2a con un valor de 0,34%.

K: la concentración máxima de este elemento la encontramos en la muestra C-3a con un valor de 1,75% y la concentración mínima la encontramos en la muestra C-1a con un valor de 1,67%.

Ti: 0,26% es la concentración mínima en la muestra C-1a y 0,31% es la concentración máxima en la muestra C-2a.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

P: en todas las muestras tenemos los mismos valores entre 0,06% en las muestras C-1a, C-2a, C-4a y C-5a y 0,07% para las muestras C-3a y C-6a.

En el estudio estadístico de elementos mayores realizado para este perfil, ninguno de los elementos estudiados presenta variaciones significativas entre el inicio y el final de dicho perfil.

Perfil B (Anexo I, Tabla 13):

Si: la máxima concentración se encuentra en la muestra C-6b con un valor de 78,7% y la mínima concentración se encuentra en la muestra C-2b con un valor de 75,27%.

Al: el máximo de concentración de este elemento se encuentra en la muestra C-2b con un porcentaje de 9,89 y el mínimo en la muestra C-6b con un valor de 8,21%.

Fe: la concentración mínima se encuentra en la muestra C-6b y la máxima en la C-2b con unos valores de 2,22% y 3,02% respectivamente.

Mn: la mínima concentración se encuentra en dos muestras la C-5b y la C-6b con un valor de 0,03% y la máxima concentración se encuentra en la muestra C-2b con un valor de 0,06.

Mg: la mínima concentración se encuentra en la muestra C-6b con un valor de 0,62% y la máxima en la muestra C-2b con un valor de 0,79.

Ca: la concentración máxima se encuentra en la muestra C-2b y la mínima en la muestra C-6b con unos valores de 0,62% y 0,46% respectivamente.

Na: la mínima concentración se encuentra en la muestra C-6b con un valor de 0,19% y la máxima en la muestra C-1b con un valor de 0,28%.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

K: la concentración máxima de este elemento la encontramos en la muestra C-6b con un valor de 2,36% y la concentración mínima la encontramos en la muestra C-3b con un valor de 2,22%.

Ti: 0,32% es la concentración mínima en la muestra C-6b y 0,41% es la concentración máxima en la muestra C-2b.

P: en todas las muestras tenemos los mismos valores entre 0,08% en las muestras C-1b, C-2b, C-3b y C-6b y 0,09% para las muestras C-4b y C-5b.

En el estudio estadístico de elementos mayores realizado para este perfil, ninguno de los elementos estudiados presenta variaciones significativas entre el inicio y el final de dicho perfil.

7.2 Elementos traza:

Perfil A (Anexo I, Tabla 14):

Ba: la máxima concentración se encuentra en la muestra C-4a con un valor de 273 ppm y la mínima concentración se encuentra en la muestra C-1a con un valor de 249 ppm.

Co: la concentración máxima la encontramos en las muestras C-5a y C-6a con un valor de 19 ppm y la mínima concentración la encontramos en la muestra C-2a con un valor de 17 ppm.

Cr: la mínima concentración se encuentra en la muestra C-2a y la máxima en la muestra C-5a con unos valores de 199 ppm y 226 ppm respectivamente.

Cu: la máxima concentración se encuentra en la muestra C-2a con un valor de 32 ppm y la mínima concentración se encuentra en la muestra C-4a con un valor de 19 ppm.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Li: la mínima concentración se encuentra en las dos primeras muestras del perfil la C-1a y la C-2a con un valor de 32 ppm y la máxima concentración se encuentra en la muestra C-3a con un valor de 38 ppm.

Nb: la mínima concentración se encuentra en las muestras C-1a y C-5a con un valor de 15 ppm y la máxima concentración se encuentra en la muestra C-2a con un valor de 17 ppm.

Ni: la máxima concentración de este elemento se encuentra en la muestra C-1a con un valor de 31 ppm y la mínima concentración se encuentra en las muestras C-3a, C-4a, C-5a y C-6a con un valor de 27 ppm.

Pb: la mínima concentración la encontramos en la muestra C-2a y la máxima concentración la encontramos en la muestra C-5a con unos valores de 40 ppm y 53 ppm respectivamente.

S: la máxima concentración se encuentra en la muestra C-1a con un valor de 609 ppm y la más baja se encuentra en la muestra C-2a con un valor de 127 ppm.

Sc: todas las muestras tienen dos valores unas con el 13 ppm que son la C-1a, C-2a y C-4a y otras con el 14 ppm que son C-3a, C-5a y C-6a.

Sr: el valor mínimo se encuentra en las muestras C-1a y C-2a siendo del 57 ppm y el valor máximo se encuentra en la muestra C-6a siendo del 67 ppm.

V: la concentración mínima se encuentra en la muestra C-2a con un valor de 65 ppm y la máxima concentración se encuentra en la muestra C-6a con un valor de 76 ppm.

I: todas las muestras tienen un valor de 18 ppm exceptuando la muestra C-3a que tiene un valor de 19 ppm.

Zn: la mínima concentración de cinc la encontramos en la muestra C-4a con un valor del 48 ppm y la máxima concentración la encontramos en la muestra C-5a con un valor de 87 ppm.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Be: la mínima concentración se encuentra en la muestra C-4a y la máxima en la muestra C-6a con unos valores de 2,4 ppm y 2,9 ppm respectivamente.

As: la mínima concentración se encuentra en la muestra C-4a con un valor de 5,4 ppm y la máxima en la muestra C-6a con un valor de 8,4 ppm.

Zr: 30 ppm es la concentración mínima y la hemos encontrado en la muestra C-4a y 41 ppm es la concentración máxima y la encontramos en la muestra C-5a.

Ba, Co, Cr, Cu, Li, Nb, Ni, Pb, Sc, Sr, V, I, Zn, Be, As y Zr estos elementos no presentan variaciones representativas entre el inicio y final del perfil.

Perfil B (Anexo I, Tabla 15):

Ba: la máxima concentración se encuentra en la muestra C-2b con un valor de 494 ppm y la mínima concentración se encuentra en la muestra C-6b con un valor de 373 ppm.

Co: la concentración máxima la encontramos en la muestra con un valor de 23 ppm y la mínima concentración la encontramos en la muestra C-6b con un valor de 20 ppm.

Cr: la mínima concentración se encuentra en la muestra C-6b y la máxima en la muestra C-5b con unos valores de 169 ppm y 174 ppm respectivamente.

Cu: la máxima concentración se encuentra en la muestra C-5b con un valor de 38 ppm y la mínima concentración se encuentra en la muestra C-6b con un valor de 20 ppm.

Li: la mínima concentración se encuentra la muestra C-6b con un valor de 38 ppm y la máxima concentración se encuentra en la muestra C-2b con un valor de 45 ppm.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Nb: la mínima concentración se encuentra en la muestra C-3b con un valor de 17 ppm y la máxima concentración se encuentra en la muestra C-2b con un valor de 19 ppm.

Ni: la máxima concentración de este elemento se encuentra en la muestra C-4b con un valor de 34 ppm y la mínima concentración se encuentra en la muestra C-6a con un valor de 29 ppm.

Pb: la mínima concentración la encontramos en la muestra C-2b y la máxima concentración la encontramos en la muestra C-6b con unos valores de 48 ppm y 72 ppm respectivamente.

S: la máxima concentración se encuentra en la muestra C-3b con un valor de 306% y la más baja se encuentra en la muestra C-6b con un valor de 164%.

Sc: todas las muestras tienen dos valores unas con el 16 ppm que son la C-2b, C-3b y C-4a y otras con el 15 ppm que son C-1b, C-5b y C-6b.

Sr: el valor mínimo se encuentra en la muestra C-6b siendo del 72 ppm y el valor máximo se encuentra en la muestra C-2b siendo del 81ppm.

V: la concentración mínima se encuentra en la muestra C-6b con un valor de 83 ppm y la máxima concentración se encuentra en la muestra C-2b con un valor de 97 ppm.

I: la máxima concentración se encuentra en la muestra C-2b con un valor del 25 ppm mientras que la mínima concentración se encuentra en la muestra C-6b con un valor de 21ppm.

Zn: la máxima concentración se encuentra en la muestra C-1b con un valor de 134 ppm y la más baja se encuentra en la muestra C-6b con un valor de 57 ppm.

Be: la mínima concentración se encuentra en la muestras C-3b, C-5b y C-6b y la máxima en la muestra C-2b con unos valores de 3,2 ppm y 3,7 ppm respectivamente.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

As: la mínima concentración se encuentra en la muestra C-6b con un valor de 3,6 ppm y la máxima en la muestra C-2b con un valor de 9 ppm.

Zr: la máxima concentración se encuentra en la muestra C-1b con un valor de 499 ppm y la más baja se encuentra en la muestra C-6b con un valor de 53 ppm.

Ba, Co, Cr, Cu, Li, Nb, Ni, Pb, Sc, Sr, V, I, Be y As estos elementos no presentan variaciones representativas entre el inicio y final del perfil.

CORRELACIÓN INTERELEMENTAL:

Elementos mayores (Anexo I, tabla 6 y 7):

Perfil A:

Si: observando el análisis vemos que el silicio se correlaciona bien con el aluminio (1,00), hierro (1,00), magnesio (0,99), sodio (0,86) y fósforo (-0,89).

Al: tiene muy buena correlación con el hierro (0,99), magnesio (0,99), sodio (0,85) y fósforo (0,89).

Fe: tiene buena correlación con magnesio (0,99), Calcio (0,77), sodio (0,82) y fósforo (0,91).

Mn: vemos que se correlaciona con el calcio (0,77), sodio (0,83) y fósforo (0,89).

Mg: el manganeso tiene buena correlación con el calcio (0,77), sodio (0,83) y fósforo (0,89).

Ca, Na, K, Ti y P no se correlacionan con ningún elemento de forma interelemental.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Perfil B:

Si: se correlaciona con el aluminio (0,94), hierro (0,96), manganeso (0,99), magnesio (0,91), calcio (0,91) y titanio (0,85).

Al: el aluminio tiene muy buena correlación con el hierro (0,99), manganeso (0,94), magnesio (0,89), calcio (0,82) y titanio (0,83).

Fe: tiene buena correlación con manganeso (0,97), magnesio (0,93), manganeso (0,97), calcio (0,88) y titanio (0,88).

Mn: el manganeso tiene buena correlación con el magnesio (0,95), calcio (0,94) y titanio (0,90)

Mg: está correlacionado de forma con el calcio (0,98) y titanio (0,91).

Ca: se correlaciona con el titanio (0,90).

Na, K, Ti y P no se correlacionan con ningún elemento de forma interelemental.

Elementos traza (Anexo I, tablas 8 y 9):

Perfil A:

Ba: Se correlaciona con el cromo (0,84), níquel (0,84), estroncio (0,92) y vanadio (0,82).

Co: se correlaciona de forma con el estroncio (0,78), vanadio (0,79) y arsénico (0,78).

Li: se correlaciona de forma con escandio (0,98), estroncio (0,84) y yodo (0,83).

Ni: Se correlaciona con el azufre (0,95) y estroncio.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Pb: Se correlaciona con el cinc (0,87).

Sc: Se correlaciona con el estroncio (0,80) y vanadio (0,81).

Sr: se correlaciona de forma con el vanadio (0, 98).

Be: se correlaciona de forma con el arsénico (0,84).

Cr, Cu, Nb, S, V, I, Zn y As no se correlacionan de forma interelemental con ningún elemento.

Se, Mo y Cd no se ha detectado presencia de dichos elementos en las muestras seleccionadas para este trabajo. Se encuentran por debajo del límite de detección analítica.

