

La radioactividad. Sus usos: aplicaciones y complicaciones

Parte I

Raúl Arredondo Peter

Lab. de Biofísica y Biología Molecular,
 Depto. de Bioquímica y Biología Molecular,
 Facultad de Ciencias, UAEM
 Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

Nuevamente, en días recientes el tema de la radioactividad llamó la atención del público en general a raíz del terremoto que sacudió a Japón y que dañó la planta nucleoelectrónica que se localiza en la ciudad de Fukushima Daiichi. Esta situación, como los desastres que sucedieron en las plantas nucleares de Three Miles Island y Chernobyl (que se localizan en los EE. UU. y la antigua Unión Soviética, respecti-

vamente), alarman a la población por el efecto de la radioactividad en los seres vivos. Sin embargo, el uso de la radioactividad es indispensable para el desarrollo y funcionamiento de la sociedad moderna. El objeto de esta contribución es mostrar al Lector en qué consiste la radioactividad y algunos de sus usos cotidianos, así como las aplicaciones bélicas que se han desarrollado.

Para entender qué es la radioactividad es necesario conocer la estructura del átomo. Todos los átomos están formados por un núcleo que es orbitado por uno o más electrones. Con la excepción del átomo de hidrógeno, el cual está formado solamente por un protón y un electrón, el núcleo de los átomos contiene protones y neutrones. Los protones y electrones son partículas con cargas

eléctricas positiva y negativa, respectivamente, y los neutrones, como su nombre lo indica, son neutros porque carecen de carga eléctrica neta. Se le da el nombre de *número atómico* a la cantidad de protones que contiene un átomo, y *masa atómica* a la cantidad total de protones y neutrones que existe en el núcleo del átomo. Por ejemplo, el número atómico de un átomo de helio (que se representa con el símbolo químico He) es 2, ya que contiene 2 protones, mientras que su masa atómica es 4, ya que contiene 2 protones y 2 neutrones (es decir, la suma $2 + 2 = 4$). En lo sucesivo se introducirá el símbolo químico entre paréntesis del elemento al que se hace mención. La masa atómica y el número atómico del He se representan como ${}^4_2\text{He}$. Esto mismo sucede con todos los átomos, incluso

con los elementos más pesados, como es el uranio (U), que tiene un número atómico igual a 92 y una masa atómica igual a 238 (es decir, su núcleo contiene 92 protones y 146 neutrones), el cual se representa como ${}^{238}_{92}\text{U}$.

Como se habrá dado cuenta el Lector en el último ejemplo, a diferencia del He, en el núcleo del U existen más neutrones que protones. Las propiedades químicas de un elemento están determinadas por su número atómico. Sin embargo, existen átomos del mismo elemento que tienen más o menos neutrones y, por lo tanto, diferente masa atómica. A estos átomos se les da el nombre de *isótopos* de un elemento. Por ejemplo, el ${}^{17}_8\text{O}$ y ${}^{18}_8\text{O}$ son isótopos del oxígeno 16 (${}^{16}_8\text{O}$). Todos los isótopos de un elemento tienen el mismo número atómico (8 para los del O) pero

difieren entre sí por el número de neutrones que contienen en el núcleo: 9, 10 y 8 para el ${}^{17}_8\text{O}$, ${}^{18}_8\text{O}$ y ${}^{16}_8\text{O}$, respectivamente. Se conocen alrededor de 350 isótopos naturales, aunque existen más de mil isótopos artificiales producidos por el ser humano. El núcleo de la mayoría de los isótopos es inestable y tiende a alcanzar la estabilidad mediante la expulsión de partículas subatómicas, a veces acompañadas de emisión de radiación electromagnética. A este proceso se le da el nombre de *decaimiento radioactivo*, y a los isótopos que decaen y producen radioactividad se les conoce como *radioisótopos*. Existen tres tipos comunes de emisiones radioactivas que se denominan con las letras griegas alfa (α), beta (β) y gama (γ). Las emisiones o partículas α son paquetes de carga positiva que están formados por 2 protones y 2 neutrones (es decir, un núcleo de He). Las partículas β están formadas por electrones que provienen de la desintegración de un neutrón. Cuando se produce una partícula β el núcleo del radioisótopo pierde un neutrón que se convierte en un protón. Por lo tan-



