

EL CIENTÍFICO FRENTE AL MEDIO AMBIENTE

María García Añón

Profesora Titular. Universidad Santiago de Compostela

RESUMEN

Cuando el científico se convierte en portavoz de patrones políticos o económicos para obtener su propio beneficio, su aportación social es netamente negativa, siendo incluso perjudicial para la propia ciencia y los ciudadanos afectados, que somos todos si nos referimos al Medio Ambiente. La obtención y tratamiento de la energía en cuanto a determinadas fuentes utilizadas, puede reportar pingües ganancias a quienes las manejan y apoyan a costa de destrozar la Naturaleza y nuestra salud. Aquí se cuestiona la credibilidad sobre las teorías impuestas a base de propaganda pero que dan la espalda a la realidad más oscura.

1. INTRODUCCIÓN

Está en boca de muchos, pero en pocas ocasiones se habló sobre ello. Me refiero a la ‘ciencia amarilla’ es decir, a los que haciendo gala de un cierto renombre científico, se venden al mejor postor, sea éste académico o empresarial, por no citar presiones políticas entre otras. De esta forma encontramos paradigmas creados por el interés de algunos prohombres y que terminan desinflándose cuando la libertad de expresión o la valentía de otros, ponen de manifiesto mentiras pagadas.

Aún así, el prestigio de estos científicos corruptos se ha mantenido en muchos casos gracias al estatus que lograron conseguir en su carrera, a la vez que su posición les reportaba entre otros beneficios, numerosos acólitos que entraban en dependencia con estos personajes.

Desde la famosa obra de Max Weber “El Político y el Científico” y en concreto el capítulo dedicado a la Ciencia como vocación, este pensador utiliza el término de azarosa para referirse a la profesión académica y a una parte del tinglado que maneja sus hilos. También utiliza el término de ‘aristocracia intelectual’ planteando la pregunta “¿cree usted que podrá soportar sin amargarse y sin corromperse el que año tras año pase por delante de usted una mediocridad tras otra?” Y es que todos hemos presenciado o sufrido casos en los que por diversas razones la cátedra dominante añadió méritos inexistentes a pupilos a los que encumbraron a costa de pisar encima de profesores de auténtica valía.

Haciendo caso del dicho popular ‘de esos barroos vienen estos lodos’, encontramos que los emergentes estómagos agradecidos se encuentran obligados a devolver los favores recibidos cualquiera que sea el donante, máxime cuando las prebendas continúan sine die. Habrá algún lector bienintencionado que tratando de aplicar la justicia divina, mencione que el nombre del vendido no permanecerá con el tiempo y que será criticado: falsa suposición, ya que la cadena continúa y sus seguidores están obligados a comprar y citar todos sus escritos a menudo, repletos de falsedades o incongruencias. De hecho, son pocas las mentes lúcidas que consiguen levantar cabeza y darse a conocer, mientras otros que lo intentan enferman o mueren física o intelectualmente.

De vez en cuando se destapa algún escándalo, como el ocurrido en septiembre de 2015 en el que la gran empresa de Volkswagen se demostró que mintió en cuanto a los controles técnicos de emisiones contaminantes, que afectó a 11 millones de automóviles diesel vendidos entre 2009 y 2015.

La multa que se baraja imponer por daños al medio ambiente es millonaria, pero en cambio otras empresas salieron indemnes de los daños ecológicos que han producido.

Y es que no nos podemos olvidar que sesudos libros de Economía que hemos estudiado los que peínamos canas, nos aseguraban que el medio ambiente no podía entenderse como un bien económico, ya que era ilimitado y por tanto, no tenía coste alguno. La realidad ha demostrado lo caro que es darle la espalda y que ya es imposible la recuperación de numerosas zonas afectadas.

Solo hay que mirar los últimos estragos nucleares causados por los accidentes de Chernobyl y Fukushima que no solo provocaron cientos de muertos y horribles secuelas físicas, sino que elementos de su contaminación tardarán miles de años en irse reduciendo. Se han ofrecido excusas de todo tipo para la proliferación de centrales nucleares de las que muy pocas son ciertas y en cambio intentan minimizar las dramáticas consecuencias en caso de accidente.