Perfil B:

Ba: se correlaciona con el cobalto (0,95), litio (0,90), plomo (0,75), escandio (0,85), estroncio (0,97), vanadio (0,94), yodo (0,82) y arsénico (0,95).

Co: el cobalto se correlaciona con el litio (0,93), escandio (0,90), estroncio (0,94), vanadio (0,85), berilio (0,77) y arsénico (0,90).

Cr: Tiene buena correlación con el cobre (0,89).

Cu: se correlaciona de forma con el cinc (0,76).

Li: se correlaciona de forma con el níquel (0,80), plomo (0,80), berilio (0,77) y arsénico (0,85).

Nb: se correlaciona con berilio (0,77).

Ni: se correlaciona con berilio (0,77).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Pb: se correlaciona con el yodo (0,93).

Sc: se correlaciona con estroncio (0,88), vanadio (0,82) y arsénico (0,91).

Sr: se correlaciona con vanadio (0,90), yodo (0,75) y arsénico (0,96).

V: se correlaciona con yodo (0,79) y arsénico (0,88).

I, Be, As y Zr no se correlacionan de forma interelemental con ningún elemento.

Se, Mo y Cd no se ha detectado presencia de dichos elementos en las muestras seleccionadas para este trabajo. Se encuentran por debajo del límite de detección analítica.

Elementos mayores –traza (Anexo I, tablas 10 y 11):

Para hacer este apartado lo que haremos es nombrar primero el elemento mayor y decir con cuales de los elementos traza tiene buena correlación.

Perfil A:

Si: se encuentra bien correlacionado con el litio (0,88), el escandio (0,86), el estroncio (0,89), el vanadio (0,96), el berilio (0,88) y el arsénico (0,78).

Al: el aluminio se correlaciona con el cobalto (0,77), litio (0,90), escandio (0,88), estroncio (0,91), vanadio (0,94), berilio (0,86) y arsénico (0,78).

Fe: correlaciona bien con el litio (0,90), escandio (0,87), estroncio (0,88), vanadio (0,94), berilio (0,88) y arsénico (0,75).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Mg: correlaciona bien con el litio (0,88), escandio (0,83), estroncio (0,90), vanadio (0,94) y berilio (0,85).

Ca: está bien correlacionado con el cromo (0,77), litio (0,92), escandio (0,85) y yodo (0,80).

Na: se correlaciona con el cobalto (0,77), estroncio (0,88) y vanadio (0,94).

K: no se correlaciona con ningún elemento traza.

Ti: únicamente está correlacionado con el cobalto (0,78) y con el niobio (0,78).

P: también solamente está correlacionado con dos elementos que son el vanadio (0,77) y el berilio (0,92).

Perfil B:

Si: se encuentra bien correlacionado con el bario (0,92), cobalto (0,90) litio (0,82), plomo (0,75), el escandio (0,77), el estroncio (0,95), el vanadio (0,86), yodo (0,79) y el arsénico (0,83).

Al: el aluminio se correlaciona con el bario (0,99), cobalto (0,95), litio (0,87), escandio (0,80), estroncio (0,99), vanadio (0,93), yodo (0,77) y arsénico (0,97).

Fe: correlaciona bien con el bario (0,98), cobalto (0,98), litio (0,92), escandio (0,88), estroncio (0,99), vanadio (0,90), yodo (0,77) y arsénico (0,94).

Mn: el manganeso está bien correlacionado con el bario (0,94), cobalto (0,94), litio (0,89), plomo (0,79), escandio (0,78), estroncio (0,95), vanadio (0,84), yodo (0,79) y arsénico (0,85).

Mg: correlaciona bien con el bario (0,90), cobalto (0,91), litio (0,97), plomo (0,88), estroncio (0,90), yodo (0,81) y arsénico (0,82).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Ca: está bien correlacionado con el bario (0,84), cobalto (0,83), litio (0,90), plomo (0,93), estroncio (0,84) y yodo (0,84).

Na: no se correlaciona con ningún elemento traza.

K: únicamente esta correlacionado con el azufre (0,76) y con el yodo (0,81).

Ti: esta correlacionado con el bario (0,90), cobalto (0,89), litio (0,90), plomo (0,87), estroncio (0,81), vanadio (0,80), yodo (0,84) y berilio (0,92).

P: solamente esta correlacionado con el cromo (0,79).

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

COMPARATIVA CON LA NORMATIVA HOLANDESA:

Como en el Estado Español no existe una norma generalizada que exprese los valores de metales pesados que podrían considerarse como admisibles para la utilización para un uso determinado, hemos utilizado para este trabajo las tablas de la Normativa Holandesa (anexo I, tabla 1), que es la que tradicionalmente se ha usado en trabajos científicos a la hora de describir la geoquímica de los suelos en un contexto medioambiental.

En estos momentos, el gobierno central está articulando un plan de reformas en este sentido, de manera que durante el presente año 2011 se pueda publicar la Ley de Residuos y Suelos Contaminados. En esta ley se establecerá un régimen jurídico para la producción y gestión de residuos, así como delimitar las competencias que corresponden a las diferentes administraciones públicas.

La comparación de la geoquímica de un suelo con la que se tabula en la Normativa Holandesa ha de ser manejada con precaución. Holanda es un país muy pequeño y está sujeto a una ley muy restrictiva en cuanto a valores objetivo y de intervención podría hacer que muchos espacios no pudieran ser de beneficio útil. No debería de aplicarse de forma estricta en el caso de países con mayores extensiones de terreno y con una diferente ordenación del territorio.

Según esta normativa, el valor objetivo es aquel valor para el cual un suelo es apto para una función determinada y el valor de intervención es el valor que indica una clara contaminación y a partir del cual habría que elaborar un protocolo de recuperación, diferente para cada tipo de actividad. El establecimiento de niveles estándar de elementos traza para la valoración de la contaminación del suelo, constituye el principal requisito de calidad y protección de las funciones agrícolas y ecológicas (Kabata Pendias & Pendias, 1992; Kabata Pendias, 1995; Martin, 2000; Pérez et al, 2000)

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

A continuación se reflexiona sobre el comportamiento de los elementos más importantes en el contexto que se maneja en este trabajo:

Perfil A:

As, Co, Cu, Ni, Pb y Zn: ninguna de las muestras recogidas en este perfil supera el valor objetivo ni el valor de intervención de la normativa holandesa para estos elementos.

Ba: las seis muestras analizadas sobrepasan el valor objetivo de la normativa holandesa, pero ninguna de ellas supera el valor de intervención. El valor objetivo es de 200 ppm y el valor de intervención es de 626 ppm. La muestra C-1a es la de menor concentración con un valor de 249 ppm y la muestra C-4a es la de mayor concentración con valor de 273 ppm.

Cr: todas las muestras del perfil superan el valor objetivo establecido por la normativa holandesa, pero ninguna de ellas supera el valor de intervención. El valor objetivo es de 100 ppm y el de intervención es de 380 ppm. La muestra C-2a presenta la menor concentración con un valor de 199 ppm y la muestra C-5a presenta la mayor concentración con un valor de 226 ppm.

Perfil B:

As, Cu, Ni, Pb, Zn: ninguna de las muestras recogidas en este perfil supera el valor objetivo ni el valor de intervención de la normativa holandesa para estos elementos.

Ba: las seis muestras analizadas sobrepasan el valor objetivo de la normativa holandesa, pero ninguna de ellas supera el valor de intervención. El valor objetivo es de 200 ppm y el valor de intervención es de 626 ppm. La muestra C-6b es la de

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

menor concentración con un valor de 373 ppm y la muestra C-2b es la de mayor concentración con valor de 494 ppm.

Co: todas las muestras recogidas superan o igualan al valor objetivo que es de 20 ppm pero ninguna supera el valor de intervención que es de 240 ppm. Las muestras C-5b y C-6b son las que tiene la concentración más baja igualando al valor objetivo y la muestra C-2b es la que tiene la concentración más alta con 23 ppm.

Cr: todas las muestras del perfil superan el valor objetivo establecido por la normativa holandesa, pero ninguna de ellas supera el valor de intervención. El valor objetivo es de 100 ppm y el de intervención es de 380 ppm. Las muestras C-2b, C-3b y C-6b presentan la menor concentración con un valor de 169 ppm y la muestra C-5b presenta la mayor concentración con un valor de 174 ppm.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

7.3 Parámetros Radiactivos:

Isótopos radiactivos: incluyen aquellos elementos o isótopos cuyo decaimiento espontáneo se debe a su radiactividad natural, que en el caso particular de U y Th se produce una serie de cambios que generan otro grupo de elementos químicos.

Para hacer esta descripción de la posible contaminación radiactiva hemos correlacionado los elementos mayores y elementos traza estudiados en las muestras recogidas con los principales parámetros radiactivos que son el K₂O (%), U (ppm), Th (ppm), K-40 (Bq.Kg), Bi-214 (Bq.Kg) y Ti-208 (Bq.Kg). Además antes de hacer dicha correlación hemos realizado un estudio estadístico más detallado calculando para cada uno de los perfiles la media, desviación estándar, valor máximo y mínimo de cada uno de los elementos de cada perfil.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

CORRELACION DE ELEMENTOS MAYORES Y TRAZA CON LOS PARAMETROS RADIATIVOS Bi Y Tl:

Perfil A:

Elementos Mayores (Anexo I, Tabla 2):

Si: tiene buena correlación con el Th con un valor de 0,62 y con el Tl-208 con un valor de 0,63.

Al: al igual que el elemento anterior tiene buena correlación con el Th y el Tl-208 con unos valores de 0,62 y 0,64 respectivamente.

Fe: únicamente tiene correlación con el Tl-208 con un valor de 0,61.

Mn: no tiene correlación con ninguno de los elementos radiactivos.

Ca: al igual que el elemento anterior no se correlaciona con ninguno de los elementos radiactivos.

Na: al igual que elementos anteriores tiene buena correlación con el Th con un valor de 0,62 y con el Tl-208 de 0,63.

K: no se correlaciona con ninguno de los elementos radiactivos.

Ti: tiene buena correlación con el K_2O con un valor de 0,85, U con un valor de 0,89, K-40 con un valor de 0,85 y por último con el Bi-214 de 0,89%.

P: no se correlaciona con ninguno de los elementos radiactivos.

En este perfil los elementos radiactivos correlacionados entre ellos, tienen unos valores que merece la pena comentar entre el K_2O con el U con un valor de 0,78, también el K_2O con el Bi-214 con un valor de 0,79. El U con el K-40 con un valor de 0,79 y el K-40 con el Bi-214 con un valor de 0,79.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Elementos traza (Anexo I, Tabla 5):

Ba: se correlaciona con el Th con un valor de 0,65 y con el TI-208 con un valor de 0,64.

Co: tiene buena correlación con el U con un valor de 0,83 con el mismo valor tiene correlación con el Bi-214 y también esta correlacionado con el Th con un valor de 0,66 y con el TI-208 con un valor de 0,65.

Cu: se correlaciona con el K₂O y con el K-40 con un valor de 0,73, ambos.

Li: los elementos que se encuentran correlacionados son el Th y el TI-208 con un valor de 0,71 y 0,72 respectivamente.

Nb: se correlaciona con dos elementos con un valor de 0,71 que son el K₂O y el K-40 y con otros dos elementos con un valor de 0,80 que son el U y el Bi-240.

Ni: esta correlacionado con el Th y con el TI-208 con unos valores de 0,74 y 0,73 respectivamente.

S: se correlaciona con el Th con un valor de 0,71 y con el TI-208 con un valor de 0,70.