Facultad de Ciencias



Ganadores de la XIX Olimpiada Estatal de Física 2011

Nombre	Escuela	Profesor(a)
<i>Primer Lugar</i>		
1 GALINDO URIBE CARLOS DANIEL	TÉCNICOS LABORATORISTAS UAEM	GENARO OROZCO BARBA
<i>Segundo Lugar</i>		
2 CHÁVEZ SAAB JORGE EMMANUEL	COLEGIO MARYMOUNT	PATRICIA ADELA HERNÁNDEZ M.
<i>Tercer Lugar</i>		
3 ALONSO BASTIDA RAMIRO	COBAEM 01 Cuernavaca	ROGELIO NAVA
<i>Cuarto Lugar (Mención Honorífica) (Orden Alfabético)</i>		
4 AGUILAR YÁÑEZ SERGIO IVÁN	EL PEÑÓN	PEDRO CAMILO BARRETO VIDAL
5 EQUIHUA MEDINA EDGAR B.	TÉCNICOS LABORATORISTAS UAEM	GENARO OROZCO BARBA
6 HERNÁNDEZ RAMÍREZ EFRÉN	PREPARATORIA DE JOJUTLA UAEM	DELSY DORANTES ARANDA
7 MEJÍA NAVA ALAN ROBERTO	UNIVERSIDAD TECMILENIO CAMPUS CUERNAVACA	JORGE IVÁN AMARO ESTRADA
8 PERALTA AYALA JAIRO CHRISTOPHER	COBAEM 02 Jiutepec	VERÓNICA BALCAZAR SÁNCHEZ
9 SÁNCHEZ VARGAS JESSICA	COLEGIO MARYMOUNT	PATRICIA ADELA HERNÁNDEZ MÉNDEZ
10 VELASCO ALONSO JUAN CARLOS	PREPARATORIA REFORMA DEL SUR	EDUARDO ALEJANDRO VEGA ZEPEDA
11 XUL BELAUSTEGUI IAN	COMUNIDAD EDUCATIVA CALEYA	MAXIMILIANO VILLATORO BENÍTEZ



ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

Los 11 ganadores están invitados al curso de entrenamiento sabatino en la Facultad de Ciencias de la UAEM, al final del cual se elegirá a la Delegación Morelos que competirá en la Olimpiada Nacional. La ceremonia en la que se entregarán los diplomas correspondientes tanto a los ganadores como a sus profesores será el martes 14 de junio a las 10:00 horas en el Auditorio Emiliano Zapata de la UAEM. Te pedimos llegar una hora antes.
 Francisco Aquino Roblero, Delegado Estatal de Concursos de Física, Mayo 26 de 2011.
 Para mayor información, visita el portal: www.uaem.mx/olimpiadas o escribe a: aquino@uaem.mx

CCyTEM
 CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE MORELOS



¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? **CONTÁCTANOS:**
edacmor@ibt.unam.mx

to, el número atómico y la masa atómica cambian cuando los radioisótopos decaen al emitir partículas α ó β . Los rayos γ no son más que luz, es decir, radiación electromagnética, como la radiación térmica o la luz visible, pero de muy alta energía. Los rayos γ viajan a la velocidad de la luz (aproximadamente 300,000 km/s). Además, son los más penetrantes de las tres emisiones radioactivas, pudiendo

