

Crónicas del Antropoceno: Chernóbil

Gabriela A. Vázquez Rodríguez

Profesora investigadora del Centro de Investigaciones Químicas
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

gvazquez@uaeh.edu.mx

Gracias a la merecida atención que recibió la escritora y periodista bielorrusa Svetlana Alexiévich por haber sido galardonada con el Premio Nobel de Literatura de 2015, muchos lectores pudimos apreciar por primera vez su obra traducida al español. Fue reconocida por documentar vívidamente enormes tragedias —la Segunda Guerra Mundial, la intervención soviética en Afganistán— a partir de testimonios de personas que las vivieron, y lo hace sin contemplación alguna hacia los regímenes políticos que las causaron. En particular, su libro *Voces de Chernóbil – Crónica del futuro* (2016, publicado por Editorial Debate) es imprescindible si queremos conocer las consecuencias de la explosión ocurrida el 26 de abril de 1986 en la planta nuclear de Chernóbil, la cual representa el más grave accidente tecnológico del siglo XX.

Algunos medios de comunicación recordaron que este año se cumplieron tres décadas del accidente. Por supuesto, no faltaron los adeptos a los *complots* y los negacionistas, quienes afirman que la tragedia se sobredimensionó o simplemente no existió. Con su buen oficio de periodista, Svetlana Alexiévich deja hablar en coro a los evacuados, a la joven embarazada a la que no se le permite abrazar en su lecho de muerte a su marido convertido en *liquidador*, a los ancianos que se resisten a dejar su casa y viven en la llamada Zona de Exclusión bajo dosis impensables de radiación, y nos insiste que no podemos olvidar Chernóbil porque ni siquiera lo hemos comprendido.

Aunque el Antropoceno, la era del hombre, se asocia frecuentemente con el efecto planetario de la combustión de carburantes fósiles y el cambio climático, en realidad

es un concepto más amplio que involucra a todas las afectaciones ambientales de origen humano. De hecho, se ha propuesto que esta nueva era geológica tiene su manifestación más objetiva en la llamada “domesticación del átomo”, y que por lo tanto pudo haber iniciado el 16 de julio de 1945 (Waters et al., 2015). Ese día, a las 5:30 a.m., científicos estadounidenses detonaron la primera bomba atómica en Alamogordo, en el desierto de Nuevo México, con lo que la humanidad adquirió no solo el poder de autoaniquilarse, sino además el de dejar una huella indeleble en el planeta. Así, los geólogos del futuro podrán encontrar la firma estratigráfica del Antropoceno, el momento preciso de la confirmación del poderío tecnológico humano, gracias a la presencia de radionúclidos como el ^{90}Sr ,



el ^{137}Cs y el ^{239}Pu , distribuidos a nivel global por ensayos nucleares como el de Alamogordo, por las bombas atómicas lanzadas en Hiroshima y Nagasaki y evidentemente por Chernóbil y otros accidentes nucleares.

Este texto no pretende abarcar todas las implicaciones de Chernóbil. Solo busca hacer un breve recuento de sus particularidades, de lo que lo convierte en un suceso sin punto de comparación en la historia. El accidente acontecido hace cinco años en la planta nuclear de Fukushima, en Japón, como consecuencia del tsunami que asoló la zona, nos señala que catástrofes como la de Chernóbil pueden volver a ocurrir, y que más nos vale conocer sus consecuencias y aprender las lecciones que ha dejado si pretendemos, efectivamente, domesticar el átomo.

Chernóbil, 26 de abril de 1986, 1:23 a.m.

La planta nuclear de Chernóbil se encuentra en la actual Ucrania, a tres kilómetros de la ciudad de Prípiat y a cien kilómetros al noroeste de Kiev, cerca de la frontera con Bielorrusia. El accidente se produjo en el Reactor Cuatro de la planta luego de una prueba programada de seguridad en la que se pretendía averiguar los efectos de un corte en el suministro eléctrico. El personal de la planta redujo la capacidad de operación del reactor hasta un 25% para comprobar si la energía producida era suficiente para accionar el sistema de refrigeración. Sin embargo, la potencia en el reactor aumentó súbitamente, este se sobrecalentó y finalmente explotó debido a todo el hidrógeno que se había acumulado en su interior. Se produjeron dos explosiones que hicieron volar las cien toneladas de la cubierta del reactor, así como parte del

techo del edificio (Figura 1). El núcleo de grafito del reactor comenzó a arder y a arrojar a la atmósfera gases inertes, numerosos productos de fisión nuclear y el uranio que servía como combustible (Smith y Beresford, 2005).