Sc: al igual que en el elemento anterior se correlaciona con el Th y con el TI-208 con unos valores de 0,77 y 0,77 respectivamente.

Sr: del mismo modo que los dos elementos de la parte superior se correlaciona con el Th con un valor de 0,75 y con el TI-208 con un valor de 0,76.

V: en este caso también se correlaciona solo con el Th con un valor de 0,73 y con el TI-208 con un valor de 0,74.

As: se correlaciona con el U con un valor de 0,61 y con el Bi-214 con un valor de 0,60

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Cr, Pb, I, Zn, Be y Zr no se correlacionan con ningún parámetro que indique evidencias de radiactividad.

En este perfil los elementos radiactivos correlacionados entre ellos, tienen unos valores que merece la pena comentar entre el K_2O con el U con un valor de 0,78, también el K_2O con el Bi-214 con un valor de 0,79. El U con el K-40 con un valor de 0,79 y el K-40 con el Bi-214 con un valor de 0,79.

Perfil B:

Elementos mayores (Anexo I, Tabla 3):

Al: se correlaciona con el K_2O y con el K-40 con un valor de 0,63 en ambos casos.

Fe: al igual que en el elemento anterior se correlaciona con el K_2O y con el K-40 con un valor de 0,65 en ambos casos.

K: no se correlaciona con ninguno de los elementos radiactivos.

Ti: se correlaciona con el K_2O y con el K-40 con un valor de 0,69 en ambos casos.

P: tiene buena correlación con el U con un valor de 0,88, Th con un valor de 0,94 y por último con el Bi-214 con valor de 0,88.

Si, Mn, Mg, Ca y Na no se correlacionan con ningún parámetro que indique evidencias de radiactividad.

Elementos traza (Anexo I, Tabla 4):

Ba: se correlaciona con el K_2O y con el K-40 con un valor de 0,67 y 0,68 respectivamente.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

Co: igual que en el elemento anterior se correlaciona con los dos elementos K_2O y K-40 con un valor de 0,78 ambos.

Cr: se correlaciona con el Th y con el TI-208 ambos con el mismo valor de 0,62, ya que uno es la medida del otro.

Li: con el valor de 0,63 se correlacionan los elementos K_2O y K-40.

Ni: se correlaciona con el K_2O con un valor de 0,65 y con el K-40 con un valor de 0,64.

Sc: se correlaciona con el K_2O con un valor de 0,78 y con el K-40 con un valor de 0,79.

V: se correlaciona con el K_2O con un valor de 0,66 y con el K-40 con un valor de 0,67.

Be: se correlaciona con el K_2O con un valor de 0,82 y con el K-40 con un valor de 0,81.

As: se correlaciona con el K_2O con un valor de 0,60 y con el K-40 con un valor de 0,60 también.

Cu, Nb, Pb, S, Sr, I, Zn y Zr no se correlacionan con ningún parámetro que indique evidencias de radiactividad.

En este perfil los elementos radiactivos correlacionados entre ellos, tienen unos valores que merece la pena comentar entre el U con el Th con un valor de 0,96. El U y Th proceden de la desintegración del Bi-214 y TI-208, por lo que es normal que estén correlacionados.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES:

El objetivo fundamental de este trabajo era estudiar la posible radiactividad asociada a un vertedero de residuos sólidos urbanos, identificando las posibles anomalías radiactivas y su correlación con otros materiales residuales que indiquen una posible negligencia o descuido en la gestión de los residuos especiales.

En el caso de que exista alguna anomalía radiactiva, intentar determinar por qué se ha producido y mirar la posible correlación con las anomalías geoquímicas determinadas por Sanchón (2008).

Una vez elaborados los resultados obtenidos de los análisis, podemos concluir que:

- La mineralogía y geoquímica de los perfiles A y B es muy uniforme, obteniéndose valores bajos de desviación estándar para todos los elementos e implicando que la media es significativa. Cabe destacar un enriquecimiento en cuarzo del perfil A, siendo el B más arcilloso razón por la cual este último tiene más Fe, Al, Ba, etc...
- Aunque existen diferencias de concentración de elementos metálicos entre los perfiles A y B estudiados, las diferencias en cuanto a los valores radiológicos no son significativas;
- En cualquier caso, el análisis de las muestras realizado en el laboratorio de radiactividad natural con respecto a U, Th y K verifica que no hay una concentración preocupante de radionúclidos en las mismas (anexo II).
- Apenas existen correlaciones importantes entre metales pesados y los parámetros radiológicos. Su existencia implicaría que determinados desechos estarían concentrando dichos valores, lo que nos hubiese llevado a una búsqueda más intensa de las posibles fuentes de contaminación. No

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

obstante, destacamos las correlaciones en el perfil A entre el Ti y el K^{40} ($r=0.85$) y el U ($r=0.89$), el Nb con el U ($r=0.80$) y el Sc y el Sr con el Th ($r=0.77$ y $r=0.75$ respectivamente). En el caso del perfil B, sólo hemos encontrado una correlación significativa entre el P y el Th ($r=0.94$). Esta dependencia entre los elementos y los parámetros radiológicos puede ser debida bien a que en los perfiles podrían aparecer minerales como el rutilo u óxidos de titanio que pueden concentrar U y Th, bien a que haya artefactos no geológicos que hayan contaminado el suelo, bien a que se han utilizado métodos analíticos diferentes, y esto pudiera haber llevado a resultados no comparables. Con un estudio más específico en cada una de estas posibilidades se podría aclarar este aspecto en el futuro.

- En cuanto a indicios de contaminación por elementos metálicos, hemos observado en los dos perfiles que ciertos elementos aparecen en concentraciones más elevadas superando el valor objetivo de la Normativa Holandesa, pero no el valor de intervención. Esto ya fue determinado por Sanchón (2008). En principio, al no superar los valores de intervención no suponen un problema inminente para la salud, pero el alcanzar los valores objetivo nos da razones para suponer que existe un proceso de lixiviación de los desechos metálicos acumulados en el vertedero. Dado que en las partes bajas de las laderas de dicho vertedero se está cultivando forraje para el ganado, conviene prestar atención al seguimiento de estas concentraciones a lo largo del tiempo para que no se superen, puesto que de una manera indirecta pueden entrar en la cadena trófica.
- A pesar de no haber evidencias de contaminación radiológica en los alrededores del vertedero de Villamayor, no puede concluirse que no haya existido un tratamiento inadecuado de material radiactivo, pues éste podría haber quedado retenido en la parte central del vertedero, a la cual no hemos tenido acceso, pero en cualquier caso demostramos que esta posibilidad no afecta a las características radiológicas de los suelos que lo rodean.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

9. BIBLIOGRAFÍA:

- Alonso, G., Blanco, J. A., Sanchez, S., Fernandez, B., & Santisteban, J. I. (1989): Alteraciones asociadas a los paleosuelos de las areniscas de villamayor (Salamanca). *Studia Geologica Salmantica*. Vol. Esp. 5, pp. 187-207.
- Atlas de España, (1992). Ed. El País-Aguilar. Tomo I y II
- Bernal, M. N. (2002): Influencia antropogénica en la existencia de anomalías geoquímicas de formaciones superficiales. Tesis de Licenciatura. Universidad de Salamanca, Facultad de ciencias.
- García Rodríguez, A., Forteza Bonnín, J., Prat Pérez, L., Gallardo Lancho, J., & Lorenzo Martín, L.F. (1979): Suelos. Estudio integrado y multidisciplinario de la dehesa salmantina. 1. Estudio fisiográfico descriptivo. 3er. fasc. pp. 65 a 100. Salamanca- Jaca.
- García, A. M. (2002): Contribución a la caracterización geoquímica de las formaciones superficiales de las provincias de Salamanca y Valladolid. Un caso extremo: el vertedero de Bejar (Salamanca). Tesis de licenciatura. Universidad de Salamanca.
- Julivert, M., Fontbote, J., Ribeiro, A., & Conde, L. (1972): Mapa tectónico de la península ibérica y Baleares. Escala 1:1.000.000. Ins. Geol. Min. España. Madrid.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

- Lucas, C., Delgado, V., Diez, I., Gavilán, L.P., Gómez Pastrana, T., Prado, J., Martín, J., Sánchez Pérez, J.F y Vicente, T. 2003. Agenda 21 Local. Villamayor de la Armuña. Documento de síntesis, Fundación de Iniciativas locales, Castilla y León, 40 pp.
- Mapa Agronómico Nacional, (1970): Mapas provinciales de suelos, Salamanca. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- Mapa Geológico de España (1996): Escala 1:50.000, nº 478 (Salamanca). ITGE. Madrid.
- Mapa Geológico y Minero de Castilla y León, (1998): Escala 1:400.000. Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León, S.A. SIEMCALSA.
- Meijer, R.J., Limburg, J., Venema, L.B. (2001): Natural Radioactivity in Monitoring Waste Disposals
- Nespereira, J. (2006): Estudio, definición y cartografía de unidades geotécnicas en un entorno urbano: Salamanca y su zona de expansión. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca.
- Nespereira, J., Yenes, M., Blanco J.A., & Pereira, M.D. (2006): Propiedades geotécnicas de la unidad arcosas del Teso Grande (Salamanca). Revista de la Sociedad Geológica de España, 19 (3-4)
- Proske, H., Vlcko, J., Rosenbaum, M., Dorn, M., Culshaw, M., Marker, B. (2005): Special purpose mapping for waste disposal sites. Report of AIEG Commission 1: Engineering Geological Maps.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

- Sanchón de la Nava, L. (2008): Geoquímica de un suelo desarrollado sobre las areniscas del Terciario: un caso extremo en las proximidades de un vertedero. Tesis doctoral. Universidad de Salamanca. Facultad de Ciencias.
- Santos, F., & García, J.M. (1993): Cartografía temática de suelos y su aplicación a la ordenación del territorio del área periurbana de Salamanca. Problemática geoambiental y desarrollo, pp. 553-564.
- www.google.es/intl/es/earth/index.html

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

10. ANEXO I:

	VALOR OBJETIVO	VALOR DE INTERVENCION
As	29	55
Ba	200	625
Cd	0,8	12
Cr	100	380
Co	20	240
Cu	36	190
Pb	85	530
Mo	10	200
Ni	35	210
Zn	140	720

Tabla 1: Normativa Holandesa.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	M.V.	K ₂ O (%)	U (ppm)	Th (ppm)	K-40 (Bq.kg)	Bi-214 (Bq.kg)	Tl-208 (Bq.kg)
SiO ₂	1,00															
Al ₂ O ₃	-1,00	1,00														
Fe ₂ O ₃	-1,00	0,99	1,00													
MgO	-0,99	0,99	0,99	1,00												
CaO	-0,73	0,74	0,77	0,77	1,00											
Na ₂ O	0,86	-0,85	-0,82	-0,83	-0,34	1,00										
K ₂ O	0,01	-0,01	0,03	0,03	0,55	0,28	1,00									
TiO ₂	0,50	-0,56	-0,47	-0,50	-0,14	0,65	0,61	1,00								
P ₂ O ₅	-0,89	0,85	0,91	0,89	0,67	-0,65	0,00	-0,21	1,00							
M.V.	-0,93	0,93	0,94	0,96	0,90	-0,69	0,26	-0,37	0,84	1,00						
K ₂ O (%)	0,07	-0,13	-0,03	-0,10	0,16	0,36	0,54	0,85	0,25	-0,03	1,00					
U (ppm)	0,32	-0,38	-0,27	-0,26	0,07	0,56	0,57	0,89	0,06	-0,11	0,78	1,00				
Th (ppm)	-0,62	0,62	0,59	0,55	0,44	-0,62	0,35	-0,08	0,40	0,51	0,20	-0,26	1,00			
K-40 (Bq.kg)	0,07	-0,13	-0,03	-0,09	0,17	0,36	0,54	0,85	0,25	-0,03	1,00	0,79	0,20	1,00		
Bi-214 (Bq.kg)	0,31	-0,38	-0,26	-0,26	0,07	0,55	0,57	0,89	0,06	-0,11	0,79	1,00	-0,25	0,79	1,00	
Tl-208 (Bq.kg)	-0,63	0,64	0,61	0,56	0,45	-0,63	0,34	-0,07	0,43	0,52	0,22	-0,25	1,00	0,21	-0,24	1,00