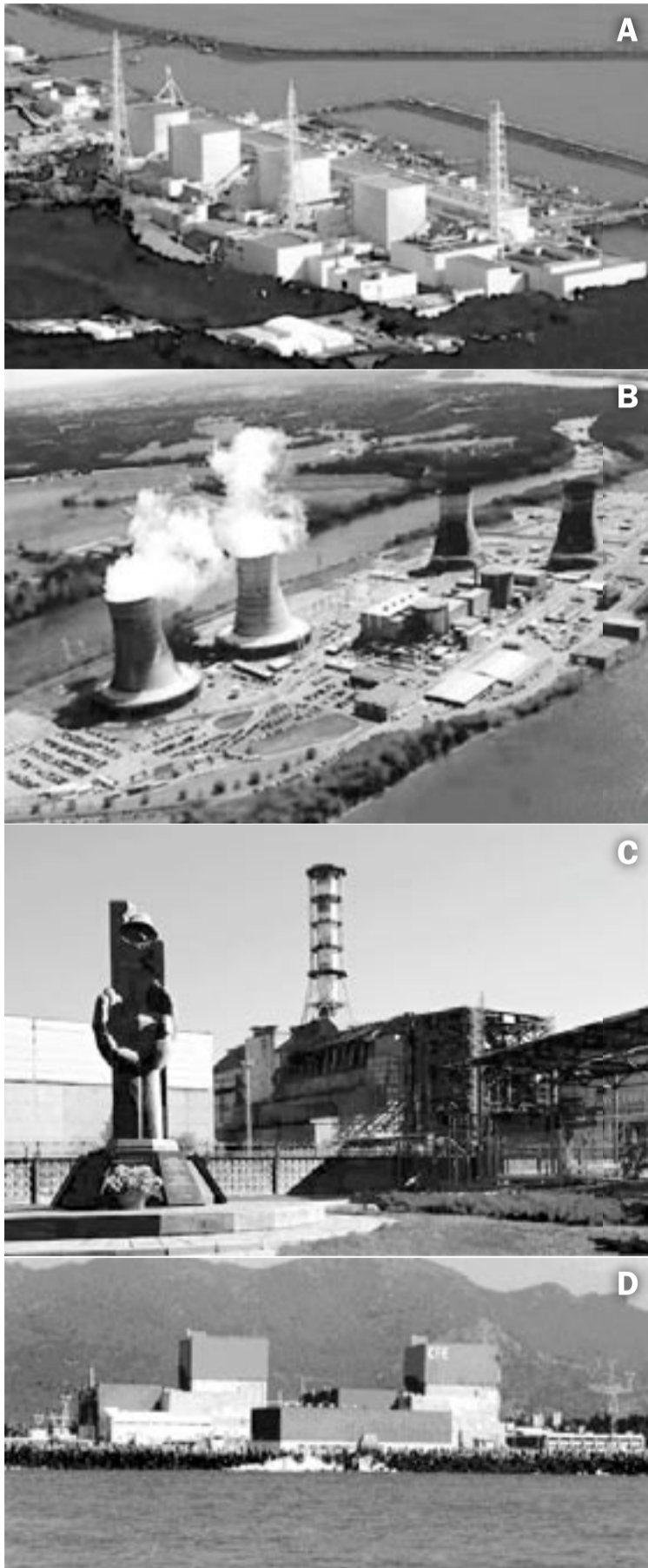
atravesar varios centímetros de acero. Las partículas β son ligeras y viajan a una velocidad cercana a la de la luz, aunque en el aire sólo se desplazan unos cuantos metros antes de ser frenadas, por ejemplo las detienen 2 mm de plomo. Las partículas α son pesadas y relativamente lentas (su velocidad es de unos cuantos miles de km/s) y apenas atraviesan hojas muy delgadas de oro y aluminio, aunque el papel

