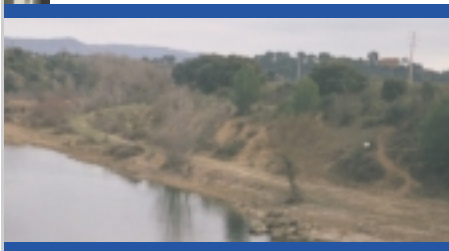


Procedimiento de toma de muestras para la determinación de la radiactividad en suelos: capa superficial

CSN



Colección
Informes Técnicos 11.2003
Serie
Vigilancia Radiológica
Ambiental
Procedimiento 1.1

Procedimiento de toma de muestras para la determinación de la radiactividad en suelos: capa superficial

Autores: M. Herranz, coordinadora
R. Jiménez
E. Navarro
J. Payeras
J.L. Pinilla

Colección
Informes Técnicos 11.2003
Serie Vigilancia Radiológica Ambiental
Procedimiento 1.1





Índice

1. Prólogo	6
2. Introducción y justificación	7
3. Campo de aplicación del procedimiento	9
4. Sistemática de trabajo	10
4.1. <i>Constitución del grupo de trabajo</i>	10
4.2. <i>Método de trabajo</i>	10
4.3. <i>Bibliografía consultada</i>	10
5. Desarrollo del procedimiento	11
5.1. <i>Definición de objetivos</i>	11
5.2. <i>Definición de terminología</i>	11
5.3. <i>Elección del punto de muestreo</i>	12
5.3.1. <i>Número de puntos</i>	12
5.3.2. <i>Características del punto</i>	13
5.3.3. <i>Profundidad de muestreo</i>	15
5.4. <i>Instrumentos de muestreo</i>	15
5.5. <i>Extracción de la muestra</i>	17
5.6. <i>Remisión al laboratorio e información anexa</i>	18
6. Conclusiones	20
7. Referencias	21

1. Prólogo

El objeto del presente documento es ofrecer un reflejo detallado del proceso seguido por el *Subgrupo de Muestreo* en el desarrollo del Procedimiento de Muestreo de la Capa Superficial de los Suelos para su Evaluación Radiológica publicado como Norma UNE.

El *Subgrupo de Muestreo* es miembro del *Grupo de Normas*, integrado en el Subcomité SC-03 del Comité Técnico de Normalización CTN-73 de AENOR, y está formado por las siguientes personas:

- Margarita Herranz Universidad del País Vasco/EHU. Coordinadora
- Raimundo Jiménez Universidad Autónoma de Madrid
- Elisa Navarro Universidad de Valencia
- Juan Payeras CEDEX
- José Luis Pinilla Enresa

Con el presente documento se pretende poner a disposición de los interesados una descripción de los objetivos planteados, los criterios aplicados y las bases científicas que los sustentan, las discusiones generadas en torno a ellos, las dificultades encontradas y las conclusiones que han parecido más correctas y que han conducido a la definición y elaboración del contenido de un procedimiento normalizado para el muestreo de la capa superficial de los suelos.

Dicho procedimiento normalizado deberá garantizar al menos los siguientes aspectos: la obtención de una muestra superficial de suelo representativa de su entorno y con las características necesarias para los análisis que en ella se pretendan desarrollar, la conservación de estas propiedades hasta el momento en que la muestra se entregue en el laboratorio de análisis y, por último, el suministro de los datos necesarios para la caracterización de la muestra y trazabilidad del proceso.

2. Introducción y justificación

Existe una amplia metodología presentada en la literatura y/o normativa internacional referente al muestreo de suelos. En ella se refleja la creciente preocupación de los organismos nacionales e internacionales para asegurar y controlar la calidad del muestreo del mismo modo que se asegura y controla la calidad de los análisis que sobre las muestras se realizan.

Entre las cuestiones fundamentales a resolver en el muestreo de suelos están las relacionadas con el punto en el cual éste se realiza: características del terreno, definición de punto, su elección y carácter representativo, muestras simples o compuestas, número de submuestras por muestra, superficie representada, volumen/superficie recogido, profundidad y metodología del muestreo.

Los criterios de elección están directamente relacionados con los objetivos del muestreo, el uso del suelo, sus características, la vegetación, las condiciones ambientales y orografía de la zona y también con cuales sean los parámetros que se quiere analizar.

El tema deviene extraordinariamente amplio y complejo, por lo que en ocasiones, a pesar de la abundancia de literatura especializada, no resulta sencillo para el personal no estrictamente especializado en la materia, programar y realizar un muestreo con unos objetivos parciales, concretos y bien definidos. Por esto es conveniente el desarrollo de documentos normativos para asegurar y controlar la calidad en análisis específicos, que impliquen el muestreo de suelos.

En este contexto se plantea la elaboración de procedimientos de muestreo en el campo de la medida de la radiactividad en suelos, con ello desaparecen algunas variables de las consideradas pero aún así la metodología del muestreo va a depender fuertemente de cuales sean los objetivos escalonados para los que se realiza, o dicho de otro modo, qué tipo de radionucleidos queremos determinar, qué datos sobre ellos requerimos y para qué.