PRINCIPALES ACCIDENTES EN PLANTAS NUCLEARES (*)	
12 de diciembre de 1952 y mayo de 1958	Central nuclear de Chalk River (Canadá).
30 de septiembre de 1957	Central nuclear de Mayak (antigua URSS).
7 de octubre de 1957	Central nuclear de Windscale-Sellafield (Reino Unido).
3 de enero de 1961	Central nuclear de Idaho Falls (EE.UU.).
28 de marzo de 1979	Central nuclear de Three Mile Island (EE.UU.).
7 de agosto de 1979	Central nuclear de Irwin (EE.UU.).
8 de marzo de 1981	Central nuclear de Tsuruga (Japón).
26 de abril de 1986	Central nuclear de Chernóbil (Ucrania).
13 de septiembre de 1987	Contaminación de una cápsula de cesio-137 en Goiania (Brasil).
30 de septiembre de 1999	Central de combustible nuclear en Tokaimura (Japón).
6 de abril de 1993	Planta de reprocesamiento de combustible nuclear Tomsk-7 (Rusia).
11 de marzo de 1997	Planta de reciclaje nuclear de Tokaimura (Japón).
9 de agosto de 2004	Central nuclear de Mihama (Japón).
8 de abril de 2008	Central nuclear de Khushab (Pakistán).
23 de julio de 2008	Central nuclear de Tricastin (Francia).
11 de marzo de 2011	Central nuclear de Fukushima (Japón).

Cuadro: María García Añón. Diversas fuentes.

(*) Nota: Accidente nuclear es todo hecho o sucesión de hechos del mismo origen que hayan causado daños nucleares: muerte (al menos una muerte por radiación, de lo contrario, se denomina 'incidente') o daño físico a las personas y/o pérdida de los bienes.

2. ALTERNATIVAS EN LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS

Alternativa I.- Desde diversas fuentes, se comunica a la población que la energía nuclear es una solución para evitar o reducir el cambio climático, problema éste, y que alertó sobre el empleo de combustibles fósiles y ha promovido numerosas reuniones y acuerdos internacionales para reducir su utilización, de los cuales, el más conocido es el Protocolo de Kioto. Pero a pesar de todas las Cumbres habidas en la materia, las intenciones expuestas por los países asistentes apenas produjeron mejoría a una situación cada vez más alarmante para el planeta.

Alternativa II.- Ante el accidente de una central nuclear que produzca liberación de material radiactivo en cantidad superior a la autorizada, y cause daños físicos y materiales: ¿Son eficientes las medidas de emergencia nuclear, y de protección para la población que pueda verse afectada y la efectivamente afectada? ¿Es posible 'limpiar' la contaminación radiactiva de las personas cuando ya ha penetrado en su organismo? ¿Cómo hacer frente a los efectos de radiaciones ionizantes que se

presentan en las personas o en su descendencia? ¿O a los efectos deterministas ionizantes que pueden aparecer poco después de la exposición como muerte, esterilidad, ceguera, etc.? ¿Qué hacer con el material radiactivo o el que ha resultado contaminado y que contiene sustancias que emiten -hasta miles de años- radiaciones ionizantes?

ALTERNATIVA I: COMBUSTIBLES FÓSILES

El cambio climático es definido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), en su Artículo 1 como: ‘Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables’. Y distingue entre ‘variabilidad climática’ atribuida a causas naturales y ‘cambio climático’ atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica.

El Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) ha llegado a la conclusión de que el hombre es responsable del cambio climático, causando una concentración de CO₂ que, en 1650 de la era preindustrial, fue de 280 ppm (moléculas de gases de efecto invernadero por millón de moléculas de aire seco) y en 2007 subió a 379 ppm, al igual que la temperatura aumentó entre 1901 y 2000 en 0,6°, y hasta 2005 en 0,74°, lo cual fue debido al rápido crecimiento económico y de la población mundial a mediados de siglo, el uso de combustibles fósiles, cambios de uso de la tierra y malas prácticas de la agricultura.

Entre dichas actividades humanas que producen el Cambio Climático, se encuentran aquellas que utilizan los Gases de Efecto Invernadero o GEI, procedentes de la actividad humana y que provocan el calentamiento atmosférico repercutiendo en el clima del planeta, y son: Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆). Las fuentes que los producen, son variadas, pudiendo citar:

1. Sector de la Energía.- Quema de combustible; industria de energía; industria manufacturera y de construcción; transporte.
2. Emisiones fugitivas de combustibles.- Combustibles sólidos; petróleo y gas natural.
3. Procesos industriales.- Productos minerales; industria química; producción de metales; producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre; utilización de disolventes y otros productos.
4. Agricultura.- Fermentación entérica; aprovechamiento del estiércol; cultivo del arroz; suelos agrícolas; quema prescrita de sabanas; quema en el campo de residuos agrícolas.