Tabla 2. Tabla de correlación de elementos radiactivos con elementos mayores, perfil A.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	M.V.	K ₂ O (%)	U (ppm)	Th (ppm)	K-40 (Bq.kg)	Bi-214 (Bq.kg)	Tl-208 (Bq.kg)
SiO ₂	1,00																
Al ₂ O ₃	-0,94	1,00															
Fe ₂ O ₃	-0,96	0,99	1,00														
MnO	-0,99	0,94	0,97	1,00													
MgO	-0,91	0,89	0,93	0,95	1,00												
CaO	-0,91	0,82	0,88	0,94	0,98	1,00											
Na ₂ O	-0,18	0,28	0,31	0,26	0,48	0,38	1,00										
K ₂ O	0,71	-0,68	-0,63	-0,65	-0,61	-0,65	-0,18	1,00									
TiO ₂	-0,85	0,83	0,88	0,90	0,91	0,90	0,16	-0,46	1,00								
P ₂ O ₅	0,46	-0,15	-0,24	-0,44	-0,40	-0,54	-0,11	0,24	-0,25	1,00							
M.V.	-0,86	0,78	0,84	0,91	0,98	0,99	0,45	-0,60	0,89	-0,53	1,00						
K ₂ O (%)	0,51	-0,63	-0,65	-0,57	-0,51	-0,39	0,04	-0,10	-0,69	-0,15	-0,37	1,00					
U (ppm)	-0,33	0,03	0,10	0,30	0,33	0,51	0,14	-0,43	0,16	-0,88	0,51	0,47	1,00				
Th (ppm)	0,36	-0,07	-0,13	-0,32	-0,31	-0,46	-0,19	0,38	-0,08	0,94	-0,45	-0,43	-0,96	1,00			
K-40 (Bq.kg)	0,52	-0,63	-0,65	-0,58	-0,51	-0,39	0,04	-0,10	-0,69	-0,14	-0,37	1,00	0,47	-0,42	1,00		
Bi-214 (Bq.kg)	-0,30	0,00	0,07	0,27	0,29	0,47	0,15	-0,42	0,10	-0,88	0,47	0,51	1,00	-0,97	0,51	1,00	
Tl-208 (Bq.kg)	0,36	-0,07	-0,13	-0,32	-0,31	-0,46	-0,22	0,37	-0,07	0,94	-0,45	-0,43	-0,95	1,00	-0,42	-0,96	1,00

Tabla 3. Tabla de correlación de elementos radiactivos con elementos mayores, perfil B

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

	Ba	Co	Cr	Cu	Li	Nb	Ni	Pb	S	Sc	Sc	V	Y	Zn	Be	As	Zr	K ₂ O (%)	U (ppm)	Th (ppm)	K-40 (Bq.kg)	Bi-214 (Bq.kg)	Ti-208 (Bq.kg)		
Ba	1,00																								
Co	0,95	1,00																							
Cr	-0,29	-0,44	1,00																						
Cu	-0,21	-0,42	0,89	1,00																					
Li	0,90	0,93	-0,25	-0,17	1,00																				
Nb	0,31	0,26	0,00	-0,05	0,23	1,00																			
Ni	0,64	0,66	0,30	0,18	0,80	0,34	1,00																		
Pb	-0,75	-0,66	0,12	-0,15	-0,80	-0,48	-0,58	1,00																	
S	0,42	0,34	-0,20	0,05	0,34	-0,66	-0,04	-0,22	1,00																
Sc	0,85	0,90	-0,43	-0,51	0,74	0,00	0,50	-0,32	0,45	1,00															
Sc	0,97	0,94	-0,41	-0,29	0,87	0,09	0,51	-0,68	0,60	0,88	1,00														
V	0,94	0,85	-0,28	-0,22	0,70	0,37	0,47	-0,60	0,36	0,82	0,90	1,00													
Y	0,82	0,66	-0,08	0,18	0,71	0,48	0,48	-0,93	0,33	0,41	0,75	0,79	1,00												
Zn	-0,19	-0,27	0,57	0,76	0,09	0,02	0,30	-0,40	-0,06	-0,55	-0,25	-0,39	0,19	1,00											
Be	0,74	0,77	-0,15	-0,22	0,77	0,77	0,77	-0,70	-0,28	0,53	0,58	0,66	0,63	-0,02	1,00										
As	0,95	0,90	-0,20	-0,15	0,85	0,01	0,62	-0,58	0,61	0,91	0,96	0,88	0,68	-0,23	0,54	1,00									
Zr	-0,16	-0,11	0,26	0,42	0,23	0,01	0,33	-0,41	-0,11	-0,43	-0,19	-0,44	0,08	0,91	0,10	-0,23	1,00								
K ₂ O (%)	-0,67	-0,78	0,27	0,53	-0,63	-0,48	-0,65	0,26	0,20	-0,78	-0,57	-0,66	-0,28	0,48	-0,82	-0,60	0,32	1,00							
U (ppm)	0,01	0,00	-0,45	-0,04	0,13	0,00	-0,30	-0,49	0,26	-0,28	0,10	-0,11	0,34	0,39	-0,07	-0,12	0,50	0,47	1,00						
Th (ppm)	0,00	-0,04	0,62	0,24	-0,12	0,20	0,39	0,34	-0,38	0,14	-0,15	0,12	-0,19	-0,20	0,18	0,08	-0,38	-0,43	-0,96	1,00					
K-40 (Bq.kg)	-0,68	-0,78	0,28	0,54	-0,63	-0,48	-0,64	0,25	0,19	-0,79	-0,58	-0,67	-0,27	0,50	-0,81	-0,60	0,34	1,00	0,47	-0,42	1,00				
Bi-214 (Bq.kg)	-0,03	-0,04	-0,45	-0,04	0,09	-0,07	-0,34	-0,44	0,28	-0,29	0,07	-0,15	0,29	0,38	-0,14	-0,15	0,49	0,51	1,00	-0,97	0,51	1,00			
Ti-208 (Bq.kg)	0,00	-0,05	0,62	0,25	-0,13	0,22	0,38	0,33	-0,39	0,14	-0,15	0,14	-0,18	-0,20	0,18	0,07	-0,39	-0,43	-0,95	1,00	-0,42	-0,96	1,00		

Tabla 4. Tabla de correlación de elementos traza con elementos radiactivos, perfil B.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

	Ba	Ca	Co	Cr	Cu	Li	Mg	Ni	Pb	S	Sc	Sr	V	Y	Zn	Be	As	Zr	K ₂ O (%)	U (ppm)	Th (ppm)	K-40 (Bq.kg)	Bi-214 (Bq.kg)	Ti-208 (Bq.kg)	
Ba	1,00																								
Ca	0,65	1,00																							
Co	0,84	0,63	1,00																						
Cr	-0,59	-0,37	-0,50	1,00																					
Cu	0,67	0,68	0,72	-0,16	1,00																				
Li	-0,08	-0,65	-0,43	0,25	-0,21	1,00																			
Mg	-0,84	-0,30	-0,62	0,17	-0,63	-0,36	1,00																		
Ni	0,36	0,65	0,58	0,17	0,39	-0,65	-0,23	1,00																	
Pb	-0,66	-0,08	-0,38	-0,06	-0,46	-0,58	0,95	-0,12	1,00																
S	0,60	0,73	0,63	-0,04	0,98	-0,24	-0,57	0,46	-0,42	1,00															
Sc	0,92	0,78	0,74	0,74	-0,52	0,84	-0,13	-0,76	0,30	-0,57	0,80	1,00													
Sr	0,82	0,79	0,62	-0,51	0,83	-0,13	-0,65	0,20	-0,46	0,81	0,98	0,24	1,00												
V	0,16	-0,11	0,39	-0,13	0,56	0,11	-0,25	-0,24	-0,16	0,45	0,24	0,24	1,00												
Y	0,00	0,45	0,30	0,55	0,41	-0,53	-0,04	0,87	0,00	0,51	0,08	0,03	-0,05	1,00											
Zn	0,25	0,51	0,17	-0,28	0,68	-0,13	-0,12	-0,18	0,01	0,70	0,58	0,73	0,47	-0,03	1,00										
Be	0,23	0,78	0,16	-0,09	0,64	-0,41	-0,03	0,25	0,09	0,73	0,57	0,70	0,04	0,35	0,84	1,00									
As	-0,32	0,29	0,01	0,66	0,28	-0,51	0,27	0,63	0,27	0,40	-0,15	-0,12	0,00	0,92	0,10	0,43	1,00								
Zr	-0,30	-0,50	-0,37	0,73	0,11	0,71	-0,23	-0,28	-0,45	0,14	-0,20	-0,18	0,35	0,11	0,05	-0,11	0,20	1,00							
K ₂ O (%)	-0,28	-0,83	-0,29	0,38	-0,18	0,80	-0,18	-0,55	-0,36	-0,25	-0,37	-0,41	0,48	-0,31	-0,24	-0,61	-0,25	0,78	1,00						
U (ppm)	0,65	0,66	0,41	0,12	0,71	0,05	-0,74	0,51	-0,71	0,77	0,75	0,73	-0,09	0,45	0,34	0,56	0,23	0,20	-0,26	1,00					
Th (ppm)	-0,30	-0,50	-0,37	0,73	0,11	0,71	-0,23	-0,28	-0,45	0,14	-0,20	-0,18	0,36	0,11	0,05	-0,11	0,20	1,00	0,79	0,20	1,00				
K-40 (Bq.kg)	-0,28	-0,83	-0,30	0,39	-0,18	0,80	-0,18	-0,55	-0,37	-0,25	-0,37	-0,40	0,48	-0,31	-0,24	-0,60	-0,25	0,79	1,00	0,79	0,20	1,00			
Bi-214 (Bq.kg)	0,64	0,65	0,40	0,12	0,72	0,06	-0,73	0,49	-0,70	0,78	0,76	0,74	-0,07	0,44	0,37	0,57	0,23	0,22	-0,25	1,00	0,21	0,21	1,00		
Ti-208 (Bq.kg)																								1,00	

Tabla 5. Tabla de correlación de elementos traza con elementos radiactivos, perfil A.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
SiO ₂	1,00								
Al ₂ O ₃	-1,00	1,00							
Fe ₂ O ₃	-1,00	0,99	1,00						
MgO	-0,99	0,99	0,99	1,00					
CaO	-0,73	0,74	0,77	0,77	1,00				
Na ₂ O	0,86	-0,85	-0,82	-0,83	-0,34	1,00			
K ₂ O	0,01	-0,01	0,03	0,03	0,55	0,28	1,00		
TiO ₂	0,50	-0,56	-0,47	-0,50	-0,14	0,65	0,61	1,00	
P ₂ O ₅	-0,89	0,85	0,91	0,89	0,67	-0,65	0,00	-0,21	1,00

