

# Detección de partículas ionizantes en microscopio artesanal con efecto colateral en la salud de las células eucariotas humanas<sup>1</sup>

Antonio Vásquez Hidalgo

Facultad de Medicina-UES

[antonio.vasquez@ues.edu.sv](mailto:antonio.vasquez@ues.edu.sv)

ORCID: 0000-0001-5643-8317

## Resumen

Para la realización de este trabajo se utilizó un microscopio artesanal con materiales reciclables para la detección de partículas ionizantes más Films LR115. La información se analizó con el programa libre ImageJ. Se detectaron trazas de partículas nucleares como radón, alfa, torón, americio y rayos X, observados en el microscopio artesanal sin diferencias significativas con otras tecnologías. Con estos datos, se puede determinar que el microscopio artesanal detecta la presencia de partículas ionizantes en el medio ambiente a un costo diez veces menor que el uso de tecnología que requiere gran inversión económica. La detección de partículas ionizantes en el medio ambiente puede descubrir el origen del cáncer, desde el hombre primitivo como característica de factor externo en la herencia del cáncer.

**Palabras clave:** microscopio artesanal, partículas y trazas ionizantes, LR115.

---

1 Reconocimiento internacional the Kipo –CNR award for best inventorinnovate solutions for everyday life. Proyecto de Tecnología Apropiada.

## Abstract

To carry out this work, a handmade microscope with recyclable materials was used for the detection of ionizing particles plus Films LR115. The information was analyzed with the free ImageJ program. Traces of nuclear particles such as radon, alpha, thoron, americium and X-rays were detected, observed in the artisanal microscope without significant differences with other technologies. With these data, it can be determined that the artisanal microscope detects the presence of ionizing particles in the environment at a cost ten times lower than the use of technology that requires a large economic investment. Detection of ionizing particles in the environment can discover the origin of cancer, from primitive man as a characteristic of external factor in the inheritance of cancer.

**Keywords:** artisanal microscope, ionizing particles and traces, LR115.

## 1. Campo técnico

Aparato para detectar micro partículas ionizantes que causan daño a la salud utilizando películas LR 115 (Films de nitrato de celulosa) que detecta trazas nucleares como protones, partículas alfa entre otros, con un microscopio artesanal construido a partir de materiales reciclables. La innovación consiste en utilizar una simple cámara web cam de 8.0 megapíxeles que detecte partículas radioactivas. Se utilizará en las comunidades urbano rurales para la detección de partículas y toma de medidas preventivas a la exposición del riesgo.

## 2. Tecnología existente

Al momento existen aparatos tecnológicos avanzados a un alto costo para la detección de partículas radioactivas, el mantenimiento de esta tecnología es cara. Los principales métodos de detección

de ese tipo de radiación son: las cámaras de Wilson, que trazan la trayectoria de partículas radioactivas en un gas saturado de vapor de agua, donde los iones son producidos con un haz de rayos X o gamma, que son emitidos por una fuente radioactiva y la otras son los contadores Geiger-Müller que detecta la presencia de radiación, a través de una señal audible, dosímetros y otros. Las radiaciones ionizantes son invisibles, silenciosas e inodoras y no pueden tocarse, solamente pueden detectarse con aparatos especiales. Existen numerosas patentes en las que se pueden detectar estas radiaciones. Por lo tanto, se busca una alternativa a bajo costo para resolver un problema en forma preventiva en bien de las comunidades.

### **3. Identificación del problema**

En El Salvador no se cuenta con aparatos especiales para detectar radiaciones ionizantes al alcance de un ciudadano promedio, hay algunas instituciones que dan servicio a un costo alto en detectar algunas partículas a nivel de personal hospitalario expuesto a rayos X. La incidencia de cáncer es muy alta en nuestro país, sin saber con certeza el origen de las causas. En los antecedentes, se puede mencionar que es frecuente observar en personal de radiología, el uso de dosímetros para medir la cantidad de radiación acumulada, no hay aparatos sofisticados para medir radioactividad en el país. Se sabe que las fuentes de radiación ionizante se dividen en dos tipos: la natural y la artificial.

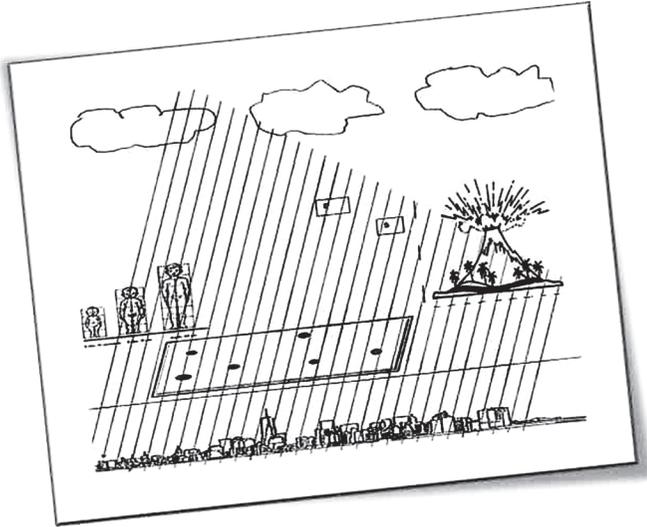
Cuando las partículas caen desde la atmósfera, estas partículas o radiaciones ionizantes son óxido de nitrógeno, óxido de azufre, óxido de carbono, rayos X, rayos gamma, uranio, entre otros. O, por el contrario, suben desde el centro de la tierra causando daño a la salud de las personas expuestas a la radiación de partículas radioactivas que tienen contacto y atraviesan la piel del cuerpo humano, sin ser vistas como los descendientes radioactivos del uranio, los fotones, protones, neutrones, partículas alfa, beta, gamma, entre otros, pero que causan a largo plazo lesión en las células eucariotas humanas de pulmón, piel y otros. El efecto más inmediato, es que, al atravesar las

células, las radiaciones ionizantes se ponen en contacto con los átomos y les secuestran electrones, de modo que, las células ionizadas son incapaces de realizar sus funciones normales causando una falla.

