

Breves en Ciencia y Tecnología

JAPÓN. Desde la belleza del Jardín Japonés a la violencia de la Naturaleza

(JAPAN: From the beauty of the Japanese Garden to the violence by Nature)

Dr. Carlos Aponte

Coordinador de Investigación
Gerencia de Docencia e Investigación
INH "RR"

La Belleza. Frente a la costa oriental de Asia, se encuentra un archipiélago de islas de naturaleza volcánica, hoy llamado Japón. Mitológicamente, estas islas emergieron (*ōyashima*) de la pasión de los dioses primordiales del shintoísmo, Izanami (potencia femenina) e Izanagi (potencia masculina) [1]. Sus cuatro islas principales de Norte a Sur son: Hokkaidō, Honshu, Shikoku y Kyushu. La mayor parte del terreno en estas islas es de carácter montañoso, con valles espectacularmente fértiles, de incontables ríos y tierras de labranza [2]. En la visión **Zen**, secta budista de amplia influencia en Japón desde el siglo XIII, el denominado *nihon teien?* (Jardín Japonés) refleja en su estructura de belleza simple (nacida de aquellos trazos de tinta negra sobre seda blanca de la pintura *sumi-e*) la topografía y la geografía del collar de islas de Japón dentro del Mar Interior de Seto [2.3]. Esta belleza plácida, solemne, que invita la meditación...

A veces el rocío se cae mientras las flores quedan más ellas se marchitarán al sol de la mañana [4]

Namazu. También Japón es un país violento. El artista japonés de Manga, Suehiro Maruo es un buen exponente de esta violencia. Su arte altamente precioso y severamente repulsivo hace que sus trazos, figuras, imágenes, y fondos provoquen una poderosa atracción (Fig. 1). Pero la violencia apocalíptica de Suehiro Maruo parece nacida de la aterradora visión

de aquella explosión nuclear en Nagasaki, lugar de nacimiento de Maruo (ver 5). Pero más allá del arte tenemos la Naturaleza, la cual parece reservar también visiones apocalípticas al bello Japón. El dinámico suelo nipón, a veces enfurecido, se traduce en fuertes movimientos sísmicos. El siluro mítico, *Namazu*, habitante de las profundidades marinas niponas y sobre cuya espalda descansa todo el archipiélago japonés, se mueve de forma caprichosa provocando terremotos cuando su jinete, el dios *Kashima Daimiojin*, deja de presionar sobre la roca *Kaname-ishi* que yace sobre la espalda de la bestia [6]. Sin embargo, científicamente no se trata de un siluro sino de placas tectónicas en continuo movimiento [7]. La superficie terrestre se halla fragmentada en unas 15 placas litosféricas y en innumerables micro placas. Estas se hallan a su vez descansando en la denominada astenosfera. Ahora bien, es en la frontera de contacto entre placas, donde estas se entrechocan, trituran, se rozan, se empujan [7,8,9]. Es allí donde se producen las mayores concentraciones de tensiones geológicas. Es también debido a esta mecánica que las placas construyen y destruyen. Se construyen enormes cadenas montañosas (allí se crean alrededor de 3.5 kilómetros de corteza oceánica) o profundas fosas oceánicas (que bajo el fenómeno de subducción, permite la absorción de fondo oceánico a una velocidad de algunos centímetros/año). Es en esta frontera donde tenemos la mayoría de los terremotos, volcanes y tsunamis.

"...Estas imbricaciones de placas provocan regularmente grandes temblores de tierra y erupciones volcánicas explosivas muy peligrosas, especialmente en Japón. Son fenómenos naturales, que suelen tener lugar en zonas de fuerte concentración urbana, y amenazan con periodicidad y desde siempre la vida de los japoneses" [9]



Figura 1. Midori. La Niña de la Camelias. Imagen que capta parte del bello y sórdido relato de Suehiro Maruo. Disponible en: <http://www.planbcrew.blogspot.es>

Justamente, en Japón tenemos, por un lado, la subducción de la placa Filipinas bajo el sur del archipiélago nipón en la denominada *fosa de Nankai* (de unos 4000 metros de profundidad), y por otro lado tenemos la subducción de la placa Pacífico bajo la placa Filipinas y la placa Eurasia en la denominada *fosa de Japón* (7000-8000 metros de profundidad). De hecho, existe un punto triple de contacto, punto de convergencia de las tres placas,

situado en alta mar, frente a las costas de Tokio. Allí, la fosa de Sagami (límite de las placas Eurasia y Filipinas) se encuentra con la fosa de Japón (límite de las placas Eurasia y Pacífico) y la Izu-Bonin (límite de las placas Filipinas y Pacífico) [9]. Es en el interior de esta dinámica que debemos entender los movimientos sísmicos de Japón. Por tanto, es extremadamente difícil predecir terremotos en el archipiélago. El país se encuentra en el anillo de fuego del Pacífico, zona del océano donde las placas tectónicas, como ya destacamos, se mueven y chocan entre sí.

El viernes 11 de marzo de 2011 a las 14:46 (JSP) se originó un terremoto de magnitud 9.0 cerca de la costa nordeste de Honshû, 130 Km al este de Sendai, en la prefectura de Miyagi, y a unos 382 km al noreste de Tokio, Japón (*Great Tohoku Earthquake*). El sismo tuvo una profundidad de 24.4 Km. y su epicentro se ubicó en las coordenadas: 38.322 °N y 142.369 °E de acuerdo con la información que proporciona el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) [10,11]. Este inmenso terremoto resultó de una falla de corrimiento (de tipo compresivo) producida sobre o cerca de la zona de subducción entre las placas Pacífico y Norteamérica; en la Fosa de Japón (Fig. 2). El área de falla se estimó en cerca de 500x200 Km². Según el informe de USGS, la placa Pacífica se mueve aproximadamente en dirección oeste a una velocidad de 83 mm/año con respecto a la placa Norteamericana. La placa Pacífico subduce en la fosa de Japón y continua su camino en dirección oeste por debajo de la placa Euroasiática. Desde 1973, la fosa de Japón ha experimentado 9 eventos de magnitud mayor o igual a 7.0. El evento sísmico de Tohuko es el cuarto mayor terremoto del mundo desde 1900 y el mayor de Japón en 130 años (citado en 13). El mayor PGA registrado fue de 2.73 g según el registro de la estación Kik-Net MYG004 ubicada en Tsukidate; siendo una de las estaciones japonesas más cercana al epicentro (a unos 169 km) (Fig. 2). El *Peak ground acceleration* [PGA: pico de aceleración del terreno] es la medida de aceleración del terremoto sobre el terreno. La energía de un terremoto es dispersada en forma de ondas desde su epicentro. Esto se traduce en movimientos de terreno horizontal (con componente de dos direcciones) y verticalmente. La energía sísmica así disipada puede ser representada según una escala denominada de Richter (Charles Francis Richter, 1900-1985), siendo la magnitud el logaritmo

de la amplitud de las ondas sísmicas registradas, lo que hace que esto aumente de manera exponencial (para más detalles ver Fig. 3).

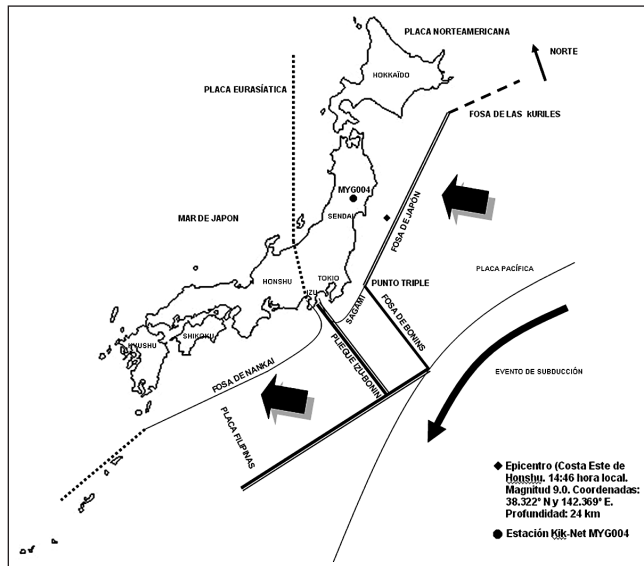


Figura 2. Nimazu o placas tectónicas sobre las cuales descansa Japón. El viernes 11 de marzo de 2011 a las 14:46 (JSP) se originó un terremoto de magnitud 9.0 cerca de la costa noreste de Honshu, 130 Km al este de Sendai, en la prefectura de Miyagi, y a unos 382 km al noreste de Tokio, Japón (*Great Tohoku Earthquake*). Se indica el epicentro y la estación Miyagi. Croquis del mapa de Japón, disponible en: <http://fondosdibujosanimados.com.es/wallpaper/Japon-Mapa/>. Imagen del autor.

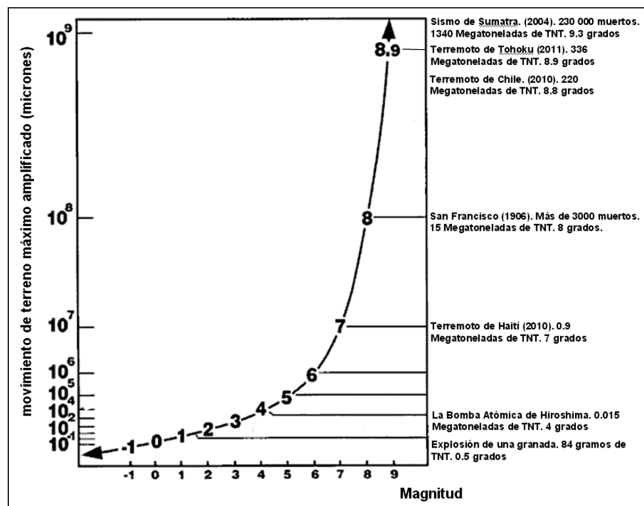


Figura 3. Representación gráfica de la Escala Richter. Se muestra el movimiento de terreno máximo amplificado (micrones) y la magnitud estimada, Log (base 10) en micrones. Se destacan los eventos sísmicos más recientes y su potencia equivalente en megatoneladas de TNT. Modificado de <http://microrespuestas.com/que-es-la-escala-de-richter>

Tsunami. Como consecuencia de este remarcable sismo se generó un tsunami. Los diversos titulares de prensa lo definieron y, en algunos casos, le proporcionaron valores antropocéntricos: **La Vague Meurtrière** (la ola asesina) (14), **Tsunami au Japon, alerte dans le Pacifique** (Tsunami en Japón, alerta en el Pacífico) (15), **Tsunami. Más de 1000 muertos y 100.000 desaparecidos** (16), **Horror en Japón** (17), **Devastación en Japón. Miedo en varios países** (18). En la edición Web mexicana del 12 de marzo de 2011 del diario la opinión-dezamora.es/El Correo de Zamora, leemos el titular: **Ibaraki. La costa fantasma.** Allí en el texto tenemos:

El temor a un tsunami como el que barrió la vecina provincia de Fukushima la tarde de ayer ha obligado a evacuar pueblos enteros, que ahora sólo cuentan con la presencia de furgones de las Fuerzas de Auto Defensa y coches que por megafonía advierten del peligro que acecha mar adentro (19).

Ahora bien, en el archipiélago nipón, los antecedentes de tsunamis se remontan al menos hace unos 1000-1300 años; algo así como 1 por cada década en promedio (20). De hecho, una de las mayores regiones tsunamigénicas es el Océano Pacífico con un porcentaje de 25,4% del total de la distribución de tsunami en el mundo; mientras que la zona mayormente tsunamigénica en el Océano Pacífico es el archipiélago nipón (22,10% del total de eventos) (20). El 12 de julio de 1993, p.ej., las costas de la isla de Okushiri fueron azotadas por las olas de un tsunami devastador ocurrido minutos después de un terremoto de magnitud 7.8 y cuyo epicentro se localizó a 48.2 N y 139.2 E del Mar de Japón/Mar del Este. De las 239 muertes ocurridas tras el evento más de la mitad fue producto del tsunami. El poblado de Monai, en la costa oeste de la isla de Okushiri fue completamente destruido. Se evidenciaron elevación del oleaje de unos 10 y 20 metros sobre el nivel del mar (21). Las causas que provocan un tsunami están directamente conectadas a eventos dinámicos del fondo marino que son de carácter súbito: deslizamiento de terreno submarino, explosiones submarinas, explosiones volcánicas, impacto de asteroides y eventos meteorológicos (pasajes de tifones, frentes, saltos de presión atmosféricas, y ondas de gravedad atmosférica)(20,21).

Como toda onda, sinusoidal en forma y oscilatoria, las variables que caracterizan la estructura de un tsunami

son: la longitud de onda (la distancia horizontal entre las crestas), el período (el tiempo que tardan los picos sucesivos dado un punto fijo) y la altura (aquella que se define desde el valle de la onda a su cresta). Ahora bien, lo que realmente determina el carácter violento y mortífero de un tsunami es la enorme energía potencial que porta la columna de agua en movimiento (20). A 4000 metros de profundidad, un tsunami se desplaza a aproximadamente 200 metros por segundo (700 Km/h) (21). Al acercarse a la zona costera, una onda tsunami en movimiento pierde velocidad pero gana altura generando un inmenso rompiente (ibid). Cuando llega a la plataforma continental, un tsunami puede moverse a unos 100-300 Km/h, y 36 Km/h cuando arriba a la orilla (22,23). Justamente, fue un tsunami de 10 metros de altura el que llegó a las costas de Sendai, ese viernes 11 de marzo de 2011 a las 15h 15, transformándose en una inmensa masa de agua, lodo, detritus, autos, casas, y unos 200-300 cuerpos son encontrados en las playas de Sendai y el balance será impresionante (14).

La reflexión que hiciera Jean Delumeau (24) después de los acontecimientos de Sumatra, Indonesia, se vuelve hacer realidad después del evento nipón:

Siempre, el mar ha provocado miedo por sus tormentas, pero también por todos sus males y desgracias que el lleva o podría llevar a los humanos...

...En las cosmografías antiguas, el mar representaba aquello que quedaba del caos primitivo y que era refugio de fuerzas infernales.

Digamos que nosotros estamos de vuelta a nuestra propia debilidad. A pesar de todas esas proezas científicas. La humanidad se mantiene desarmada delante de la fuerza salvaje de la naturaleza, y que nosotros apenas logramos domesticar

Y aquella otra reflexión poética de Voltaire frente a la destrucción de Lisboa en 1755 después de un poderoso terremoto:

¡Oh infelices mortales! ¡Oh tierra deplorable!
¡Oh espantoso conjunto de todos los mortales!,
¡De inútiles dolores la eterna conversación!
Filósofos engañados que gritan: "Todo está bien",
Vengan y contemplen estas ruinas espantosas!
Esos restos, esos despojos, esas cenizas desdichadas,
Esas mujeres, esos niños, uno sobre otro, apilados,
Debajo de esos mármoles rotos, esos miembros diseminados;

Cien mil desventurados que la tierra traga
Ensangrentados, desgarrados, y todavía palpitantes,
Enterrados bajo sus techos, sin ayuda, terminan
En el horror de los tormentos sus lamentosos días.
Frente a los gritos, a medio formar, de sus voces moribundas
y frente al espantoso espectáculo de sus humeantes cenizas (25)

Sin embargo, desde la concepción japonesa, el autor del *anime*: El Viaje de Chihiro, Hayao Miyazaki, expresa:

Hay muchos tifones, terremotos en Japón. No sirve de nada hacer pasar esos desastres naturales por eventos mágicos. Ellos forman parte de lo dado por el mundo en el que vivimos. Yo siempre me emociono cuando voy a Venecia, de ver que, en esta ciudad que se hunde en el mar, la gente sigue viviendo como si nada. Así mismo, en Japón, la gente tiene una percepción diferente de los desastres naturales (26)

ALGUNAS CONSECUENCIAS DEL TERREMOTO/ TSUNAMI DE TOHOKU (14, 27, 28, 29):

1. El eje de la Tierra se desvía de 7-10 cm con un acortamiento del día y la noche de 1.2-1.6 microsegundos y se observa un desplazamiento de la isla de Honshu de unos 2.4 metros.
2. Más de 1.800 muertos, más de 1.900 heridos, más de 2.300 desaparecidos y 550.000 personas desalojadas.
3. Unas 63.200 construcciones fueron total o parcialmente destruidas.
4. En Tokio, a 380 Km del epicentro, varias decenas de heridos es la resultante del desprendimiento de un techo sobre una edificación. El aeropuerto de Narita es evacuado provisionalmente. Aquel de Haneda es paralizado y los viajeros varados. El transporte público suspendido.
5. En un sector de Kesennuma, una ciudad de 74.000 habitantes, cerca de Sendai, un complejo petroquímico explota y un incendio consume la refinería de Hichihara.
6. Suspensión o restricción del suministro eléctrico.
7. Suspensión o restricción del suministro de agua.
8. Suspensión o restricción de las actividades de varias refinerías.
9. Destrucción de las vías de comunicación particularmente en la región de Tohoku.

10. Nissan Motor Co., Sony Corp., Central Motor Co., y Honda Motor Co., detienen varias de sus plantas en las regiones afectadas por el terremoto y el implacable tsunami.
11. Un dique de la prefectura de Fukushima se rompió.
12. Japón posee más de 50 centrales nucleares. Hubo afectación de diez de estas centrales por el sismo y tres de ellas sufrieron daños graves. Situación crítica se registra en la planta nuclear de Fukushima. Fueron paralizadas cuatro centrales nucleares. A las 15h 36, la central nuclear de Fukushima registró explosiones de dos de sus seis reactores. 45.000 personas fueron evacuadas a la periferia de un anillo de 10 Km alrededor de la central nuclear de Fukushima ya que un nivel de radiación mil veces superior a lo normal fue detectado. Luego, la periferia de seguridad se ampliará a 20 y 30 Km en las sucesivas semanas. Un incendio destruye una turbina de la central nuclear de Onagawa (Miyagi).
13. Se interrumpió el normal enfriamiento de los reactores. La Compañía Eléctrica de Tokio (TEPCO) comenzó a bombear agua al interior de la trasladar agua muy contaminada del reactor número tres de la central nuclear Fukushima-1 a unas instalaciones de desecho para evitar que se filtren al medio ambiente.
14. El mercado bursátil, a tres días del desastre, comenzó a desplomarse. Las cotizaciones cayeron más de cinco por ciento en la primera hora de operaciones. El Banco de Japón (central) anunció que inyectaría unos 183.000 millones de dólares para mantener los mercados financieros estables.
15. Un total de 169 escuelas japonesas fueron cerradas o reubicadas debido al terremoto y tsunami en Iwate, Miyagi y Fukushima.

THREE MILE ISLAND (1979), TCHERNOBYL (1986), Y AHORA FUKUSHIMA (2011)

Hace cuarenta años nuestros mayores se oponían a la construcción de centrales nucleares porque habían comprendido el peligro que entrañaban en un país propenso a los temblores de tierra. ¡Lamentablemente lo que temían acaba de convertirse en realidad!

En esa época, el gobierno expropió las cooperativas de pescadores y las comunidades locales para construir las

centrales nucleares. Destruyó la fuente de subsistencia de esa gente para dar paso a esas centrales, afirmando que la energía nuclear no era peligrosa...

Sí, así se expresa, en el dolor, Yoko Akimoto (30). Sí, en el recuerdo teníamos la fusión parcial del corazón nuclear de la Unidad N° 2 de Three Mile Island (28 de marzo de 1979). También, teníamos aun el dolor más reciente de aquellos niños expuestos al accidente nuclear de Tchernobyl (26 de abril de 1986). Sin embargo, en esos 25 años transcurridos desde entonces ya podíamos decir:

Era el momento, según la EDF (la Electricidad de Francia), de prolongar la vida de los reactores existentes más allá de los 40 años, para apuntar los 60 años e incluso reflexionar hacia los 80 años... Por tanto, podíamos dormir tranquilos ya que la probabilidad de fusión de un corazón, por cada reactor, no es más que uno en 100.000 por año. Es decir, un accidente grave cada 100.000 años... (31)

En el 2006, Charles Petit, en un artículo escrito para la revista National Geography, decía que quienes están a favor de esta renovación de la idea de lo nuclear, después de los acontecimientos de Three Mile Island, y Tchernobyl, dicen que la energía nuclear es una sofisticada tecnología que *"ha demostrado ser lo suficientemente próspera y segura como para ser utilizada por una sociedad como la nuestra, desesperada por renunciar al consumo de los combustible fósiles sin por ello ir a la quiebra. Además, la fisión nuclear no emite ninguno de los gases invernadero, responsables del calentamiento climático..."* (32). Sin embargo, en una cita que se hace en el artículo leemos:

Tenemos 40 años en una industria que ha demostrado ser segura. Las plantas nucleares no han sido noticia últimamente, pero tan sólo con un accidente, todo por lo que hemos trabajado podría desvanecerse (Ibíd.).

Ese mismo número de la revista National Geography parece conjugar todos los elementos vistos en el evento sísmico de Tohoku. Así tenemos que además del artículo ya citado que estimulaba el regreso de la energía nuclear, la portada de la edición en español destacaba el titular: *El Próximo Sismo* sobre una imagen sísmográfica y arriba de las ondas profundas registradas por el sísmógrafo (fig. 3). Así mismo se obsequiaba, con dicho número de la revista, un mapa de terremotos (Póster), que en

el anverso mostraba como titular: *Terremotos. Vivir ante la amenaza* (33), ilustrando la imagen de una ciudad destruida por un terremoto y los potenciales métodos y materiales de construcción sismorresistentes. En el reverso, se podía visualizar tanto las placas tectónicas, su distribución mundial y diversos eventos sísmicos remarcables de la historia del planeta hasta el año 2006. De Japón se destaca el siguiente comentario:

Un fuerte *jishin* derribó varias autopistas y edificios en Kobe, en 1995, y mató a 6400 personas. Los terremotos en esta isla pueden poner a temblar a la economía mundial.

Y para completar este conjunto de elementos tenemos el artículo: *La larga sombra de Tchernobyl* (34). Sin más comentario, tenemos.

En la ciudad de Pripyat se estudian modelos de lluvia radiactiva. Tchernobyl semejó el efecto de una bomba gigante que disemina la radiación con una explosión convencional.

El radio de evacuación original fue de unos 30 km, sin embargo, el 70% de la radioactividad alcanzó a Bielorrusia, Ucrania y Rusia. Manuel Ansele, en una visita a la zona cero de Tchernobyl, dice:

Entonces [26 de abril de 1986] se formó una nube radiactiva equivalente a la de 400 bombas como la de Hiroshima, que se paseó por 150.000 kilómetros cuadrados de Bielorrusia, Ucrania y Rusia. Los pueblos cercanos a la central quedaron bañados en estroncio-90, relacionado con la leucemia, y cesio-137, vinculado a tumores en bazo e hígado. Los 50.000 habitantes de Prípiat, a sólo tres kilómetros del reactor, fueron evacuados en apenas día y medio. Las autoridades soviéticas urgieron a sus habitantes a que salieran de la ciudad prácticamente con lo puesto, asegurando que sería cosa de unos pocos días (35)

En Japón, hoy (16 de mayo 2011) asistimos a una ampliación de la zona de evacuación, después del evento de Tohoku, lo que incluye a los poblados de Kawamata y Iitate, pues, la temperatura en el reactor 3 de Fukushima ha ido *in crescendo* desde principios de este mes, pasando de 90 °C a 200 °C en la primera semana de mayo. El agua que fue bombeada para el enfriamiento del reactor deberá ahora ser transportada a un lugar preparado para desechos nucleares, esto significa que deberá transportarse alrededor de unas 22.000 toneladas de agua radioactiva (36)

Las noticias continúan:

Ingenieros de Tokio Electric Power (Tepco), la empresa a cargo de la planta nuclear de Fukushima, ingresaron al reactor número 1 la semana pasada y descubrieron que las barras de combustible nuclear estuvieron expuestas al aire y sufrieron un *meltdown* o fusión de núcleo (37).

Deberemos recordar que *meltdown* o fusión de núcleo corresponde al pasaje accidental del combustible (uranio o plutonio) en estado sólido a líquido debido a un incremento de la temperatura dentro del núcleo de la central nuclear. Según un informe oficial del Gobierno Alemán: *Risk Study of Nuclear Power Plants* (disponible en: <http://www.ipnw-students.org/chernobyl/meltdown.pdf>), el riesgo total de un *meltdown* en un reactor promedio (alemán) es de 2.9×10^{-5} (esto es: 0,000029 o 1 *meltdown* en 30000 años) (38).

Después de Fukushima los cálculos de riesgo deberán realizar ajustes...

Ya la EDF se expresó en un comunicado de prensa (39) con fecha 21 de abril de 2011. En el mismo se propone a l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) [la Autoridad de Seguridad Nuclear francesa] un programa de acción que comporta los siguientes puntos:

- La evaluación de medios técnicos y humanos previstos de ahora en adelante en caso de accidentes del mayor nivel.
- La creación de un "Task Force" nacional de intervención rápida de la EDF, para reforzar el dispositivo de crisis, constituido de materiales complementarios de aporte de electricidad y de suministro de agua, con medios de transporte y humano disponibles, movilizable dentro de las 24 y 48 horas. Esos dispositivos completarán la organización de crisis del Grupo que es movilizado y coordinada inmediatamente tanto a nivel local como nacional.
- Un re-examen profundo de la concepción de las centrales. Ello se trata de asegurar los márgenes de seguridad de las instalaciones de cara a eventos tales como los sismos, inundaciones, pérdida de alimentación eléctrica y de enfriamiento. Estas revisiones comprometidas de aquí al final del 2011 conciernen tanto a los reactores como a las piscinas de almacenamiento de combustible.

Con Fukushima, los análisis de riesgo deberán realizarse en base a lo *peor* que pudiera suceder (escenario catástrofe). Aquello que nadie espera...

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Comunidad Otaku. Dioses de la Mitología Japonesa. Disponible en: <http://comunidadotaku.mforos.com/1301847/6943772-dioses-de-la-mitologia-japonesa/>
2. Norton Leonard J (1970). Las Grandes Épocas de la Humanidad. Japón Antiguo. TIME Inc., Nederland.
3. Hokama RG, Nakamura MG. (2008). Los jardines japoneses. Disponible en: <http://www.japon-hoy.com.ar/columnas/varios/>
4. Kamo no Chomei (2004). Hojoki. Canto a la vida desde una choza. Traducción: Masateru Ito. Colección Ares. Los Libros de El Nacional.
5. Lehmann TR (2005). Maruo Suehiro. En Manga. Masters of the Art. Collins Design. *An imprint of HarperCollins Publishers*. New York, p. 96-111.
6. Zorzo JJ. Namazu. Colectivo para la renovación de los estudios de historia del arte. Disponible en: http://www.artecreha.com/El_Arte_y_su_mundo/namazu.html
7. Prager EJ, Hutton K, Williams S, Synolakis C (2001). Terremotos. Capítulo 2 en La Furia de Nuestra Madre Tierra. McGraw-Hill. Interamericana Editores SA. Mexico, p. 39-105.
8. Booth B & Fitch F (1986). La Inestable Tierra. Biblioteca Científica SALVAT. SALVAT Editores. Barcelona-España.
9. Lallemand S, Lallemand S, Jolivet L, Nuchon Ph (1987). Kaiko: La exploración de las fosas de Japón. *Mundo Científico*. 7(65):36-48.
10. US Geological Survey. National Earthquake Information Center (2011). The M9.0 Great Tohoku Earthquake (Northeast Honshû, Japan) of March 11, 2011. Mapa preparado por la US Geological Survey. Disponible en: <http://www.usgs.gov/>
11. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED) (2011). Preliminary report of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. Disponible en: http://www.bosai.go.jp/e/international/Preliminary_report110328.pdf
12. US Geological Survey. National Earthquake Information Center (2011). The M9.0 Great Tohoku Earthquake (Northeast Honshû, Japan) of March 11, 2011. Mapa preparado por la US Geological Survey.
13. De Luca F, Chioccarelli E, Iervolino I. Preliminary study of the 2011 Earthquake (M 9.0) Ground Motion Record V1.01. Disponible en: <http://www.reluis.it>.
14. Le Parisean (2011). La Vague Meurtrière. Francia. Samedi, 12 mars. No. 20684: p. 1.
15. LE MONDE (2011). Tsunami au Japón, alerte dans le Pacifique. Francia. Samedi 12 mars. p. 1.
16. Clarín (2011). Tsunami. Más de 1.000 muertos y 100.000 desaparecidos. Argentina. Sábado, 12 de marzo, p. 1
17. La Nación (2011). Horror en Japón. Argentina. Sábado, 12 de marzo, p. 1.
18. El Día (2011). Devastación en Japón. Miedo en varios países. Argentina. Sábado, 12 de marzo, p. 1
19. laopiniondezamora.es/El Correo de Zamora (2011). Ibaraki. La costa fantasma. EFE/Hitachi. México. Sábado, 12 de marzo. Disponible en: <http://www.laopiniondezamora.es/noticias-hoy/intermedia/Japon/ibaraki.html>
20. Bryant E (2008). Distribution and fatalities. En Tsunami. The underrated hazard. Springer. Praxis Publishing. Germany, p. 14-23.
21. Pararas-Carayani G (1993). The Earthquakes and Tsunami of July 12, 1993 in the Sea of Japan/East Sea. Disponible en: http://www.drgeorgepc.com/Tsunami1993_JAPANO-kushiri.html
22. Prager EJ, Hutton K, Williams S, Synolakis C (2001). Tsunami. Capítulo 4 en La Furia de Nuestra Madre Tierra. McGraw-Hill. Interamericana Editores SA. Mexico, p. 183-241.
23. Bryant, E (2008). Tsunami dynamics. Introduction. Tsunami characteristics. En Tsunami. The underrated hazard. Springer. Praxis Publishing. Germany, p. 14-23.
24. Cordelier J (2005). De tout les temps, la mer a fair peur. Elle était le refuge des puissances infernales. Interview Jean Delameau. *Le point*. 6 janvier. 1686:31.
25. Voltaire (1755). Todo esta bien. Disponible en: <http://www.mundopoesia.com/foros/poetas-y-poetisas-famosos-as/261734-poema-sobre-desastre-de-lisboa-de-voltaire.html>
26. Sotinel Th (2011). Japon, la culture du désastre. *Le Monde*. Mercredi, 16 mars. Page tríos.
27. RIANOVOSTI (2011). El balance humano y económico del terremoto en Japón. Disponible en: www.rian.ru
28. IPS/Al Jazeera (2011). Cunde el temor a fuga radiactiva en Japón. *Rebelión*. Disponible en: <http://www.rebellion.org/>

29. Prensa Latina. Agencia Informativa latinoamericana (2011). Más de 160 escuelas afectadas por terremoto en Japón. Disponible en: http://www.prensa-latina.cu/index.php?option=com_content&task=view&id=288657&Itemid=1
30. Yoko A (2011). Terremoto, tsunami y explosión nuclear. Carta de un miembro de ATTAC desde Tokio. Traducción Susana Merino. *Rebelión*. Disponible en: <http://www.rebelion.org/>
31. Bellanger B, Nouyrigat V, Abdun, E y Grousseau M (2011). Les six leçons de la catastrophe japonaise. Nucléaire français. *Science & Vie*. Mai. 1124: 89-91
32. Petit Ch (2006). Da miedo. Es cara. Podría salvar la Tierra. El regreso de la energía nuclear. *Nat. Geo*. En español. Abril, 88-97.
33. National Geography (2006). Terremotos. Vivir ante la amenaza. Póster. *Nat. Geo*. En español. Abril. Suplemento: Mapa de Terremotos.
34. Stone R & Ludwig G (2006). La larga sombra de Tchernobyl. *Nat. Geo*. En español. Abril. 98-119.
35. Ansedo M (2011). La vida sigue en los cementerios de Chernóbil. Disponible en: <http://www.publico.es/ciencias/372356/la-vida-sigue-en-los-cementerios-de-chernobil>
36. ABC International (2011). Japón amplía la zona de evacuación en torno a Fukushima. Disponible en: <http://www.abc.es/20110516/internacional/rc-japon-amplia-zona-evacuacion-201105161023.html>.
37. Julian Ryall (2011). Nuclear meltdown at Fukushima plant. *The Telegraph*. Disponible en: <http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/japan/8509502/Nuclear-meltdown-at-Fukushima-plant.html>
38. International Physicians for the Prevention of Nuclear War (IPPNW). (The probability of a Nuclear Meltdown. Disponible en: <http://www.ippnw-students.org/chernobyl/meltdown.pdf>
39. EDF (2011). Premières propositions d'EDF à l'ASN post-Fukushima. Communiqué de Presse. 21 de avril.