Tabla 6. Tabla de correlación elementos mayores, perfil A.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	M.V.
SiO ₂	1,00										
Al ₂ O ₃	-0,94	1,00									
Fe ₂ O ₃	-0,96	0,99	1,00								
MnO	-0,99	0,94	0,97	1,00							
MgO	-0,91	0,89	0,93	0,95	1,00						
CaO	-0,91	0,82	0,88	0,94	0,98	1,00					
Na ₂ O	-0,18	0,28	0,31	0,26	0,48	0,38	1,00				
K ₂ O	0,71	-0,68	-0,63	-0,65	-0,61	-0,65	-0,18	1,00			
TiO ₂	-0,85	0,83	0,88	0,90	0,91	0,90	0,16	-0,46	1,00		
P ₂ O ₅	0,46	-0,15	-0,24	-0,44	-0,40	-0,54	-0,11	0,24	-0,25	1,00	
M.V.	-0,86	0,78	0,84	0,91	0,98	0,99	0,45	-0,60	0,89	-0,53	1,00

Tabla 7. Tabla de correlación elementos mayores, perfil A.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

	Ba	Co	Cr	Cu	Li	Nb	Ni	Pb	S	Sc	Sr	V	Y	Zn	Be	As	Zr
Ba	1,00																
Co	0,65	1,00															
Cr	0,84	0,63	1,00														
Cu	-0,59	-0,37	-0,50	1,00													
Li	0,67	0,68	0,72	-0,16	1,00												
Nb	-0,08	-0,65	-0,43	0,25	-0,21	1,00											
Ni	-0,84	-0,30	-0,62	0,17	-0,63	-0,36	1,00										
Pb	0,36	0,65	0,58	0,17	0,39	-0,65	-0,23	1,00									
S	-0,66	-0,08	-0,38	-0,06	-0,46	-0,58	0,95	-0,12	1,00								
Sc	0,60	0,73	0,63	-0,04	0,98	-0,24	-0,57	0,46	-0,42	1,00							
Sr	0,92	0,78	0,74	-0,52	0,84	-0,13	-0,76	0,30	-0,57	0,80	1,00						
V	0,82	0,79	0,62	-0,51	0,83	-0,13	-0,65	0,20	-0,46	0,81	0,98	1,00					
Y	0,16	-0,11	0,39	-0,13	0,56	0,11	-0,25	-0,24	-0,16	0,45	0,24	0,24	1,00				
Zn	0,00	0,45	0,30	0,55	0,41	-0,53	-0,04	0,87	0,00	0,51	0,08	0,03	-0,05	1,00			
Be	0,25	0,51	0,17	-0,28	0,68	-0,13	-0,12	-0,18	0,01	0,70	0,58	0,73	0,47	-0,03	1,00		
As	0,23	0,78	0,16	-0,09	0,64	-0,41	-0,03	0,25	0,09	0,73	0,57	0,70	0,04	0,35	0,84	1,00	
Zr	-0,32	0,29	0,01	0,66	0,28	-0,51	0,27	0,63	0,27	0,40	-0,15	-0,12	0,00	0,92	0,10	0,43	1,00

Tabla 8. Tabla de correlación elementos traza, perfil A.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

	Ba _{xxx}	Co	Cr	Cu	Li	Nb _{xxx}	Ni	Pb _{xxx}	S	Sc	Sr _{xxx}	V	Y	Zn	Be	As	Zr _{xxx}
Ba _{xxx}	1,00																
Co	0,95	1,00															
Cr	-0,29	-0,44	1,00														
Cu	-0,21	-0,42	0,89	1,00													
Li	0,90	0,93	-0,25	-0,17	1,00												
Nb _{xxx}	0,31	0,26	0,00	-0,05	0,23	1,00											
Ni	0,64	0,66	0,30	0,18	0,80	0,34	1,00										
Pb _{xxx}	-0,75	-0,66	0,12	-0,15	-0,80	-0,48	-0,58	1,00									
S	0,42	0,34	-0,20	0,05	0,34	-0,66	-0,04	-0,22	1,00								
Sc	0,85	0,90	-0,43	-0,51	0,74	0,00	0,50	-0,32	0,45	1,00							
Sr _{xxx}	0,97	0,94	-0,41	-0,29	0,87	0,09	0,51	-0,68	0,60	0,88	1,00						
V	0,94	0,85	-0,28	-0,22	0,70	0,37	0,47	-0,60	0,36	0,82	0,90	1,00					
Y	0,82	0,66	-0,08	0,18	0,71	0,48	0,48	-0,93	0,33	0,41	0,75	0,79	1,00				
Zn	-0,19	-0,27	0,57	0,76	0,09	0,02	0,30	-0,40	-0,06	-0,55	-0,25	-0,39	0,19	1,00			
Be	0,74	0,77	-0,15	-0,22	0,77	0,77	0,77	-0,70	-0,28	0,53	0,58	0,66	0,63	-0,02	1,00		
As	0,95	0,90	-0,20	-0,15	0,85	0,01	0,62	-0,58	0,61	0,91	0,96	0,88	0,68	-0,23	0,54	1,00	
Zr _{xxx}	-0,16	-0,11	0,26	0,42	0,23	0,01	0,33	-0,41	-0,11	-0,43	-0,19	-0,44	0,08	0,91	0,10	-0,23	1,00

Tabla 9. Tabla de correlación elementos traza, perfil B.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Ba	Co	Cr	Cu	Li	Nb	Ni	Pb	S	Sc	Sr	V	Y	Zn	Be	As	Zr		
SiO ₂	1,00																											
Al ₂ O ₃	-1,00	1,00																										
Fe ₂ O ₃	-1,00	0,99	1,00																									
MgO	-0,99	0,99	0,99	1,00																								
CaO	-0,73	0,74	0,77	0,77	1,00																							
Na ₂ O	0,86	-0,85	-0,82	-0,83	-0,34	1,00																						
K ₂ O	0,01	-0,01	0,03	0,03	0,55	0,28	1,00																					
TiO ₂	0,50	-0,56	-0,47	-0,50	-0,14	0,65	0,61	1,00																				
P ₂ O ₅	-0,89	0,85	0,91	0,89	0,67	-0,65	0,00	-0,21	1,00																			
Ba	-0,67	0,69	0,65	0,71	0,59	-0,74	0,33	-0,37	0,40	1,00																		
Co	-0,72	0,77	0,68	0,67	0,43	-0,77	-0,16	-0,78	0,34	0,65	1,00																	
Cr	-0,55	0,61	0,56	0,61	0,77	-0,43	0,45	-0,42	0,25	0,84	0,63	1,00																
Cu	0,44	-0,45	-0,42	-0,52	-0,18	0,62	0,35	0,69	-0,29	-0,59	-0,37	-0,50	1,00															
Li	-0,88	0,90	0,90	0,88	0,92	-0,60	0,39	-0,29	0,74	0,67	0,68	0,72	-0,16	1,00														
Nb	0,15	-0,24	-0,14	-0,14	-0,16	0,14	0,32	0,78	0,17	-0,08	-0,65	-0,43	0,25	-0,21	1,00													
Ni	0,51	-0,51	-0,51	-0,54	-0,59	0,48	-0,67	-0,17	-0,40	-0,84	-0,30	-0,62	0,17	-0,63	-0,36	1,00												
Pb	-0,09	0,17	0,08	0,05	0,29	-0,08	0,32	-0,29	-0,30	0,36	0,65	0,58	0,17	0,39	-0,65	-0,23	1,00											
S	0,33	-0,30	-0,33	-0,34	-0,41	0,30	-0,71	-0,42	-0,30	-0,66	-0,08	-0,38	-0,06	-0,46	-0,58	0,95	-0,12	1,00										
Sc	-0,86	0,88	0,87	0,83	0,85	-0,60	0,33	-0,29	0,71	0,60	0,73	0,63	-0,04	0,98	-0,24	-0,57	0,46	-0,42	1,00									
Sr	-0,89	0,91	0,88	0,90	0,68	-0,88	0,17	-0,47	0,66	0,92	0,78	0,74	-0,52	0,84	-0,13	-0,76	0,30	-0,57	0,80	1,00								
V	-0,96	0,96	0,94	0,94	0,64	-0,94	0,01	-0,53	0,77	0,82	0,79	0,62	-0,51	0,83	-0,13	-0,65	0,20	-0,46	0,81	0,98	1,00							
Y	-0,44	0,42	0,51	0,52	0,80	0,02	0,44	0,13	0,63	0,16	-0,11	0,39	-0,13	0,56	0,11	-0,25	-0,24	-0,16	0,45	0,24	0,24	1,00						
Zn	-0,05	0,11	0,06	-0,02	0,32	0,15	0,36	-0,05	-0,17	0,00	0,45	0,30	0,55	0,41	-0,53	-0,04	0,87	0,00	0,51	0,08	0,03	-0,05	1,00					
Be	-0,88	0,86	0,88	0,85	0,54	-0,68	-0,28	-0,46	0,92	0,25	0,51	0,17	-0,28	0,68	-0,13	-0,12	-0,18	0,01	0,70	0,58	0,73	0,47	-0,03	1,00				
As	-0,78	0,78	0,75	0,69	0,36	-0,70	-0,37	-0,61	0,64	0,23	0,78	0,16	-0,09	0,64	-0,41	-0,03	0,25	0,09	0,73	0,57	0,70	0,04	0,35	0,84	1,00			
Zr	0,01	0,03	0,01	-0,09	0,20	0,26	0,13	-0,03	-0,11	-0,32	0,29	0,01	0,66	0,28	-0,51	0,27	0,63	0,27	0,40	-0,15	-0,12	0,00	0,92	0,10	0,43	1,00		

