

Las centrales nucleares del siglo XXI

# El síndrome de Santa Clara del Mar

por Guillermo Mattei | gmattei@df.uba.ar

*El 11 de marzo pasado, un terremoto de 9 puntos en la escala de Ritchter sacudió a Japón y provocó, horas después, un tsunami devastador con más de 25 mil pérdidas humanas. La combinación de los dos fenómenos provocó graves daños en la central nuclear de Fukushima y un posterior debate mundial –tan enérgico como volátil– acerca de los riesgos de la producción de energía atómica. En esta nota, el especialista Mario Mariscotti analiza la situación actual de las centrales y delinea pros, contras, mitos y realidades.*

Fotomontaje: CePro-EXACTAS.





“28 de diciembre de 2011. 14.53 GMT. A 1.453 kilómetros al este de Santa Clara del Mar (Provincia de Buenos Aires, Argentina), el mar abierto del Océano Atlántico parece no ofrecer ninguna particularidad. Sin embargo, las tripulaciones de los cuatro buques oceanográficos conocen a la perfección lo que sucederá en segundos: el síndrome de Santa Clara del Mar. Son las antípodas geográficas de Fukushima (Japón). Tres minutos después de la hora prevista, un borbotón de medio kilómetro de radio simétricamente perfecto, de agua, vapor, pedazos de corteza terrestre y destellos azulados estremece el mar. En el mismo momento que los pedazos de corteza alcanzan nuevamente la superficie del mar, un descomunal remolino se traga todo objeto flotante. El instrumental a bordo, que monitorea el colosal suceso a diez kilómetros de distancia, detecta el pico de radiactividad. Un oceanógrafo especula: “El amortiguamiento que impone el planeta hará improbable que la próxima oscilación alcance la misma amplitud en el período teórico”, mientras que el periodista Gustavo Lupus, en transmisión directa para su canal de cable XNCiencia, exclama: “¡...una esquirla radiactiva e incandescente atravesando un pan de manteca!”. Lo concreto es que desde que la central de Fukushima-Daiichi colap-

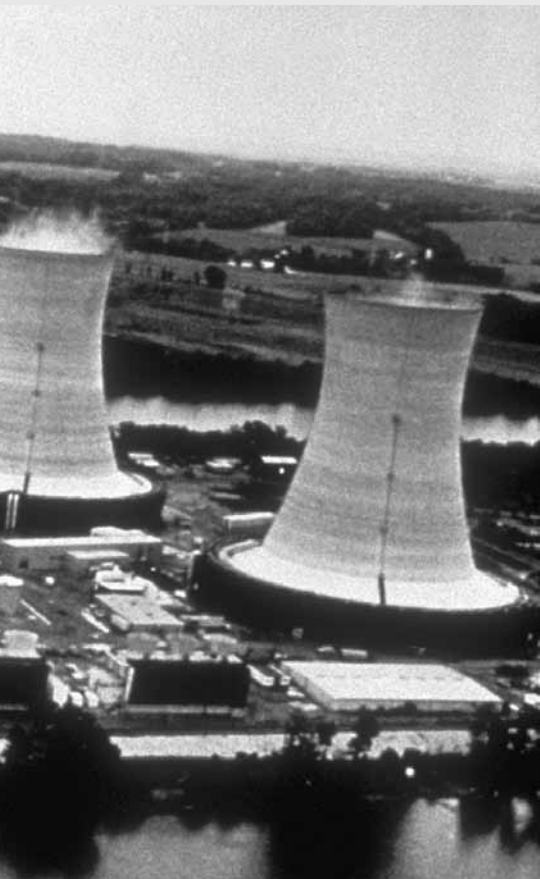
sara por el tsunami de marzo de 2011, las reacciones nucleares en cadena descontroladas fundieron no sólo el fondo metálico del reactor, de veinte centímetros de espesor, sino también los cimientos del edificio y la corteza terrestre. Los procesos físicos posteriores ocurridos en la interacción de la esfera de combustible nuclear con la litosfera, la tectosfera y los mantos aún es motivo de discusión entre físicos y geólogos.” La cita anterior puede ser sólo una nueva versión de la ficticia hipótesis de *El síndrome de China* (ver Recuadro), pero con dramatismo mediático del siglo XXI, o también una excusa para sobrevolar mitos y verdades de las centrales nucleares.

