

Cazando lo invisible. El uso de MiniPix en el aula

Becerro, A; Castillo, F; Cordero J; Fernández, J; Fuentes, AA; Gálvez, M; García, M; González, J; Granados, D; Leal, D; Marín, A; Millán, V; Muñoz, I; Pacheco, O; Pavón, O; Pavón, D; Rodríguez, A; coordinados por Guerra, C.

Resumen

Un detector es un instrumento que permite identificar partículas a partir de las trazas que dejan en un determinado medio. El uso de Minipix en el aula ha permitido visualizar la radiación de fondo que nos rodea, así como determinar las partículas emitidas por algunos alimentos e intentar determinar la presencia de radón en el centro escolar.

La inclusión de estas actividades en un proyecto interdisciplinar nos ha llevado a preguntarnos si podríamos detectar anomalías asociadas al incidente de Palomares, en el que 9 kg de plutonio se liberaron en este municipio.

Introducción

El proyecto “Cazando lo invisible. El uso de Minipix en el aula” se encuadra dentro del plan de formación del IES Teatinos, que prioriza la implementación en el aula de las actividades de formación del profesorado, tanto en metodología como en actualización científica, así como la puesta en marcha de proyectos interdisciplinares y colaborativos. En este caso, junto con los contenidos de Física y Química asociados a la estructura de la materia, se trabajará el periodo histórico de la Guerra Fría.

La radiación es la emisión, propagación y transferencia de energía en cualquier medio en forma de ondas electromagnéticas o partículas. Gran parte de esta, a la que estamos expuestos a diario, no supone ningún riesgo, pero en ocasiones, sí puede afectar a nuestra salud. En función de su energía puede (r. ionizante) o no (r. no ionizante) interactuar con la materia ionizándola al arrancarle electrones. En dosis elevadas, la radiación ionizante puede dañar las células o los órganos del cuerpo e, incluso, ser letal. Los tipos más comunes son las partículas alfa, beta, rayos gamma y neutrones, emitidas por el núcleo en el proceso de estabilización.

Fuentes naturales de radiación ionizante son la radiación cósmica, el decaimiento de materiales radiactivos existentes en la corteza terrestre e isótopos radiactivos como el potasio presente en los fertilizantes y en algunos alimentos como los plátanos.

Esto nos llevó a plantearnos las siguientes preguntas:

¿Podemos utilizar el detector para determinar la radiación de fondo a la que estamos sometidos en el entorno del centro escolar?

¿Se acumulará en nuestro centro radón que provenga de la desintegración del uranio que contienen las rocas o de los materiales de construcción?

¿Podremos determinar la radiación beta emitida por el potasio presente en los plátanos

La aproximación interdisciplinar del proyecto lleva a trabajar otras fuentes, no naturales, de exposición a la radiación ionizante, como las técnicas de diagnóstico en medicina y la radiación consecuencia de accidentes nucleares, conflictos bélicos e incidentes ocurridos en la guerra fría.

La última pregunta que nos planteamos en nuestro trabajo está relacionada con el incidente de Palomares que tuvo lugar el 17 de febrero de 1966 en dicha localidad.

Tras los siguientes trabajos de normalización radiológica **¿Se podrán detectar anomalías en la radiación de fondo de la zona de Palomares?**

Teniendo todo esto en cuenta los objetivos científicos de nuestro proyecto son:

- Detectar la radiación natural ambiente y la emitida por algunos alimentos
- Determinar la presencia de radón en el centro
- Estudiar la posibilidad de detectar anomalías en la zona de Palomares

Todo ello implica:

- Búsqueda de información por parte del docente y del alumnado
- Trabajo entre pares, ya que no todos los alumnos/as siguen el mismo itinerario formativo
- Formación en el manejo del detector, toma y recogida de datos,
- Diseño del montaje del experimento
- Trabajo de campo: ubicación de la toma de datos
- Análisis de datos

Experimentación y resultados

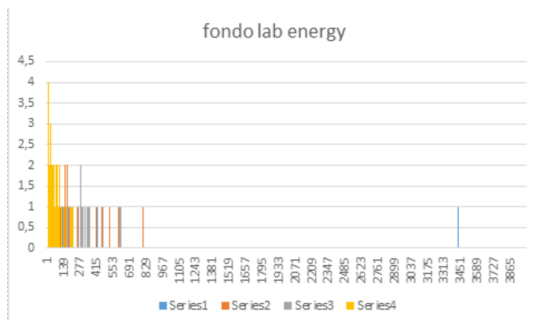
Cada línea de trabajo ha requerido una aproximación diferente

Detección de la radiación natural ambiente

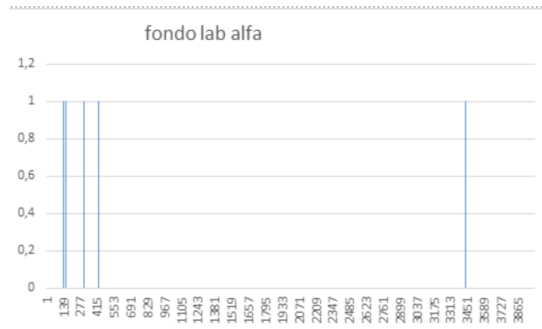
Para ello hemos realizado varias medidas con el detector durante media hora (tiempo de exposición 1s) en el laboratorio. En este caso con el detector en posición vertical en un trípode para garantizar su estabilidad durante todo el proceso de medida.