Tabla 10. Tabla de correlación elementos mayores- elementos traza, perfil A.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Ba	Co	Cr	Cu	Li	Nb	Ni	Pb	S	Sc	V	Y	Zn	As	Zr			
SiO ₂	1,00																											
Al ₂ O ₃	-0,94	1,00																										
Fe ₂ O ₃	-0,96	0,99	1,00																									
MnO	-0,99	0,94	0,97	1,00																								
MgO	-0,91	0,89	0,93	0,95	1,00																							
CaO	-0,91	0,82	0,88	0,94	0,98	1,00																						
Na ₂ O	-0,18	0,28	0,31	0,26	0,48	0,38	1,00																					
K ₂ O	0,71	-0,68	-0,63	-0,65	-0,61	-0,65	-0,18	1,00																				
TiO ₂	-0,85	0,83	0,88	0,90	0,91	0,90	0,16	-0,46	1,00																			
P ₂ O ₅	0,46	-0,15	-0,24	-0,44	-0,40	-0,54	-0,11	0,24	-0,25	1,00																		
Ba	-0,92	0,99	0,98	0,94	0,90	0,84	0,24	-0,65	0,90	-0,11	1,00																	
Co	-0,90	0,95	0,98	0,94	0,91	0,83	0,31	-0,45	0,89	-0,21	0,95	1,00																
Cr	0,59	-0,37	-0,42	-0,55	-0,36	-0,42	0,14	0,15	-0,28	0,79	-0,29	-0,44	1,00															
Cu	0,40	-0,27	-0,32	-0,38	-0,18	-0,18	0,22	-0,21	-0,20	0,49	-0,21	-0,42	0,89	1,00														
Li	-0,82	0,87	0,92	0,89	0,97	0,90	0,55	-0,46	0,90	-0,24	0,90	0,93	-0,25	-0,17	1,00													
Nb	-0,24	0,17	0,21	0,27	0,25	0,31	-0,52	0,05	0,60	0,00	0,31	0,26	0,00	-0,05	0,23	1,00												
Ni	-0,36	0,55	0,59	0,48	0,65	0,52	0,52	-0,08	0,71	0,28	0,64	0,66	0,30	0,18	0,80	0,34	1,00											
Pb	0,75	-0,68	-0,73	-0,79	-0,88	-0,93	-0,31	0,65	-0,87	0,37	-0,75	-0,66	0,12	-0,15	-0,80	-0,48	-0,58	1,00										
S	-0,49	0,54	0,48	0,44	0,42	0,39	0,53	-0,76	0,08	-0,19	0,42	0,34	-0,20	0,05	0,34	-0,66	-0,04	-0,22	1,00									
Sc	-0,77	0,89	0,88	0,78	0,68	0,56	0,25	-0,37	0,64	0,00	0,85	0,90	-0,43	-0,51	0,74	0,00	0,50	-0,32	0,45	1,00								
V	-0,95	0,99	0,99	0,95	0,90	0,84	0,33	-0,70	0,81	-0,22	0,97	0,94	-0,41	-0,29	0,87	0,09	0,51	-0,68	0,60	0,88	1,00							
Y	-0,86	0,93	0,90	0,84	0,73	0,68	-0,05	-0,66	0,80	0,03	0,94	0,85	-0,28	-0,22	0,70	0,37	0,47	-0,60	0,36	0,82	0,90	1,00						
Zn	-0,79	0,77	0,77	0,79	0,81	0,84	0,10	-0,81	0,84	-0,19	0,82	0,66	-0,08	0,18	0,71	0,48	0,48	-0,93	0,33	0,41	0,75	0,79	1,00					
As	0,25	-0,27	-0,22	-0,18	0,10	0,14	0,50	-0,07	0,01	-0,04	-0,19	-0,27	0,57	0,76	0,09	0,02	0,30	-0,40	-0,06	-0,55	-0,25	-0,39	0,19	1,00				
Zr	-0,61	0,63	0,69	0,69	0,72	0,68	0,03	-0,11	0,92	-0,06	0,74	0,77	-0,15	-0,22	0,77	0,77	0,77	-0,70	-0,28	0,53	0,58	0,66	0,63	-0,02	1,00			
As	-0,83	0,97	0,94	0,85	0,82	0,72	0,40	-0,65	0,73	0,03	0,95	0,90	-0,20	-0,15	0,85	0,01	0,62	-0,58	0,61	0,91	0,96	0,88	0,68	-0,23	0,54	1,00		
Zr	0,14	-0,23	-0,13	-0,05	0,22	0,27	0,60	0,09	0,10	-0,32	-0,16	-0,11	0,26	0,42	0,23	0,01	0,33	-0,41	-0,11	-0,43	-0,19	-0,44	0,08	0,91	0,10	-0,23	1,00	

Tabla 11. Tabla de correlación elementos mayores elementos traza, perfil B.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

muestra	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5
c-1a	87,36	5,28	1,73	0,02	0,31	0,17	0,32	1,67	0,26	0,06
c-2a	87,95	4,98	1,66	0,02	0,28	0,17	0,34	1,74	0,31	0,06
c-3a	85,49	5,96	1,98	0,02	0,41	0,22	0,3	1,75	0,28	0,07
c-4a	87	5,41	1,77	0,02	0,34	0,18	0,29	1,72	0,27	0,06
c-5a	86,46	5,67	1,84	0,02	0,35	0,2	0,3	1,75	0,27	0,06
c-6a	84,9	6,17	2,02	0,02	0,42	0,19	0,24	1,69	0,26	0,07
media	86,53	5,58	1,83	0,02	0,35	0,19	0,30	1,72	0,28	0,06
desv.est	1,15	0,44	0,14	0,00	0,05	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01
máximo	87,95	6,17	2,02	0,02	0,42	0,22	0,34	1,75	0,31	0,07
mínimo	84,90	4,98	1,66	0,02	0,28	0,17	0,24	1,67	0,26	0,06

Tabla 12. Descripción elementos mayores, perfil A

muestra	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	M.V.
c-1b	77,92	8,71	2,5	0,04	0,73	0,56	0,28	2,3	0,36	0,08	6,85
c-2b	75,27	9,89	3,02	0,06	0,79	0,62	0,21	2,23	0,41	0,08	7,17
c-3b	76,3	9,56	2,82	0,05	0,74	0,56	0,27	2,22	0,35	0,08	6,72
c-4b	77,9	9,18	2,66	0,04	0,7	0,5	0,25	2,35	0,36	0,09	6,32
c-5b	78,68	8,63	2,34	0,03	0,64	0,47	0,21	2,26	0,33	0,09	6,04
c-6b	78,7	8,21	2,22	0,03	0,62	0,46	0,19	2,36	0,32	0,08	5,96
media	77,46	9,03	2,59	0,04	0,70	0,53	0,24	2,29	0,36	0,08	6,51
desv.est	1,38	0,63	0,30	0,01	0,06	0,06	0,04	0,06	0,03	0,01	0,48
máximo	78,70	9,89	3,02	0,06	0,79	0,62	0,28	2,36	0,41	0,09	7,17
mínimo	75,27	8,21	2,22	0,03	0,62	0,46	0,19	2,22	0,32	0,08	5,96

Tabla 13. Descripción elementos mayores, perfil B

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez

muestra	Ba	Co	Cr	Cu	Li	Nb	Ni	Pb	S	Sc	Sr	V	Y	Zn	Be	As	Zr
c-1a	249	18	205	25	32	15	31	42	609	13	57	66	18	63	2,6	6,9	38
c-2a	252	17	199	32	32	17	28	40	127	13	57	65	18	61	2,4	5,6	36
c-3a	267	18	223	24	38	16	27	41	163	14	64	72	19	62	2,8	6,8	36
c-4a	273	18	221	19	33	16	27	42	153	13	63	70	18	48	2,4	5,4	30
c-5a	270	19	226	28	37	15	27	53	153	14	64	71	18	87	2,5	7,1	41
c-6a	271	19	213	23	37	16	27	42	138	14	67	76	18	59	2,9	8,4	35
media	263,67	18,17	214,50	25,17	34,83	15,83	27,83	43,33	223,83	13,50	62,00	70,00	18,17	63,33	2,60	6,70	36,00
desv.est	10,42	0,75	10,77	4,45	2,79	0,75	1,60	4,80	189,12	0,55	4,10	4,05	0,41	12,82	0,21	1,10	3,63
máximo	273	19	226	32	38	17	31	53	609	14	67	76	19	87	2,9	8,4	41
mínimo	249	17	199	19	32	15	27	40	127	13	57	65	18	48	2,4	5,4	30

Tabla 14. Descripción de elementos traza, perfil A.

muestra	Ba	Co	Cr	Cu	Li	Nb	Ni	Pb	S	Sc	Sr	V	Y	Zn	Be	As	Zr
c-1b	415	21	172	33	43	18	33	54	201	15	75	84	23	134	3,4	5,8	499
c-2b	494	23	169	23	45	19	33	48	205	16	81	97	25	67	3,7	9	66
c-3b	453	22	169	24	43	17	31	61	306	16	80	91	23	65	3,2	8,9	60
c-4b	443	22	172	25	43	18	34	66	188	16	77	90	22	64	3,5	8	59
c-5b	407	20	174	38	39	18	31	64	214	15	74	88	23	93	3,2	5,9	58
c-6b	373	20	169	20	38	18	29	72	164	15	72	83	21	57	3,2	3,6	53
media	430,83	21,33	170,83	27,17	41,83	18,00	31,83	60,83	213,00	15,50	76,50	88,83	22,83	80,00	3,37	6,87	132,50
desv.esta	41,94	1,21	2,14	6,85	2,71	0,63	1,83	8,64	48,75	0,55	3,51	5,12	1,33	29,20	0,21	2,13	179,60
máximo	494	23	174	38	45	19	34	72	306	16	81	97	25	134	3,7	9	499
mínimo	373	20	169	20	38	17	29	48	164	15	72	83	21	57	3,2	3,6	53

Tabla 15. Descripción de elementos traza, perfil B.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

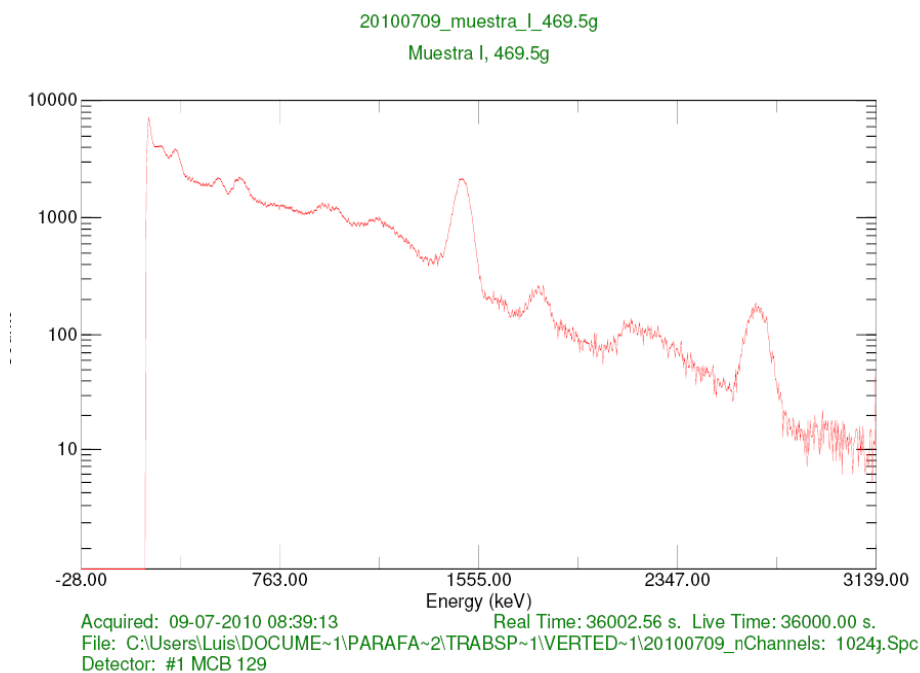
Marta Septién Rodríguez

11. ANEXO II:

En este anexo se muestran todos los espectros de radiación gamma de las doce muestras analizadas, las seis primeras para el perfil A y las seis siguientes para el perfil B.

Estos espectros se procesan con un software, Scintivision32, para cuantificar los picos en los que se pueden calcular las actividades de K-40, Bi-214 y el 208-Tl, y de estas actividades, y suponiendo que el equilibrio en la cadena de desintegración, se puede determinar las concentraciones de K, U y Th.

El software determina el número de golpes recibidos en cada pico a lo largo del tiempo de análisis, y saber el tiempo de conteo, el peso de la muestra y los factores de calibración (obtenido mediante el análisis de estándares de concentración conocida) puede convertir el choque por unidad de tiempo medido en las concentraciones de elementos radiogénicos.