Se ha demostrado que, a una dosis baja, estas partículas son agentes mutagénicos muy eficientes. Los rayos ultravioletas interactúan con las proteínas y los ácidos nucleicos, sin embargo, la alta incidencia de cáncer de piel se ha asociado a exposiciones prolongadas a la luz ultravioleta. Con estas partículas el riesgo es alto, porque contaminan el agua y el aire a niveles genotóxicos. El daño producido por desintegración nuclear se mide en becquerelios (Bq), por dosis absorbida en Gray (Gy), por dosis equivalente con efecto biológico en Sievert (Sv) y por dosis efectiva con daño irreversible en Sievert (Sv). Las dosis bajas de radiación ionizante pueden aumentar el riesgo de efectos a largo plazo como el cáncer. Los más comunes son: la radiación alfa que no tiene penetración en la piel, pero ingerida puede depositarse en el hueso, el gas radón que es de origen natural puede ingresar a los pulmones. También se encuentra, la radiación beta que puede dañar la piel, porque tiene suficiente energía como para atravesar la capa externa de la piel e irradiar el tejido de la dermis. Otra es la radiación gamma, que puede dañar la piel y los tejidos, es considerada como rayo y no como partícula. Por último, está la radiación por neutrones procedente de uranio o plutonio invasivo en tejidos y órganos es letal. Todas estas partículas pueden desencadenar en un cáncer al acumularse.<sup>9</sup>

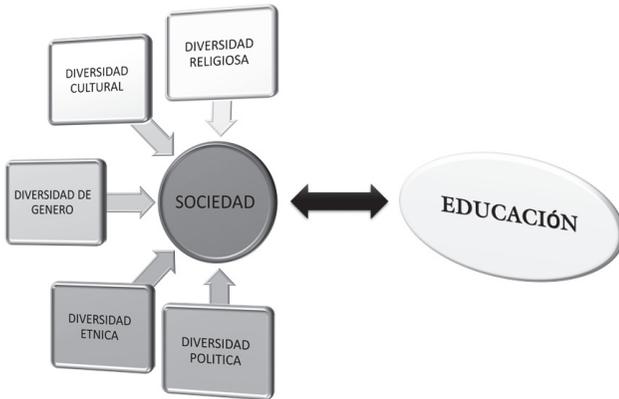
Hay muchos tipos de partículas en las radiaciones, pero las que más frecuentes son las alfas provenientes del Radón ( $^{222}\text{Rn}$ ), que proviene el 222 como producto de la desintegración del radio ( $^{226}\text{Ra}$ ) seguido de tipo beta y el gamma, que atraviesan sin dificultad los tejidos e impactan en el ADN de las células, porque se produce el efecto más importante que puede provocar mutaciones celulares y dar lugar a diversos tipos de cáncer. El 90 % de los rayos cósmicos, contienen protones que son núcleos de hidrógeno y el 9 % son partículas alfa, hay otros que están ionizadas conocidas como primarias, que luego se esparcen como partículas secundarias que son de riesgo y llegan al suelo desde la atmosfera terrestre.<sup>9</sup>

**Figura 1. Suelo y contacto con la atmósfera**



Nota. <https://acortar.link/i3Scbb>

**Figura 2. Radioactividad**



Nota. <https://acortar.link/qsLBpG>

Cuando las partículas suben desde el centro del núcleo de la tierra son conocidas como radiación terrestre, son de helio, alfa, gamma y otros, que afectan también a la célula eucariota, independiente si las partículas proceden de arriba o abajo y que provocan problemas de salud en humanos, animales y plantas. Los neutrones libres se convierten en partículas alfa. Las fuentes de radón en domicilios son principalmente del aire, materiales de construcción, ventilación y otros. Puede dañar directa e indirectamente el DNA y provocar mutaciones en el tejido pulmonar, exposiciones altas de radiación en sangre, que causa leucemia y anemia aguda, así como daño a órganos vitales.

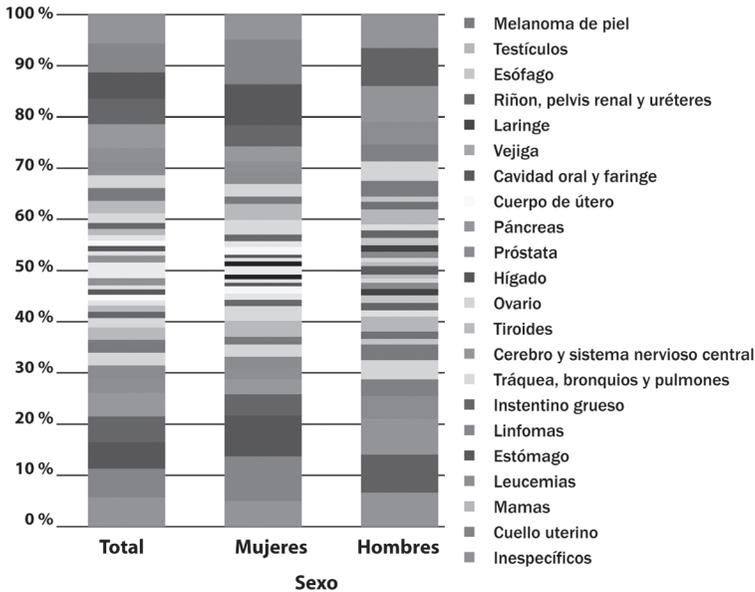
En general, los rayos X y los rayos gamma tienen un factor de ponderación de unidad, tal que  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ Sv}$ . Los valores de factores de ponderación ( $w_r$ ) son tan altos como 20 partículas alfa y neutrones para la misma dosis absorbida en Gy, partículas alfa son 20 veces biológicamente más potentes como los rayos X o los rayos gamma. Estudios refieren que las dosis acumuladas o absorbidas en el cuerpo humano no debe ser mayor a 1, así se ha estimado que los factores de ponderación ( $w_t$ ) en radiación son de gónadas 0.25, pechos 0.15, médula ósea 0.12, pulmones 0.12, tiroides 0.03, huesos 0.03, resto del cuerpo 0.30 y cuerpo entero de 1  $w_t$ .<sup>20</sup>

Según el Ministerio de Salud en el periodo 2009-2013 la tasa de mortalidad por cáncer, es en la piel seguido de otros órganos. Es más frecuente en el sexo femenino en un 63 % que en el masculino.<sup>(3)</sup> Las principales causas de egreso por cáncer en mujeres se relacionan con cáncer en el sistema reproductivo como: cáncer en el cuello uterino (17 %), seguido de cáncer de mama (16 %) y leucemia (8 %). En los hombres, las principales causas de egreso por cáncer son: estómago (15 %), leucemia (14 %) y linfomas (9 %).<sup>1</sup> (Ver figura 3 del Ministerio de Salud).<sup>11</sup> En El Salvador se registran más de 9 mil casos de cáncer al año, según datos extraídos del prestigioso Atlas Global sobre el Cáncer (GLOBOCAN) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), elaborado en 2012.<sup>2</sup>

---

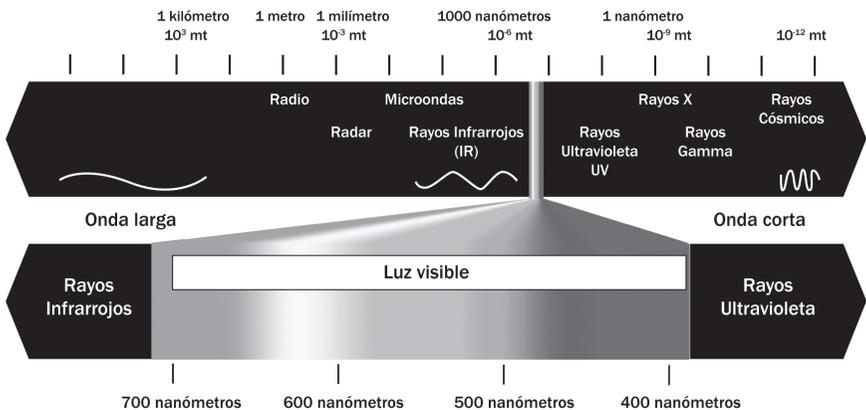
2 Ministerio de Salud El Salvador. Diagnóstico Situacional de cáncer en El Salvador. Periodo 2009-2013.

