



## RADIOACTIVIDAD MITOS Y REALIDADES

### EDITORIAL

Cuando escuchamos hablar de **RADIACIÓN**, nos enfrentamos a la idea de un mundo extraño incluso peligroso y no podemos menos que sentir temor; especialmente si nuestro conocimiento se limita a los devastadores efectos del mayor lastre de la humanidad que en 1945 puso fin a la segunda guerra mundial: la explosión de las bombas en Hiroshima y Nagasaki, o a los accidentes en los reactores nucleares de Chernobil (antigua unión soviética) o la Isla de Tres Millas (U.S.A.). Sin embargo pocas personas saben que de hecho, las radiaciones constituyen uno de los fenómenos más ampliamente estudiados y en consecuencia mejor conocidos por el intelecto humano a lo largo del presente siglo. Su descubrimiento ha formado parte importante de la evolución tecnológica como la luz o el sonido; su uso se ha convertido en algo indispensable tanto en el ámbito industrial como médico con aplicaciones tan valiosas como: la radioterapia, los estudios y tratamientos de medicina nuclear y los rayos X; con todos los procedimientos que se basan en la utilización de estos últimos, tal es el caso de: las radiografías, mamografías, tomografías o escanografías (TAC), cateterismos cardiacos, arteriografías, y video-fluoroscopias.

Solo en la medida que se logre transmitir un mensaje claro y convincente, se podrá tranquilizar a la opinión pública que en muchas oportunidades se ha apuesto, sin fundamento, al desarrollo del progreso científico-tecnológico. Es por ello que a través de esta revisión se pretende poner la radioactividad en su verdadero contexto, que se entienda que sus aplicaciones benéficas son múltiples, y si se maneja y aplica correctamente es tan sólo "un riesgo más de nuestro diario vivir".

### ¿DE DÓNDE PROVIENE LA RADIACIÓN?

La radiación no es un invento humano, es un hecho de la vida, un fenómeno natural que ha estado siempre con nosotros y no puede ser evitado. El sólo acto de vivir en el planeta implica estar expuesto a ella, a este fenómeno se le conoce como **RADIACIÓN NATURAL O DE FONDO** y corresponde al 87% de la dosis total de

radiación que recibe un individuo en un período de un año. Proviene tanto de los rayos cósmicos, producidos en el espacio exterior, como de los rayos gamma terrestres, provenientes del suelo, los materiales de construcción, el agua, los alimentos, el gas radón emanado de las rocas y la tierra e incluso de nuestro propio organismo, que contiene sustancias radioactivas como el Potasio 40 o el Carbono 14. La cantidad de radiación natural recibida depende tanto de la ubicación geográfica (siendo menor a nivel del mar, con aumento gradual en la medida en que se aumenta de altura), como de la geología del área en la cual vivimos; para el caso de Europa uno de los países con mayor radiación de fondo es Finlandia.

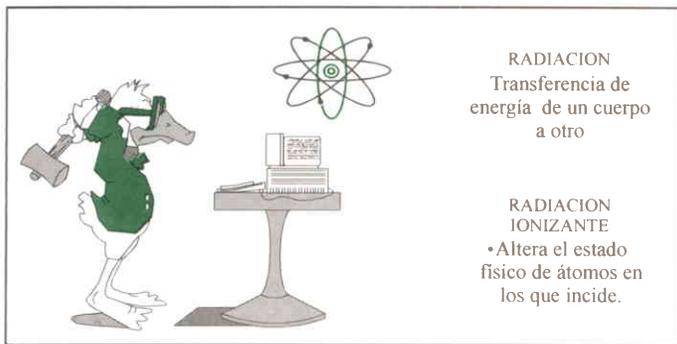
La radiación producida por el hombre o **RADIACIÓN ARTIFICIAL**, se dio a conocer hace tan sólo un siglo, cuando en Noviembre 8 de 1895 el doctor Wilhelm Conrad Roentgen, descubrió los **RAYOS X**. A partir de esta fecha se empezaron a producir un gran número de importantes eventos que han marcado la pauta para grandes desarrollos e infortunadamente tragedias. En la tabla 1 se muestra una cronología de algunos de estos.