La voluntad política para fijar las bases de mecanismos a utilizar por los países industrializados para cumplir con su compromiso de reducir sus emisiones de GEI se plasmó con la firma del Protocolo de Kioto, si bien, por parte de los países negociadores, su posición fue la de tratar de obtener la máxima flexibilidad en el empleo de los mecanismos, evitando la imposición de reglas coercitivas. Así, se fijaron mecanismos flexibles (suplementarios a las medidas nacionales que se adopten para cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones), basados en principios del mercado que las Partes en el Protocolo pueden emplear para atenuar los impactos económicos que deriven de los requisitos de reducción de las emisiones de GEI (García Añón, 2003):

a) Se acordó utilizar los sumideros (bosques y otros ecosistemas) que absorben el CO₂ del aire, como sinónimos de pozos verdes o sinks de anhídrido carbónico, en aquellos países que tienen grandes masas arbóreas que almacenan GEI, ‘sustrayéndolos’ de los que forman parte de la contaminación atmosférica.

b) Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), cuyo propósito es que las Partes firmantes del Protocolo, países industrializados, transfieran su tecnología y financiación a los países en vías de

desarrollo para sus proyectos de energías limpias y renovables reduciendo las emisiones de carbono.

c) Mecanismo de proyectos de Aplicación Conjunta (AC), que consiste en un proyecto de inversión por el que una Parte de las firmantes del Protocolo, podrá transferir a cualquiera otra de esas Partes, o adquirir de ella, las unidades de reducción de emisiones resultantes de proyectos encaminados a disminuir las emisiones antropógenas por las fuentes, o incrementar la absorción antropógena por los sumideros de los gases de efecto invernadero en cualquier sector de la economía.

d) El comercio de derechos de emisiones, por el que las Partes, podrán participar en operaciones de comercio de compraventa de emisiones de gases de efecto invernadero. El derecho de emisión es por tanto, el derecho subjetivo a emitir, desde una instalación, una tonelada métrica equivalente de dióxido de carbono (CO₂) o una cantidad de cualquier otro gas de efecto invernadero (GEI) con un potencial equivalente de calentamiento del planeta y durante un período determinado.

Durante el primer período de compromiso (desde el 2008 al 2012), se acordó que cada país no excediera de la Cantidad Atribuida (CA), que se calcula multiplicando por cinco las emisiones totales de gases de efecto invernadero de un país en 1990 (dicho año, fue fijado por el Protocolo de Kioto como base para los cálculos) y luego, por el porcentaje acordado en el Anexo B del Protocolo de Kioto. En la actualidad, Europa ha propuesto en la reciente cumbre de París una reducción del 40%.

ALTERNATIVA II: COMBUSTIBLES NUCLEARES

La energía nuclear proviene de reacciones nucleares, o de la desintegración de algunos átomos, al liberarse la energía almacenada en el núcleo de los mismos. En una central nuclear, se transforma la energía liberada por combustibles nucleares, mediante un proceso automantenido de fisión nuclear, en energía mecánica y después, en energía eléctrica. Combustibles nucleares, son los materiales fisionables, incluyendo el uranio bajo la forma de metal, de aleación o de compuesto químico (comprendido el uranio natural) y el plutonio bajo la forma de metal, de aleación o de compuesto químico.

Pero como se expuso en la Introducción, en las centrales nucleares puede acontecer un accidente con consecuencias mortales para la población, y si sobreviene a dicho accidente ¿qué medidas de protección amparan a la población? Estas, pueden ser:

- a) Urgentes: confinamiento, profilaxis y evacuación;
- b) Y de larga duración: traslado temporal y traslado permanente.

Pero dichas medidas de protección ¿sirven para poner a salvo de contaminación radiactiva a las personas y a la población efectivamente afectada cuando aquélla ya ha penetrado en su organismo? Pues bien, los umbrales de manifestación de efectos deterministas en caso de exposición aguda, son:

ÓRGANO O TEJIDO	DOSIS ABSORBIDA PROYECTADA AL ÓRGANO O TEJIDO EN MENOS DE DOS DÍAS (GY)
Todo el organismo (médula ósea)	1
Pulmón	6
Piel	3
Tiroides	5
Cristalino	2
Gónadas	3

Fuente.- R.D. 1546/2004 PLABEN

Ello deja muy poca esperanza para las personas que han estado expuestas de forma próxima a las radiaciones de un accidente nuclear grave. Por otra parte, el suministro de pastillas de yodo a la población afectada, no es remedio cuando el aviso que comunican las autoridades, lo hacen con demora, con lo cual no se puede conseguir la reducción máxima de la dosis de radiación al tiroides, pues dichas pastillas de yodo deben suministrarse antes de toda incorporación de yodo radiactivo, pues su eficacia disminuye con la demora.