**Figura 3.** Casos egresados por cáncer en Hospitales Nacionales 2009-2013. Distribución de casos egresados por sexo y por ubicación



Nota. Ministerio de Salud. Sistema de información de Morbi-Mortalidad SIM-MOW 2009-2013. El Salvador.

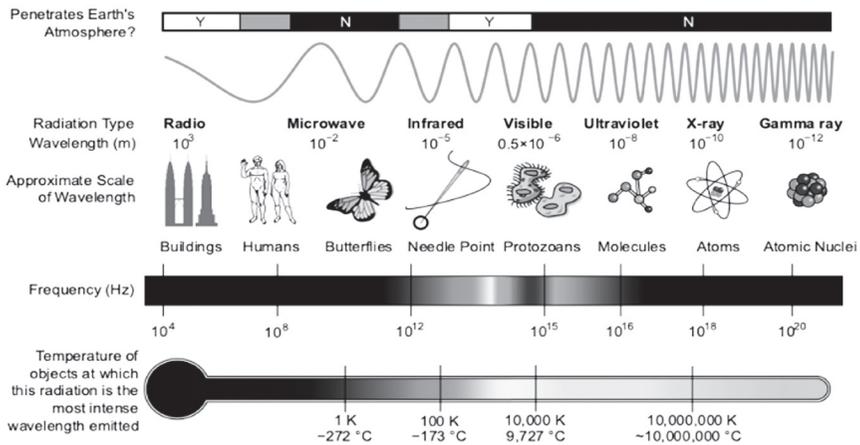
**Figura 4.** Representación esquemática, bombardeo de partículas ionizantes procedente de la atmósfera y centro de la tierra



Nota. <https://acortar.link/xF0cLk>

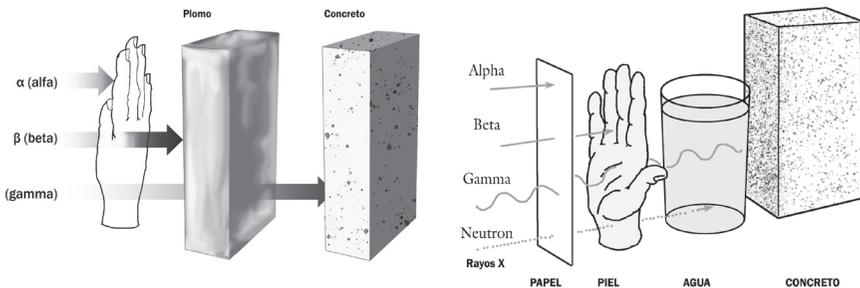
En la Figura 4, se observa un esquema del bombardeo de partículas ionizantes en millones, que caen desde la atmosfera o tormentas solares hacia el suelo, agua y del núcleo centro de la tierra hacia arriba, haciendo contacto con seres vivos. Cada partícula alfa proveniente del radón tiene una vida media de 3.8 días.

**Figura 5.** Tipos de Radiación. En su orden alfa, beta, rayos X, gamma <sup>23</sup>



Nota. <https://acortar.link/kNFzNM>

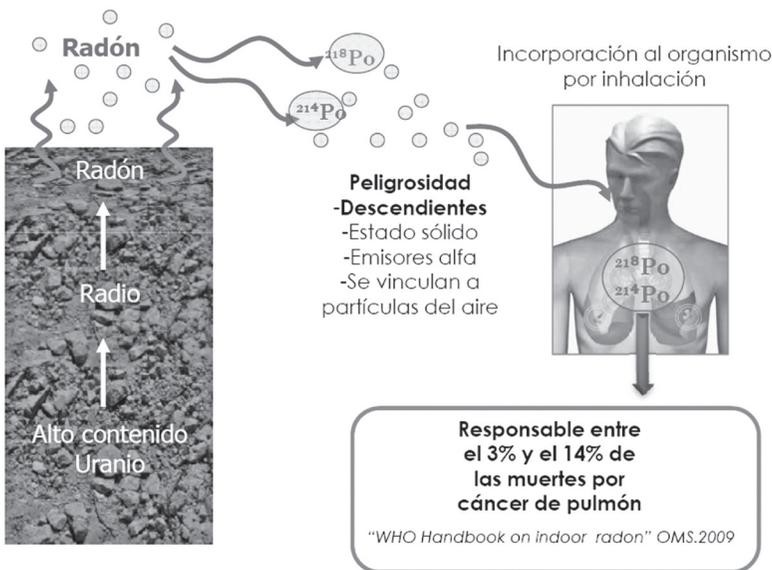
**Figura 6 y 7.** Espectro electromagnético de longitud de onda de la luz <sup>24</sup>



Nota. En las figuras 6 y 7, se observa que en ambas figuras el ojo humano puede ver longitudes de onda entre de 390 a 750 nm. Las partículas ionizantes no se pueden ver.

En la figura 7, se observa que las partículas alfa no penetran la dermis, pero quedan en epidermis dejando una huella, además, quedan en papel, films, ropa delgada, pero si hay pérdida de continuidad del tejido pueden invadir o si son ingeridos en alimentos o agua pueden provocar daño. Los rayos beta penetran el cuerpo y se detienen en metal. Los rayos X atraviesan el cuerpo y se detienen en plomo, los rayos gamma y neutrones son dañinos atraviesan el cuerpo, plomo y se detienen en concreto y agua. Las partículas alfa en su naturaleza son núcleos de helio con carga positiva, mientras que las partículas beta en su naturaleza son electrones con carga negativa, pero 100 veces más penetrante. Los rayos gamma en su naturaleza son de radiación electromagnética sus fotones con radioactividad peligrosa de carga neutra, porque causa daño al núcleo de la célula eucariota son más penetrantes que los beta, los rayos X son fotones de diferente energía con poder penetrante, los protones en su naturaleza son protones de carga positiva, el neutrón en su naturaleza es neutrón de carga neutra. <sup>8</sup>

**Figura 8. Muestra de suelo**



Nota. <https://acortar.link/201Nhg>

Los neutrones son de procedencia de reactores nucleares con efecto dañino a la célula. El radón es un gas radioactivo proveniente del radio que emite partículas alfa a su vez proveniente del uranio. La radiación alfa puede causar ionización del nitrógeno en el aire y acumularse en el agua, produciendo fotones de fluorescencia, que se presentan como discretas líneas espectrales en la banda ultravioleta del espectro electromagnético, se adhieren en las células de mucosas, bronquios y tejidos pulmonares y no se eliminan por lo que aumenta el riesgo de acumulación. En el agua al estar presentes son ingeridos por lo que causan cáncer gástrico e intestinal. Las células absorben la energía en forma directa en el genoma DNA y RNA. El efecto cancerígeno de los rayos UV está ligado a la longitud de onda y a su exposición.<sup>23,24</sup>