Es diferente tratar de determinar radionucleidos pertenecientes a una serie radiactiva natural o bien naturales de vida media larga, que determinar otros procedentes de deposiciones atmosféricas. En el primer caso estarán distribuidos en el suelo en función de su perfil y para cada horizonte de éste puede esperarse que la concentración sea homogénea. En el segundo caso existe una distribución en profundidad que sigue un determinado patrón, marcado por el coeficiente de distribución y la velocidad de migración, y que dependerá del tiempo transcurrido entre la deposición y la medida, del perfil del suelo, del patrón de lluvias, de la existencia de escorrentías o corrientes subterráneas y del radionucleido de que se trate.

Otra consideración a realizar previamente es ¿qué se quiere determinar?. Es posible que se quiera estimar el inventario total de un radionucleido debido a un proceso de deposición que se sabe ha ocurrido, para ello habrá que muestrear en profundidad de forma acumulada, llegando hasta el horizonte en el que el radionucleido ya no sea detectable. Si se pretende calcular su velocidad de migración o su coeficiente de distribución, entonces deberá realizarse un muestreo en profundidad pero esta vez de carácter seccional. Para calcular la dosis a la población debida a esa deposición, habrá que realizar un muestreo hasta una determinada profundidad que estará en función del tipo

de emisión del isótopo y de su energía. Si se pretende conocer el contenido de radionucleidos naturales, se tomarán muestras a cualquier profundidad indicando en cualquier caso cuál es esta. Para evaluaciones dosimétricas debido a la exposición al inventario radiológico del suelo, muestreo superficial, y así sucesivamente.

La última consideración es ¿para que medimos?. La respuesta es más breve: para caracterizar radiológicamente un suelo, para analizar su evolución, para disponer de una serie de datos que sirva como nivel de referencia y que permita detectar posibles anomalías o incidentes y, en su caso, evaluarlos y hacer predicciones evolutivas y dosimétricas.

Atendiendo a estas cuestiones, es evidente que hay que restringir cual va a ser el campo de aplicación y también la definición de objetivos.



3. Campo de aplicación del procedimiento

El procedimiento se aplica al muestreo de los cinco primeros centímetros de suelo y contempla las actividades a desarrollar desde la definición de los objetivos del muestreo hasta la llegada de la muestra al laboratorio.

En el contexto antes señalado se pensó en delimitar el campo de aplicación del procedimiento tan sólo a la capa superficial del suelo, que se considerará en posterior discusión como los primeros cinco centímetros del suelo. El muestreo a esta profundidad es además el tipo de muestreo encontrado con mayor frecuencia entre los muestreos que se realizan en nuestro país.

El procedimiento elaborado abarca desde la definición de los objetivos de muestreo hasta la entrada de la muestra al laboratorio, momento en el que debe de empezar a aplicarse el procedimiento correspondiente a la manipulación y preparación de muestras, aspectos contemplados en otro documento de esta misma serie y que ha dado origen a la correspondiente norma UNE. (UNE-1, 2002).

4. Sistemática de trabajo

4.1. Constitución del grupo de trabajo

El grupo de trabajo se constituye a partir de aportaciones voluntarias de profesionales con años de experiencia en temas de muestreo, bien a través de la participación de sus respectivos laboratorios u organismos en redes de vigilancia radiológica ambiental o bien a través de su participación en proyectos de investigación que incluyesen el muestreo de suelos. Se ha hecho especial hincapié en el hecho de que los miembros del grupo constituyan un equipo multidisciplinar, incluyendo profesionales tanto del campo de la investigación como del campo industrial así como expertos en temas edafológicos.

4.2. Método de trabajo

La sistemática ha sido la habitual de un grupo de trabajo cuyos miembros tienen una amplia dispersión geográfica: reuniones periódicas, contactos telefónicos y a través del correo electrónico. Dado que desde los primeros contactos se atisbaron cuales podían ser los puntos conflictivos se decidió no realizar un reparto de tareas, antes bien, compartir y analizar entre todos toda la información que se pudiera reunir y toda la experiencia en el tema que se poseyera. Esta sistemática llevó a la elaboración de un primer borrador que alcanzó la versión definitiva del procedimiento después de enriquecerse con los comentarios recibidos gracias a la difusión del citado borrador entre profesionales pertenecientes a entidades directamente involucradas con la protección radiológica y las medidas radiactivas ambientales.

4.3. Bibliografía consultada

La bibliografía consultada referente al tema del muestreo en suelos, es muy amplia y se puede agrupar en los siguientes bloques:

- Normas y proyectos de normas tanto nacionales como extranjeras
- Procedimientos de organismos internacionales de reconocido prestigio
- Libros
- Revistas científicas
- Procedimientos de laboratorios españoles, que permiten conocer la práctica habitual en nuestro país.