TIPO DE DOSIS
<ul style="list-style-type: none"> - Dosis absorbida (D).- Energía absorbida por unidad de masa. $D = d/dm$, donde d es la energía media impartida por la radiación ionizante a la materia en un elemento de volumen y dm es la masa de la materia contenida en dicho elemento de volumen. Su unidad de medida en el S.I. es el Gray (Gy). - Dosis efectiva (E).- Suma de las dosis recibida desde el exterior del cuerpo y desde su interior, se considera que empieza a producir efectos en el organismo de forma detectable es de 100 Milisieverts o mSv (10 rem) en un periodo de un año. - Dosis equivalente (Ht).- Dosis absorbida, en el tejido u órgano t, ponderada en función del tipo y la calidad de la radiación r. Viene dada por la fórmula: $Ht = \sum W_r D_{t,r}$; siendo, $D_{t,r}$ la dosis absorbida promediada sobre el tejido u órgano t, procedente de la radiación r, y W_r el factor de ponderación de la radiación. - Dosis individual.- Con referencia a un órgano determinado o a todo el cuerpo, dosis absorbida por un individuo durante un cierto período de tiempo. - Dosis colectiva.- Con referencia a un órgano determinado o a todo el cuerpo, dosis equivalente que reciben los miembros de una colectividad durante el mismo período de tiempo. - Dosis proyectada.- Es la magnitud adecuada para expresar el riesgo de efectos deterministas, es decir la dosis total recibida por todas las vías a lo largo de un período de tiempo contado a partir del accidente. La unidad de dosis proyectada es el Gray (Gy). <p>Nota: Diferencia entre unidades.- El gray es la unidad de la dosis absorbida, mientras que el sievert está corregido por el daño biológico que producen las radiaciones.</p>

Fuente.- R.D. 1546/2004 PLABEN y otras

Por otra parte, cuando tras un accidente nuclear grave, las autoridades -con el apoyo de científicos que les son afines- declaran el final de la fase de emergencia y se hace creer a la población que se recuperan las condiciones normales de vida en las zonas afectadas, se suelen silenciar los efectos estocásticos que no se manifiestan hasta pasados años de la exposición inicial, como cánceres y alteraciones hereditarias.

Entre los puntos débiles de la utilización de esta energía, podemos citar:

a) Si un accidente nuclear se produce en España, exime al explotador de la central de responsabilidad sobre los daños causados, cuando el motivo haya sido un conflicto armado, hostilidades, guerra civil, insurrección o catástrofe natural (como ocurrió con el accidente de Japón), lo cual se recoge en la Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear, y en su modificación, la reciente Ley 12/2011, de 27 de mayo, sobre responsabilidad civil por daños nucleares o producidos por materiales radiactivos.

b) La contaminación radiactiva traspasa las fronteras del país donde se produce el accidente, llegando al resto del mundo (según informe del Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire y Météo France, la nube radiactiva producida por el accidente nuclear de Japón, tardó sólo once días en llegar a Europa), depositándose en el suelo y en el mar, afectando a la cadena trófica, pues se bioacumula, es decir, pasa de un ser vivo a otro, empeorando sus efectos, y un ejemplo de ello es el de los miles de renos que hubo que sacrificar en el Ártico tras el desastre nuclear de Chernóbil, porque estaban contaminados por comer líquenes afectados por el accidente.

c) También está el problema de dónde ubicar los residuos radiactivos de las instalaciones nucleares, que son los materiales producidos o convertidos en radiactivos por exposición a las radiaciones y comprenden:

- Los Residuos de Baja y Media Actividad (RBMA) que son los que tienen baja actividad específica por elemento radiactivo, no generan calor, contienen radionucleidos emisores beta-gamma con un periodo de semidesintegración de menos de 30 años;
- Los Residuos de Alta Actividad (RAA) que contienen radionucleidos emisores alfa, de vida larga, que reducen su actividad a la mitad en más de 30 años.

d) Además de la dificultad de alojar los residuos radiactivos, hay que considerar su coste, que hasta la fecha representan aproximadamente un 26% del total.

e) Por otra parte, las centrales nucleares suelen ser propiedad o copropiedad de empresas privadas, con intereses más egoístas que si fueran públicas. Valga como ejemplo, la Tokyo Electric Power (TEPCO), empresa propietaria de las centrales afectadas de Japón en el accidente de 2011, la cual llegó a falsificar en el año 2002 los informes de seguridad.