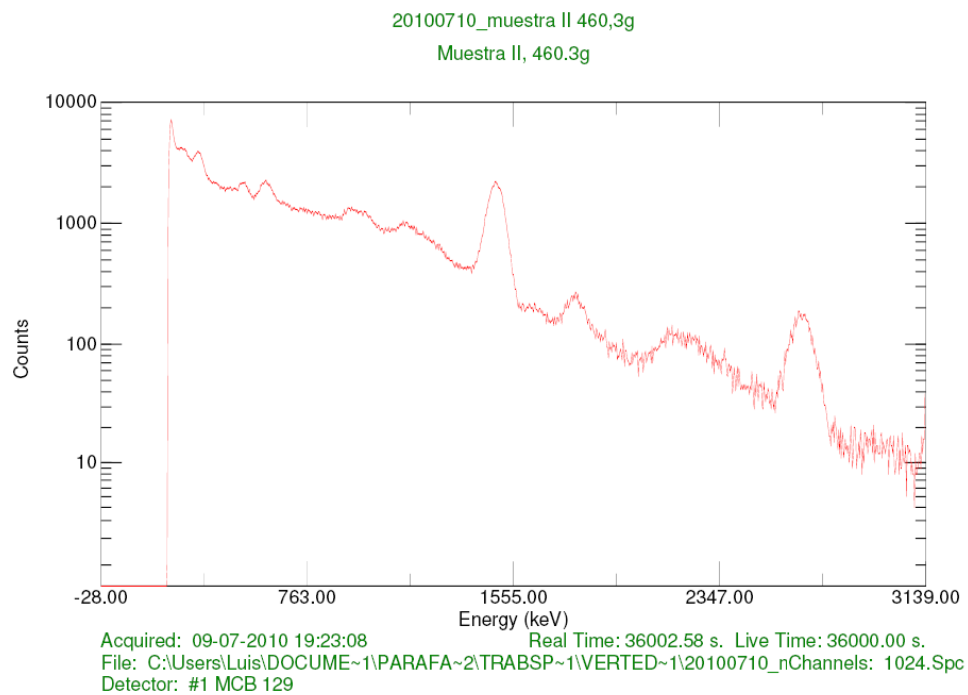


Espectro 1.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-1a.

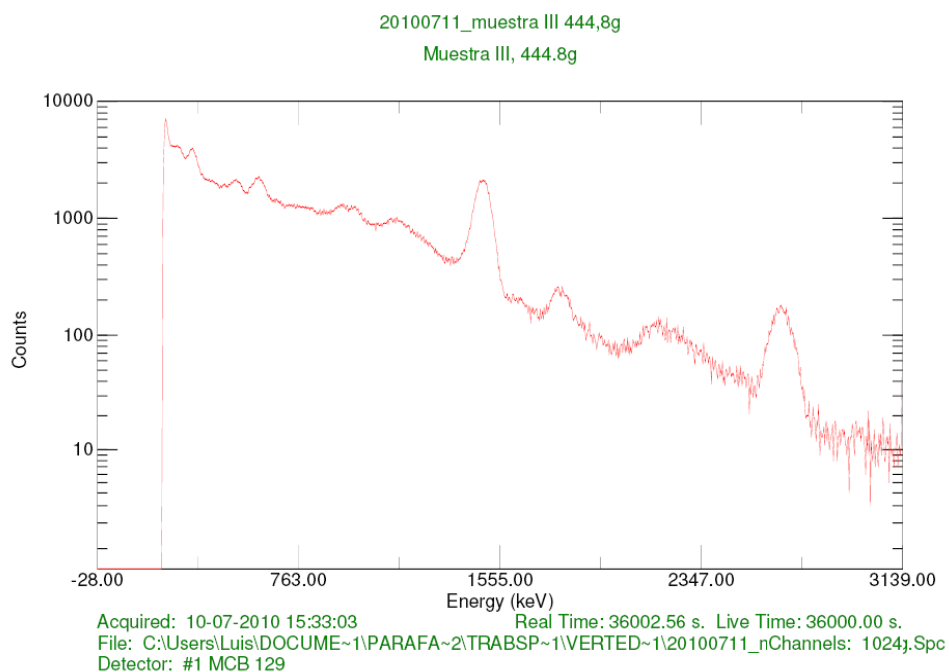
Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez



Espectro 2.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-2a.

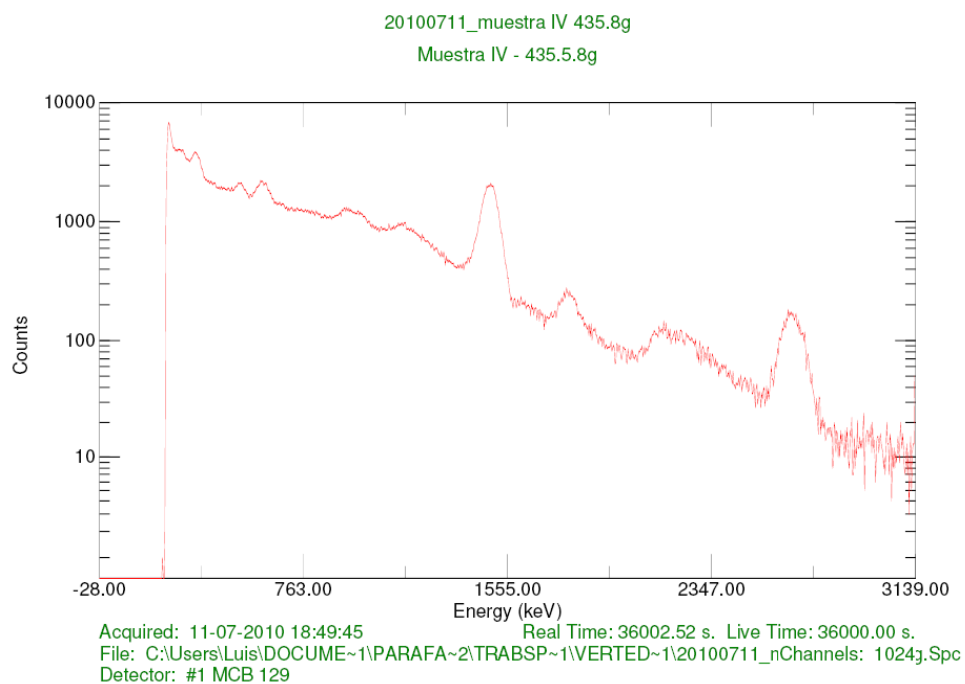


Espectro 3.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-3a.

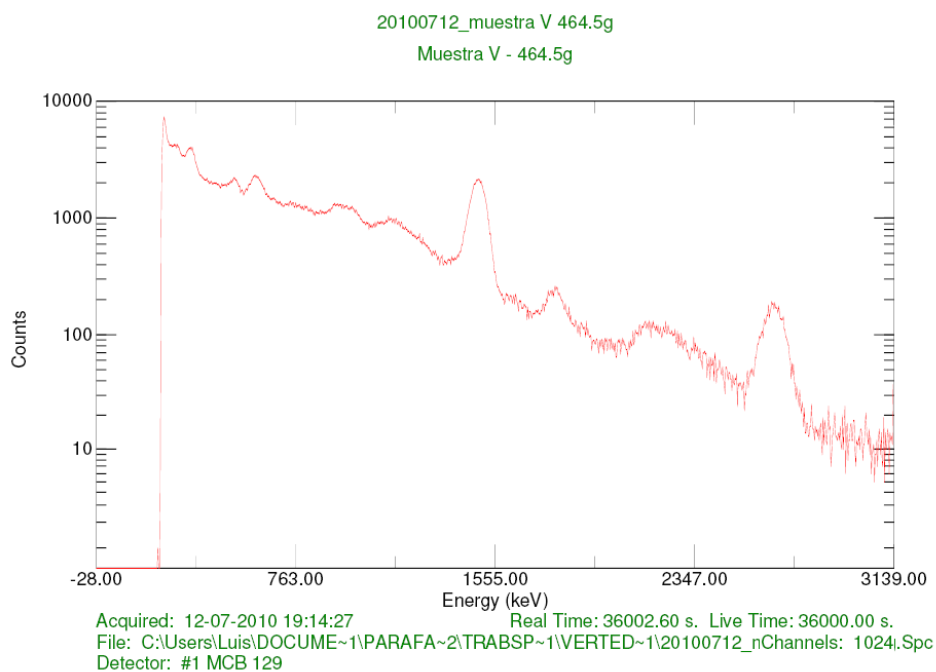
Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez



Espectro 4.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-4a.

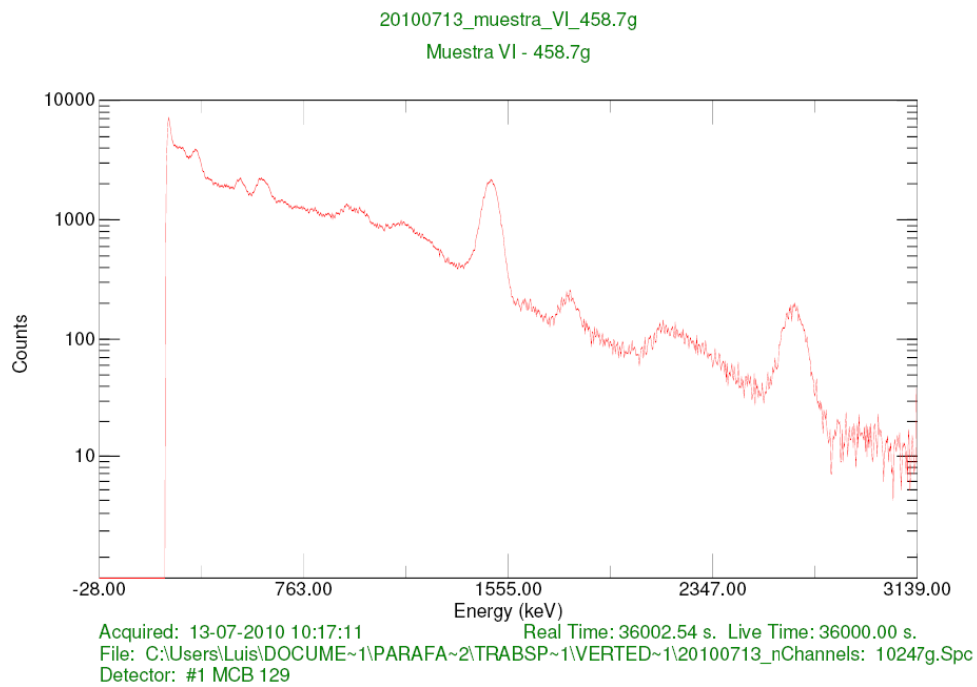


Espectro 5.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-5a.

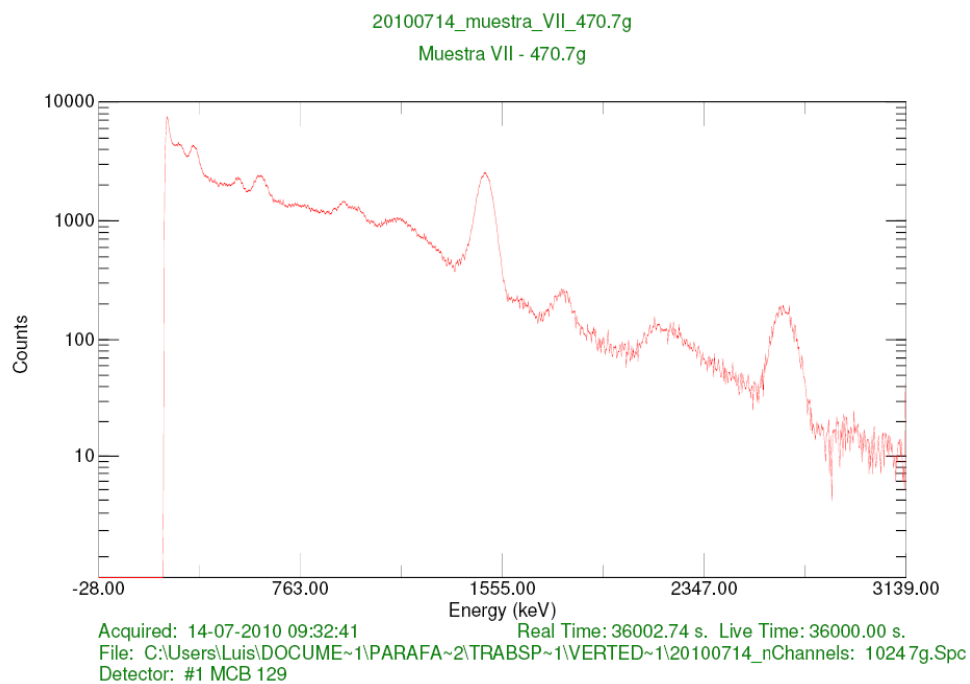
Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez



Espectro 6.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-6a.