A pesar de que más de cien bomberos fueron llamados al lugar y fueron, junto con el personal de la planta, clave para evitar que el resto de la planta se incendiara, el Reactor Cuatro siguió ardiendo mientras a su alrededor la radiación era tan intensa que las agujas de los dosímetros se salían de su escala. Incluso tiempo después, cuando se enviaron robots para desescombrar el techo del edificio, la radiación provocaba que se descontrolaran y los dañaba sin remedio al cabo de unos cuantos minutos en el

lugar. Durante los diez días posteriores al accidente se hicieron más de 1,800 vuelos en helicóptero sobre el reactor para arrojarle alrededor de 5,000 toneladas de carburo de boro, arcilla, arena y plomo, en un intento de sofocar el incendio y absorber la radiación. Al final de este lapso, sin embargo, la acumulación de estos materiales en el reactor causó una explosión más. En total, se estima que se arrojaron a la atmósfera 6.7 toneladas de material radiactivo (Peplow, 2011). Las partículas sólidas de mayor tamaño se depositaron cerca de la planta, en un radio aproximado de 20 kilómetros. Los radionúclidos más volátiles formaron partículas sólidas pequeñas o bien emisiones gaseosas que se proyectaron a gran altura y se depositaron a mayores distancias gracias



Figura 1. Planta nuclear de Chernóbil después de la explosión del Reactor Cuatro.



Figura 2. Piscina comunitaria de Prípiat en 2009. Fotografía de Timm Suess.

a corrientes de aire. La actual Bielorrusia recibió el 70% de los radionúclidos que emitió el reactor; como resultado, una cuarta parte de su territorio está contaminada. Tras solo siete días, las nubes radiactivas ya habían alcanzado prácticamente todo el hemisferio norte. También en el sur del planeta se han encontrado partículas arrojadas por el Reactor Cuatro de Chernóbil; en el Antártico, cerca del Polo Sur, se depositó una cantidad importante de ^{137}Cs entre 1987 y 1988 (Yablokov y Nesterenko, 2009).

Una estructura de acero y concreto, que sería luego conocida

como “el sarcófago”, se erigió precipitadamente, en solo siete meses, alrededor del edificio afectado para tratar de contener fugas posteriores de material radiactivo. Para esta y otras medidas de contención se convocó a más de 800,000 liquidadores, tanto militares como civiles, quienes trabajaron sin preparación ni equipo de protección adecuado. Ellos, al igual que los bomberos asignados al lugar y los pilotos que lo sobrevolaron, recibieron dosis de radiación muy elevadas (de alrededor 120 mSv; la dosis máxima anual permitida para un trabajador de la industria nuclear es 20 mSv). Ahora se sabe que las

primeras medidas de emergencia fueron ordenadas por una comisión gubernamental, no para proteger a la población, sino para que se reestableciera rápidamente el funcionamiento normal de la planta (Zerbib, 2015).

Primeras consecuencias

Un día después del accidente, los 45,000 habitantes de Prípiat fueron evacuados en autobuses que formaron una fila de 20 kilómetros de largo. Se les dijo que solo se ausentarían tres días, mas ya no pudieron regresar. Prípiat es hoy una ciudad fantasma, que se

deteriora lentamente (Figura 2) y donde aún se encuentran las pertenencias que, en la prisa, sus habitantes no pudieron llevarse. Su rueda de la fortuna, que no llegó a estrenarse siquiera, se ha vuelto el paradójico símbolo de la desventura de esta ciudad (Figura 3).

Para el seis de mayo se había completado la evacuación de los habitantes de la Zona de Exclusión, que abarca 30 kilómetros a la redonda de la planta nuclear. En los meses siguientes se desalojaron a alrededor de 350,000 personas, de una superficie total de 3,500 kilómetros cuadrados



Figura 3. Rueda de la fortuna de Prípiat. Fotografía de Keith Adams.