	Alfa (serie 1)	Beta (serie 2)	Muones (serie 3)	Dots (serie 4)
Total: 138	5	26	19	88
%	3,623	18,840	13,768	63,768

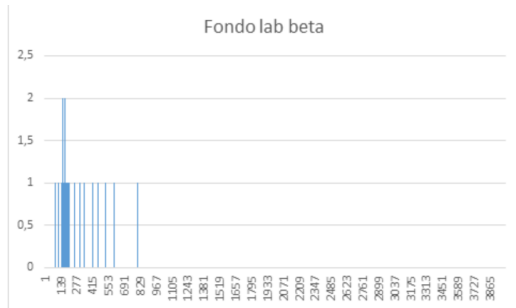
Porcentaje de partículas detectadas



Histograma energía de las partículas detectadas en el laboratorio



Partículas alfa detectadas frente a su energía en MeV



Partículas beta detectadas frente a su energía en MeV



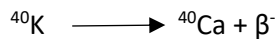
Muones detectadas frente a su energía en MeV

Estos resultados serán utilizados como fondo en el resto de las medidas.

Detección de la radiación emitida por los plátanos

El potasio tiene 3 isótopos naturales. El ^{39}K , ^{41}K y ^{40}K .

Este último es un radioisótopo que se encuentra en alimentos como los plátanos. Para alcanzar su estabilidad decae a ^{40}Ca emitiendo un electrón.



Para ver si podemos detectar con el Minipix este decaimiento, compararemos los resultados del fondo del laboratorio con los de una muestra de hidróxido de potasio y un plátano.

En el caso de KOH y el plátano el detector se situará a una distancia de 5 cm de la muestra y mirando hacia ella.

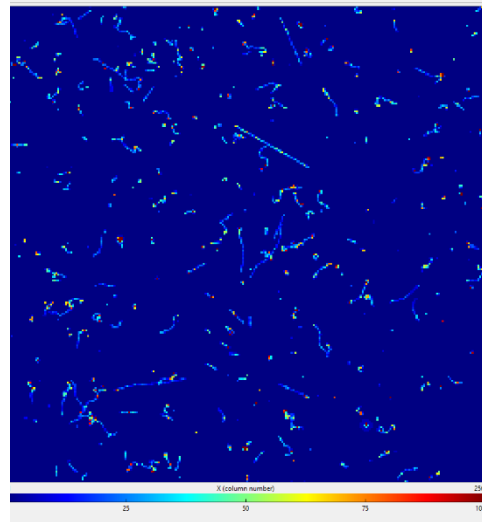
Los resultados fueron los siguientes

Partículas detectadas en la muestra de Hidróxido potasio

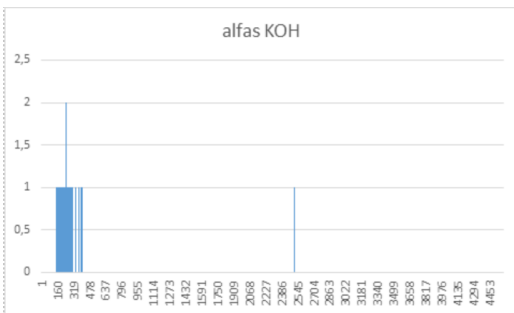
	Alfa (serie 1)	Beta (serie 2)	Muones (serie 3)	Dots (serie 4)
Total: 388	37	115	47	189
%	9,536	26,239	12,113	48,711



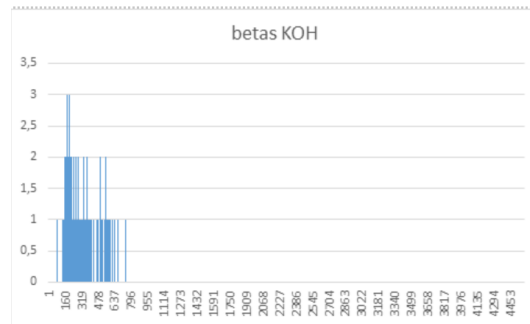
Detección del decaimiento del ^{40}K de una muestra de KOH