#### 4. Solución propuesta al problema

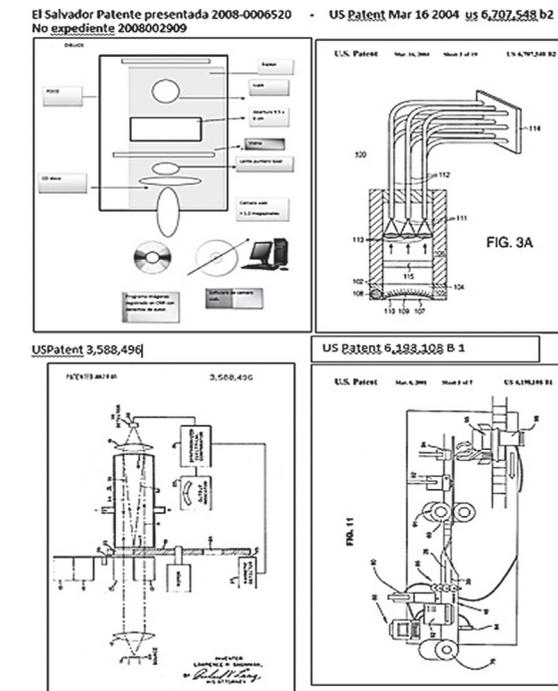
Se busca en forma preventiva evitar un daño a la salud en el humano, debido a la exposición de las partículas radioactivas, al identificar zonas de alto riesgo con carga radioactiva en los 14 departamentos de El Salvador. Se revisaron patentes en *Google Patent*, encontrando las siguientes: referentes US 6 707 548 B2 que se refiere a «aparato que permite la detección simultánea de una pluralidad de longitudes de onda diferentes de radiación emitidas por una muestra». En la patente US 3 588 496 que se refiere a «un aparato de análisis de absorción de radiación para identificar muestras de gases, aerosoles y líquidos que presentan absorciones características», en la patente US 6 198 108 B 1 que se refiere a «dispositivo dosímetro fabricado a partir de un elemento plano que detectan partículas radioactivas», todos estos aparatos son de alto costo con tecnología avanzada.<sup>14, 15, 16,17</sup> (Ver fig. 5).

En todas las patentes anteriores el objetivo es detectar partículas ionizantes, existe otra registrada en CNR presentada en El Salvador con expediente ES N° 2008002909 que se refiere a «utilización de una cámara webcam como microscopio estereoscópico de luz digital para la enseñanza de microbiología y biología con software digital (depósito CNR 124-2014), que se utiliza para examinar muestras biológicas como artrópodos, plantas, tejidos etc.»; pero que se retoma en esta

ocasión para otra utilidad desconocida como la captura de imágenes para analizar la presencia de partículas ionizantes en papel fotográfico con el software registrado en CNR como una alternativa.

En nuestro caso se debe utilizar una tecnología a bajo costo, para ello se pretende usar la película o films fotográfico LR 115 recortado y que es colocado a 20 cm del suelo, cubierto con tubo de PVC el cual es enterrado en el subsuelo a 1 metro de profundidad o expuesto a cielo abierto para la captura de partículas que caen o suben en el films y son retenidas. Luego se analizan bajo el microscopio artesanal webcam, los cambios sufridos como alteraciones significativas en la superficie del films<sup>4, 5, 6</sup> Las otras patentes se retoman como referentes, ya que el objetivo común es detectar partículas radioactivas del medio ambiente.

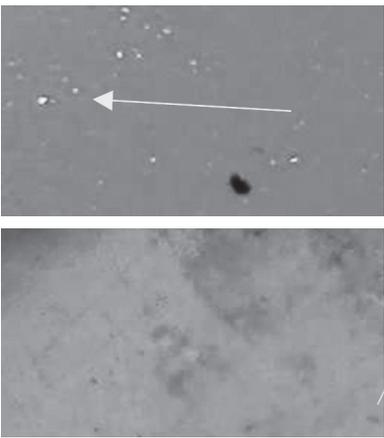
**Figura 9.** Dibujos de 3 patentes consultadas en base de datos CNR y mundial de aparatos para medir radiación ionizante



Nota. Patentes consultadas en línea Google Patent la 2,3,4<sup>14, 15, 16, 17</sup>

En la figura 9, se observa 3 patentes (N° 2, 3, 4) utilizadas para detectar radiaciones a un costo alto. La 1 es utilizada para el estudio de muestras biológicas presentada en CNR.

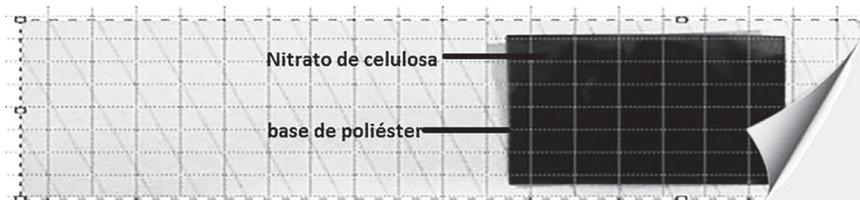
**Tabla 1.** Resultado de las muestras en suelo volcánico con análisis positivo y análisis negativo

Resultado	
Negativo	Positivo
	

Nota. Fotografías tomadas de los análisis.

En la tabla 1, se observa el resultado de las muestras en suelo volcánico con análisis positivo y análisis negativo. En la izquierda, se observan los puntos blancos característicos con radiación acumulada de partículas alfa  $^{222}\text{Rn}$  y a la derecha es negativo, porque no hay ninguna partícula.

**Figura 10.** Papel fotográfico LR 115 <sup>1</sup>



Nota. Papel fotográfico LR 115.

En esta imagen, se observa el papel fotográfico LR 115 sensible a la captación de partículas ionizantes en el medio ambiente utilizado en el microscopio artesanal y se analiza cada cuadrante. La concentración de radón, partículas alfa y otras se determina a partir del número de trazas impactadas en la película. En las trazas quedan los iones de alta energía.

**Figura 11.** *Prototipo nuevo de microscopio artesanal utilizado en el proyecto*

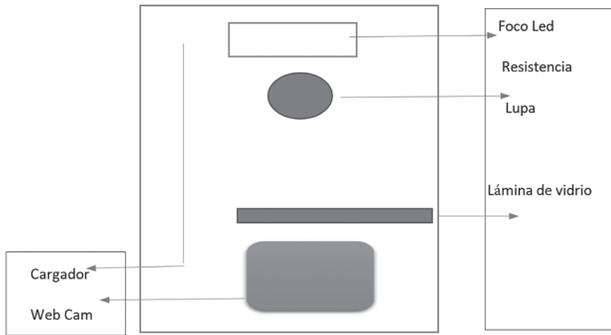


*Nota.* En esta imagen se muestra el nuevo microscopio artesanal elaborado con materiales reciclables diseñado y elaborado por Dr. A. Vásquez. (Registrado en CNR condepósito N° 589-2017).