común y corriente las detiene. El decaimiento radioactivo es un proceso presente a través del tiempo, el cual da lugar a la transformación, o *transmutación*, de un núcleo atómico en otro. El instante en que decae cierto radioisótopo es aleatorio pero su velocidad típica de decaimiento puede caracterizarse a través de su *vida media*. Ésta se define como el tiempo que transcurre para que el número de átomos presente en una masa de material radioactivo disminuya a la mitad, habiéndose transmutado la otra mitad en otro núcleo atómico. Por ejemplo, el radio ^{226}Ra (que se representa como ^{226}Ra) transmuta con una vida media de 1,620 años en radón ^{222}Rn . Al cabo de ese tiempo la mitad de los átomos iniciales de ^{226}Ra se habrán transformado en ^{222}Rn . Transcurridos otros 1,620 años, es decir, después de 3,240 años, restará solamente una cuarta parte ($1/2 \times 1/2 = 1/4$) de la cantidad inicial de ^{226}Ra , y así sucesivamente. A su vez, el ^{222}Rn transmutará con una vida media de 3.8 días en polonio ^{218}Po . El conocimiento de la vida media de algunos radioisótopos es de gran utilidad para calcular la antigüedad aproximada de planetas, rocas, fósiles y restos arqueológicos (ver la parte II de esta contribución).

Además de los isótopos naturales, el ser humano ha producido isótopos artificiales. Este proceso se puede llevar a cabo en el interior de un *reactor nuclear*, como son los reactores de Fukushima Daiichi, Three Miles Island, Chernobyl y, en México, Laguna Verde (que se localiza en el estado de Veracruz) (ver figura). En términos generales, un reactor nuclear se instala en el interior de una construcción de concreto reforzado. Dentro del reactor se lleva a cabo de manera controlada una *reacción de fisión*. Esta reacción se inicia con la colisión de algunos neutrones con núcleos atómicos de un material formado por isótopos poco inestables. El impacto vuelve muy inestables a estos núcleos de manera que se fisionan, es decir, se rompen, en fragmentos más ligeros liberando energía. Este es el proceso de *fisión nuclear*. Durante la fisión se liberan varios neutrones que pueden impactar a otros núcleos induciendo su fisión y la liberación de más neutrones, y así sucesivamente para dar lugar a una reacción que se sostiene a sí misma, la cual se conoce como una *reacción en cadena*. Además de los neutrones, como resultado de la fisión nuclear se producen diversos isótopos cuyos núcleos son los fragmentos de la fisión, así como una gran cantidad de energía en la forma de calor. Comúnmente se utiliza ^{235}U como com-

bustible para iniciar la reacción en cadena, ya que es un material radioactivo sujeto a procesos de fisión espontáneos que liberan neutrones. A diferencia de las bombas atómicas (ver la parte II de esta contribución), la reacción en cadena que se produce en un reactor nuclear se lleva a cabo de manera controlada mediante la inserción de barras controladoras de cadmio o boro. La función de estas barras controladoras es absorber a los neutrones, de tal manera que disminuya la cantidad de neutrones disponibles para llevar a cabo la reacción en cadena. De manera inversa, la reacción en cadena se acelera cuando se retiran las barras de control ya que se incrementa el número de neutrones libres. Existen dos tipos de reactores nucleares: los reactores de investigación y los reactores de potencia. Los reactores de investigación se utilizan para producir diversos radioisótopos, los cuales son útiles en múltiples aplicaciones (ver la parte II de esta contri-

bución). Los reactores de potencia se utilizan para generar calor, el cual calienta agua para producir vapor que se utiliza para generar energía eléctrica. Un inconveniente grave de los reactores nucleares es la generación de desechos radioactivos, los cuales se producen después de la desintegración de los radioisótopos que se utilizan como combustible y durante la reacción en cadena. Algunos desechos radioactivos tienen vidas medias largas por lo que continúan emitiendo radioactividad por mucho tiempo. En general los desechos radioactivos se colocan en el interior de recipientes de plomo o concreto reforzado y se entierran a gran profundidad. En otras ocasiones se separa la mezcla de los desechos radioactivos para recuperar los radioisótopos que son útiles, aunque este proceso es complicado y costoso. En la segunda parte de esta contribución se describirán algunas aplicaciones al uso de la radioactividad.