3. EVALUACIÓN DE RIESGOS

Para evaluar los distintos combustibles, no sólo hay que analizar los costes y beneficios que se puedan derivar de la utilización de unos u otros, sino también es importante identificar y comparar sus riesgos, con el fin de esbozar medidas de seguridad para intentar reducir los efectos negativos.

EVALUACIÓN DE RIESGOS	
CONCEPTO	CÁLCULO
El riesgo es la inversa de la seguridad, ya que el aumento de uno, implica la disminución del otro: la seguridad es la ausencia de riesgos no asumidos o aceptados.	Riesgo es el “escenario evaluado según la gravedad (S) y la probabilidad (P) de que ocurran accidentes (probabilidad de ocurrencia)” (Gómez, 1995): $R = f(S,P)$

Cuadro: María García Añón

Para gestionar los riesgos hay que diferenciar entre los que consideramos aceptables y los que consideramos no aceptables. A continuación, podemos manejar el coste-beneficio o cualquier otro método de análisis que consideremos conveniente. En cuanto a la probabilidad de que un suceso ocurra y su gravedad, se puede representar con el siguiente gráfico:

A				
B				
C				
D				
	I	II	III	IVa, IVb

Cuadro: María García Añón

Donde,

La probabilidad de que ocurra un accidente es:	Categorías de accidentes en orden creciente de gravedad:
A.- frecuente B.- moderada C.- ocasional D.- remota	I.- De importancia poco relevante. Situación de emergencia 0. II, III.- Pueden dar lugar a liberación de material radiactivo en cantidades tales que no se considera necesaria la aplicación de medidas de protección a la población. Situación de emergencia 1. IVa, IVb.- Pueden dar lugar a liberación de material radiactivo en cantidades tales que sea necesario aplicar medidas de protección a la población. Situación de emergencia 2 y 3.

Cuadro: María García Añón

Lo que se deduce del gráfico es que existe mayor probabilidad de que ocurra un suceso de poca gravedad, que un suceso muy grave. Para poder visualizar los riesgos aceptados y diferenciarlos de los que no lo están, hay que fijar el nivel de protección (representado por la línea quebrada). Así, uno de los indicadores de la ‘probabilidad’ es la utilización del término ‘Categoría’ para indicar los accidentes que pueden suceder en una central nuclear con una cierta probabilidad de ocurrencia y se clasifica en función de la gravedad del accidente y de la naturaleza y cantidad del material radiactivo que se libera al exterior. Cabe citar también, que en Estadística se utiliza el ‘periodo de retorno’, el cual se aplica para suponer acerca de la probabilidad de que un accidente se produzca o vuelva a producirse.

EVALUACIÓN DE RIESGOS	
PUNTOS FUERTES	PUNTOS DÉBILES
<ul style="list-style-type: none"> - Control de procesos: para evitar que los fallos y las catástrofes acontezcan. - Se trata de trabajar con la hipótesis de fallo cero, es decir, calidad total. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se mueve en la ‘amplitud’ de la Teoría del caos: Sistemas con infinitos grados de libertad, de lo cual se deduce que un fallo es inevitable. - No se puede tener una seguridad absoluta de que no ocurra una catástrofe. - La decisión de adoptar unas determinadas técnicas de seguridad, puede ser subjetiva.

Cuadro: María García Añón

A continuación lo aplicamos a los dos combustibles aquí tratados.

3.1. Riesgos y evaluación de medidas en la utilización de combustibles fósiles

- En España, el Centro de Desarrollo de Tecnologías de Captura de CO₂, lleva a cabo la oxicomustión, a través de la ignición realizada con oxígeno y no con aire, de forma que los gases están constituidos por CO₂ y agua, pudiéndose separar de forma sencilla. Otras técnicas son la precombustión, en combinación con procesos de gasificación del carbón; y la postcombustión en la que el CO₂ se separa de los gases generados tras la quema convencional de los combustibles fósiles.

- Las tres R: Reducir (evitar envases innecesarios), Reutilizar (volver a usar), Reciclar (tratamiento y vuelta al ciclo productivo), supuso la recuperación de basura evitando la emisión de toneladas de CO₂ (en España en 2006, la recuperación del vidrio equivalió a 1.008.000 toneladas de materias primas).