El microscopio nuevo consiste en:

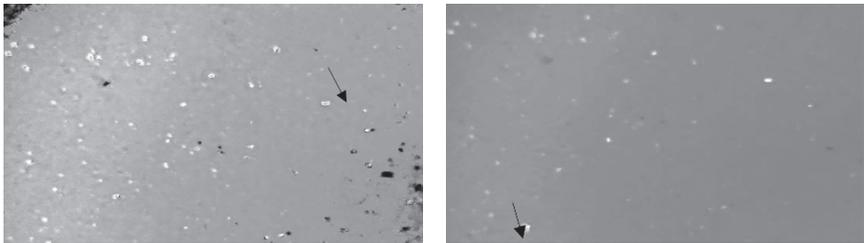
1. Cámara web cam de 8 megapíxeles
2. Foco led de luz blanca
3. Resistencia de 280 ohmios
4. Cargador de celular
5. Lupa
6. Un tazón como micrométrico
7. Una caja de madera o de metal de 5 x 5 cm o más
8. Una laptop
9. Programa de software para ampliar imágenes en el microscopio y captura de imágenes
10. Uso de software libre IMAGEJ

Figura 12. Diseño estructura de microscopio



Nota. Elaboración propia.

Figura 13 y 14. Análisis comparativo entre microscopio casero y un microscopio convencional



Nota. En la Figura 13, se observa un análisis con papel fotográfico muestras volcánicas, utilizando un microscopio artesanal que costó \$ 35. 00. En la figura 14, se muestra un análisis de muestra volcánica, utilizando un aparato industrial, un microscopio óptico a 10 x con un valor de \$ 2 000.00.

## 5. Análisis de detección de partículas por microscopio artesanal y uno convencional

En la figura 13, se observa como un universo, lo que parecen estrellas son puntos blancos, redondos u otras formas según radiación que deja una huella en el filtro indicando que una partícula ha sensibilizado el papel fotográfico y chocado con ella. El papel con puntos

blancos en la que podemos según el tamaño diferenciar radiaciones fuertes y débiles de las partículas. En la figura 14, se observan varios puntos blancos tomados de microscopio compuesto, en la que deja huella el impacto de la partícula. No hay diferencia con la tomada con el microscopio casero y uno convencional. Así como el costo es cinco veces menos. Otros aparatos oscilan entre \$ 1 000. 00 a \$ 100 000.00. En resumen, en ambos casos no hay diferencias significativas en el análisis de las muestras con ambas tecnologías.

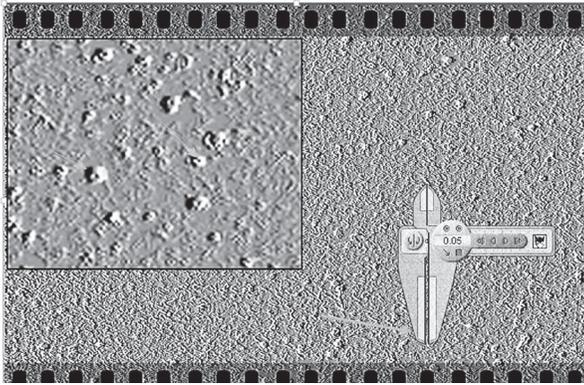
**Figura 15.** *Fotografía de video captura de pantalla, muestra radioactividad de partículas con efecto de filtro zoom en fondo negro*



*Nota.* Muestra de radioactividad de partículas con efecto de filtro zoom en fondo negro, al ser expuestas a luz artificial con microscopio artesanal. Muestra de suelo volcánico.

En la figura 15, se observan varios puntos luminosos que, al variar la intensidad de la luz artificial, también varía su intensidad, se diferencian de otros por su particularidad de ser redondos con halo de emisión de energía. Pareciera un universo de estrellas con emisión de luz, en el video se ven como destellos en cada partícula de diversas formas, denominadas partículas alfa con emisión de fotones que al ser excitados con la luz artificial producen luminosidad.

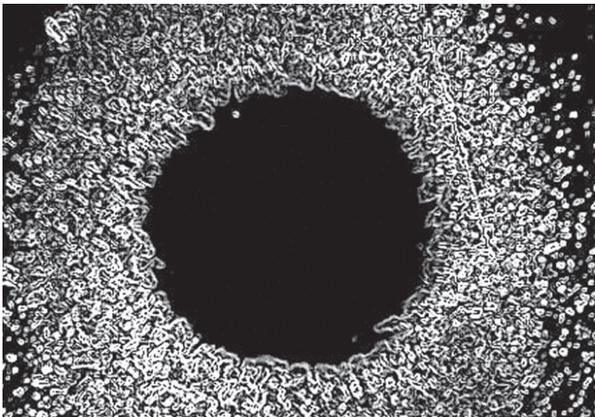
**Figura 16.** Efecto filtro grabado emboss y zoom sobre las partículas en el films LR 115 en microscopio artesanal



Nota. <https://acortar.link/0jS8Br>

En la figura 16, se observan las partículas en relieve que han impactado en el films rompiendo la capa de celulosa, se percibe que son muchas de mayor y menor intensidad. Al aumentar el zoom se aprecia con mayor detalle cada partícula que se ha detenido en la cuadrícula, observando partículas alfa en mayor cantidad.

**Figura 17.** Efecto de acumulo de partículas en microscopio artesanal

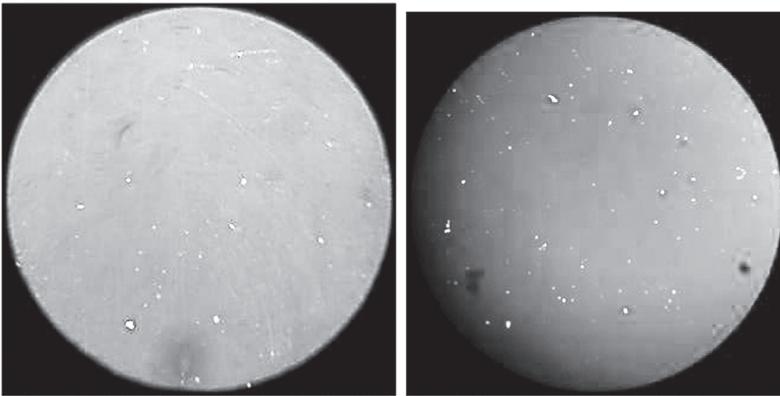


Nota. Las partículas tienen una depresión de impacto en el films como si fuese una apariencia de volcán superficie lunar de cráteres. Miden aprox. 0.05 mm. Se mide con regla digital caliper.

En la figura 17, se observa un acumulo de partículas como eclipse alrededor del lente de la cámara. Se ven partículas blancas punti-formes luminosas de tamaño de 0.05 mm, hay otras que no se logran determinar de qué tipo corresponden.