No toda la bibliografía consultada aparece reflejada en este documento, tan solo aquella que se ha juzgado como más interesante o cuyo contenido ha sido determinante a la hora de dilucidar respuestas para puntos específicos del procedimiento. Las referencias que aparecen a lo largo del texto se deben entender como una, a lo sumo dos, de aquellas en las cuales aparecen argumentos que han ayudado en la toma de decisiones.

5. Desarrollo del procedimiento

5.1. Definición de objetivos

Los objetivos que se pretenden cubrir con el desarrollo de este procedimiento son los de poder delimitar y/o caracterizar niveles de fondo, posibles anomalías (entendidas como situaciones anómalas que hayan podido contribuir a una alteración de las condiciones radiológicas del terreno) y realizar un seguimiento sistemático de la evolución de su contenido radiológico.

Hay que considerar que la consecución de estos objetivos con altas cotas de calidad se va a ver claramente condicionada por las características del muestreo de suelos que impiden que se pueda lograr una muestra auténticamente representativa, ya que:

- El muestreo no se puede realizar en condiciones controladas por establecerse fuera del laboratorio.
- No existe ni la estabilidad temporal a largo plazo ni tampoco la estabilidad espacial.
- El hecho de muestrear perturba el terreno, por lo tanto nunca muestras posteriores podrán reproducir exactamente las mismas condiciones.

5.2. Definición de terminología

Utilizar una terminología adecuada y homogénea a lo largo de todo el proceso de discusión y desarrollo de un procedimiento se revela como condición indispensable para llevar este a buen término. La definición de los términos de aplicación general no origina controversias apreciables, sin embargo a medida que se reduce el campo de aplicación de la terminología, su definición se vuelve más difícil.

La definición de *área de estudio* indica claramente que ésta es la región geográfica donde se va a realizar un determinado programa de muestreo, al margen de los objetivos concretos que en éste se contemplan.

La siguiente cuestión es dividir esa área en zonas, llamadas *zonas de muestreo*, siendo cada una de ellas un espacio geográfico que presenta un conjunto de factores ambientales, orográficos y de utilización de terreno homogéneos. Lógicamente en un área se pueden definir una o más zonas.

El *punto de muestreo* es el lugar elegido en la zona para extraer en él la muestra. Su característica fundamental es su carácter representativo, por lo que lógicamente en el zona pueden existir uno o más puntos de muestreo, en función de los objetivos concretos de éste y de las características del terreno. Los puntos de muestreo vendrán definidos por sus coordenadas y su altitud. La necesidad del segundo de estos requerimientos no aparece tan clara como la del primero, sin embargo, variaciones en depósitos puntuales según la altitud del punto, diferencias en drenajes, etc. aconsejaron su introducción. Otros sistemas de localización del punto, de tipo visual como pueden ser las referencias tomadas con

árboles, casas, son desechadas por la posible variación de estos a lo largo del tiempo, lo que las inhabilita como referencias para muestreos dilatados temporalmente.

En cuanto a la definición de *muestra* es el asunto que genera mayores controversias. En principio la unidad mínima arbitraria para muestrear en suelos, definida por el Soil Survey Staff del Departamento de Agricultura de los EEUU (USDA) es el pedión (S.S.S., 1975), cuya superficie oscila entre 1 y 10 m² según la variabilidad del suelo. Esto conduciría a una superficie mínima muestreable de 1 m², e incluso mayor para suelos de características no homogéneas. Dada la dificultad práctica de muestrear estas superficies tan amplias y también el gran volumen de suelo obtenido (50 l en el mejor de los casos), parece conveniente considerar la posibilidad de recoger submuestras de ese pedión que una vez mezcladas y homogeneizadas proporcionarían una única muestra representativa de aquél.

Sin embargo, no es sencillo definir el *número de submuestras* que deben configurar aquella, ya que esto dependerá obviamente de la variabilidad de la superficie del suelo en el punto de muestreo. Este factor puede determinarse con bastante fiabilidad con el auxilio de utensilios como pueden ser las tablas de colores Munsell (Munsell, 2000), para realizar muestreos sistemáticos esto conduce a un volumen de trabajo no siempre asumible, por lo que pareció conveniente definir un número de submuestras fijo.

A este respecto la bibliografía consultada ofrece un rango de variación que oscila entre los organismos americanos que requieren 10 submuestras por muestra (ASTM, 1995; HASL, 1997), hasta los franceses que no llegan a definir este número (AFNOR, 1998), pasando por autores que proponen un número que oscila entre 5 y 25-50 (CEEM, 2001).

El Subgrupo de Muestreo se ha decidido por *5 submuestras* para componer una muestra, como solución intermedia entre los valores mínimos que proporciona la literatura especializada y lo que es la práctica habitual en nuestro país, consistente en extraer una única muestra de 50x50 cm². Por otra parte para dar cabida a terrenos de variabilidad no despreciable, se estableció un pedión de 2x2 m², que representa la posición intermedia entre los valores mínimo y máximo que definen a éste.

Las cinco submuestras se recolectan por lo tanto en los vértices y en el centro de un cuadrado de 2 metros de lado. Si este último extremo entrañara dificultades debido a la orografía del terreno se elegiría una línea recta, y a lo largo de ella y espaciadas 50 cm, se recolectarían las 5 submuestras.

5.3. Elección del punto de muestreo

Entre todos los objetivos que se proponen en el procedimiento, aquél que impone las condiciones más restrictivas sobre las características del punto de muestreo es el de realizar un seguimiento temporal sistemático del contenido radiactivo en un determinado punto perteneciente a una zona geográfica.

5.3.1. Número de puntos

Una vez definida una determinada zona de muestreo es necesario determinar en cuántos puntos de ella se va a realizar el proceso de muestreo, esta cuestión dependerá fuertemente del objetivo y esta tratada con gran profundidad en diferentes textos y en los proyectos de norma (ISO-1, 1995;

AFNOR, 1998), para los tres objetivos que se pretenden cumplir con el procedimiento elaborado, se considera apropiado lo siguiente:

- Si se trata de *realizar un seguimiento sistemático* una vez definida la zona habrá que analizar cuáles son sus características edáficas, ya que esto permitirá estudiar si es razonable pensar que puedan existir importantes variaciones del contenido de radionucleidos de un lugar a otro o bien si es posible que tengan lugar migraciones importantes entre lugares adyacentes.

Para hacer un análisis de las características de los suelos de la zona se considera adecuado utilizar la tabla de colores Munsell (Munsell, 2000); comparando los colores que aparecen en ella con los colores de los suelos en distintos puntos, se puede estimar si la composición del suelo es o no muy variable en cuanto a su distribución horizontal, que es en última instancia lo que interesa. Para los que no estén familiarizados con el manejo de estas tablas, cabe decir que el grado de humedad de un suelo solo afecta a la tonalidad del color de éste pero no al color en sí (Porta, 1994).

Si las características edáficas de una zona se pueden considerar homogéneas o casi homogéneas, o si las diferencias entre puntos son tales que no sea razonable sospechar altas variaciones del contenido de radionucleidos ni altas tasas de migración, se considera ajustado muestrear en un único punto representativo de toda la zona.

Lógicamente, y dado que no se pueden realizar muestreos sucesivos exactamente en el mismo punto, tal y como se ha comentado en un párrafo anterior, habrá que controlar que las características del suelo se mantienen, esto es: que el color de éste es el mismo.

- Si se trata de *establecer niveles de fondo*, lo habitual (ISO-1, 1995) es establecer una malla regular y muestrear en un punto de cada celda de la malla. En función de lo ambicioso de los objetivos del proyecto, del conjunto de factores ambientales, orográficos y de utilización de terreno y también de sus características edáficas, más o menos homogéneas, el tamaño de la celda deberá ser mayor o menor y por lo tanto la distancia entre puntos también. La norma, referenciada presenta un amplio análisis de esta cuestión.
- Por último, si se trata de *detectar una posible anomalía*, el Subgrupo considera que no se pueden dar indicaciones concretas. Habrá que definir un programa de muestreo concreto en función de la anomalía de que se trate, que deberá tomar en consideración el tipo de anomalía y los caminos de deposición o impacto sobre el suelo. La densidad de puntos de muestreo en este caso no deberá ser constante, sino que tendrá que ser más elevada en aquellos terrenos en los cuales se espere una mayor presencia o influencia de la anomalía o en aquellos que se encuentren más cercanos a la posible fuente de ésta.

5.3.2. Características del punto

En principio parece evidente que se puede muestrear en cualquier punto en el que se precise o se desee conocer su contenido radiológico. Sin embargo si un punto va a representar a toda una zona, si se desea realizar un muestreo sistemático a lo largo del tiempo o si se desea establecer comparaciones entre distintas zonas geográficas es preciso que los puntos cumplan unos requisitos mí-

nimos comunes a todos ellos y que además dichos requisitos contribuyan a minimizar la variabilidad espacial y temporal de su contenido radiactivo.

Según los objetivos del muestreo las características van a ser ligeramente variables, pero entre todos los objetivos que se proponen en el procedimiento, aquél que impone las condiciones más restrictivas sobre las características del punto se considera que es el de realizar un seguimiento temporal sistemático del contenido radiactivo en un determinado punto perteneciente a una zona. Dichas características deben ser como mínimo:

- Que el punto por su situación no pueda resultar apantallado en caso de ocurrir un depósito inesperado, para ello deberá encontrarse en un terreno despejado, alejado de árboles y edificaciones que puedan perturbar el discurrir de un depósito.
- El punto de muestreo seleccionado debe de estar lo menos inclinado posible y suficientemente drenado. En función de las zonas geográficas, sobretodo si presentan una pluviometría elevada, un punto situado en un terreno excesivamente inclinado es un punto sometido a aluviones y escorrentías, esto es, se trata de un lugar inestable y fuertemente lavado, con la pérdida de radionucleidos presentes en el suelo que esto conlleva. Por otra parte, si se trata de un terreno más plano y mal drenado con encharcamientos prolongados se produce además de un incremento en las dificultades técnicas del muestreo (por ejemplo, en la determinación de la profundidad de este) un tránsito de los radionucleidos al agua, principalmente por efecto de la disolución, de difícil cuantificación.
- En el punto no se hayan producido alteraciones ni humanas ni animales. Esta cuestión está directamente relacionada con las posibles actividades que pueden tener un origen humano como es la labranza, la edificación, anteriores muestreos... o bien animal como es la alta actividad de animales subterráneos (topos, lombrices...), realmente el problema de estas operaciones es que conllevan la remoción del terreno con la consiguiente alteración y mezcla del contenido radiactivo en la capa superficial que impediría cualquier análisis de evolución temporal o cualquier estimación de un depósito accidental. Por lo tanto habrá que tener en consideración cuando se realicen muestreos sistemáticos en una determinada zona que el punto de muestreo no debe superponerse exactamente a los anteriores, se tendrá que desplazar una distancia tal que podamos asegurar que el terreno sobre el que se sitúa el punto de muestreo no ha sufrido alteraciones.

En este punto se considera lógico barajar una condición que en ocasiones aparece en la literatura especializada (HASL, 1997), y es el intentar definir una distancia mínima de seguridad a determinadas actividades humanas, susceptibles de alterar de forma puntual o continuada el estado radiológico de un punto, perdiendo éste por lo tanto su carácter de representativo. Esta es la situación que se plantea por ejemplo en la cercanía de carreteras con alta densidad de tráfico, determinados tipos de instalaciones industriales, etc.. Sin embargo, no se ha encontrado un criterio suficientemente general que permita definir como recomendada una única distancia, por entender que esta será función de cuestiones como la densidad de tráfico, el tipo de instalación, etc... Por lo tanto no se recomienda ninguna distancia, limitándose el procedimiento a la recomendación de punto no perturbado por actividades humanas.

- Que el terreno no sea pedregoso Si el terreno es excesivamente pedregoso, dado que las piedras por encima de un determinado tamaño no se van a considerar suelo y van a retirarse de él en el tratamiento previo de la muestra para proceder a su análisis radiológico, podría encontrarse por

un lado con el hecho de que la cantidad de suelo muestreado es insuficiente y por otro con que no se está recogiendo suelo hasta la profundidad deseada.

- Por último, es interesante que en el punto de muestreo no haya vegetación asociada ya que el camino de una posible deposición debe estar lo más expedito posible, en caso contrario parte de la contaminación se vería detenida por la vegetación en una tasa difícilmente cuantificable y, de cara a un análisis sistemático del contenido radiactivo en un punto, habría que tomar esto en consideración. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la hierba ayuda a la fijación de los sustratos contaminantes al terreno.

Lógicamente éstas condiciones deben considerarse como recomendadas, pero no como imprescindibles ni tampoco suficientes, los puntos de muestreo deben de representar a una zona o a alguna de sus características, por lo tanto, si toda una zona es boscosa, pantanosa, de pasto, pedregosa, etc. no por ello se tendría que dejar de muestrear, el punto de muestreo tendría que representar las características de su zona, pero estas condiciones especiales deberían indicarse como tales en el registro de muestreo correspondiente.

Igualmente, si los objetivos de muestreo son cualesquiera de los otros dos considerados: determinación de fondos y análisis de incidencias, hay que muestrear donde geográficamente corresponda en función del programa previamente desarrollado, por lo tanto hay condiciones como la primera de las propuestas que carecen de sentido, también en estos casos es importante indicar este extremo en el registro de muestreo correspondiente. No tiene sentido comparar resultados de terrenos urbanos o casi urbano con terrenos rurales, y hay que evitar que esto ocurra.

5.3.3. Profundidad de muestreo

Observaciones aparte merece el tema de la profundidad de muestreo para ser considerado como superficial. En algunos casos la bibliografía consultada habla de muestras superficiales de un centímetro de profundidad (ASTM, 1995) sin embargo otras muchas consideran la primera profundidad de muestreo, o muestreo de superficie hasta los primeros cinco centímetros (IAEA, 1989), que es la solución que se ha adoptado. El argumento parece claro, cuanto menor sea la profundidad de muestreo, más difícil es definir ésta con un error aceptable e incluso en algunos casos la casuística podría resultar en que se está muestreando prácticamente tan solo la capa de hojarasca, de los suelos. Por otra parte a medida que se aumenta la profundidad del muestreo, dado que la tierra recogida se va a mezclar y homogeneizar de cara a las determinaciones radiactivas, los radionucleidos que típicamente se quedan en la capa más superficial (primeros mm) como es el caso del Pu, van a resultar fuertemente diluidos, dificultando el proceso de su detección.

5.4. Instrumentos de muestreo

Los instrumentos de utilización manual más habituales son el sacabocados, la plantilla, el anillo o la caja Kubiena.

Existe una amplia variedad de instrumentos, tanto comerciales como de elaboración propia, destinados al muestreo de los suelos. Parte de ellos son de utilización manual y otros no, determinándose

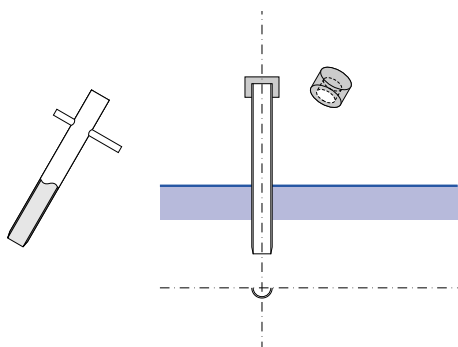


Figura 1. Sacabocados con barra extractora y caperuza

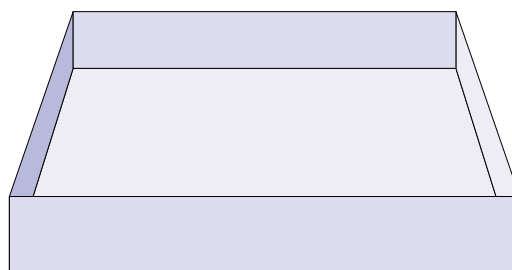


Figura 2. Plantilla

el uso de unos u otros en función de la profundidad de la muestra y de la superficie de esta. Evidentemente dado que se está considerando un muestreo de la primera capa, a tan solo cinco centímetros, realizado sobre superficies pequeñas, los instrumentos necesarios para realizar el muestreo se encuentran entre los más sencillos del mercado: los manuales. (ISO-2, 1995).

Dado que con estas características se puede encontrar una gran variedad de instrumentos comerciales, tan solo se refieren aquí aquellos más habituales como son el sacabocados, la plantilla, el anillo y la caja Kubiena.. Se presentan sus características más someras, aunque cada uno de ellos a la hora de diseñarlo o comprarlo se puede obtener con toda una serie de complementos o modificaciones adecuados a las necesidades de cada muestreo.

El *sacabocados* (figura 1) no es más que un cilindro metálico de un diámetro adecuado (entre 5 y 10 centímetros en función del volumen requerido de muestra) provisto de un borde afilado en su parte inferior y de dos orificios enfrentados en su parte superior que se hincan en el punto señalado del terreno hasta la profundidad deseada, los sistemas de control de profundidad no son más que una escala adecuada en el exterior del cilindro, aunque es recomendable muestrear a una profundidad ligeramente mayor que la deseada y controlar esta en el momento de extracción de la muestra. La magnitud de la posible compactación de la muestra se puede obtener por diferencia entre profundidad medida y espesor de esta.

El sistema se completa con una caperuza metálica sobre la que se golpea con una maza en caso de necesidad a la hora de hincar el cilindro en el terreno y también con una barra metálica que al introducirse entre los orificios le confiere al sistema una estructura de T que ayuda a extraer el cilindro del suelo. La muestra se extrae posteriormente en el laboratorio con un sistema provisto de un émbolo cortándose en la muestra el espesor requerido y desechándose el resto. Una de las características de este tipo de muestreadores es que permiten obtener muestras no perturbadas en el sentido de que respetan el perfil que presenta el suelo del cual proceden.

La *plantilla* (figura 2) no es más que una estructura de acero cuadrada, de longitud de lado adecuado (la práctica habitual en nuestro país ha sido utilizar una plantilla de 50x50 cm; cualesquiera otras dimensiones que condujeran a la obtención del volumen de muestra deseado serian igualmente correctas), con bordes en uno de los extremos afilados y altura correspondiente a la profundidad de muestreo requerida, cinco centímetros, en el procedimiento descrito. Esta plantilla se hincan en la tierra en el punto requerido, se alinean correctamente los bordes con la superficie del terreno,

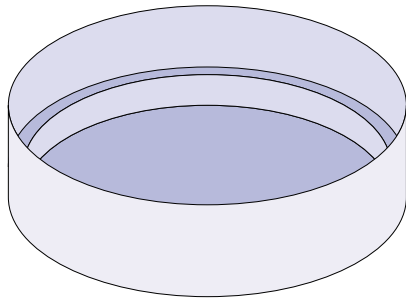


Figura 3. Anillo con reborde interior

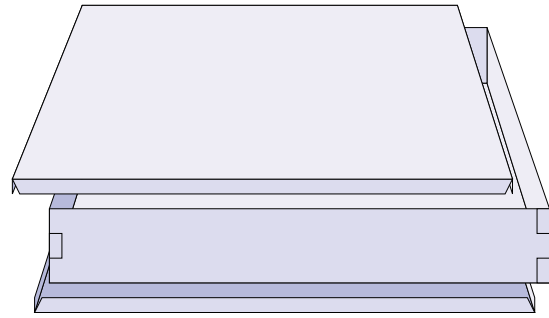


Figura 4. Caja Kubiena

usándose en caso de ser necesario un mazo y a continuación y, con ayuda de una pala, se procede a extraer el suelo de su interior. Obviamente, la muestra obtenida por este procedimiento constituye una muestra perturbada en el sentido descrito en el apartado anterior.

El *anillo* (figura 3) responde a un esquema semejante al anterior, pero permitiendo cerrar la plantilla por una de sus superficies, ahora bien su forma es cilíndrica, de diámetro adecuado a la cantidad de suelo que se desee recoger, está construido en acero, su altura es equivalente a la profundidad deseada de muestreo, o bien presenta un reborde móvil que permite definir esta en cada caso, presenta una base independiente del cilindro también en acero y su superficie presenta un sistema de cierre que permite desmoldar el suelo muestreado. Su funcionamiento incluye el introducir el cilindro de cierre en el punto seleccionado para el muestreo con la ayuda de un mazo si fuera necesario, retirar toda la tierra en el entorno de él y a continuación, introducir la base del cilindro. La extracción de la muestra se puede realizar tanto en el lugar de muestreo como en el laboratorio. La muestra obtenida por este procedimiento también reúne las características de ser no perturbada.

Por último la *caja Kubiena* (figura 4) vuelve a ser una versión de la plantilla pero ofrece la posibilidad de dejar el suelo muestreado encerrado entre la superficie anterior y la posterior, su forma es paralelepédica, de superficie adecuada a la cantidad de suelo que se desee recoger, y está construido en acero. Su altura es equivalente a la profundidad deseada de muestreo, cinco centímetros en nuestro caso, y presenta una base y una tapa independientes del paralelepípedo también en acero así como un sistema de cierre que permite aislar y después desmoldar el suelo muestreado. El sistema de muestreo es semejante al del anillo pero el volumen muestreado se puede aislar tanto por su superficie superior como inferior. La extracción de la muestra se puede realizar tanto en el lugar de muestreo como en el laboratorio, caracterizándose esta por estar no perturbada, también en el sentido descrito anteriormente.

Obviamente existen más sistemas de muestreo manual superficial, tanto comerciales como de diseños más o menos particulares, pero todos ellos acaban reduciéndose a uno de estos cuatro modelos fundamentales.

Los instrumentos más comúnmente utilizados son los dos primeros y después de confrontar los diferentes argumentos en defensa de uno u otro, basados además en las experiencias de utilización, se llegó a la conclusión de que, en el procedimiento descrito, cada uno de ellos es adecuado en función del tipo de tierra que se desee muestrear.

Por ejemplo, en suelos particularmente arenosos o pedregosos el sacabocados no funciona correctamente, perdiéndose parte del suelo en el propio proceso de extracción o impidiendo las piedras su correcta penetración, sin embargo en suelos que no reúnan estas condiciones es mucho más fácil de introducir y de obtener la muestra que la plantilla. Por otra parte, a la hora de definir una profundidad de muestreo el sistema de extracción del sacabocados es mucho más exacto que el de la plantilla, aunque dicha extracción debe realizarse en el laboratorio. En último lugar señalar que el primero de ellos permite obtener muestras no perturbadas y el segundo no. En principio este procedimiento está descrito para después de la extracción mezclar el suelo obtenido, por lo tanto esta característica será irrelevante, aunque a la hora de realizar previsiones será digna de tomarse en consideración.

El anillo y la caja tienen la ventaja de que permiten definir exactamente la profundidad del muestreo desde el momento mismo en que éste se realiza y en el caso del segundo tiene la ventaja adicional que proporciona un recipiente en el cual la muestra permanece debidamente aislada hasta su llegada al laboratorio. Sin embargo, el procedimiento operativo es más laborioso.

Por todos estos argumentos se considera que cada usuario a la hora de muestrear debe plantearse en función del tipo de suelos con los que debe trabajar y de cuál es su sistema organizativo de remisión de muestras, cuál es el instrumento más adecuado para realizar el muestreo.

5.5. Extracción de la muestra

Una cuestión objeto de discusión se presenta en el caso de que el punto de muestreo tenga hierba en su superficie y la consideración que a ésta se le debe de dar en el muestreo del suelo. La decisión adoptada consiste en recortar la hierba lo más cerca posible de la superficie del suelo y reservarla, esta muestra se considera parte del muestreo de suelos según el procedimiento. En el caso de que al medir el suelo se detectan cantidades anormalmente altas de algún isótopo, se medirá también la hierba para intentar extraer conclusiones respecto al posible depósito. Las ramas y hojarasca que puedan tapizar la superficie se retiran manualmente sólo en el caso de que estén suficientemente desprendidas del suelo, en caso contrario se consideran parte de él, puesto que si no son susceptibles de ser retiradas por el viento o por las corrientes de agua, en poco tiempo pasaran a formar parte de la materia orgánica constituyente del suelo, por lo tanto forman parte de este.

Otra consideración se refiere al hecho de que sea cual sea el método utilizado para muestrear, no se contamine la muestra obtenida ni debido al instrumental ni debido al método, incluyendo aquí los sistemas de almacenamiento. En cuanto a los instrumentos es importante garantizar una correcta limpieza que elimine las trazas de una muestra antes de proceder a la recogida de la siguiente.

5.6. Remisión al laboratorio e información anexa

Una cuestión digna de consideración, es la manipulación de la muestra una vez extraída, salvo la plantilla el resto de los instrumentos de muestreo están previstos para que la tierra se extraiga de ellos ya en el laboratorio. En cualquiera de los dos casos, el traslado de la muestra al laboratorio, donde se reali-

zará su preparación para la posterior determinación radiactiva, deberá de realizarse con ésta introducida en una bolsa bien cerrada o recipiente hermético para minimizar las pérdidas de humedad durante el transporte que deberá realizarse en el menor plazo de tiempo posible.

Sin embargo hay situaciones en las cuales puede resultar conveniente realizar parte del proceso de preparación de la muestra “in situ”, como es el caso de querer remitir al laboratorio sólo una parte de la tierra muestreada. Esta situación no es la situación idónea, por no disponerse en el campo de los mismos medios que en un laboratorio para asegurar la correcta preparación de la muestra, pero asegurando una muy correcta manipulación, puede contemplarse este caso.

Información anexa

Por último hay que considerar el registro de la información referente a un muestreo concreto como contenido fundamental del procedimiento. Las ideas básicas que se deben respetar son las siguientes:

- El recipiente que contiene la muestra debe de ir etiquetado. En dicha etiqueta deberá figurar, al menos, la siguiente información: una identificación unívoca que constituye la referencia de la muestra, el destinatario y también su dirección postal, con objeto de minimizar el impacto subsiguiente a la posibilidad de que esta se extravíe, y, por último, aparecerá la entidad responsable de la toma de muestra y la fecha de realización.
- Por otra parte, se debe de evitar el exceso de información en esta etiqueta para posibilitar el que la muestra transcurra por el laboratorio de determinaciones radiactivas sin que el personal de éste la pueda identificar como perteneciente a una determinada área de estudio, por ello a la muestra le deberá acompañar una hoja aparte donde figuren el resto de los datos referentes a la muestra, a la persona responsable del muestreo y al programa al cual pertenece y que irá junto a la muestra hasta el laboratorio de forma independiente, en ella deberá figurar además de la identificación del punto de muestreo, el dato de la superficie del instrumento de muestreo para poder evaluar la superficie total muestreada y realizar el correspondiente paso de Bq/kg a Bq/m², así como el color de la muestra, la posible muestra de hierba acompañante y cualquier otra observación que se juzgue de interés.

No parece necesario incluir ni el número de submuestras, ni la profundidad del muestreo, dado que aparecen definidas en el procedimiento en cuestión, ni tampoco el peso aproximado muestreado, salvo en el caso en que se remita al laboratorio tan sólo una parte de la tierra total muestreada, en cuyo caso ambos datos deberán de figurar.

6. Conclusiones

Como resultado del análisis realizado para el muestreo sobre la capa superficial de suelos (5 cm) con el objetivo señalado de poder delimitar y/o caracterizar niveles de fondo, posibles anomalías y realizar un seguimiento sistemático de la evolución de su contenido radiológico, se ha elaborado la norma UNE 73311-1, titulada “ Procedimiento de toma de muestras para la determinación de la radiactividad ambiental. Parte 1: Suelos, capa superficial” (UNE-2, 2002), donde aparecen sintetizadas las conclusiones presentadas en este informe.

7. Referencias

- AFNOR: Mesure de la radioactivité dans l'environnement – Sol – Partie 2: Guide pour la sélection des zones de prélèvement, l'échantillonnage, le transport et la conservation des échantillons de sol. NF M 60-790-2. 1998.
- ASTM (American Society for Testing and Materials): Standard Practice for Sampling Surface Soil for Radionuclides. ASTM C998 – 90 , 1995.
- CEEM. (Comparative Evaluation of European Methods for Sampling and Sample Preparation of Soils). The Science of the Total Environment, Vol. 264, Nos. 1-2, 2001.
- HASL-300. The Procedures Manual of the Environmental Measurements Laboratory. U.S. Department of Energy. 28th Edition, 1997.
- IAEA. (International Atomic Energy Agency). Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. Technical Report Series N°. 295. Viena, 1989.
- ISO-1: Soil Quality – Sampling – Part 1: Guidance on the design of sampling programmes. ISO/DIS 10381 – 1, 1995.
- ISO-2: Soil Quality – Sampling – Part 2: Guidance on sampling techniques. ISO/DIS 10381 – 2, 1995.
- Munsell. Soil Color Charts. GretagMacbeth, New York, 2000.
- Porta, J. y otros. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, 1994.
- S.S.S. (Soil Survey Staff): Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USDA. Handbook No 436, 1975.
- UNE-1: Procedimiento para la conservación y preparación de muestras de suelo para la determinación de la radiactividad ambiental. Norma UNE número 73311-5, 2002.
- UNE-2: Procedimiento de toma de muestras para la determinación de la radiactividad ambiental. Parte 1: suelos, capa superficial. Norma UNE número 73311-1, 2002.