- Pero subsisten actividades difíciles de controlar, como el transporte aéreo que incrementa los GEI y que incluso, no están regulados por el Protocolo de Kioto (excepto la UE que, a partir del año 2011, se planteó incluir sus vuelos internos en el comercio de emisiones). Así, el consumo de cada vuelo atlántico es de 60.000 litros de combustible, equivalente al utilizado por un utilitario a lo largo de 50 años (World-Watch Institute, 2007). Además, hay empresas que ofrecen cheques-regalo para

cubrir de 1 a 9 toneladas de CO₂ por parte de cada persona, compensando un viaje en avión con esta compra que va destinada a financiar proyectos, por ejemplo, de producción de energías renovables.

Para intentar frenar el cambio climático, conviene ceñirnos a plantear el siguiente panorama de lo que pueden ser los riesgos y efectos de: a) poner en marcha mecanismos que corrijan la situación actual; b) en el caso de que no se implemente ninguna medida correctora; c) se adopten insuficientes medidas correctoras.

A) SE IMPLEMENTAN MEDIDAS CORRECTORAS

- Los países podrán intentar mantener su desarrollo económico, pero siempre, integrando mecanismos de protección del entorno y, en materia de emisiones contaminantes de GEI, adoptando medidas correctoras eficientes, por medio de instrumentos jurídicos y económicos, y tecnologías limpias.

- En un estudio realizado por A. Myrick Freeman en 1979 para el Council on Environmental Quality y posteriormente revisado en 1982, establece que los beneficios del control de la contaminación atmosférica abarcan los ámbitos de salud, vegetación, suciedad producida por la contaminación y limpieza, materiales, valor de inmuebles, control de contaminantes hídricos, efectos del ozono en la agricultura. A estos indicadores de efectos, podríamos añadirles otros de tipo social como por ejemplo, repercusiones laborales.

B) NO SE IMPLEMENTAN MEDIDAS CORRECTORAS

- La modificación del clima por emisiones de CO₂ y similares, puede aumentar la temperatura media del mundo hasta 4° C en los próximos 100 años, extendiéndose la desertización y las sequías e imposibilitando el cultivo de alimentos, alterando los ciclos biológicos y amenazando con la extinción del 40% de las especies, la acidez de los océanos y la escasez de agua potable.

- El riesgo de que aumente la escasez de agua potable, se agrava aún más, en la situación actual: cerca del 97% del agua de nuestro planeta es salada, el 2% es hielo y sólo el 1% cubre nuestras necesidades, habiendo más de 1.000 millones de personas en el mundo que no tienen acceso al agua potable, lo cual generará el peregrinaje de los 'refugiados climáticos', es decir, personas que se desplazarán a otras zonas (se calculan, 200 millones de desplazados de las zonas ecuatoriales), bien en busca de esta agua o porque las zonas a nivel del mar resulten inundadas (el nivel del agua ha subido 3,1 mm. por año entre 1993 y 2003), siendo los países pobres los que van a pasarlo peor (García Añón, 2008).

- Aumento del nivel del mar debido al deshielo de glaciares (la superficie del Ártico, desde 1978, pierde cada década un 7,4% de su superficie helada). Desde 1961, ya ha venido subiendo unos 0,8 mm. por año, y se prevé que para el año 2100 se incremente de 0,19 a 0,58 metros, con el riesgo de inundar las zonas costeras, pequeñas islas y atolones, fundamentalmente, de los Océanos Pacífico e Índico.

- Aumento no homogéneo, o descenso, de las precipitaciones entre un 5% y un 10%. Intensidad de los ciclones tropicales.

- Incremento del riesgo de enfermedades infecciosas; etc. (Informes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático, 2001, 2006, 2007).