Reactores nucleares en Fukushima Daiichi (Japón) (A), Three Miles Island (EE.UU.) (B), Chernobyl (antigua Unión Soviética) (C) y Laguna Verde (México) (D).

CARTELERA CINES

VIGENCIA: DEL VIERNES 27 DE MAYO AL JUEVES 02 DE JUNIO DE 2011

CINEPOLIS VIP GALERIAS

FINAL DE CHAMPIONS SOLO EL SABADO 28 DE MAYO. (S+D) 13:30
PIRATAS DEL CARIBE 3D (SUB) 16:20 / 19:15 / 22:10 Matinée D 13:25
¿QUE PASO AYER? 2 (SUB) 14:50 / 17:10 / 20:00 Matinée D 11:50
PIRATAS DEL CARIBE (SUB) 15:20 / 18:15 / 21:10 Matinée D 12:25
LA VERSION DE MI VIDA (SUB) 15:50 / 21:40 Matinée D 13:00
EL DEFENSOR (SUB) 18:45

CINEPOLIS

CONOCERAS AL HOMBRE DE TUS SUEÑOS (SUB) 13:50 / 16:20 / 18:40 / 21:10
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D XE (DOB) 14:45 / 17:45 / 20:45 Matinée V-S-D 11:45
MANCHESTER UNITED VS BARCELONA 13:30 UNICAMENTE EL SABADO 28 DE MAYO.
PRIEST (SUB) 20:15
EL DEFENSOR (SUB) 14:15 / 17:15 / 22:15 Matinée V-S-D 11:15
LA VERSION DE MI VIDA (SUB) 20:00
PIRATAS DEL CARIBE 4 (SUB) 14:00 / 17:00 Matinée V-S-D 11:00
PIRATAS DEL CARIBE 4 (SUB) 15:30 / 18:30 / 21:30 Matinée V-S-D 12:30
RAPIDOS Y FURIOSOS 5 (DOB) 14:50 Matinée V-S-D 11:50
RAPIDOS Y FURIOSOS 5 (SUB) 17:50 / 21:50
QUE PASO AYER 2 (DOB) 13:20 / 15:50 / 18:20 / 20:50 / 22:20
RAPIDOS Y FURIOSOS 5 18:15 / 21:15
RAPIDOS Y FURIOSOS 5 (SUB) 15:15 Matinée V-S-D 12:15
PIRATAS DEL CARIBE 4 (DOB) 14:30 / 17:30 / 20:30 Matinée V-S-D 11:30
THOR (DOB) 18:50 Matinée V-S-D 12:50
THOR (SUB) 16:05 / 22:05
QUE PASO AYER 2 (SUB) 14:10 / 16:40 / 19:10 / 21:40 Matinée V-S-D 11:20
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D (SUB) 15:00 / 18:00 / 21:00 Matinée V-S-D 12:00
PIRATAS DEL CARIBE 4 (DOB) 13:30 / 16:30 / 19:30 / 22:30
BUZA CAPERUZA (DOB) 13:40 / 15:40 / 17:40 / 19:40 Matinée V-S-D 11:40
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D 13:00 / 19:00
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D (SUB) 16:00 / 22:00 PREMIER DE XMEN EL JUEVES 02 DE JUNIO 20:00 PM.