### ¿QUE ES RADIACIÓN?

Se podría definir como la transferencia de energía de una fuente a otra. Esta transferencia puede ser: una cantidad específica de energía, sin masa ni carga eléctrica, que se propaga como una onda, viaja a la velocidad de la luz y se denomina radiación electromagnética (dentro de este tipo se encuentran la luz, el calor, los rayos ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma), o presentarse en forma de partículas en movimiento cargadas eléctricamente, como los rayos alfa y beta, o eléctricamente neutras como los neutrones.

La radiación se divide en ionizante y no ionizante. La **RADIACIÓN IONIZANTE** es la forma de radiación, tanto electromagnética como corpuscular, capaz de alterar el estado fisico de los átomos en los que incide, haciendo que queden cargados eléctricamente o "ionizados". La presencia de estos iones en tejidos vivos puede perturbar procesos biológicos normales y por tanto puede constituir un riesgo para la salud.

**En este número de la carta de la salud, al hablar de "radiación", nos referimos específicamente a la "radiación ionizante".**



## ¿CÓMO SE PRODUCE LA RADIACIÓN?

La radiación se produce a partir de átomos, inestables o excitados, (radioactivos) que tienden a alcanzar su estabilidad por diferentes mecanismos que dependen de la liberación de algunos de sus componentes; los átomos “radioactivos” pueden existir en forma natural como el uranio o el plutonio ó ser producidos por intervención humana como el tecnecio. Dependiendo del componente atómico liberado, se produce un tipo diferente de radiación como se muestra en la tabla 2. Cada forma de radiación tiene propiedades específicas y se comporta de manera diferente, implicando distintos riesgos para la salud. Los componentes básicos del átomo son: el núcleo o parte central, formado a su vez por **protones** de carga positiva y **neutrones** de carga neutra; y los **electrones** de carga negativa que giran en órbitas alrededor del núcleo, en un modelo similar al del sistema solar en el cual los planetas (electrones) giran en forma orbitaria en torno al sol (núcleo). El número de protones se conoce como número atómico y es el que determina las características químicas del átomo.

## ¿CÓMO Y CON QUÉ SE MIDE LA RADIACIÓN?

La radiación no es un fenómeno tangible a través de los sentidos (como la luz con los ojos o el sonido con el oído). Para su medición no se pueden aplicar sistemas ni equipos convencionales como la básculas o el sistema métrico decimal, haciendo necesaria la creación de un método de cuantificación y equipos de registro, que se basan en la capacidad de interacción del átomo radioactivo con otros átomos (ionización).

Los átomos radioactivos no permanecen estables. A partir de su formación y con el tiempo, su actividad va disminuyendo, es decir cada átomo se va desintegrando, en un proceso que no se puede acelerar o retardar, este proceso se mide en **Becquerel (Bq)**, que equivale a la tasa de desintegración de un átomo por segundo, la unidad más antigua que mide esta actividad es el **Curie (Ci)**. El tiempo en el cual un material radioactivo alcanza la mitad de su actividad original, se conoce como vida media física, por ejemplo: si en un tiempo 0 existen 100 átomos radioactivos, después de una vida media quedarán solo 50.

El **Gray (Gy)** evalúa la **dosis absorbida** (asimilada) por un tejido, dato de gran importancia ya que sólo cuando la radiación se absorbe existe un riesgo de daño biológico; la unidad antigua, equivalente al gray, es el **rad** (radiation absorbed dose).

La unidad de medida que evalúa la capacidad de daño biológico que la radiación puede causar en los mamíferos, y que depende no sólo del tipo de radiación sino de las características de los tejidos, es el **Sievert (Sv)**; su equivalencia en el sistema antiguo es el **rem** (roentgen equivalent for mammals). Todas estas unidades de medida,

Bq, Ci, Gy, rad etc., se pueden encontrar en forma de múltiplos: micro, mili, kilo, mega, giga y tera.