**Figura 18.** *Fotografía de partícula  $^{222}\text{Rn}$  del Instituto de Lab de física experimental PUCP de UNAM MEXICO en LR 115 <sup>21</sup>*

Polímero LR-115 : detector de trazas nucleares (DTN)



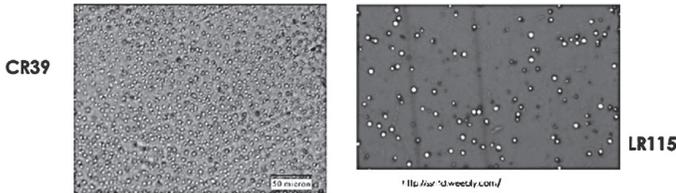
Fotografías obtenidas con microscopio óptico 20 X y 50X  
Laboratorio de Física Experimental-PUCP

*Nota.* En la figura 18, se observa una fotografía de captura de radón  $^{222}\text{Rn}$ , partículas alfa con la técnica de LR 115 de investigación realizada en México. Se obtienen los mismos resultados con la cámara artesanal en foto 3 y 5, con filtro mejorado en figura 16.

Otro estudio en Perú, muestra continuación las partículas alfa con aparato microscopia Leika.<sup>22</sup>

**Figura 19.** Detectores de Radón de partículas alfa con LR115 Y CR39 realizado en Lima Perú

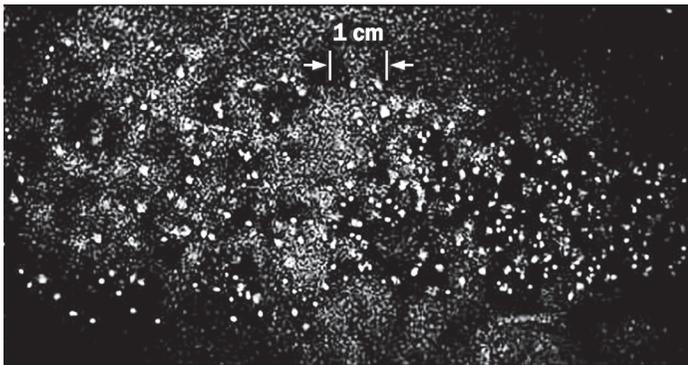
Detectores de Rn 222 (de partículas alfa):  
LR115 y CR39



*Nota.* Se observa fotografía de partículas detectadas con films LR 115 en microscopía Leika, si comparamos con foto 3 con el microscopio artesanal se obtienen los mismos resultados.<sup>22</sup>

Otro estudio muestra en cámara de niebla trayectoria de partículas alfa, beta y gamma.

**Figura 20.** Muestra trayectoria de partículas alfa, beta y gamma formando unacumulo en cámara de niebla<sup>25</sup>



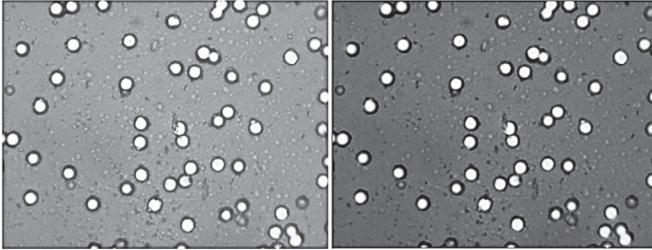
*Nota.* Cúmulos de condensación observados en la cámara de niebla.

En la figura 20, se observa un acumulo de partículas según práctica experimental en la cámara de niebla, se observan partículas alfa, beta y gamma que no difiere de las figuras 15 y 17 con microscopio artesanal.

Otro estudio muestra las partículas alfa tomadas con microscopio convencional óptico marca ZEISS.

**Figura 21.** Trazas de partícula alfa tomadas con microscopio óptico marca Zeiss. Venezuela<sup>26</sup>

*Nota.* Transformación de imagen a 8 bit.



En la figura 21, se muestran partículas alfa en LR115, tomadas con microscopio convencional que no difiere del video y foto 5 con microscopio artesanal.

Fotografía de NASA que muestra rayos x emitidos por una galaxia en el espacio y que llegan a la tierra.

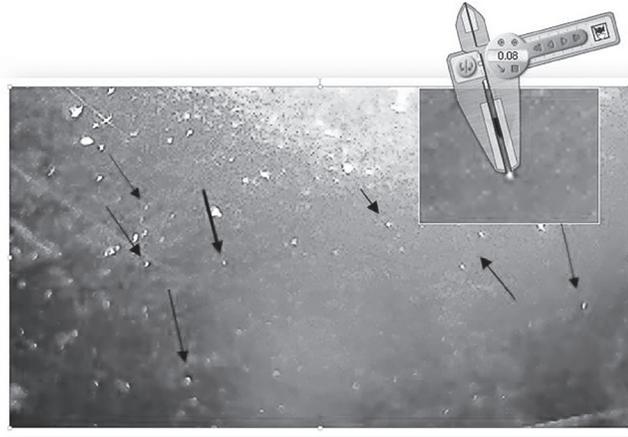
**Figura 22.** Fotografía de NASA de galaxia Centauro emitiendo rayos X<sup>27</sup>

*Nota.* En esta figura se observa rayos X de diverso tamaño en rojo por emisión de



energía de galaxia Centauro.

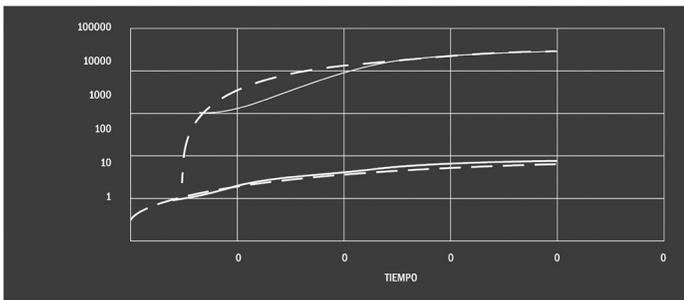
Figura 23. LR115 tomada de microscopio artesanal de otras partículas



Nota. Captura de pantalla.

En esta figura, se observa en la placa LR115 partículas que atraviesan el films dejando un hueco circular sin perforar de luz blanca intensa de diámetro mayor a 0.08 mm, no se ve en todas las muestras analizadas, pero pareciera que son de rayos X, porque sus características son diferentes a las partículas alfa. Se ven otras partículas sin determinar.

Figura 24. Variaciones de traza alfa detectadas por LR 115 en  $^{222}\text{Rn}$  de partículas alfa en función al tiempo en días de exposición



Nota. Se observa que, en relación al tiempo de exposición en días a las partículas alfa, se tiene que hay mayor exposición de la acumulación de las partículas aumenta considerablemente con el tiempo.

### **Criterios para considerar partículas alfa vista en microscopio artesanal o convencional:**

1. Intensidad de luz
2. Tamaño de 0.05 mm
3. Uniformidad de la partícula
4. Circular o puntiforme
5. Color blanco
6. Responde a la luz artificial.

### **6. Revelado standard del papel fotográfico**

Las placas LR 115 se colocan a 20 cm del suelo cubierto con tubo de PVC, el cual es enterrado en el subsuelo a 1 metro de profundidad o en superficie por más de 7 días a la exposición abierta, ya que las partículas pueden estar en todas las direcciones, por lo que chocan en la superficie de la celulosa del films.