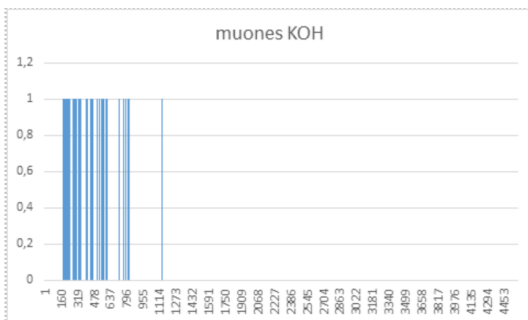
Captura de pantalla del detector con la muestra del KOH



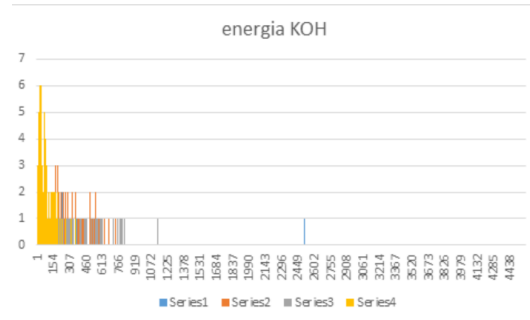
Número de partículas alfa detectadas y su energía en MeV



Número de partículas beta detectadas y su energía en MeV



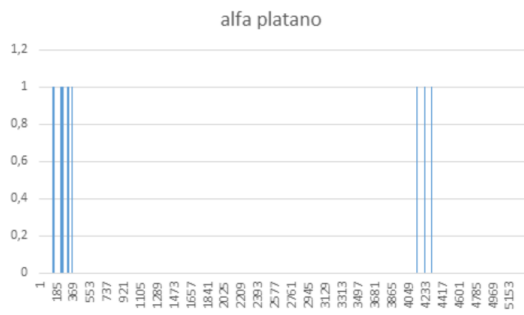
Número de muones detectadas y su energía en MeV



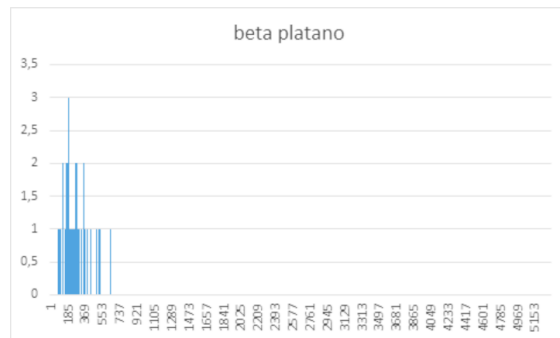
Histograma de la energía de muestra del KOH

Partículas detectadas en la muestra del plátano.

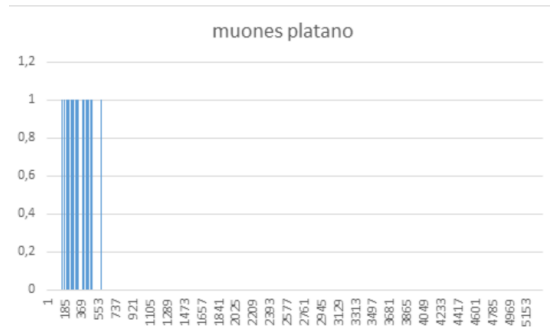
	Alfa (serie 1)	Beta (serie 2)	Muones (serie 3)	Dots (serie 4)
Total: 299	11	65	28	195
%	3,679	21,739	9,364	65,217



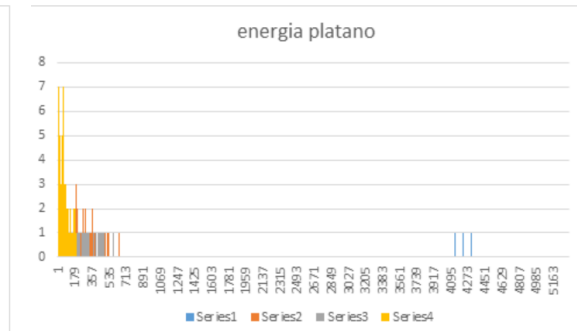
Partículas alfa detectadas frente a su energía en MeV