Los equipos de medición se han basado en los diferentes procesos de interacción de la energía con la materia, es así como existen los dosímetros que registran la cantidad de radiación en un período de tiempo o los intensímetros capaces de registrar la dosis de radiación en un momento particular (lectura instantánea). Estos aparatos pueden ser personales (cuando son portados por un individuo) o de área (registran la cantidad de radiación en un lugar), estos últimos a su vez pueden ser fijos o portátiles. El uso de los equipos de medición es muy importante cuando se trabaja con materiales radiactivos, ya que se está expuesto a ellos por horas, días e incluso años. Con ellos podemos determinar qué dosis se ha recibido, dato que permite mantener los niveles de exposición dentro de los límites considerados seguros.

## ES LA RADIACIÓN NOCIVA PARA LA SALUD?

Sí, es un hecho que la radiación es nociva para la salud de los seres vivos. Tan sólo a los pocos meses del descubrimiento de Roentgen se empezaron a conocer los efectos que se podían presentar por la exposición a ésta. Los primeros afectados fueron trabajadores de la salud que verificaban la potencia de la salida de los tubos de rayos X, exponiéndose en forma directa a las radiaciones y midiendo el tiempo que transcurría hasta que se les irritaba la piel. Más de 300 murieron posteriormente de enfermedades atribuidas a su exposición. A pesar de ello se continuaron realizando prácticas que hoy en día se saben peligrosas, por ejemplo: desde 1915 se empezaron a utilizar materiales radioactivos que producían fluorescencia para pintar artículos como relojes o esferas, las operarias encargadas de este trabajo humedecían la punta de los pinceles con la boca e infortunadamente para fines de 1926 algunas de ellas habían muerto de cáncer óseo o de una variedad de anemia conocida como anemia aplásica. Además de estos casos, se empezaron a conocer muchos más relacionados con la exposición a radiaciones como el de los mineros subterráneos que se veían expuestos a altos niveles de radón (gas natural radioactivo) que invadía los túneles mal ventilados. Con estos incidentes la comunidad científica se hizo consciente de la necesidad de regular la exposición a las radiaciones e impulsó la formación de organismos conformados por expertos, encargados de estudiar los efectos y la forma de protegerse de ellos. Fue así como desde 1928 se creó la aún vigente Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), cuya función era y continua siendo establecer los principios básicos y formular recomendaciones sobre la protección radiológica. En la actualidad existen múltiples instituciones de carácter internacional o local que se encargan de dar recomendaciones específicas, encaminadas a evitar que se produzcan efectos nocivos por el uso de la radiación.

## ¿CUALES SON LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN EN LA SALUD?

Los cambios que ocasionan las radiaciones ionizantes en los seres vivos se conocen como “**EFECTOS BIOLÓGICOS**”. Se producen por su interacción con las células que conforman los diferentes órganos y tejidos del cuerpo humano, estos efectos son múltiples y muy variados. Pueden ir desde lesiones triviales a severas, incluso hasta la muerte; su presentación depende de varios factores como: la dosis de radiación recibida, la superficie corporal expuesta, la duración de la exposición y el tipo de radiación (alfa, beta, gamma, Rx. etc.).

Los efectos de la radiación se pueden comparar con los producidos por fármacos considerados “inofensivos”, como la aspirina; si un individuo se toma una tableta o consume un frasco en dosis repetidas (por ejemplo una diaria) no hay problema, pero si ingiere un frasco en una sola toma, puede sangrar e incluso morir. Lo mismo sucede con la radiación, si se reciben dosis pequeñas o fraccionadas no es problema; sí por el contrario se acumulan las dosis, se reciben dosis altas o se expone la totalidad del cuerpo, probablemente se producirán daños irreversibles, que se pueden manifestar en forma temprana o tardía.