#### **Pasos:**

- 1) En habitación o cámara cerrada se procesa el films LR115.
- 2) Calentar en baño maría hasta una temperatura constante de 60° C.
- 3) Usar solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) al 10 % o a (2,5) N.
- 4) Colocar la solución en un vaso de precipitación e introducirlo en el baño maría.
- 5) Se introducen los films dentro de la solución calentada por el baño maría por noventa minutos.
- 6) Luego se colocan en agua destilada para enjuagarlos y agitando por 10 minutos.
- 7) Después de los 30 minutos, se coloca los films en otro vaso de precipitación con agua destilada por 2 minutos, sin agitación.
- 8) Se sacan y son secados por ventilación a temperatura ambiente durante 60 minutos.
- 9) Luego se coloca el films en microscopio casero y usando el software diseñado, no el que trae la cámara. Se procede al análisis.

### **Prevención:**

Al detectarse los casos positivos expuestos a partículas ionizantes por zonas, se procede según los protocolos internacionales como la norma 614: <sup>(2)</sup>

1. Mediar yoduro de potasio para prevenir cáncer de tiroides.
2. Vigilancia epidemiológica con registro de casos.
3. Acceso restringido de todo humano a la zona de alto riesgo.
4. Uso de simbología de colores en forma de trébol y señalización de la zona.
5. Eliminar la fuente de contaminación.
6. Uso de protectores solares FPS 15 o mayor.
7. Cubrirse la cabeza, uso de mascarillas especiales.
8. Protegerse en la sombra y no estar expuesto a luz solar.
9. Análisis de sangre y orina, entre otros.

### **Ventajas:**

- Se hace un diagnóstico cualitativo y cuantitativo de partículas secundarias radioactivas a un bajo costo utilizando el microscopio artesanal.
- La tecnología apropiada es de bajo costo, accesible a las comunidades que puedan construir la tecnología apropiada de la cámara webcam convertida en microscopio.
- Se puede hacer un diagnóstico por medio de método cuantitativo de presencia o ausencia de partículas secundarias en el análisis microscópico.
- Se elabora el microscopio webcam y puede ser transportado con facilidad a la zona de riesgo y dar lectura de muestra por medio de un software.
- Se pueden elaborar mapas de riesgo en las zonas.
- Es de fácil interpretación la técnica.
- No se necesita personal especializado.

**Figura 25.** Ejemplo hipotético si utilizáramos el método LR115 y uso del microscopio artesanal en los 14 departamentos de El Salvador



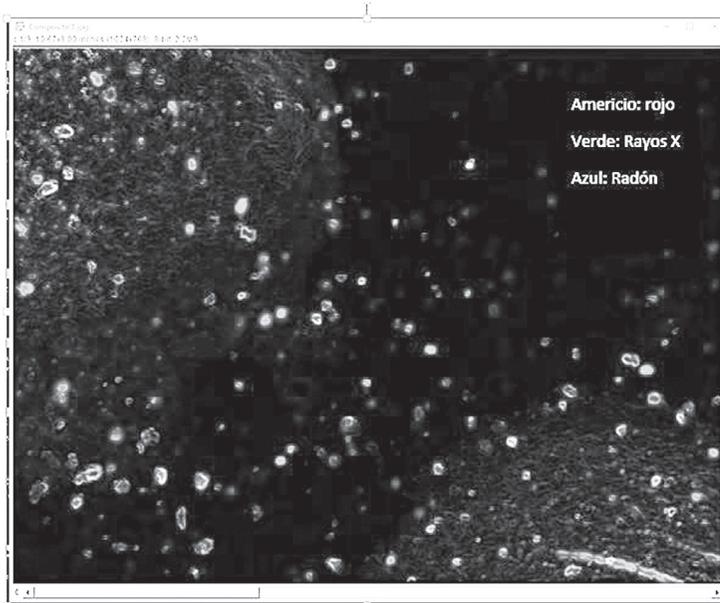
*Nota.* Zonas de mayor radioactividad en El Salvador.

En la figura 25, se observa que la mayor zona de radioactividad es la zona central de El Salvador. La cadena volcánica de nuestro suelo es propenso a mayores partículas. Las medidas preventivas serán enfocadas en diferentes grados de intervención en forma colectiva, no solo al paciente sino a la comunidad al contacto de las partículas y rayos ionizantes.

## 7. Uso del Programa libre de IMAGEJ

Al utilizar el programa IMAGEJ para el análisis de las trazas nucleares en muestras de rayos X, partículas alfa de suelo volcánico, americio, entre otros, se tiene:

**Figura 26.** Programa IMAGEJ para el análisis de las trazas nucleares en muestras de rayos X, partículas alfa de suelo volcánico, americio, entre otros



*Nota.* Captura de pantalla del programa IMAGEJ. Partículas ionizantes en rojo de americio, en verde de rayos X y en azul de radón.

**Tabla 2.** *Tamaño de las partículas detectadas en mm, micras y nanómetros*

Tamaño Partícula en trazas	RADÓN Trazas de Protón	RADÓN Trazas de Torón	RADÓN Trazas de Alfa	AMERICIO (trazas alfa)	Rayos X (trazas de protones y alfa)
mm	0.01000000	0.03000000	0.05000000	0.08000000	0.01-0.05
micras	10 $\mu$	30 $\mu$	50 $\mu$	80 $\mu$	10-50 $\mu$
nanómetro	1x10 <sup>-6</sup> nm 0.0001 nm	3x10 <sup>-6</sup> nm 0.0003 nm	5x10 <sup>-6</sup> nm 0.0005 nm	8x10 <sup>-6</sup> nm 0.0008 nm	1x10 <sup>-6</sup> nm 5x10 <sup>-6</sup> nm

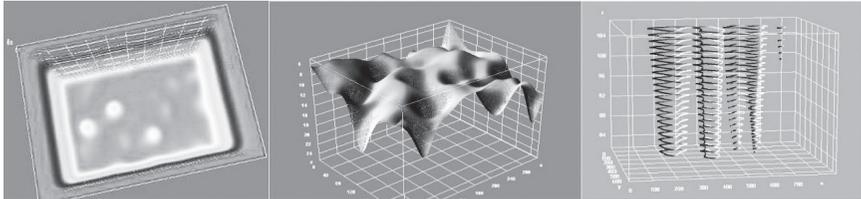
*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 3.** Resultado de recuento de trazas de partículas encontradas en trazas con microscopio artesanal. Software ImagenJ

Trazas	Área	Mean	Min	Max	XStart	YStart
697	0.346	64.000	64	64	0	0
698	0.346	73.000	73	73	0	0
699	0.346	78.000	78	78	0	0
700	0.692	72.500	64	81	0	0
701	0.346	66.000	66	66	0	0
702	0.692	69.000	68	70	0	0

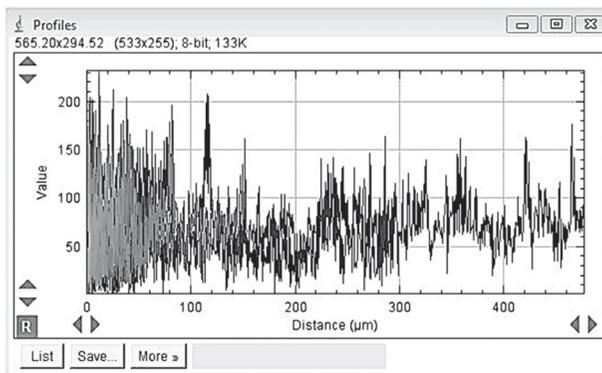
Nota. Elaboración propia.