(Smith y Beresford, 2005). Una gran parte de esta superficie permanece deshabitada.

Los efectos del accidente fueron muy claros en quienes recibieron las mayores dosis de radiación, es decir, en los operadores de la planta y los bomberos que estuvieron cerca del Reactor Cuatro poco tiempo después de las primeras explosiones. Un total de 134 personas fueron diagnosticadas con síndrome de irradiación aguda, que se caracteriza por náuseas, quemaduras y la pérdida de leucocitos, entre otros efectos; 28 de ellas murieron al cabo de cuatro meses y otras 19 han muerto desde entonces.

Otro efecto muy evidente fueron los más de 5,000 casos de cáncer de tiroides en personas que eran niños en 1986, lo cual representa una incidencia diez veces mayor a la habitual. En su mayoría, estos casos se atribuyen al consumo de productos lácteos contaminados con radionúclidos de yodo, y a que las autoridades soviéticas no distribuyeron sistemáticamente a la población de Prípiat las pastillas de yoduro de potasio que impiden que la tiroides absorba estos radioisótopos (Smith y Beresford, 2005).

Sin embargo, ha sido muy difícil estimar los efectos a largo plazo

en la gente expuesta a dosis bajas de radiación. Dado que esta daña al ADN y causa la muerte celular, hay una cierta probabilidad de que la persona expuesta a una radiación reducida desarrolle cáncer; no obstante, en la mayoría de los casos esto no sucedió. Hasta el momento se considera que el grupo de los liquidadores tiene un riesgo ligeramente superior de desarrollar cataratas, y posiblemente también leucemia, que el que presenta el europeo promedio. La confirmación de otros efectos a largo plazo se ha dificultado, por una parte, debido a que el financiamiento

de la investigación necesaria no se ha nivelado con la magnitud del problema. Por otra parte, la incidencia de cáncer en la población afectada se debe a una compleja interacción entre la exposición a la radiación y numerosos factores sociales. Tanto en Ucrania como en Bielorrusia, la inestabilidad económica y el rechazo social se han sumado al miedo a los efectos futuros de la radiación, lo que ha sumido a muchos de los sobrevivientes de Chernóbil en la depresión, el alcoholismo y la drogadicción. Según epidemiólogos especializados en esta población, tales factores

“De pronto el pasado se ha visto impotente; no encontramos en él en qué apoyarnos; en el archivo omnisciente de la humanidad no se han hallado las claves para abrir esta puerta”

Svetlana Alexiévich, *Voces de Chernóbil*

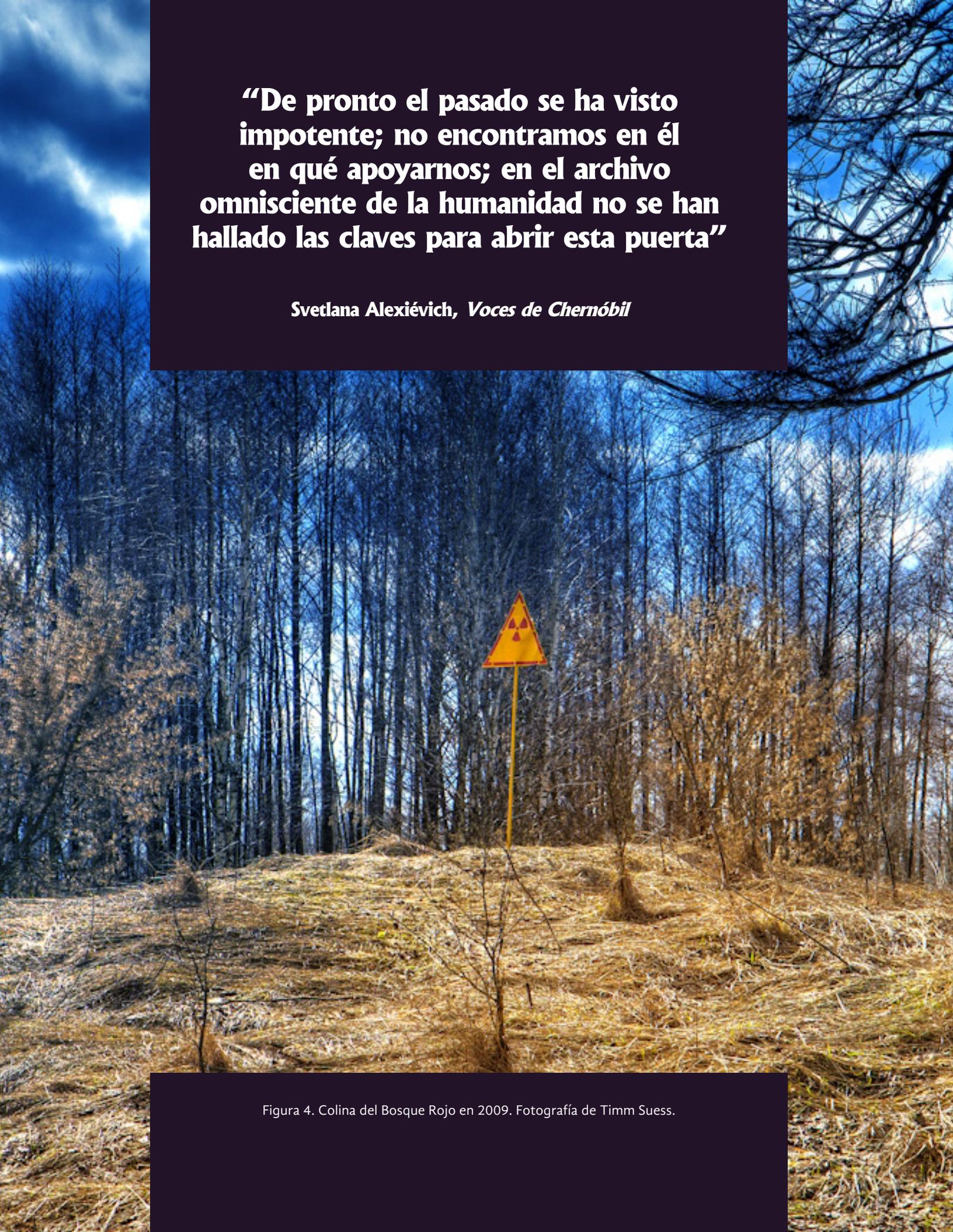


Figura 4. Colina del Bosque Rojo en 2009. Fotografía de Timm Suess.

podrían tener un impacto en la salud comparable al de las emisiones radiactivas del Reactor Cuatro (Peplow, 2011).

El nuevo enemigo invisible llegó para quedarse

A diferencia de otras catástrofes, como los conflictos bélicos o los desastres naturales, lo sucedido en Chernóbil representó un nuevo tipo de amenaza porque tanto el accidente mismo como sus consecuencias eran intangibles para la mayoría de las víctimas. Con excepción de los operadores de la planta y de los bomberos que atendieron la emergencia en sus primeros momentos, los afectados no percibieron la catástrofe en sí, sino las formas que adquirió a través del desplazamiento forzado o del nuevo tipo de vida que tuvieron que adoptar. Alrededor de la Zona de Exclusión, nuevas reglas y prohibiciones sustituyeron a los pequeños gestos de todos los días: ya no era posible recolectar flores, champiñones o bayas, ni beber agua de manantial, o que los niños jugaran en la tierra... Svetlana Alexiévich lo dice mejor: "Ha cambiado la imagen del enemigo [...] Mataba la hierba segada. Los peces pescados en el río, la caza de los bosques... Las manzanas... El mundo que nos rodeaba, antes amoldable y amistoso, ahora infundía pavor".

Los efectos ambientales de este escurridizo enemigo son

difíciles de dimensionar por varias razones. En primer lugar, la contaminación originada por la nube radiactiva se distribuyó de modo extremadamente desigual, de modo que existen muchísimas zonas reducidas ("puntos calientes") que emiten dosis muy elevadas de radiación. Aunque los mapas disponibles sugieren que existen regiones con niveles de contaminación conocidos (como los disponibles en <http://www.unscear.org/unscear/en/chernobylmaps.html>), en realidad una distancia de 10 metros puede representar enormes diferencias en las densidades de radionúclidos. Yablokov y Nesterenko (2009) mencionan que la concentración de ^{137}Cs puede alcanzar valores muy disímiles incluso dentro de los límites del área que provee de nutrientes a un solo árbol. Esto impide medir con precisión las dosis a las que están expuestas las personas y los organismos que habitan las extensas zonas afectadas.

En segundo lugar, el espectro de los radioisótopos dispersados no ha dejado de modificarse desde que ocurrió el accidente, y seguirá haciéndolo. El máximo nivel de actividad (10,000 veces mayor que el nivel normal de radiación terrestre) ocurrió en los primeros días después de la explosión, y se debió principalmente a radionúclidos de vida corta, como el ^{131}I y el ^{133}I . Luego de un año, las mayores fuentes de radiación

eran isótopos de ^{141}Ce , ^{144}Ce y ^{103}Ru , entre otros, y desde 1987 se trata primordialmente de ^{137}Cs y ^{90}Sr , los cuales se encuentran sobre todo en el suelo y tienen un impacto muy serio en la producción agrícola (Yablokov y Nesterenko, 2009). El tipo de radiación emitida (es decir, si se liberan partículas alfa o beta, o radiación gamma) cambia según el isótopo en cuestión, al igual que sus efectos. Por ejemplo, a una distancia de alrededor 1,000 kilómetros de Chernóbil, existen amplias zonas que están contaminadas con ^{241}Pu en las que hoy se constata una emisión baja de partículas alfa. En las próximas décadas (¡y siglos!), la desintegración natural de este isótopo originará ^{241}Am , que es un potente emisor de estas partículas y que incrementará los niveles de radiación en la zona. Además, el ^{241}Am que se formará tiene una mayor solubilidad que el ^{241}Pu , por lo que tendrá una mayor movilidad ambiental (Yablokov y Nesterenko, 2009).

En tercer lugar, Chernóbil engendró un contaminante único en su tipo, las "partículas calientes", que ni siquiera se parecen mucho a las partículas sólidas producidas por ensayos nucleares o a las que generó el accidente de Fukushima. Tras la explosión, el Reactor Cuatro emitió, además de radioisótopos gaseosos y en forma de

aerosoles, partículas sólidas de uranio oxidado mezclado con radionúclidos condensados, grafito y los demás materiales que se arrojaron para sofocar el incendio, como arena y plomo. Estas partículas sólidas, conocidas también como *polvo de Chernóbil*, alcanzaron varios países europeos al cabo de pocos días de ocurrida la explosión, y podían ser detectadas individualmente por un contador Geiger. Muchas personas las absorbieron a través del agua y los alimentos que consumieron, o del aire que inhalaban. Las partículas más pequeñas (de tamaño inferior a una micra) podían penetrar fácilmente en los pulmones, mientras que las más grandes se concentraron en las vías respiratorias altas. Svetlana Alexiévich cuenta con qué frecuencia las radiografías de la gente que araba el campo, o de los choferes que transitaban caminos sin asfaltar, mostraban estas partículas alojadas en sus pulmones y que los hacían parecer coladeras. Aunque inicialmente se pensó que las partículas calientes de Chernóbil eran insolubles, solo lo fueron durante los primeros años y se espera que, por intemperismo, empiecen a liberar más radioisótopos a suelos y plantas.

La naturaleza toma el control

Como sucedió con las personas, los efectos del accidente en las

plantas y animales de la zona fueron muy contundentes en los primeros meses porque se debieron a las dosis más elevadas de radiación. En 1986, el 40% de la zona que rodeaba la planta nuclear de Chernóbil en un radio de 30 a 40 kilómetros eran bosques (Smith y Beresford, 2005). Estos bosques atraparon una cantidad considerable de radiación que de otro modo se habría dispersado por las corrientes de aire, y por lo tanto sufrieron un daño muy importante. En un área de cerca de cinco kilómetros cuadrados que ahora es conocida como el Bosque Rojo, las coníferas murieron súbitamente, mientras que los árboles caducifolios mostraron mayor resistencia a la radiación (Figura 4). Muchos animales domésticos fueron evacuados junto con la población; los que se quedaron sufrieron daños irreparables, principalmente en la tiroidea, y la mayoría también murió. En las zonas cercanas a la planta nuclear, las primeras oleadas de radiación disminuyeron las poblaciones de pequeños mamíferos, abejas, mariposas, libélulas y nematodos, entre muchas otras.

Sin embargo, a tres décadas del accidente, no existe un consenso entre los radioecólogos acerca de los efectos crónicos de las dosis bajas de radiación. Por un lado, están los estudios que encuentran aumento en la frecuencia de aberraciones cromosómicas, mutaciones somáticas, esterilidad, anormalidad en las gónadas y mayor mortalidad de embriones, entre otros efectos, en varios organismos (Smith y Beresford, 2005). Por otro lado, numerosas investigaciones reconocen que

las altas dosis recibidas por las comunidades de ciertas zonas deberían causarles enormes daños, sin que estos daños se hayan podido demostrar inequívocamente. Esta controversia parece deberse, más que a mala ciencia, a la complejidad del problema, en particular al hecho de que las diferentes especies que habitan la zona están expuestas a dosis inciertas de radiación. Sorpresivamente, las evidencias sugieren que el ecosistema de la Zona de Exclusión está reaccionando (de modo positivo) a otro cambio sustancial: la partida de los humanos.

En efecto, la Zona de Exclusión se asemeja ahora a una extraña reserva natural. Los mamíferos, considerados los organismos más sensibles a la radiación, parecen estar floreciendo, de modo que los lobos y los alces son ahora más abundantes alrededor de la planta de Chernóbil que en las zonas adyacentes y menos contaminadas por radioisótopos. Por primera vez en mucho tiempo se constata la presencia de osos, lince y búhos reales. La densidad de jabalíes es entre 10 a 15 veces mayor que la que había antes del accidente, y prosperan también algunas cigüeñas y águilas amenazadas de extinción. Algunos ejemplares de otras especies amenazadas, como el caballo de Przewalski y el bisonte europeo, se liberaron intencionalmente en la Zona de Exclusión, que se ha vuelto un refugio para ellas. En suma, y aunque es imperativo que se realicen más estudios tendientes a evaluar el estado de la biodiversidad de la región, la radiactividad no parece amenazarla tanto

como la cacería, la agricultura, la industria y la urbanización.

Incluso con este ejemplo de la resiliencia de los sistemas naturales, hay que tener presente que los efectos del ^{137}Cs se harán sentir por al menos tres siglos; los de los isótopos de plutonio, por varios miles de años. Ucrania, Bielorrusia y Rusia, con una cierta participación de la comunidad internacional, deberán hacerse cargo por un tiempo indefinido de los profusos confinamientos de residuos radiactivos, de los trabajos de remediación de la zona y del nuevo arco móvil que protegerá al sarcófago y al Reactor Cuatro, que entre muchas otras tareas constituyen la herencia de Chernóbil. Quizás la mayor lección que esta catástrofe ha dejado es que las consecuencias de cualquier decisión relativa a las centrales nucleares rebasarán a quienes tomaron dicha decisión. Cuando se subraya el bajo costo de la energía producida por esta vía, no se precisa que los riesgos a la salud de la población no están contemplados en el balance económico. Cierto, los accidentes nucleares no son frecuentes, pero tienen implicaciones transgeneracionales. Por lo tanto, incluso en ausencia de accidentes, las centrales nucleares son experimentos sociales no sustentables que benefician a las generaciones presentes, pero que imponen a las venideras enormes pasivos sociales y ambientales.

Referencias

Peplow M. 2011. Chernobyl's legacy. *Nature*, 471, 562-565.

Smith J., Beresford N. A. 2005. Chernobyl – Catastrophe and consequences. Springer, Berlin.

Waters C. N., Syvitski J. P., Gatuszka A., Hancock G. J., Zalasiewicz J., Cearreta A., Grinevald J., Jeandel C., McNeill J. R., Summerhayes C., Barnosky A. 2015. Can nuclear weapons fallout mark the beginning of the Anthropocene Epoch? *Bulletin of the Atomic Scientists*, 71(3), pp. 46-57.

Yablokov A. V., Nesterenko V. B. 2009. Chernobyl contamination through time and space. En: Chernobyl: Consequences of the catastrophe for people and the environment. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1131, 223-285.

Zerbib J. C. 2015. Tchernobyl: effets sanitaires et environnementaux. *Les Cahiers de Global Chance*, 37, 42-62.