CINEMEX DIANA

RAPIDOS Y FURIOSOS ESP. 5 12:15 / 14:50 / 17:25 / 20:00 / 22:35
RAPIDOS Y FURIOSOS ING. 5 11:00 / 13:35 / 16:15 / 18:50 / 21:25
QUE PASO AYER 2 ING. 11:00 / 13:20 / 15:40 / 18:00 / 20:20 / 22:40
QUE PASO AYER 2 ING. 12:10 / 14:30 / 16:50 / 19:10 / 21:30
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D ING. 11:25 / 14:15 / 17:05 / 19:55 / 22:45
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D ESP. 11:55 / 14:45 / 17:35 / 20:25 / 23:15
PIRATAS DEL CARIBE 4 ESP. 11:00 / 13:50 / 16:40 / 19:30 / 22:20
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D ESP. 10:40 / 13:15 / 15:50 / 18:40 / 21:45
PIRATAS DEL CARIBE 4 ESP. 12:25 / 15:15 / 18:05 / 20:55
LA VERSION DE MI VIDA DESPUES DE LAS 22HRS 22:55
BUZA CAPERUZA 2 11:50 / 13:40 / 15:30 / 17:20 / 19:15 / 21:05
AGUA PARA ELEFANTES 13:30 / 18:20 / 23:10
EL DEFENSOR 11:05 / 15:55 / 20:45
THOR ESP. 12:45 / 15:05 / 17:30 / 19:50
THOR ING. 22:10

CINEMEX JACARANDAS

PRIEST ESP 3D EL VENGADOR 20:50 / 22:40
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D ESP. 12:00 / 14:50 / 18:10
RAPIDOS Y FURIOSOS ESP 5 12:30 / 15:15 / 18:00 / 20:30
RAPIDOS Y FURIOSOS ING 5 23:00
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D ESP. 11:30 / 14:25 / 17:10 / 20:00 / 22:50
PIRATAS DEL CARIBE 4 ESP. 11:00 / 13:40 / 16:20 / 19:00 / 21:40
PIRATAS DEL CARIBE 4 ESP. 12:20 / 15:00 / 17:40 / 20:20 / 23:00
QUE PASO AYER 2 ESP 11:05 / 13:15 / 15:25 / 17:35 / 19:45 / 21:55
QUE PASO AYER 2 12:10 / 14:20 / 16:30 / 18:40 / 20:50 / 23:00
LA CHICA DE LA CAPA ROJA 22:35
BUZA CAPERUZA 2 11:10 / 13:00 / 14:55 / 16:50 / 18:45 / 20:40
THOR ESP 11:05 / 13:25 / 15:45 / 18:05 / 20:25 / 22:45
CONOCERAS AL HOMBRE DE TUS SUEÑOS 15:10 / 17:15 / 19:20 / 21:30
RIO ESP 11:00 / 13:10

CINEMEX CUAUTLA

CONOCERAS AL HOMBRE DE TUS SUEÑOS 14:10 / 19:20 / 21:45
EL DEFENSOR 11:40 / 16:30
PRIEST ESP 3D EL VENGADOR 20:05 / 22:05
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D ESP. 11:50 / 14:35 / 17:20
QUE PASO AYER 2 ESP 11:00 / 13:20 / 15:40 / 18:00 / 20:20 / 22:40
QUE PASO AYER 2 ESP 12:10 / 14:30 / 16:50 / 19:10 / 21:30
PIRATAS DEL CARIBE 4 ESP. 11:00 / 13:50 / 16:40 / 19:30 / 22:20
PIRATAS DEL CARIBE 4 ESP. 12:25 / 15:15 / 18:05 / 20:55
RAPIDOS Y FURIOSOS ESP 5 11:05 / 13:40 / 16:15 / 18:45
RAPIDOS Y FURIOSOS ING 5 21:40
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D ESP 11:30 / 14:20 / 17:00
PIRATAS DEL CARIBE 4 3D ING 19:45 / 22:25
THOR ESP 11:20 / 13:30 / 16:00 / 18:20 / 20:40
THOR ING 23:00
LA VERSION DE MI VIDA 22:50
BUZA CAPERUZA 2 11:10 / 13:05 / 15:00 / 17:05 / 18:50 / 21:00
PIRATAS DEL CARIBE 4 ING 12:00 / 14:50 / 17:40 / 20:30
PIRATAS DEL CARIBE 4 ING 10:40 / 13:25 / 16:20 / 19:05 / 21:55

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar:
www.acmor.org.mx