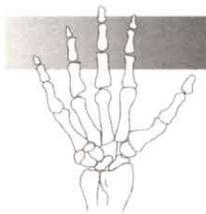
Los efectos que se presentan en forma temprana se conocen como **efectos agudos**, dependen directamente de la cantidad (dosis) de radiación recibida y de la parte del cuerpo que haya sido expuesta; ejemplo de estos son: náuseas, vómito, enrojecimiento de la piel, caída de cabello o de los vellos (depilación), formación de úlceras en la piel y otros. Es importante aclarar que este tipo de efectos agudos no se presentan con la realización de exámenes diagnósticos que utilizan radiaciones como: las gamagrafías, las radiografías, las tomografías etc. Se pueden presentar en los pacientes que están siendo sometidos a tratamiento de cáncer por medio de radiaciones (radioterapia), pero dadas las dosis que se usan para este tipo de tratamiento, los cambios, si se llegaran a presentar, son transitorios y lo más importante se pueden justificar por el gran beneficio que se recibe en el tratamiento de la enfermedad.

Los efectos que se presentan en forma tardía dependen del daño que la radiación haya ocasionado en la célula. Cuando la dosis es alta y suficiente para producir la muerte celular se producen los efectos agudos, explicados previamente. Pero si la célula afectada queda viva y con capacidad de reproducirse, entonces puede transmitir su mutación (anormalidad) a las células producidas a partir de ella o células hijas, lo que conlleva a la aparición de **efectos tardíos**. Si estos se manifiestan en el individuo expuesto se llaman efectos somáticos (corporales), y si se presentan en los descendientes se denominan efectos hereditarios. Dentro de los resultados indeseados se encuentran algunas variedades de cáncer o malformaciones.

Otra forma de clasificar los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son los denominados: a) efectos determinísticos, esto quiere decir que al recibir una cantidad o dosis específica de radiación, se producirá un efecto conocido; tal es el caso de la depilación de la piel o las cataratas en los ojos, y b) efectos estocásticos que significa que la posibilidad de presentarse o no un efecto, no está en relación a la cantidad de radiación recibida sino ligada al azar. Por ejemplo a una dosis X una persona puede presentar un efecto y no hacerlo otra que ha recibido la misma dosis y tipo de radiación. Ejemplo de estos efectos son las alteraciones como cáncer o las malformaciones.

#### LOS EFECTOS NOCIVOS DE LA RADIACION DEPENDEN DE

- Dosis recibida
- Superficie expuesta
- Período de exposición
- Tipo de radiación



### ¿AL SER SOMETIDO A EXÁMENES CON RADIACIONES CORRO ALGÚN PELIGRO?

No. En condiciones normales, no se incurre en riesgos para la salud si se es sometido a algún procedimiento diagnóstico que amerite

el uso de radiaciones ionizantes. Es sin embargo importante tener en cuenta que las mujeres en estado de embarazo se consideran personas altamente sensibles a las radiaciones ionizantes; no la mujer en sí, sino el niño que se encuentra en formación dado que las células en etapa de desarrollo se pueden afectar más fácilmente, no sólo con las radiaciones sino con cualquier otro tipo de agresión, tal como medicamentos etc. Es por ello que las mujeres en estado de embarazo no se deben someter a procedimientos que impliquen el uso de radiaciones ionizantes, salvo claras excepciones en las que se considere que el beneficio obtenido por el estudio en particular, es mayor que cualquier riesgo en el que se pueda incurrir. Esta decisión debe ser tomada en conjunto por los futuros padres, por el médico tratante que solicite el examen y el médico encargado de realizarlo. Se aclara que estudios como la ecografía, no usan radiaciones ionizantes sino ondas de ultrasonido o radiaciones no ionizantes y por tanto no constituyen un riesgo para la salud del bebé en formación ni de su progenitora.

Para la población infantil los exámenes tampoco representan riesgos mayores. Sin embargo es importante conocer que el número de procedimientos para este grupo de edad está restringido; esta restricción depende del tipo de estudio que se realice y del intervalo de tiempo entre cada uno de los exámenes que se requieran. El médico que solicita el estudio o quién lo realiza está en capacidad de aclarar las preguntas que se presenten al respecto.

Los estudios diagnósticos que utilizan radiaciones ionizantes son: rayos X, tomografías o escanografías, arteriografías, cateterismos cardíacos, estudios con fluoroscopia y gamagrafías. Quedan excluidos las ecografías y la resonancia magnética nuclear.

### ¿LOS TRATAMIENTOS CON RADIACIONES, IMPLICAN RIESGOS PARA LA SALUD?

Los tratamientos que ameritan el uso de radiaciones ionizantes son básicamente los de radioterapia y las terapias de medicina nuclear; para estas últimas se utilizan elementos radioactivos como el yodo, estroncio y fósforo, entre otros. Este tipo de tratamientos se utilizan para el manejo de enfermedades como el cáncer y algunas otras condiciones específicas. Al aplicarlas en la forma adecuada y por profesionales con el debido entrenamiento no se corren riesgos mayores, además, como se mencionó previamente, en caso de que existiera algún posible efecto nocivo, el efecto benéfico obtenido justificaría plenamente los riesgos potenciales.

### RIEGOS DE LA VIDA DIARIA

En el transcurso de nuestra vida estamos expuestos a un sinnúmero de riesgos, algunos evitables, otros susceptibles de ser reducidos; unos voluntarios, otros impuestos por las condiciones de vida. Enumerarlos sería prácticamente imposible ya que eventualmente cualquier actividad cotidiana podría convertirse en riesgo potencial - cruzar la calle, viajar en automóvil, bajar las escaleras -, y dentro de estos riesgos se encuentran las radiaciones ionizantes, que no son -si se aplican y manejan correctamente - un verdadero peligro para la vida de los individuos que se ven expuestos a ellas.

Es importante entender que todo extremo puede ser perjudicial y la radiación no es la excepción. Por ello el riesgo real no está en su exposición sino en temerles tanto que nos privemos de sus usos benéficos o en confiar tanto que podamos sobre-exponernos. Puestas en su verdadero contexto se constituyen tan solo en un riesgo más de nuestro diario vivir.

## RECURSOS DE LA FUNDACIÓN CLÍNICA VALLE DEL LILI

La fundación cuenta con completos departamentos de radiología (imágenes diagnósticas), radioterapia, cateterismo cardiaco y medicina nuclear, en los que no sólo dispone de avanzados equipos sino de personal médico y paramédico idóneo, entrenado en el uso de radiaciones ionizantes. Cuenta además con un departamento de radiofísica, en el que labora una experta en radioprotección acreditada por el organismo internacional de energía atómica (OIEA) y un comité de protección radiológica, encargados de velar por el adecuado funcionamiento, desde el punto de vista de radioprotección, de los equipos emisores de radiaciones ionizantes y el entrenamiento apropiado del personal que labora en las diferentes áreas donde existan fuentes de radiación. De esta manera se garantiza la seguridad de los paciente y sus familiares, del personal que labora en la institución y del público en general.

### Tabla 1 DESCUBRIMIENTOS Y EVENTOS IMPORTANTES RELACIONADOS CON LA RADIOACTIVIDAD.

1895	Roentgen descubre los Rayos X y se produce la primera radiografía
1896	Henri Becquerel descubre la radioactividad natural en el Uranio 235.
1897	Marie y Piere Curie identifican el Radio, el Torio y el Polonio.
1901	H. Becquerel y P. Curie describen los efectos Biológicos de la irradiación con Radio.
1901	Primer registro de aplicación terapéutica de una sustancia radioactiva. A.E. Danlos y E. Block ponen en contacto Radio con una lesión tuberculosa.
1902	Becquerel y los Curie comparten el premio Nobel de física.
1928	H Geiger y W. Muller inventan el tubo Geiger-Muller para medir la radiación.
1928	Se crea la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP).
1930	Primera detonación de la bomba atómica, desierto de Los Alamos, Nuevo México.
1945	Se lanzan las bombas de Hiroshima y Nagasaki (Agosto 1945)
1948	Emilio Segre nombra al primer elemento radioactivo artificial como Tecnecio 99.
1957	Accidente durante la producción de Plutonio en Inglaterra.
1958	Hal Anger inventa las Cámaras Gamma para imágenes en medicina nuclear.
1963	Lluvia radioactiva por las pruebas atómicas realizadas entre 1954-1962.
1972	Se patenta la tomografía con rayos X (TAC). Godfrey Hounsfield, UK.
1979	Accidente en el reactor de Three Mile Island, U.S.A.
1986	Accidente en el reactor de Chernobyl U.S.S.R.

## INFORMACIÓN SOBRE RADIOPROTECCIÓN EN INTERNET

A través [www.clinicalili.org.co](http://www.clinicalili.org.co) o [www.cardiolili.edu.co](http://www.cardiolili.edu.co) que son las páginas de la Fundación Clínica Valle del Lili y la Unidad Cardiovascular de la institución, es posible realizar preguntas específicas sobre temas relacionados con el uso de las radiaciones ionizantes, o dirigirse al correo electrónico [diana.paez@cardiolili.zzn.com](mailto:diana.paez@cardiolili.zzn.com).

Si desea mayor información puede obtenerla por medio de <http://irpa.sfrp.asso.fr/index.html>

**Artículo por: DIANA ISABEL PÁEZ GUTIÉRREZ M.D.**  
Médico Nuclear - Presidente Comité de Protección Radiológica  
Fundación Clínica Valle Del Lili - Unidad de Medicina Nuclear.

**Editorial por: LILIANA GARCIA TORRES**  
Radiofísica

### Tabla 2. TIPOS DE RADIOACTIVIDAD (SEGÚN EL COMPONENTE QUE SE LIBERE PARTIR DEL ÁTOMO)

ALFA:	Liberación de dos protones y dos neutrones (átomo de Helio).
Beta (+):	Electrón positivo; cuando un protón se convierte en neutrón.
Beta (-):	Electrón negativo; cuando un neutrón se convierte en protón.
C.E.:	Se neutraliza un protón por un electrón, se produce un B(+) y Rx.
T.I.:	Se libera una onda electromagnética (Rx o R gamma), cuando el átomo pasa de un estado de energía a otro menor.
E.N.:	Se emite un neutrón al existir exceso de estos.
F.E.:	Si el número de nucleones es mayor de 90 el átomo se divide.
R.Gamma:	Ondas electromagnéticas producidas en el núcleo o extranucleares.
Rx:	Onda electromagnética liberada a partir de la región de los electrones.
E.P.:	Al existir exceso de protones se puede liberar uno como alternativa al B(-).

C.E. captura electrónica, T.I. transición isomérica, E.N. emisión de neutrones, F.E. fisión espontánea, E.P. emisión de protones.

### Comité Editorial:

- Dr. Martín Wartenberg
- Dr. Hernán G. Rincón
- Dr. Hernán Córdoba
- Dr. Jairo Sánchez
- Dr. Adolfo Congote
- Dra. Diana Páez
- Dra. Yuri Takeuchi
- Dra. Ma. Carolina Gutiérrez
- Enfermera Patricia Echeverry
- Sra. Claudia de Piedrahita
- Dr. Paulo José Llinás

"Esta publicación pretende mejorar su información en temas de la salud. Las inquietudes que se relacionen con su salud personal, deben ser consultadas y resueltas con su médico".

Dirección: Carta de la Salud - Fundación Clínica Valle del Lili Cra. 98 # 18-49 Tel.: 3317474 Fax: 331 7499 Santiago de Cali  
En Internet: [www.clinicalili.org.co](http://www.clinicalili.org.co)

Esta publicación es cortesía de



S.A. Y

**EL PAIS**

El Diario de nuestra gente