**Figura 27.** A, B y C. Trayectoria de impacto de las partículas en espejo



Nota. Captura de pantalla del software ImageJ.

**Figura 28.** Multipot de las partículas encontradas



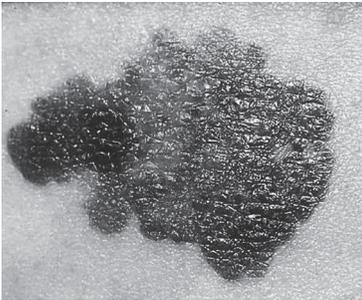
Nota. Captura de pantalla del software ImageJ.

**Figura 29.** Radiografía de tórax pulmón izquierdo con cáncer pulmonar por radón



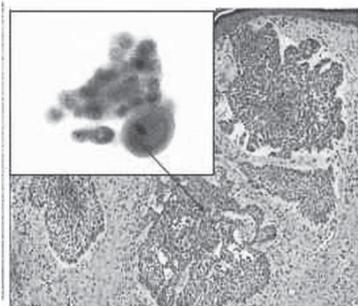
Nota. <https://acortar.link/7oD7do>

**Figura 30.** Melanoma maligno por exposición a luz ultravioleta



Nota. <https://acortar.link/KIjHIs>

**Figura 31.** Células anormales por radiación



Nota. <https://acortar.link/tED6ZB>

## 8. Descripción propuesta

Se utilizarán películas especiales de fotografía LR 115, tipo II para captura de partículas secundarias como rayos alfa, beta, o gamma y radón, entre otros. Provenientes de la atmósfera y bajo el suelo, estas serán analizadas con el microscopio artesanal construido con una webcam y uso de software para analizar las imágenes en un proyecto macro a nivel nacional.

### Características técnicas:

1. Papel filtro LR 115 recortado en cuadros.
2. Se coloca papel filtro LR 115 en subsuelo y techos o ventanas de las casas por una semana, evaluando cada semana.
3. Analizar los films por medio del microscopio artesanal elaborado con una webcam de 8.0 megapíxeles, de resolución alta con un poder de 38x.
4. Hacer un recuento por tamaño, forma, intensidad, color de las partículas de los papeles filtro para identificar las partículas radioactivas.

## 9. Aplicación

Se pretende utilizar el microscopio artesanal examinando las películas en sistemas volcánicos y áreas expuestas en comunidades rurales y urbanas para detectar partículas ionizantes. Tomar medidas preventivas en la población expuesta al riesgo, así como enseñar la construcción de un microscopio artesanal para análisis de partículas en el lugar de origen, conectada a su computadora laptop. La población beneficiada serían los niños, adultos y adultos de la tercera edad, principalmente por tener características genotípicas sensibles con dificultad a la regeneración, lo que les hace susceptible de un cambio mutación en los genes.

## 10. Conclusión

El microscopio artesanal detecta la presencia de partículas ionizantes en el medio ambiente a un costo diez veces menor que el uso de tecnología cara. La detección de partículas ionizantes en el medio ambiente puede descubrir el origen del cáncer desde el hombre primitivo como característica de factor externo en la herencia del cáncer.

## Referencias

- Carrasco, J. (2003). Radiaciones ionizantes y no ionizantes. Aplicaciones y riesgos. España. Malaga. En línea.
- Cesar, M. (1981). Studies of alpha particle registration in LR 115 type II a solid state nuclear track detector. Instituto de pesquisas nucleares. Brazil
- Castillo, B. (2016). Calculo del riesgo radiológico debido a la concentración de radón en los centros de educación inicial de la zona urbana y rural de Cuenca Ecuador. En línea.
- Cordero, A. (2016). Detección de concentraciones de radio 226 en los abonos orgánicos e inorgánicos de Ecuador. Ecuador. En línea.
- Dosired Laboratory. LCR 115. Sin fecha. En línea [www.dosired.fr](http://www.dosired.fr), en línea. [Espectrometria.com](http://Espectrometria.com). (2017). En línea.
- ECOWEB. 2017. Santillana. Lluvia acida. En línea
- ECURED. (2017). Radiación cósmica. Link [www.ecured.cu/index.php/radiacion](http://www.ecured.cu/index.php/radiacion). en línea
- Encuentro regional sobre los campos electromagnéticos, Latinoamérica y el Caribe. (2001). Lima Perú.

- García, V. (2016). Parámetros geométricos de trazas reveladas en detectores LR115 irradiados con partículas alfa. Universidad Simón Bolívar Caracas Venezuela. En línea.
- Khilil, A. (1994). Utilisation des detecteurs polymeriques de traces nuclearis (LR 115 et CR 39 pour la mesure de lemanation en radón des phophates. Vol 29. No 1 p 29-38. En línea.
- López, M. (2017). Aplicaciones de técnicas de trazas nucleares en el estudio del medio ambiente, Lima Perú. En línea
- Madrid Blog. (2017). Alfa, Beta y Gamma Ciencia y tecnología nuclear. En línea.
- M.S.A. Khan<sup>1</sup> et al. (2012). Preliminary Measurements of Radon Radiations in «Bare Mode» In Rampur District of Western U.P. (India). ISSN- 2278-4861 Vol 1, PP 04-07. En línea.
- Ministerio de Salud El Salvador (2013). Diagnóstico Situacional de cáncer en El Salvador. Periodo 2009-2013.
- Ministerio de Salud Nicaragua. (2011). Guía para la práctica médica radiología convencional e intervencionista. Managua Nicaragua. En línea. 13. OPS Y OMS. (2017). Seguridad y protección contra la radiación y emergencias radiológicas. En línea
- Patent United States Patent US 3588496 June 28 1971. Google Patent.
- Patent. (2004). United States Patent US 6, 707548 B2, March 16 2004. Google Patent.
- Patents. United States US Patent 6,198,108 B 1. Google Patent.
- Presentación patente. (2008). El Salvador 2008-0006520 No exped. 2008002909. 20 junio 2008. Registro CNR El Salvador.

Práctica de laboratorio visualización de trayectoria de distintas partículas usando cámara de niebla. (2017).

Quarto, M. et al. (2015). Radon Exposure Assessment and Relative Effective Dose Estimation to Inhabitants of Puglia Region, South Italy. En línea Radiaciones ionizantes. España.

Rojas, J. et al., Measurement of Radon 222 Concentrations in the Basements of the New Engineering Building from the Pontificia Universidad Católica del Perú. Sin fecha.

UNAM. (2016). Polímero LR115. Detector de trazas nucleares. Instituto de Física UNAM México.

Universe Today. (2017). Space and astronomy news. Credit NASA. En línea.



Detección de partículas ionizantes en microscopio artesanal con efecto colateral en la salud de las células eucariotas humanas de Antonio Vásquez Hidalgo y Rodolfo Antonio Olmos Guevara está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional .