Peligro y riesgos de radionucleidos en pescado

*Por Héctor M. Lupin **

El accidente de los reactores nucleares del año pasado en Fukushima (Japón) volvió a llamar la atención sobre el posible riesgo que pueden presentar las radiaciones, las partículas radioactivas y los radionucleidos en los alimentos. Una parte considerable de los radionucleidos liberados por el accidente terminaron en la zona que rodea la central, incluyendo al mar, lo que ha incrementado el nivel de actividad radioactiva de alimentos como el pescado. El siguiente artículo analiza los peligros y riesgos reales, con especial énfasis en las probabilidades de que nuestra región se vea afectada.

Los riesgos debidos a un accidente como el de Fukushima son de diferentes tipos. Las diferencias dependen de las características de los radionucleidos[1] y radiaciones liberadas, del tiempo transcurrido entre el accidente y la emisión de las mismas, de la distancia al lugar de los hechos y de la forma en que las mismas tienen contacto con el ser humano (exposición directa al ambiente o la piel, inhalación, consumo de agua y alimentos contaminados, etc). Independientemente de que lo consideremos como un peligro "físico" (radiaciones) o "químico" (radionucleidos), el punto final de este tipo de peligros en los alimentos es la formación de células cancerosas; por tal razón, los límites reglamentarios se dan estimados en dosis, las que a su vez se relacionan con el riesgo de desarrollo de cáncer.

Este accidente, como el anterior de Chernobyl y como otros ocurridos, que han liberado radionucleidos que no existían previamente en el medio ambiente, ameritan analizar brevemente este tipo de peligro y el posible riesgo de las radiaciones ionizantes, en el marco de la inocuidad de los alimentos, y en particular del pescado.

Como en cualquier otro análisis de riesgo, es conveniente en primer término ordenar la información disponible siguiendo las recomendaciones de la Comisión del Codex Alimentarius. Por analogía, lo podemos relacionar con el análisis de riesgos de los contaminantes químicos que sean potencialmente cancerígenos. Son por tanto tres grandes capítulos: a) evaluación del riesgo, b) gestión del riesgo y c) comunicación del riesgo.

Evaluación de riesgos

Al referirse a partículas y radiaciones provenientes de la desintegración de radionucleidos varía el concepto de "riesgo", dependiendo de que sea por exposición externa (contacto), o exposición interna (ingestión o inhalación). En la Tabla 1 se presenta una descripción del tipo de radiaciones ionizantes (sean partículas atómicas o radiaciones propiamente dichas) provenientes de la desintegración de radionucleidos ya existentes en la naturaleza, o que se producen como resultado de accidentes nucleares del tipo de los referidos.

Radionucleidos

[1] Los radionucleidos son isótopos inestables de un determinado elemento químico, que se descomponen hasta llegar a un elemento estable, emitiendo partículas y radiaciones electromagnéticas (ver Tabla 1). Poseen capacidad ionizante sobre átomos y moléculas estables. A las partículas ionizantes propiamente dichas (partes del átomo) y a las radiaciones electromagnéticas, se las suele denominar genéricamente "radiaciones", en el sentido que "radian" de un radionucleido o una masa de estos. Los núcleos de He, los protones, electrones, etc. dentro de un núcleo estable no son ionizantes, al estar estabilizadas dentro de una estructura. Cuando esa estabilidad se rompe, en un núcleo inestable, estas partes del átomo salen literalmente disparadas al espacio.

Tabla 1: Tipos de radiaciones ionizantes que pueden producir efectos tóxicos

Tipo	Nombre	Efecto ionizante dentro de organismos	Efectividad Biológica Relativa (RBE)
Núcleos de helio (1)	Partícula alfa (α)	Alta cesión de energía por unidad de recorrido y alta densidad de ionización por recorrido (particula "high-LET") (4)	20 (hasta 1000) (6)
Neutrones	Neutrones (carga neutra) (5)	"high-LET"	3-11
Electrones	Partícula beta (β) (cargado -)	Moderada cesión de energía por unidad de recorrido y moderada densidad de ionización por recorrido (partícula "low-LET")	1
	Positrón (cargado +)	"low-LET"	1
Radiación electromagnética	Rayos X (2)	"low-LET"	1
	Rayos gamma (γ) (3)	"low-LET" pero de alta energía	1

Notas: (1) Compuestos de 2 protones y de dos neutrones / (2) Onda de fotones emitida por electrones fuera del núcleo./ (3) Onda de fotones emitida por núcleos atómicos. / (4) LET: Linear Energy Transfer, es la velocidad a la cual un determinado tipo de radiación transfiere energía al pasar por el músculo. Un "high- LET" significa mayor impacto sobre el ADN celular. / (5) Algunos isótopos muy pesados como el californio-252 pueden emitir neutrones./ (6) En el caso de que se consideren otros efectos causados por la partícula en tejidos, según algunos autores.

En el caso de una exposición externa a partículas alfa (α), éstas pueden ser efectivamente detenidas por una hoja de papel, por la vestimenta o por la epidermis. Pero en el caso de una exposición interna, las partículas pueden causar un daño serio, debido a que liberan toda su energía dentro de los tejidos orgánicos. Las partículas beta (β) poseen un mayor poder de penetración que las alfa, pero al poseer poca densidad de ionización por recorrido, causarán menor daño biológico, pudiendo incluso abandonar el cuerpo antes de provocar lesiones. Esto se refleja en un factor denominado "Efectividad Biológica Relativa" ("Relative Biological Effectiveness" –RBE- en inglés), que es una forma de caracterizar esta información de gran importancia.

Fig. 1 - Distintas formas de radiación de fondo

En el caso de las radiaciones, resulta importante la energía a la cual están asociadas. Podemos compararlo con una radiación con la cual todos interactuamos a diario, como lo es la ultravioleta (UV) del sol, que tiene asociada mucha menos energía que los rayos X o los γ. Así, la capacidad de penetración en los tejidos y por lo tanto el riesgo, es en el siguiente orden:

rayos γ > rayos X > radiación UV

La radiación UV conlleva el riesgo potencial de causar cáncer a la piel (por quemaduras) y otros daños a la vista, según el tiempo de exposición. La capacidad de penetración de los tejidos de las radiaciones X o γ, causando un daño relativo (o potencial) "menor", es aprovechado en medicina, por ejemplo, para la obtención de "radiografías" de Rayos X o de positrones, con exposiciones muy cortas. Esto no es libre de riesgo, tanto para quien la utiliza como herramienta, como para quien, como paciente, está expuesto a las mismas. Pero estos riesgos (médicos) son mucho menores que para quien se exponga internamente y de continuo, a una fuente de partículas β (+), rayos X o γ.

Las radiaciones, provengan tanto del exterior como del interior del cuerpo humano, pueden transferir energía directamente a las moléculas de ADN del núcleo de las células, afectándolo de formas diversas (rotura simple o doble de la doble hélice; daño a las bases- adenina, citosina, guanina y timina-), y cruzamiento de las proteínas asociadas al ADN (como las estructurales y las de transcripción), como efecto directo. También pueden ionizar moléculas cercanas al ADN (que contienen hidrógeno u oxígeno) formando radicales libres, que como efecto indirecto a su vez pueden afectar el ADN. Se ha estimado que para el tipo de partículas que nos ocupa, el 35 % de los daños es debido al impacto directo y el 65 % al efecto indirecto.

Se puede establecer la hipótesis de que en situaciones normales (con radiaciones "low-LET") la mayoría de las

ionizaciones ocurrirán como eventos aislados a nivel de la célula y los daños serán reparados por las enzimas celulares. Pero para el caso de radiaciones "high-LET", e incluso en algunas situaciones de "low-LET" donde se tengan agrupamientos ("clusters") de radionucleidos, pueden llegar a suceder varias ionizaciones mientras las partículas atraviesan la doble hélice de una molécula de ADN. En este caso el daño puede ser más severo, y en ocasiones irreparable para los sistemas celulares, con la eventual formación de células cancerígenas.

Accidentes como el de Fukushima o Chernobyl, liberan al medio ambiente una gran cantidad de radionucleidos y de diferentes vidas medias, que a su vez pueden ser emisores de rayos α, β, γ u otros, de acuerdo a la Tabla 1. Esta mezcla de radionucleidos liberados es compleja, y algunos de los que fueron detectados en el caso de accidente de Chernobyl, se pueden ver en la Tabla 2.

Los indicadores del mal

Según varias reglamentaciones actuales, de toda la variedad de radionucleidos que existe, solo se vigilan como indicadores unos pocos.

Hay un grupo donde están todos los isótopos radioactivos del iodo (volátiles). Estos compuestos tienen un tiempo de vida medio relativamente breve, por lo que tienen una tendencia a disminuir rápidamente en el transcurso de las primeras semanas; sin embargo, pueden tener un impacto muy grande en el desarrollo de cáncer a la tiroides. El principal riesgo es por inhalación y los más expuestos son los habitantes cercanos a la zona del accidente (es por ello que se distribuyen tabletas de Iodo entre las poblaciones afectadas).

El estroncio 90 ocupa un lugar especial, sobre todo en la contaminación de productos lácteos (reemplaza al calcio en los huesos) y su impacto potencial sobre niños y jóvenes.

El cesio 137 y el cesio 134 tienen una vida media conmensurable con la de la vida humana. Por lo tanto, tendrán tiempo de entrar en la cadena de alimentos locales y regionales y de permanecer allí por un período prolongado.

Estos son los radionucleidos que como indicadores, reciben más atención por parte de las autoridades de salud pública, ya que sobre ellos pueden intentarse medidas de gestión de riesgo, tanto reglamentarias como precautorias. Si bien ambos isótopos de cesio se pueden medir por separado, la medición de Cs-137, da la indicación del radionucleido de mayor riesgo; esto puede ser suficiente para determinaciones rápidas de aceptación o rechazo del producto.

Tabla 2. Algunos de los radionucleidos identificados en el accidente de Chernobyl (adaptado de Moll y Moll, 2006).

Radionucleido	Origen	Periodo (vida media)	Observaciones
Cesio 134 (1)	Producto de la fisión nuclear	2 años	Emisor β
Cesio 137 (1)	«	30 años	Se fija en los músculos. Emisor β y fuerte emisor γ
Iodo 131 (2)	Producto de la fisión nuclear	8 días	Sustituye al iodo no radioactivo en la tiroides. Emisor β
Iodo 132 (2)	«	2,4 días	Emisor β
Iodo 133 (2)	«	20,8 horas	«
Neptunio 239 (2)	Producto de la fisión nuclear	2,4 días	Emisor β
Estroncio 90 (3)	Producto de la fisión nuclear	28 años	Substituye al calcio en los huesos. Emisor β
Plutonio 239	Producido en los reactores nucleares	24 384 años	Utilizado en centrales nucleares y armas atómicas. Emisor α, β y γ (moderado). Se acumula lentamente en los huesos.
Bióxido de uranio (polvos) (4)	Es el uranio natural con sus tres isótopos	U238 - 4,46 miles de millones de años / U235 – 704 millones de años / U234 – 245 000 años	Emisores α y β (serie del uranio o del radio)

Notas: (1) Tomado, usualmente como indicador de contaminación radioactiva./ (2) Sumamente importantes en las primera semanas que siguen a un accidente con un reactor nuclear./ (3) El estudio de los dientes "de leche" en los niños, antes y después del 1950, señaló el incremento del estroncio (90) debido a las ensayos atómicos en la atmósfera y llevó a la firma del Tratado de Prohibición Parcial de los Test Nucleares en 1963 (EEUU, RU y URSS)./ (4) Por tratarse de isótopos naturales habitualmente no se los "contabiliza", pero se produce un exceso de los mismos durante los accidentes que puede tener importancia local y/o regional.

Otro grupo de interés lo constituyen los radionucleidos como el plutonio 239, sus isótopos y otros transplutonianos, cuyas vidas medias superan la duración de la civilización humana. Las concentraciones de estos radionucleidos, una vez en la superficie terrestre o en el agua, tenderán a uniformizarse sobre las mismas y sobre los seres vivos. Causarán un "exceso" de números de cánceres en la población terrestre, comparado con los que se producirían por las radiaciones y radionucleidos ya existentes antes del accidente.

¿Cuánto es mucho?

La exposición de los seres humanos a los radionucleidos puede encararse desde diversos puntos de vista. En primer lugar se debe poder cuantificar el efecto. La medida de base no es la concentración del radionucleido, sino el recuento de las partículas al desintegrarse (popularmente los "click" de los contadores Geiger). La medida de base es el Becquerel (Bq), que corresponde a una desintegración al segundo (ver cuadro de unidades y su significado). Esta es la unidad más fácil de medir y la que aparece en las reglamentaciones.

Pero de esta cantidad de energía, solo una fracción será absorbida por el cuerpo humano, y a su vez, el posible daño a los tejidos estará en función del radionucleido y del tipo de radiación que libere. La unidad de energía absorbida es el Gray (Gy), y la que mide el efecto sobre los tejidos (energía que causará daño) es el Sievert (Sv). El pasaje de Bq a Sv no es por lo tanto automático, y se deberá disponer de estudios (tablas/ curvas) específicos. En el cuadro de unidades se muestran los "factores de dosis" que se utilizan en Francia desde del accidente de Chernobyl, para estimar directamente el impacto de un valor en Bq convertido en mSv (para iodo 131 y cesio 137). En condiciones normales (en que hay solo radiación de fondo, incluídos los radionucleidos con vida media larga) el tiempo de exposición para la formación de cáncer, se toma habitualmente como la duración de la vida media de la población del país. Pero en casos de accidentes nucleares o radiológicos, los gestores de riesgo pueden utilizar tiempos de exposición más cortos para estimar el riesgo.

Cuadro de Unidades Significado y Equivalencias

Para el no especialista una de las principales dificultades es entender que significan cada una de las diferentes unidades utilizadas en la literature respecto a las radiaciones. La Tabla siguiente da información sobre este aspecto:

Cantidad	Unidad	Significado	Unidades / Ecuaciones	
Actividad	Becquerel (Bq) Curie (Ci)	Número de desintegraciones atómicas en la unidad de tiempo	1 Bq = 1 desintegración (cuenta) por segundo 1 Ci = 37 mil millones (billones) de cuentas (desintegraciones) por segundo	
Dosis Absorbida	Gray (Gy) Rad (rad)	Energía absorbida de la radiación por 1 g de materia	1 Gy = 100 erg/ g (erg = ergio) 1 rad = 62.4 x 10^5 MeV/ g (Mev =Mega electron-voltios) Se determina experimentalmente para cada alimento y tipo de radiación	
Dosis equivalente	Sievert (Sv) Rem (rem)	Energía absorbida de la radiación por un unidad de materia, modificada de acuerdo a la capacidad de la radiación de causar daño biológico	rem = rad x factor RBE [ver Tabla 1] 1 Sv = 100 rem	Factores de conversión Bq a mSv directos (Francia 2010) mSv Iodo 131 = 0.000022 x Bq mSv Cesio 137 = 0.00014 x Bq

Un asunto de fondo

En general, desearíamos no recibir radiaciones de ningún tipo; sin embargo, aunque no tengamos conciencia de ello, estamos normalmente inmersos dentro de una "sopa" de radiaciones que producen diversas fuentes. De hecho, nosotros mismos somos una fuente, como vemos de la Figura 1.

Esta radiación que nos rodea, y en la que estamos inmersos, es comúnmente denominada "radiación de fondo". Es importante conocerla, dado que la que aportan los alimentos, formará parte de ella.

En la Tabla 3 se muestra la contribución efectiva de cada fuente, a la dosis promedio total anual, de 3.6 mSv (360 mrem) que recibe cada habitante de EEUU de América.

Pueden existir notables diferencias respecto a los valores de radiación de fondo entre países, e incluso entre distintas regiones de un mismo país. Contribuyen a ello en primer término, el tipo de suelos y la altitud, pero pueden existir otros factores. Se estima, por ejemplo, que parte de la población de los estados de Kerala y Madrás, en India, está expuesta a una radiación de fondo de unos 3 000 mrem, de los cuales 1 500 corresponden a radiaciones ã y unos 1 500 al Radón (Rn); es decir, un 730 % superior al promedio de EEUU de América.

La radioactividad natural del cuerpo humano y de los alimentos que consumimos se debe principalmente a los isótopos de tritio (H3), carbono-14 (C14) y potasio-40 (K40), aunque también hay trazas de otros radionucleidos, en particular uranio. La contribución anual de esta fuente es de unos 40 nrem (EEUU).

Cuando se hacen los estudios y las mediciones para evaluar la contaminación con radionucleidos, habitualmente se "descuenta" la contribución "de fondo" total o la del K40 en recipientes aislados (o con equipos ya tarados). No existe una situación de "radiación cero". La cantidad de K40 para cada alimento es más o menos

Tabla 3. Contribución porcentual al impacto total de la radiación de fondo y otras, de diferentes fuentes, en el caso de EEUU de América (adaptado de Klaasen y Watkins, 2003)

Tipo	Porcentaje (%)	Observaciones
Radón	54.8	Gaseoso; emisor α
Interna	11.0	Radionucleidos dentro del cuerpo debidos a los alimentos, agua y aire
Rayos X	10.7	De fuentes médicas
Cósmica	7.9	Aprox. el 90 % son protones (H+); un 9 % partículas α y aprox. 1 % son partículas β (electrones)
Terrestre	7.9	Fundamentalmente de la descomposición nuclear de las series de Radio, Uranio y Thorio
Medicina nuclear	3.8	Radiofármacos para el diagnóstico y cura
Productos de consumo	3.0	TV a colores, detectores de humo, gas natural y otros combustibles, carbón, sales de K, etc.
Otras fuentes	0.8	

constante (dependiendo del contenido de K), pero hay variaciones entre alimentos y también en lo que se refiere a los radionucleidos contaminantes. Como se verá más adelante, las reglamentaciones de alimentos "descuentan" específicamente esta contribución.

El peligro y riesgo principal de la radiación natural proviene del radón (Rn), que es un gas denso, inerte químicamente; es incoloro, inodoro e insípido, pero radioactivo. Se forma a partir de la descomposición radioactiva del uranio y del torio. La EPA (Administración de Protección del Medio Ambiente) de EEUU de América, estima que es la principal causa de muerte por radiación en ese país, atribuyéndosele unos 21000 casos de decesos por cáncer de pulmón anuales, siendo para este tipo de patología, la segunda causa de muerte, después de la del humo del tabaco. El contenido de Rn en el aire es muy variable, dependiendo del tipo de suelos y subsuelos; es mayor en sótanos que en pisos altos, y sobre todo en lugares poco ventilados. Hay aguas minerales que pueden contener cantidades apreciables de Rn, pero el principal mecanismo para la toxicidad es el de la inhalación. A nivel del mar, es donde se observan las mínimas concentraciones. El fumar incrementa notablemente los riesgos de cáncer por esta causa.

Como se deduce de la Tabla 3, la posible dosis de radionucleidos que en situaciones normales aportan los alimentos, es relativamente pequeña. En lo que hace a la contaminación con Cs (137) en pescado y agua de mar, en la Tabla 4 se ven algunos valores aparecidos en la literatura. Algunos de estos estudios se efectuaron en relación al accidente de Chernobyl de abril de 1986.

Hay varios puntos que se pueden sintetizar de la Tabla 4 y de los trabajos que se mencionan en la misma:

(i) Aun a niveles bajos de actividad radioactiva, el Cs (137), se encuentra presente en todas las especies y mares del planeta, y no solo en lugares cercanos a los accidentes nucleares o donde se hayan efectuado explosiones atómicas.

(ii) Con referencia a la actividad radioactiva del agua de mar, se

Fig. 2 - Reactores nucleares

Tabla 4 – Niveles de actividad radioactiva para Cs (137) hallados en diversos pescados, productos y agua de mar, en varios lugares del mundo y en diferentes períodos

País/ Lugar	Año	Especie(s)	Nivel radiación de contaminación en Bq/ kg (1)			Referencia
			Promedios	Max.	Min.	
Finlandia	1993 -4	Bacalao, eglefino, carbonero, halibut, platija, raya	0.3 – 1.0 (2)	< 1.4	Nd	Tomado de Matishov et al.
Rusia / Mar de Barents	1979 - 94	Bacalao	0.77 (1993) (2) 2.09 (1982)	3.46 (1983) 1.32 (1979)	0.22 (1994) 2.01 (1982)	Matishov et al.
Japón	1984 - 95	Bacalao del Pacífico	0.74 (2)	nd	0.13	Kasamatsu e Ishikawa
		Polaca de Alaska	0.54	nd	0.26	
		Besugo rojo (*Pagrus major*)	0.36	nd	0.12	
		Corvinas	0.31 -0.33	nd	0.12 -0.17	
		Cefalópodos	0.09	nd	nd	
		Crustáceos	0.19	nd	0.04	
Costa Rica	2007	Atún en conservas Sardinas en conservas	< 0.7 (5) < 0.6 (5)	nd nd		Loria, Jimenez y Badilla
Brasil / Sao Paulo	1993	Cinco especies de pescado de consumo popular Agua de mar	0.1 -0.3 (2) 1.7 – 1.9 (4)	nd nd		Cunha y otros
Brasil / C osta Vitoria - Santos	2003	Pescado s/ especificar Agua de mar	0.19 (2) 1.8 (4)	nd nd		Godoy y otros
Japón	1984 - 95	Agua de mar (3)	2.9 (1995) (4) 4.3 (1984)	DS: 0.2 (1995) DS: 0.5 (1984)		Kasamatsu e Ishikawa

Notas: (1) Comúnmente las medidas se hacen descontando la radiación del K (40) (emisor â) que es el principal emisor natural en alimentos, y calibrando contra una cantidad conocida de un radionucleido contaminante específico./ (2) En Bq/kg pescado fresco entero./ (3) En aguas costeras de Japón para profundidades de 0-200 m./ (4) En mBq/ litro o en Bq/ m^3./ (5) En Bq/ kg de producto (sin lata/ embalaje).

deduce que los peces actúan "concentrándola" (al igual que con otros contaminantes como los metales pesados). Pudiendo existir diferencias estadísticas significativas entre especies diversas.

(iii) En el caso de Japón, los autores Kasamatsu e Ishikawa encontraron una correlación lineal para varias especies, entre la actividad radioactiva y el tamaño del ejemplar.

(iv) Ciertas especies de fondo como rayas y lenguados pueden llegar a mostrar valores relativamente altos de Cs (137) lo mismo que otros organismos bentónicos.

La gestión del riesgo

De la Tabla 4 y del cuadro de Unidades, resulta que los valores de toxicidad del pescado por Cs 137, en condiciones "normales" (estimados en Sv y comparados con el valor "normal" de Dosis Equivalente), son sumamente bajos. En un cálculo más detallado esos valores quedarían dentro de la variación, tanto estacional como geográfica, del total.

En el caso de los radionucleidos, los gestores de riesgo de los países desarrollados tienen presente situaciones de crisis como las de Chernobyl o Fukushima. Pero también deben tener presente que si fijan límites de tolerancia muy estrechos y sin necesidad, podría generarse en ese país una crisis de falta de alimentos si hubiera un accidente. En tal sentido, deben verse los límites de tolerancia máxima que fueron fijados por la Unión Europea para pescado y productos derivados, tal como figuran en la Tabla 5.

De la comparación de las Tablas 4 y 5 se desprende que en general, la tolerancia máxima es muchísimo mayor que las concentraciones promedio y máximas encontradas en el pescado:

1250 Bq/ kg >> contenidos promedios y máximos de diversas especies

Tabla 5 - Limites de tolerancia máxima para radionucleidos, de la Unión Europea, aplicables a pescado, productos derivados y piensos para acuicultura

Radionucleido	Pescado y sus productos (Bq/ Kg) (1)	Piensos (Bq/kg)	Referencia
Isótopos del estroncio en particular el Sr-90	750	nr	Reglamento (EC) No 3954/87 (1)
Isótopos de iodo, en particular I-131	2000	nr	Idem anterior
Isótopos de plutonio y elementos transplutónicos emisores de radiaciones alfa en particular Pu-239 y Am-241	80	nr	Idem anterior
Todos los demás nucleidos cuyo período de semi-desintegración sea superior a 10 días, en particular Cs-134 y Cs-137 (2)	1250 (*)	5000 (**)	(*) Idem anterior (**) Reglamento (EC) No 770/90

Notas: (1) Se trata de una reglamentación general que asigna una tolerancia máxima uniforme, por peso para todos los alimentos por igual, a excepción de los alimentos para lactantes, leche, productos alimenticios líquidos y productos alimenticios secundarios./ **(2)** "El carbono-14, el tritio y el potasio-40 no se incluyen en este grupo" (en el texto de la Reglamentación).

En el caso de Japón, la Tabla 6 muestra el resultado del número de análisis sobre Cs 137 y Cs 134 en pescado y sus productos, efectuados entre el 19/03/2011 y el 16/11/2011.

La norma japonesa actual establece un límite de tolerancia para los radionucleidos del Cs que es apenas el 40 % de la de la UE. Como se ve en la Tabla 6, casi el 92 % de los resultados fuera de norma fueron de Fukushima. Pero los valores individuales de los análisis pueden estar no solo por encima de la norma japonesa, sino también de la de la UE. Por ejemplo, el 16/11/2011, en Fukushima, se reportó el análisis sobre un lenguado de ojo izquierdo con un valor de 2500 Bq/ kg para Cs-137 (y de 2000 Bq/kg para Cs/134).

Tabla 6 – Número de análisis sobre Cs-137 y Cs-134 en pescado y sus productos y resultados, efectuados en todo Japón y en la prefectura de Fukushima (19/03/2011 – 16/11/2011). *Datos oficiales del Ministerio de Salud, Trabajo y Bienestar de Japón.*

Cobertura	Cantidad de análisis	Cantidad de análisis con valores sobre la norma japonesa (1)	% fuera de la norma japonesa
Todo Japón	4073 (2)	145 (2)	3.5
Prefectura de Fukushima	1957	133	6.8

Notas: (1) El limite reglamentario de tolerancia en Japón es de 500 Bq/kg. / (2) incluye también los datos de Fukushima

Se sabe que se puede vigilar, pero no es posible controlar este tipo de contaminaciones por medio de análisis sobre muestras de productos finales o intermedios. En esta situación, la UE promulgó el "Reglamento de Ejecución (UE) No 297/2011 de la Comisión, del 25 de marzo de 2011, por el que se imponen condiciones especiales a la importación de piensos y alimentos originarios o procedentes de Japón a raíz del accidente en la central nuclear de Fukushima".

La Gestión de Riesgos a la que nos hemos referido esta circunscripta a los alimentos y al pescado en particular. Pero los alimentos y el pescado son, en este caso (al igual que en el caso de otros residuos y contaminantes y como pasa tantas veces), una "victima" más de las decisiones que se tomaron y de los hechos que ocurrieron en otras áreas. Se estima que solo el accidente de Chernobyl liberó al medio ambiente radionucleidos en dosis promedio por persona (en Sv), el 27 % de las que habían sido liberadas antes en todas las explosiones nucleares a cielo abierto. Como no hay actividad humana libre de riesgos, los más urgentes a reducir (con respecto a los radionucleidos en el medio ambiente), son los asociados a la operación de las centrales nucleares, el reprocesamiento de combustibles, reciclado de combustibles nucleares y el manejo de radionucleidos.

La comunicación del riesgo

La Comunicación de Riesgos en alimentos, no es de por sí, un aspecto fácil de manejar. Y mucho menos si está asociada a la posible presencia de radiaciones ionizantes, algo que el consumidor normal no puede ver, sentir, ni medir.

Las hipótesis apocalípticas que siguieron a las explosiones de Nagasaki e Hiroshima, así como la continua asociación de la expresión "energía atómica" con fines militares, no ayudan mucho a facilitar un análisis sereno del tema.

Los accidentes de Chernobyl y Fukushima (entre otros) y la utilización de "uranio empobrecido" también en aleaciones para fines civiles, no contribuyen tampoco a poder establecer un análisis objetivo acerca del uso de la energía atómica para fines pacíficos y de sus potenciales consecuencias, sean estas intrínsecas, o derivadas, voluntarias o accidentales.

La complejidad científica del tema, aún para los expertos (como se ha podido también apreciar en el caso de Fukushima) y lo difícil que es tanto para profesionales no especializados como para periodistas el interpretar el significado y equivalencia de las unidades en uso, impiden también que la comunicación de los riesgos de los radionucleidos en alimentos, pueda basarse en datos objetivos.

Las expectativas de "riesgo cero" del ciudadano común con respecto a los alimentos, ya de por sí inalcanzable en la práctica, con los peligros "normales" (pero gestionables), se vuelve definitivamente ilusoria en el caso de las radiaciones ionizantes, por la existencia de la "radiación de fondo" que afecta el aire, el agua y los alimentos y que está con nosotros desde nuestro nacimiento. No hay alimento "natural", "orgánico", o como se lo quiera llamar, que esté libre de ese peligro potencial, y esto incluye, obviamente, al pescado.

Conclusiones

De los puntos anteriores se deduce, que la probabilidad de que llegue a nuestro plato pescado con radiación por encima de los niveles "normales" existentes, o por contaminación con radionucleidos, son en este momento, remotas. No solo porque el flujo del comercio de pescado de nuestra región es hacia Japón y no a la inversa, sino también por el celo que las autoridades sanitarias de Japón están demostrando.

Los niveles registrados para América del Sur y Central de actividad radioactiva, de Cs-137 en pescado, están entre los más bajos del mundo, y la magnitud del riesgo estimable (potencial) estará con seguridad dentro de la que genera la incertidumbre de los datos que se utilicen para estimarlo.

Por lo tanto es preferible un enfoque objetivo de este peligro y de sus riesgos en nuestra Región, no solo por la ocurrencia natural de los mismos, sino porque no estamos inmunes a accidentes nucleares de origen antrópico (aunque creamos estarlo). Aún en nuestra pacífica y desnuclearizada región, el accidente de Goiania (Brasil) de 1987, que fue calificado en su momento por la revista Time como "uno de los peores de la historia" , liberó una dosis efectiva colectiva local y regional (medida en Sv; basada en Cs (137)) un 50 % mayor del mucho más discutido y analizado accidente del reactor de "Three Mile Island" (EEUU de América, 1979), que a su vez está considerado como el más grave accidente de este tipo ocurrido en los EEUU de América.

La importancia asignada por los consumidores de todo el mundo a este tipo de peligros, hace que de todas formas, sea necesario tener conocimiento de los riesgos objetivos asociados a los mismos.

**El Ing. Héctor M. Lupin en la actualidad se desempeña como consultor internacional independiente en inocuidad y calidad de productos pesqueros y está radicado en Roma, Italia. Es asimismo consultor ad-honorem del INTI-Mar del Plata (Argentina). En el 2006 se retiró del Departamento de Pesca de la FAO después de mas de 25 años de servicios; 19 de los cuales estuvo a cargo de los proyectos de capacitación FAO-DANIDA sobre tecnología e inocuidad de pescado y productos pesqueros.*