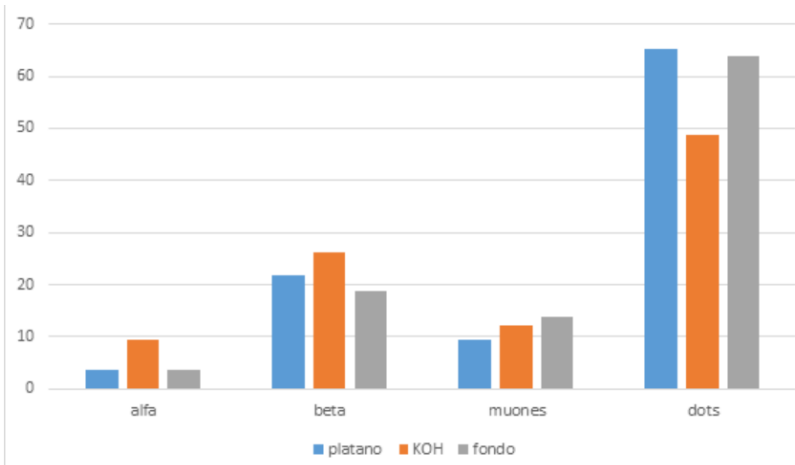
Partículas beta detectadas frente a su energía en MeV



Muones detectados frente a su energía en MeV



Histograma de la energía de la muestra del plátano



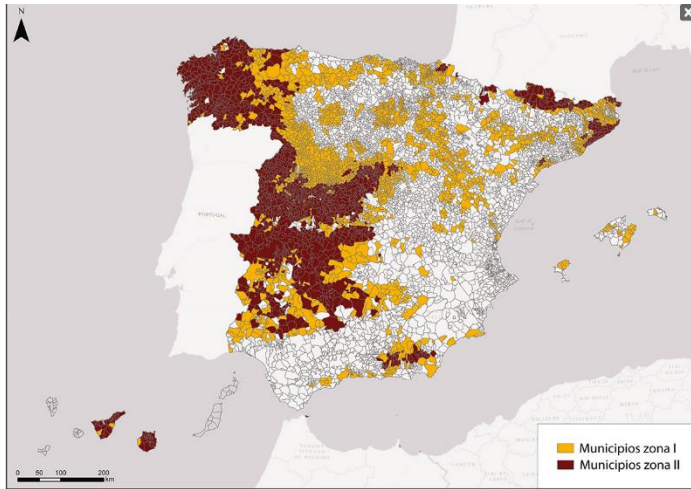
Comparación de la composición porcentual de la radiación de fondo y en presencia de la muestra de KOH y plátano.

Ese aumento de las betas en el caso del KOH y el plátano se puede asociar a que un 89% de las veces el ^{40}K decae a ^{40}Ca (estable) con la emisión de un electrón.

Detección de radón en el centro

El radón es un gas radiactivo que se produce por la cadena de desintegración natural del uranio presente en suelos y rocas. Exposiciones prolongadas al radón pueden producir cáncer de pulmón. Es recomendable la ventilación cruzada de espacios cerrados.

Según [Radón Spain](#) en Málaga existen 11 municipios en riesgo medio (zona I), entre ellos la capital.



Como el radón se suele acumular en áreas no ventiladas decidimos tomar las muestras en el almacén del centro.

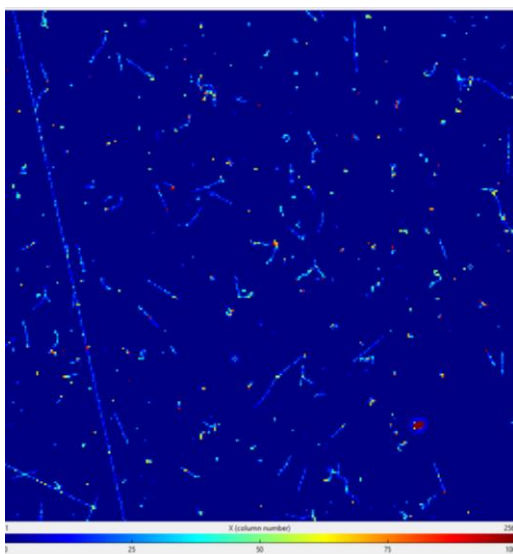
Procedemos a medir durante media hora con el detector en posición vertical. Realizada esta primera medida aplicamos ventilación cruzada al espacio y repetimos el proceso, obteniendo estos resultados.

Partículas detectadas en el almacén sin ventilar

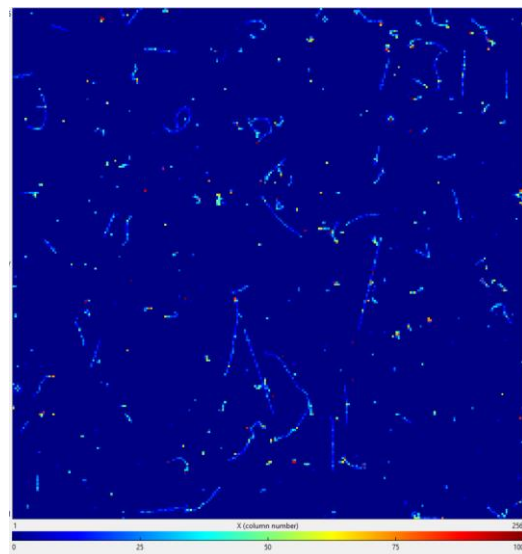
	Alfa (serie 1)	Beta (serie 2)	Muones (serie 3)	Dots (serie 4)
Total: 381	21	64	45	251
%	5,512	16,798	11,811	65,879