C) SE IMPLEMENTAN MEDIDAS CORRECTORAS, PERO NO SON SUFICIENTES PARA ALCANZAR LAS METAS

- En cuanto al cumplimiento por parte de España del Protocolo de Kioto, la Unión Europea -que se había fijado la reducción de emisiones del 8% entre los años 2008 y 2012 (respecto a las emisiones de 1990)- permitió a España aumentarlas el 15% con objeto de que equiparase su desarrollo al de otros países comunitarios, incluso, si pagaba derechos de emisión, podía llegar al 37%. Pero aún así, en España, según el Inventario de gases de efecto invernadero (Secretaría de Estado de Cambio Climático, 2011) en el año 2009, la Emisión Bruta de GEI (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆), dio un total de 367.543,33 Kilotoneladas (Gg) equivalentes de CO₂, de las cuales 296.942,36 corresponden a CO₂. Asimismo, las variaciones de los gases CH₄ y el CO₂, evolucionaron al alza con incrementos respectivos entre 1990 y 2009 del 38,3% y del 31,5%, mientras que los HFC crecieron en un 58,5%. Por sector de actividad, los incrementos más notables se registran en el tratamiento de residuos, en el uso de disolventes y otros productos y en el procesado de energía, resultando en la comparación de 2009 respecto al año 1990 incrementos del 112,6%, del 41,1% y del 34,7% respectivamente, lo que se aleja del objetivo del Protocolo de Kioto para antes del año 2050, de reducir a la mitad las emisiones mundiales respecto a los niveles de 1990.

3.2. Riesgos de la utilización de combustibles nucleares

En la Reunión del G8 llevada a cabo el 26 de mayo de 2011, se trató el accidente nuclear de Fukushima y se acordó imponer un protocolo de seguridad nuclear, y el Presidente francés Sarkozy comentó que “no existe reemplazo por el momento para la nuclear”, razón por la cual el G8 se propone dotar de controles de seguridad más estrictos a fin de imponerlos a los países que tengan centrales nucleares. Parece como si ningún accidente o desastre nuclear, fuera capaz de frenar la proliferación de centrales y de hecho, los grupos de presión favorables como el Foro de la Industria Nuclear, solicitan la concesión de autorizaciones para la apertura de nuevas centrales, a medida que termine su vida útil (de aproximadamente, 40 años), alegando el aumento de la demanda de energía nuclear, la cual defienden como una alternativa a los problemas del elevado coste del carbón y del petróleo y de sus efectos negativos por las emisiones de GEI.

Entre los riesgos de producción de esta energía, podemos citar:

- Los reactores nucleares son peligrosos y hasta los modernos, pueden sufrir accidentes, con consecuencias de daños como la pérdida de vidas humanas, lesiones corporales y perjuicios materiales. La amenaza de un accidente en una central nuclear, es constante, lo cual genera incertidumbre basada entre otras posibilidades, en el ‘periodo de retorno’.

- Añadir que los efectos de la radioactividad nuclear se mantienen durante muchos años. Teniendo en cuenta que la vida media es el tiempo en el que la mitad de los átomos de un elemento radiactivo decaen, la del plutonio-238 es 87,7 años, la del plutonio-239 es 24.100 años y la del plutonio-240 es 6.560 años (García Añón, María, 1983). Por ello, las consecuencias de un accidente nuclear, pueden tener efectos a corto, medio y largo plazo (1 año, 5 años o más años, respectivamente), lo que queda superado en miles de años por los citados ejemplos del plutonio.

- Accidentes como el de Chernóbil y Fukushima, provocan un efecto irreversible debido a la imposibilidad o dificultad extrema para recuperar la situación anterior al accidente nuclear en los lugares que sufrieron los impactos más graves. Asimismo, al carecerse de mecanismos de eliminación de la contaminación radiactiva ya extendida, permanece en las zonas afectadas con efectos permanentes o temporales dependiendo del material radiactivo liberado. Por lo dicho, los accidentes citados, han causado un impacto ambiental crítico, de magnitud superior al umbral aceptable y con una pérdida permanente de las condiciones del entorno más afectado.

- Cabe recordar que el accidente de Chernóbil, causó sólo en Ucrania, más de 8.000 muertes y 12.000 personas quedaron seriamente afectadas por la radiación que perdurará durante varias generaciones; resultaron contaminados más de 160.000 kilómetros cuadrados de tierra y 375.000

personas no pudieron regresar a sus hogares; y además, multiplicó por diez los casos de cáncer de tiroides en Centroeuropa. Respecto al de la central de Fukushima, se estima que fueron desplazadas unas 600.000 personas y más de 150.000 obligadas a evacuar la zona próxima de exclusión; al menos llevará diez años el desmantelar los reactores de la central nuclear de Fukushima; y entre otras pérdidas económicas, está la exportación de alimentos, ya que la Unión Europea impone unas condiciones especiales para la importación de alimentos desde Japón (a las que se suman países como Corea del Sur, China y Estados Unidos), según especifica la Reglamentación 351/2011 aprobada el 11 de abril de 2011.