Particularmente, el incidente nuclear de Fukushima tiene todos los ingredientes necesarios para entender un poco más las relaciones entre ciencia básica, ciencia aplicada, tecnología, política, poder económico, medios de comunicación corporizados, imaginario social y postmodernismo tecnocientifizador. El modelo físico que describe la materia a escalas atómicas y sus evidencias experimentales, las aplicaciones que contribuyen a hacer más eficientes y seguros los diseños de las centrales nucleares, la solución al problema de las fuentes primarias de energía, la hipersensibili-

dad de las políticas nucleares, la explotación comercial nada sustentable de los recursos naturales, el analfabetismo científico mediatizado, la percepción popularizada del Apocalipsis nuclear y la epistemología en presuntos tiempos aciagos son diferentes rasgos que aportó una charla con uno de los mayores especialistas argentinos en temas nucleares, el físico Mario Mariscotti, ex director de Investigación y Desarrollo de la Comisión Nacional de Energía Atómica, destacado investigador de acá y del exterior, y autor del libro *El secreto atómico de Huemul*.

#### Ciencia, ciencia básica y tecnología

A la hora de popularizar conocimiento, Mariscotti explica que un reactor nuclear es como una caldera que, en lugar de quemar combustible fósil, usa el proceso de la fisión nuclear para calentar agua. “Hay mucha gente que, si bien sabe lo que es la fisión o la famosa equivalencia de Einstein entre la masa y la energía, no sabe cómo esas nociones terminan siendo agua caliente”, opina Mariscotti y continúa: “En el proceso de fisión, el núcleo de uranio se separa en dos pedazos respecto de los cuales uno podría hacer la analogía de imaginarlos como dos esferas que comprimen un resorte que las tendería a separar con mucha ener-



CDC

## EL SÍNDROME DE CHINA



En 1971, el físico nuclear estadounidense Ralph Lapp utilizó el término compuesto “síndrome de China” para describir la eventual fundición de un reactor nuclear y la penetración de la masa caliente de combustible nuclear a través de su contenedor, de la capa de cemento debajo del mismo y del suelo circundante al edificio. En un extremo caricaturesco e irreal, el término aludía a que el combustible podría atravesar el planeta hasta las antípodas de Estados Unidos o, metafóricamente, hasta la China aunque, en realidad lo fuera el Mar Índico. La película (protagonizada por Jack Lemmon, Jane Fonda y Michael Douglas), fue estrenada el 16 de marzo de 1979, sólo doce días antes del accidente nuclear de Three Mile Island (Pensilvania, Estados Unidos). La película, tuvo un gran éxito de taquilla por la inusitada simultaneidad y coincidencia con el accidente nuclear real.

Central nuclear de Three Mile Island en Pennsylvania, Estados Unidos.

## RADIATIVIDAD Y VIDA MEDIA

La radiactividad es un fenómeno o mecanismo mediante el cual la Naturaleza transforma los núcleos atómicos para que alcancen su condición de menor energía y, en particular, en los núcleos donde sobran protones o neutrones, ella se las ingenia para convertir unos en otros a través del llamado decaimiento beta. Cuando se fisiona un núcleo de uranio, se producen esos fragmentos que tienen un desequilibrio en neutrones; o sea, son más ricos en neutrones y los núcleos resultantes emiten radiación beta para convertir neutrones en protones hasta alcanzar el equilibrio. Este proceso está caracterizado por la rapidez con que se produce la emisión. La probabilidad de emisión tiene que ver con cuán lejos está el sistema de esa situación de equilibrio: más lejos es más rápido y ahí aparece el concepto de vida media. La vida media es el tiempo que tarda una sustancia radiactiva en reducirse a la mitad; no en agotarse. En el caso de los tratamientos médicos de la tiroides por inyección de yodo radiactivo, la actividad termina luego de un par de meses, no de una semana, como a veces erróneamente se explica en los consultorios. El analfabetismo científico, a veces, causa cierto escozor y sobre todo si roza la responsabilidad social.

gía –la fuerza de repulsión coulombiana, que tiene largo alcance– si no fuera que un ganchito –la fuerza nuclear, que tiene corto alcance– lo traba impidiéndole expandirse. Basta una leve perturbación, como el pasaje de un neutrón lento o de baja energía, como para levantar ese ganchito y liberar la energía acumulada en el resorte”. Los dos fragmentos se frenan en el medio que los rodea, la pastilla de uranio, lo cual produce un calor equivalente a frotarnos las manos. Sin embargo, la energía de una única fisión es, en términos macroscópicos, despreciable, explica Mariscotti. La clave es que cada fisión emite, además de los dos fragmentos principales, dos o tres neutrones que pueden inducir nuevas fisiones y dar lugar a una reacción en cadena. Mariscotti metafórica: “Si los núcleos de uranio tuvieran el tamaño de una moneda de 10 centavos, para uno de los neutrones excedentes que es 200 veces más chico que el núcleo de uranio, fisionar otro núcleo sería como chocar con otra moneda a seis cuerdas de distancia”. La reacción en cadena no es trivial, hay que hacer muchas cosas para que ocurra, pero ocurre. Controlar estos procesos es lo que permite generar el suficiente vapor de agua a presión que mueve las turbinas productoras de energía eléctrica.

## De cuando la Tierra y el Mar no pensaron lo mismo

“Todos los reactores (diez) de las dos centrales de Fukushima resistieron el terremoto pero tres de Daiichi, que estaban en funcionamiento, se quedaron sin refrigeración cuando el tsunami posterior inundó las salas donde estaban los motores encargados de proveerla. El nivel de agua destinada a la refrigeración disminuyó dejando parte de los elementos combustibles expuestos y así se fundieron parcialmente. Aumentó la presión y hubo que ventear vapor para disminuirla. El enfriamiento se intentó con agua de mar pero el aumento de temperatura del agua en las primeras horas dio lugar a la generación de hidrógeno libre que, al salir a la atmósfera, produjo las explosiones que dañaron los edificios”, pormenoriza Mariscotti. La radiactividad en los alrededores de la central se debió fundamentalmente a la emisión de isótopos del yodo y del cesio que se producen en la fisión.

A diferencia de una caldera convencional, en la que se apaga el fuego y el calor cesa, en el caso nuclear, debido a la radiactividad, se sigue generando calor equivalente en potencia al 1% del que se genera en funcionamiento normal, lo cual no es poco. En un reactor pequeño, como lo era la unidad 1 de Fukushima, se siguieron generando una



Las fallas de Fukushima luego del terremoto y posterior tsunami que se produjo en japon, fueron tema de debate y llevaron a la ejecución de algunos rediseños en centrales similares de, por ejemplo, Estados Unidos.

decena de megawatts térmicos. Si en el apagado del reactor ocurre que éste se queda accidentalmente sin agua entonces hay que agregársela porque, si no, su núcleo se funde. Estas dos fallas de Fukushima, la caída del sistema eléctrico y la falla de los sistemas de refrigeración de emergencia, fueron tema de debate, análisis, prospectivas y llevaron a la ejecución de algunos rediseños en centrales similares de, por ejemplo, Estados Unidos.

Resultado: en radios de evacuación de 20 y 30 km, los niveles de radiación no fueron preocupantes (ver Recuadro ¿Cuánto es mucha radiación?). Sólo la población de Itate (a 40 km de Fukushima) recibió una dosis algo superior, a causa de los vientos. Hoy el yodo radiactivo ya prácticamente ha desaparecido en Japón mientras que el cesio es lo que queda por limpiar.

### Sociedad, política, medios y algo más

El problema social de la energía nuclear reside en el hecho de que se generen sustancias radiactivas como consecuencia del proceso de fisión y de la captura neutrónica, con vidas medias muy diferentes (ver

Recuadro Radiactividad y vida media); por ejemplo, el plutonio es el más preocupante porque tiene una vida media de 24.000 años.

“El cesio, que tiene una vida media de 30 años, se deposita en los campos cuyo pasto comen las vacas que dan la leche que nosotros tomamos, lo cual equivale a tragarse un cañón microscópico... Afortunadamente el organismo libera el cesio luego de una bioactividad típica de 70 días, pero el medio ambiente afectado demanda remediación. El yodo radiante se compensa con yodo no radiactivo para que sature la tiroides y, como su vida media es de 8 días, a los dos o tres meses es un problema inexistente”.

Incomprensiblemente o no, los medios generaron el mito de los operarios kamikazes de Fukushima, lo cual es una falsedad escatológica. En Fukushima no hubo muertos por razones nucleares y el nivel de radiación liberada fue diez veces menor que el de Chernobyl. Las evaluaciones sociales vehiculizadas por los medios no son del todo ajustadas a la realidad. La percepción popular es

que la energía nuclear tiene riesgos apocalípticos, pero la cuantificación estadística dice otra cosa, ya que está en el trigésimo puesto debajo de los accidentes de aviación, de automóviles, de los ataques del corazón, el tabaquismo, y de los producidos por otras fuentes de energía, entre otros. Contrariamente, los riesgos de fumar causan miles de muertes sólo por la exposición al cigarrillo, pero tiene bajo impacto en el imaginario público. Vivir cerca de una central nuclear tiene tres veces menos riesgo que vivir cerca de una de carbón, que también tiene uranio, pero pocos lo saben.

En 2001, Alemania ya había legalizado la suspensión del crecimiento nuclear y pese a que la canciller Ángela Merkel había revertido esa pauta, Fukushima la obligó a retomarla. En este contexto, Alemania debería sustituir 17.000 mw de energía nuclear (casi toda la potencia que genera la Argentina o un 20% del total alemán). Suponiendo que los reemplace con energía eólica, debería plantar entre 30 y 40.000 molinos de viento. De todas maneras, una cosa es la potencia que puede entregar la fuente primaria y otra, la eficiencia con que carga una red eléctrica. Las buenas centrales nucleares (como las argentinas) tienen el llamado factor de carga del 90%; o sea, entregan a la red casi toda la energía casi todo el tiempo, mientras que la eólica sólo lo hace cuando sopla el viento.

“Hoy leí que el primer ministro japonés, Naoto Kan, quiere reemplazar toda la

### ¿CUÁNTO ES MUCHA RADIACIÓN?

La radiación puede dañar los tejidos y por lo tanto es, básicamente, una generadora de cáncer humano. Mariscotti explica: “Hoy sabemos que si uno recibe una dosis muy alta de radiación, muere; pero todavía no sabemos bien qué pasa con las bajas dosis de exposición”. Para poder interpretar mejor, Mariscotti propone pensar a la dosis en términos de unidades de las populares placas de abdomen. Por ejemplo: una tomografía equivale a unas 5 a 10 unidades. “Cuatro mil unidades significan una probabilidad de morir del 50%, dos mil unidades nos da una probabilidad del 10% pero cuando llegamos a pocas unidades no sabemos mucho”, aclara el especialista. El criterio es extrapolar linealmente: menor dosis implica menor probabilidad de contraer cáncer, pero siempre hay que tener en cuenta qué significa una probabilidad distinta de cero. Algunos estudios sostienen que el organismo sometido a bajas dosis se las ingenia para adaptarse y autocompensarse, “pero eso no está del todo probado”, afirma Mariscotti. ¿Otros valores típicos? Dos unidades es lo que recibimos en un año por radiaciones naturales a las que inevitablemente todos estamos sometidos; las paredes tienen radiación; el dormir con una persona significa recibir una dosis adicional no despreciable que, integrada en un año, totaliza aproximadamente media unidad; hay lugares en el mundo que tienen mucha más radiactividad que el promedio natural (en algunas regiones puede alcanzar unas 10 veces más). “Hubo extranjeros que decidieron evacuar Tokio volando diez horas en avión luego de conocerse lo de Fukushima, y recibieron un 10% más de la radiación natural que recibimos en un año, más de lo que hubieran recibido si se hubieran quedado en la ciudad”, apunta Mariscotti.

energía nuclear en su país (el 30% del total), por fuentes de combustibles fósiles, lo cual rompería con todos los compromisos de Kyoto sobre emisiones de dióxido de carbono al ambiente, y suplir con eólica, solar o biocombustible es casi inviable”, afirma Mariscotti.

“Por supuesto que en el otro extremo del peligro de aumentar la temperatura de la Tierra, aparece el problema –casi el único real que señala Greenpeace sobre la energía nuclear– de la radiactividad de los residuos de alta vida media”, argumenta Mariscotti. Producir residuos de miles de años de vida media de irradiación es, sin duda, una responsabilidad frente a generaciones futuras. Almacenar plutonio en algún lado y que exista la probabilidad de contaminar las napas de agua potable es una instancia acer-

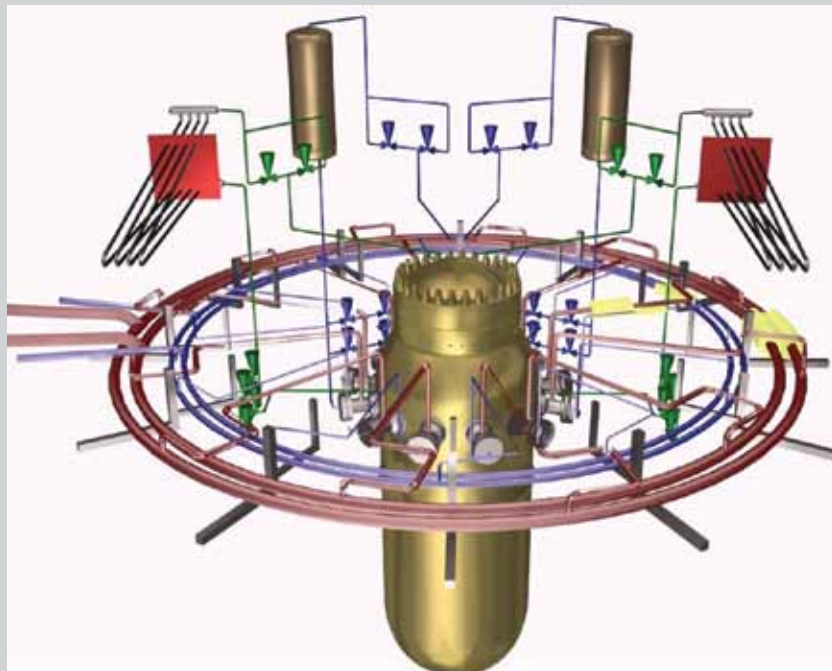
ca de cuya evitabilidad hay que aprender mucho. Sin embargo, Mariscotti aporta: “Debemos decir que una vida media larga es inversamente proporcional a la intensidad de la radiación. Una fuente radiactiva cuya emisión es muy rápida, tiene vida media corta y decae rápido. El plutonio, con 24.000 años, es de emisión de baja intensidad. Del mismo modo, el uranio tiene una vida media casi igual a la edad del Universo, por eso existe en la Naturaleza desde que se formó en las estrellas y, dependiendo de la cantidad de kilos que uno almacene, emite muy poco. Yo estimo que éste es un tema que va a tener solución”.

“Si bien la preocupación por el plutonio es válida, las imputaciones verdes, de que la energía nuclear está afectada por operaciones secretas riesgosas, pactos de silencio,



Mario Mariscotti

## CENTRALES ARGENTINAS



La unidad 1 de Fukushima, que data del 1971 (las restantes son levemente más modernas), iba a cerrar este año, dado que las centrales nucleares tienen una vida útil de entre 30 y 40 años. Sin embargo, hay un movimiento mundial de extensión de la vida de las centrales de manera confiable: es el caso de nuestra central de Embalse Río Tercero (Provincia de Córdoba). “Atucha es de 1974 y está en el límite pero funciona muy bien y quizás pueda ser extendida como Embalse”, opina Mariscotti. Por otro lado, un monitoreo de la futura Atucha II, que tiene un diseño anterior a Chernobyl, entre la Autoridad Regulatoria Nuclear y los organismos nucleares internacionales, ha dictaminado que la empresa que la gerenciará, Nucleoeléctrica Argentina S.A, debe hacer actualizaciones de su diseño para que pueda ser operativa en los estándares requeridos. Sobre las novedades en seguridad, Mariscotti ejemplifica: “el reactor argentino de investigación Carem tiene refrigeración por convección natural: una innovación de seguridad muy importante dado que no necesita electricidad para ese fin. En algunos de los nuevos diseños de reactores de potencia se intenta implementar la misma estrategia”.

Fuente: Proyecto CAREM. CONEA

complots, mutaciones, malformaciones y subestimación del número de muertes en Chrenobyl, Three Mile Island y probablemente ahora en Fukushima, son inválidas”, dice Mariscotti, y agrega: “En Japón, el terremoto mató 24.000 personas, pero en Fukushima el mayor daño nuclear fue la evacuación de 100.000 personas más la preocupación por la contaminación”. Mariscotti concluye: “En una perspectiva histórica, desde la primera central rusa de 1954 hasta la actualidad, los diseños mejoraron notablemente: hoy en día ya se habla de tercera y cuarta generación en lo que a diseño de reactores se refiere”.

Mientras los tecnólogos japoneses medían valores de radiactividad inferiores a las de una radiografía por mes de permanencia, los científicos aplicados estudiaban las estrategias de enfriamiento del reactor y los médicos amortiguaban el impacto en la salud de la población; un funcionario nuclear europeo hablaba irresponsablemente de Apocalipsis, la televisión emulaba reactores con pavas hirviendo, las corporaciones promocionaban sus futuros negocios reconstructivos y algunos filósofos postulaban que la falla de la central se debió a una (i)racionalidad humana proveniente de la ciencia; la cita de Alan Sokal: “Cuatrocientos años después, tristemente, parece evidente que esta revolucionaria transición desde el dogmatismo a la visión del mundo basada en la evidencia está muy lejos de ser completa”, parece ser la mejor síntesis sobre el núcleo central de Fukushima. | ㊦