Partículas detectadas en el almacén ventilado

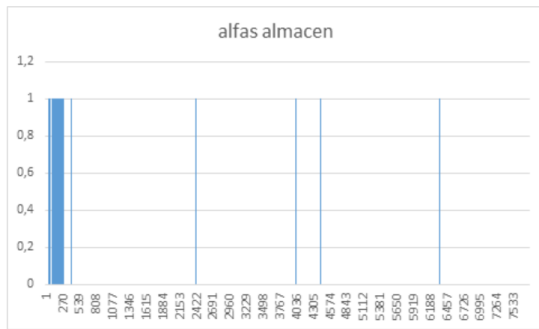
	Alfa (serie 1)	Beta (serie 2)	Muones (serie 3)	Dots (serie 4)
Total: 360	14	55	35	256
%	3,889	15,278	9,722	71,111



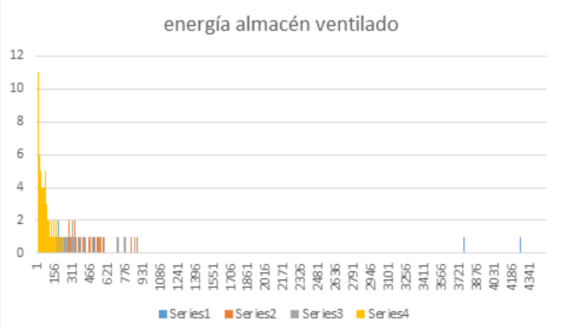
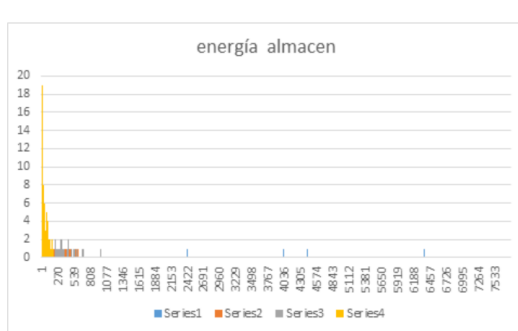
Captura de pantalla del muestreo almacén sin ventilar.



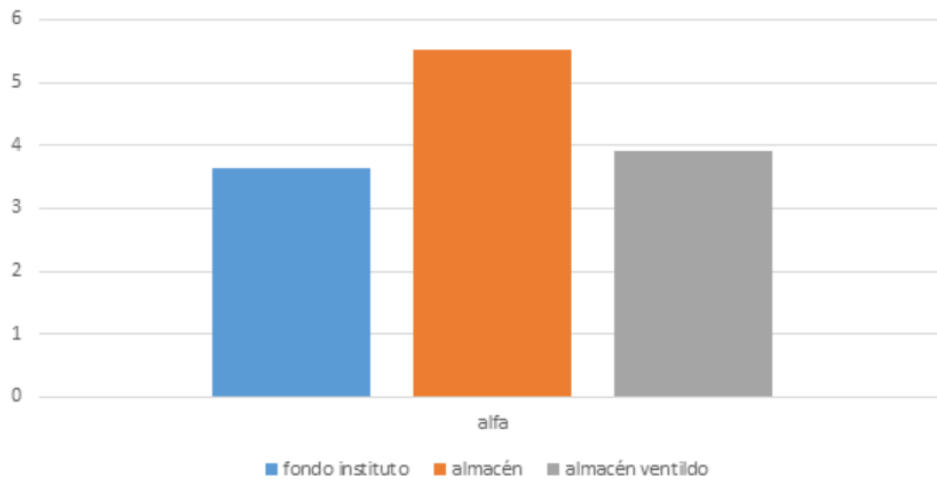
Captura de pantalla del muestreo almacén ventilado.



Partículas alfa detectadas frente a su energía en MeV en el almacén sin ventilar y ventilado. En el primer caso se observa un alfa que supera los 6MeV



Histograma de la energía de los muestreos del almacén sin ventilar y ventilado.



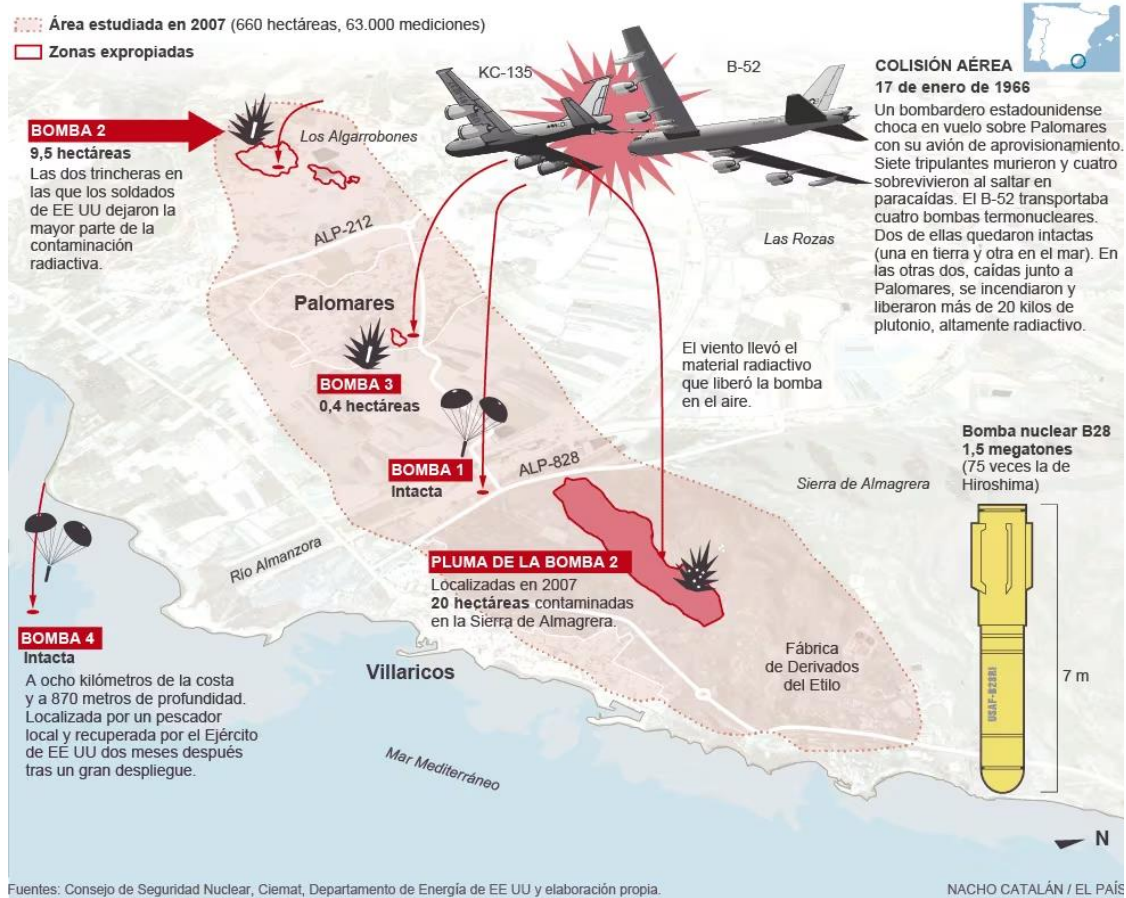
Comparación del porcentaje de partículas alfas de la radiación de fondo del laboratorio y del almacén sin ventilar y tras 30 minutos de ventilación

Anomalías en la zona de Palomares

En la mañana del 17 de enero de 1966, se produjo sobre Palomares la colisión accidental de dos aeronaves (un bombardero B-52 con su avión nodriza KC-135) pertenecientes a las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos, durante una operación rutinaria de repostaje en vuelo.

Ambas aeronaves quedaron completamente destruidas y sus restos se extendieron sobre cientos de hectáreas en el litoral y el mar de la zona, entre ellos cuatro bombas termonucleares que transportaba el bombardero.

Al impactar dos de las bombas con el suelo, se produjo la deflagración de parte de su explosivo químico y se diseminó una buena parte de los 9 kg de combustible nuclear fisionable, en forma de óxidos de plutonio (Pu), uranio (U) y americio (Am) fundamentalmente.



Tras el siniestro, el Ejército de EE. UU. y el gobierno español emprendieron una operación de limpieza en el lugar. Estados Unidos trasladó a su territorio 4.810 bidones de 208 litros cada uno llenos de residuos, principalmente tierra y restos de cultivos afectados por la radiación, pero dejaron por recoger otros 50.000 metros cúbicos de tierras contaminadas, algo que no se supo hasta la llegada de la democracia a España.

En la actualidad el gobierno ha expropiado terrenos cuyas medidas de radiactividad superan los límites establecidos, señalizando la prohibición de entrada.

El CIEMAT se encarga del seguimiento y la vigilancia radiológica de la zona.



Zonas expropiadas en 2005 (azul) y ocupadas en 2007 (rojo)



Cartel en zona 3

Como parte del proyecto nos planteamos usar el detector en las siguientes zonas:

Cementerio

	Alfa	Beta	Muones	dots
Total: 329	13	76	26	214
%	3,951	23,100	7,903	65,045

Campo de futbol

	Alfa	Beta	Muones	dots
Total: 415	16	95	39	265
%	3,855	22,891	9,397	63,055

Valla próxima a la zona 2

	Alfa	Beta	Muones	dots
Total: 573	28	97	38	410
%	4,886	16,928	6,632	71,553

Playa de Villaricos

	Alfa	Beta	Muones	dots
Total: 117	7	22	13	75
%	5,983	18,803	11,111	64,103

Playa de Quitapellejos, donde supuestamente tuvo lugar el célebre baño de Fraga

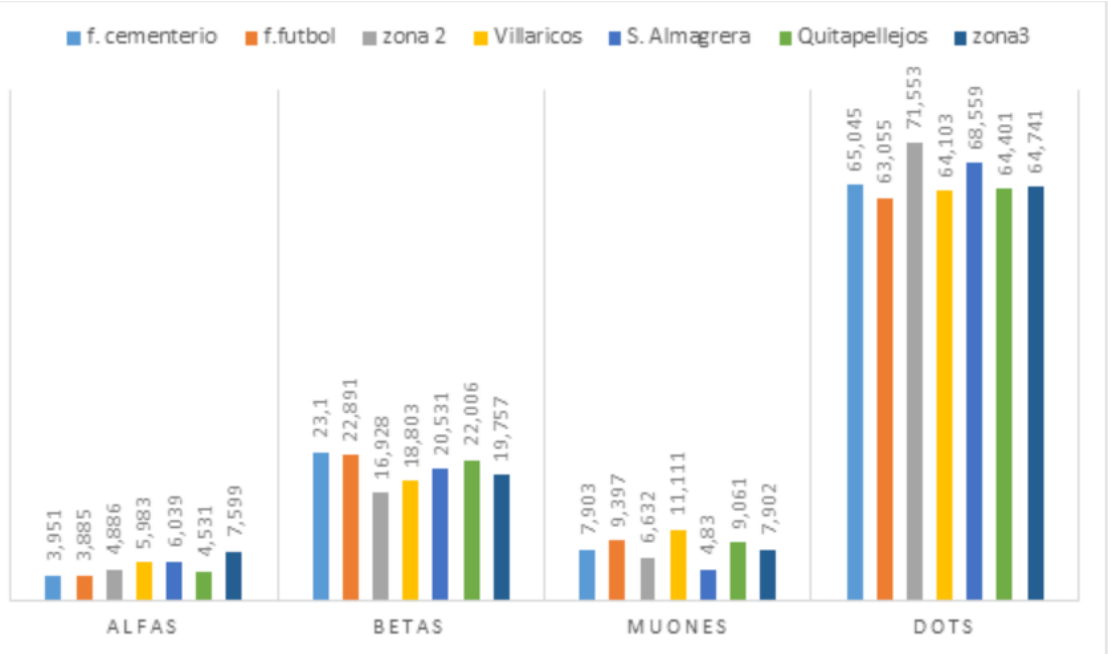
	Alfa	Beta	Muones	dots
Total: 309	14	68	28	199
%	4,531	22,006	9,061	64,401

Zona 3

	Alfa	Beta	Muones	dots
Total: 329	25	65	26	213
%	7,599	19,757	7,902	64,741

Sierra de Almagrera

	Alfa	Beta	Muones	dots
Total: 439	23	72	27	317
%	5,239	16,401	6,150	72,209



Conclusión

Lo primero es reconocer que los datos no son significativos, ya que en la mayoría de los casos solo hemos realizado una medida por falta de tiempo.

Podemos concluir con que en nuestro centro no hemos detectado radón.

La energía de las partículas alfa correspondientes al decaimiento de éste estaría comprendida entre 6 y 8 MeV como indican las tablas de descomposición de los núcleos inestables de los que proviene.

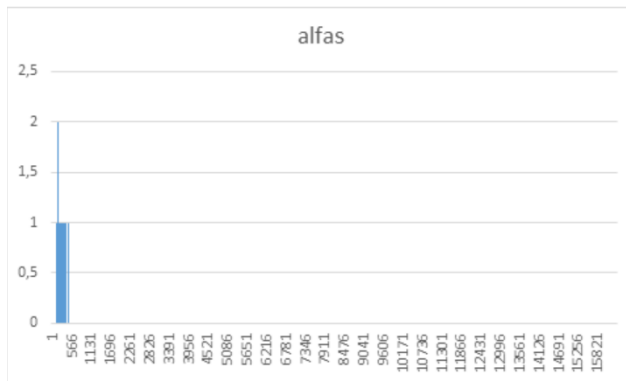
Elemento	Decaimiento	Vida media	Energía (MeV)	Series desintegración
²¹⁸ Rn	Alfa	35 ms	7,236	²³⁸ U
²¹⁹ Rn	Alfa	3,96 s	6,946	²³⁹ Pu
²²⁰ Rn	Alfa	55,6 s	6,404	²³² Th

Sólo hemos podido encontrar 1 partícula alfa de unas 6,4MeV en el almacén sin ventilar. Una vez ventilado la energía máxima de las partículas alfas detectadas no ha superado los 4,5 MeV.

En el caso del potasio, hemos podido ver un ligero aumento de las partículas beta, con respecto a la radiación de fondo, al analizar el KOH y la muestra del plátano. Ese aumento de se puede asociar a que un 89% de las veces el ⁴⁰K decae a ⁴⁰Ca (estable) con la emisión de un electrón.

Con respecto a las medidas de Palomares podemos concluir:

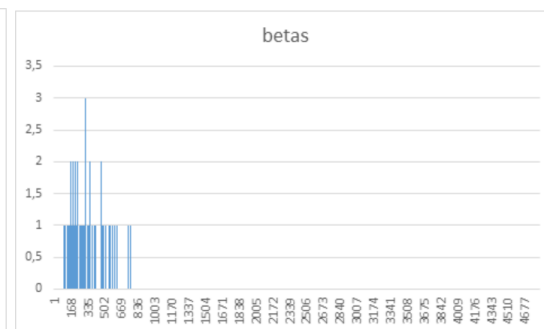
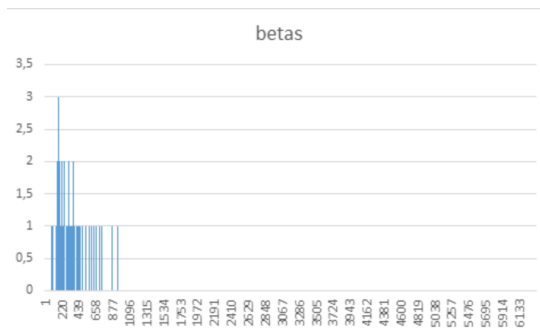
1.- El exceso de alfas en la zona 3 corresponde a partículas de muy baja energía



Partículas alfa frente a su energía zona 3

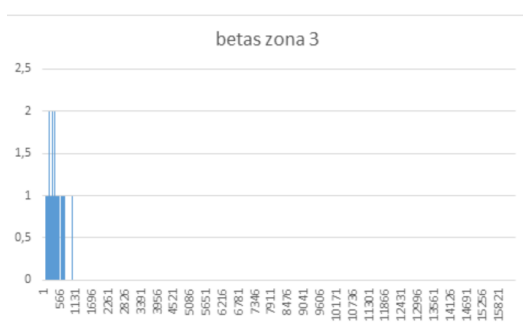
Medición zona 3

2.- Hay muchas betas que coinciden con la desintegración del plomo. En la zona se pueden encontrar restos de fundiciones de refino del plomo argentífero.



Betas detectadas en una vitrina de soldados de plomo

Betas detectadas en la zona cementerio



Betas detectadas en la zona 3

Betas detectadas en Quita pellejos

3.- El muestreo se ha realizado fuera de las zonas restringidas.

Agradecimientos

Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo de Francisco Barradas (MADPIX) y Iolanda Huget y Daniel Parcerisas (Proyete ADMIRA) y sin la formación SPANISH TEACHER TRAINING del CERN

Referencias bibliográficas

CERN, "Home | CERN Medipix collaboration." <https://medipix.web.cern.ch/> (ultimo acceso 29/02/2024).

E. Muñoz, "Evolución de los modelos atómicos hasta arribar al modelo de Bohr: un análisis de su poder de predicción," Rev. enseñanza la física, vol. 26, no. 1, pp. 53–62, 2014.

"ADVACAM Portable Photon Counting Cameras Miniaturised - MiniPIX." <https://advacam.com/minipix> (accessed Sep. 13, 2022). [

"El radón y sus efectos en la salud." <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/radon-and-health> (accessed Nov. 02, 2022).

Plan Nacional contra el radón. COLECCIÓN ESTUDIOS, INFORMES E INVESTIGACIÓN
MINISTERIO DE SANIDAD 2024

"Detecting Radon with a Balloon | PhysicsOpenLab." <https://physicsopenlab.org/2017/02/20/the-radioactive-balloon/> (accessed Nov. 02, 2022).

Herrera, J.; López, S. "Silencios y deslealtades. El accidente de Palomares: desde la Guerra Fría hasta hoy". Ed Trébol Negro ISBN 978-84-16783-88-5

1966-2013 Palomares: en camino de la normalización radiológica. Consejo de Seguridad Nuclear.
Depósito Legal: M-23172-2013