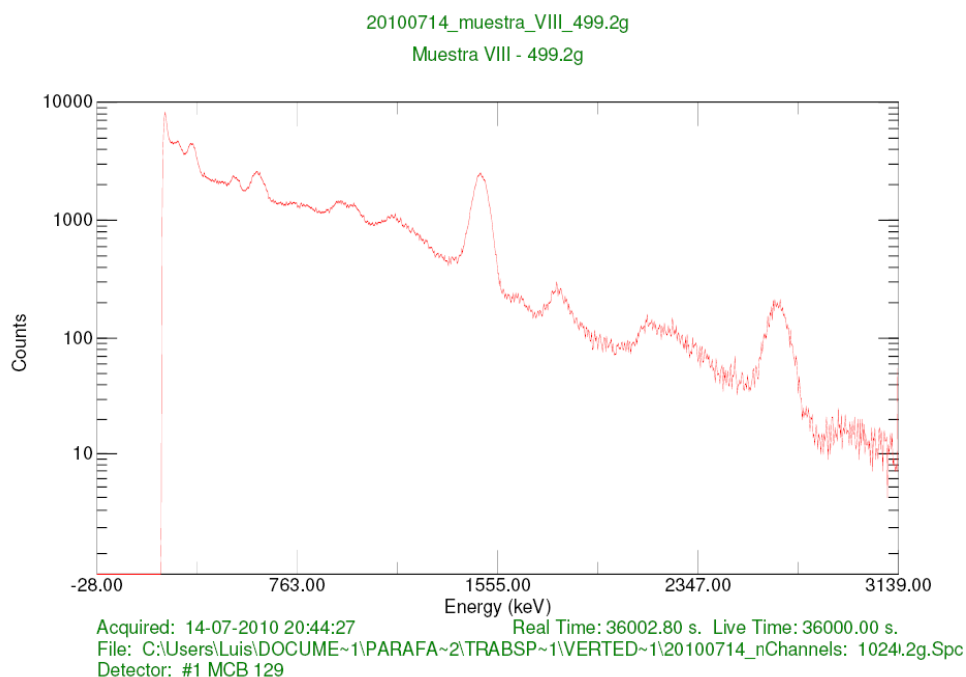


Espectro 7.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-1b.

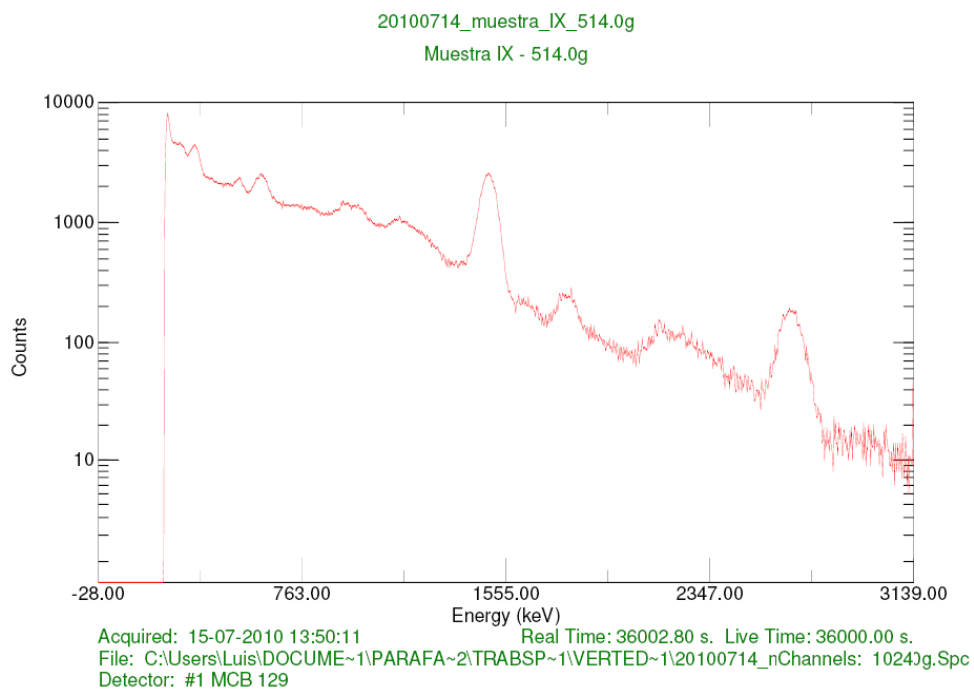
Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez



Espectro 8.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-2b.

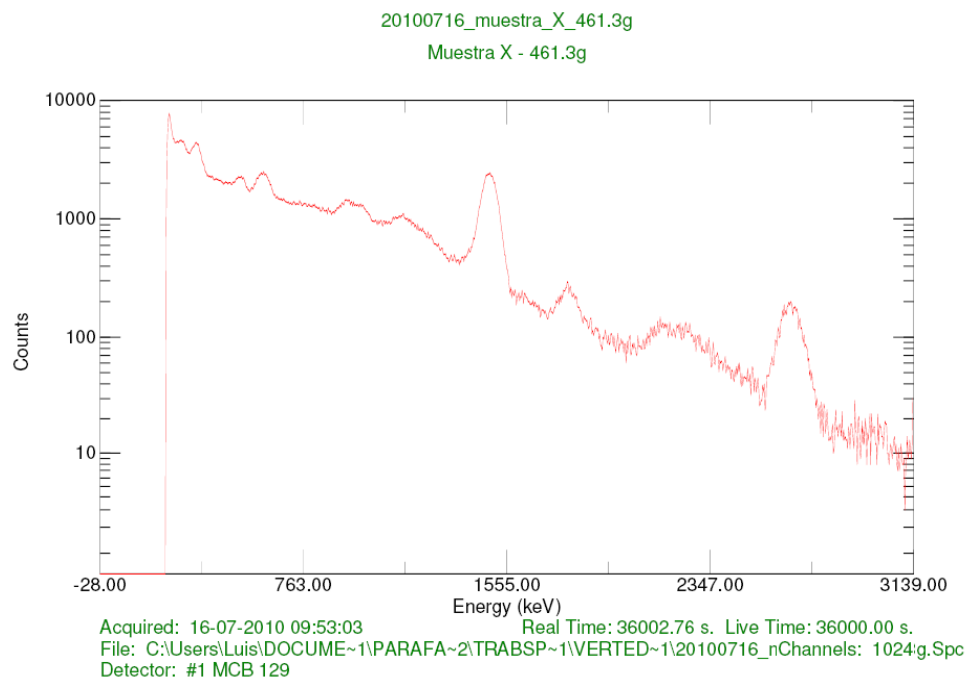


Espectro 9.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-3b.

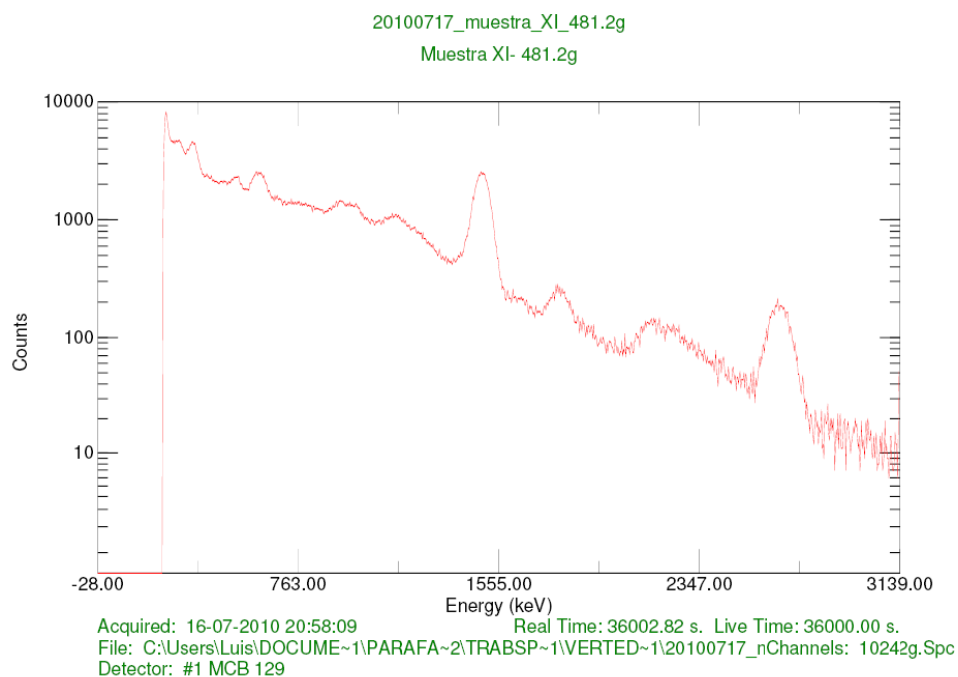
Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septién Rodríguez



Espectro 10.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-4b.

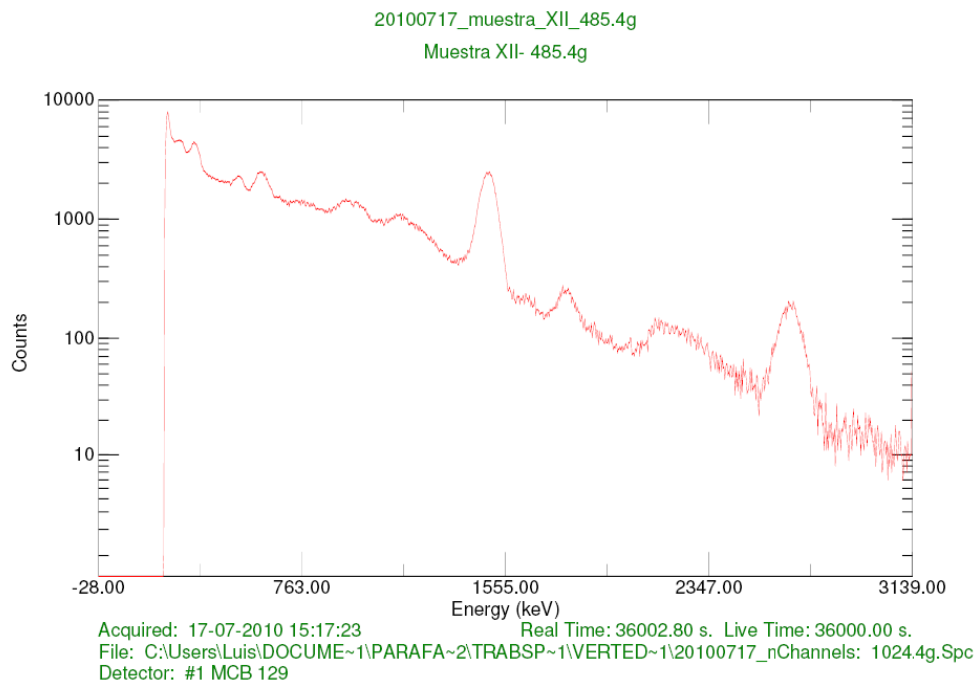


Espectro 11.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-5b.

Implicaciones Medioambientales Asociadas a un Vertedero de Residuos Sólidos Urbanos.

El caso de Villamayor.

Marta Septi3n Rodr3guez



Espectro 12.- Espectro obtenido del transmisor multicanal de la muestra C-6b.