- En cuanto al problema de los residuos radiactivos, no existen soluciones sostenibles para su almacenamiento, además de tener un riesgo en su seguridad y exponerse al posible rechazo de la población donde son implantados los cementerios.

4. REFLEXIÓN FINAL

A) UTILIZACIÓN DE INSTRUMENTOS ECONÓMICOS Y REGLAMENTARIOS

Una política en materia de Energía que tenga como objetivo la sostenibilidad, precisa de la aplicación conjunta de Instrumentos Reglamentarios y Económicos para conseguir una mayor eficiencia, ya que se fortalecen mutuamente y al mismo tiempo, pueden corregir efectos perversos de mercado e influir positivamente sobre la innovación de tecnología limpias. Ambos, son empleados como medidas institucionales destinadas a influir directamente en la utilización de la Energía y también son una alternativa para corregir directa o indirectamente, malas prácticas que impiden el Desarrollo Sostenible.

a) *Los Instrumentos Económicos* reflejan la voluntad política respecto a potenciar y respaldar la utilización de combustibles fósiles, o de combustibles nucleares, o de energías alternativas, es decir, son herramientas políticas, que se benefician de los principios de mercado para alcanzar sus objetivos.

INSTRUMENTOS ECONÓMICOS	
PUNTOS FUERTES	PUNTOS DÉBILES
<ul style="list-style-type: none"> - Permiten una mayor flexibilidad en su aplicación, reducción significativa de los costes, dejando a los contaminadores la elección de los medios más apropiados para alcanzar la norma prescrita. - Suponen una incitación para reducir la contaminación con la aplicación de nuevas técnicas y procesos de fabricación y productos más limpios. 	<ul style="list-style-type: none"> - El ciudadano puede creer que está permitido contaminar si se tiene dinero para pagarlo. En todo caso, las indemnizaciones por daños o similares, son frecuentemente insuficientes ya que ni se abonan todas las externalidades, ni existen seguros ilimitados. - Otra de las percepciones que puede tener el ciudadano, es la de terminar pagando todos los costes de la energía, sea o no 'verde', ya que el empresario repercute cualquier medida en el precio al consumidor, bien sea de descontaminación, de creación o de parón nuclear. Así, aunque se utilice un mix de energía nuclear, renovable y combustibles fósiles, el usuario ha de enfrentarse a continuas subidas del recibo de la luz.

Cuadro: María García Añón

b) *Los Instrumentos Reglamentarios*, se basan en la normativa existente que regula una determinada Política Pública relacionada con el Medio Ambiente. Se sitúan en el marco de lo que la ley permite o prohíbe hacer, siendo un referente obligado para el desarrollo e implementación de dicha política, toma de decisiones y su Evaluación.

INSTRUMENTOS REGLAMENTARIOS	
PUNTOS FUERTES	PUNTOS DÉBILES
<ul style="list-style-type: none"> - Ofrecen marcos claros de información y bases para su aplicación. - Protegen intereses públicos y privados en su relación con el Medio Ambiente. - En el ámbito internacional, unifican criterios de aplicación y compromiso de cumplimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Su eficacia económica es reducida por lo que requieren de los instrumentos económicos sin los que no pueden ser incitativos.

Cuadro: María García Añón

B) UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

- Existe la alternativa de incrementar hasta un 20% el consumo de energía de origen renovable (eólica, solar, biomasa, minihidráulica, geotérmica, biogás, biocarburantes, energía de las olas y de las mareas) (García Añón, 1990) para el año 2020.

- Las nuevas tecnologías ya cuentan con medidas para bajar los picos de consumo que generan gases de efecto invernadero desarrollando medidas preventivas, como por ejemplo, la instalación de aislamientos térmicos en las fachadas de los edificios, biocombustibles, etc, pero fundamentalmente, el desarrollo de las energías alternativas. Sobre estas últimas, cabe citar que la electricidad proporcionada por etanol, ya está produciendo guerras comerciales derivadas de los nuevos productores de este combustible extraído del maíz (Brasil, China), además del uso de gran cantidad de agua que exige su riego, el peligro del monocultivo en detrimento de otras especies de cultivo y el encarecimiento de productos derivados que grava a los más pobres (las tortillas de México que sirven de alimento básico a 40 millones de pobres del país y cuya subida en el precio ha sido provocada por el aumento de la demanda de maíz a nivel internacional para ser utilizado como combustible).

- Por otra parte, los gigantes económicos saben amoldar perfectamente sus intereses a los cambios que se producen en todo sentido, valga como ejemplo, el Foro Económico Mundial de Davos de 2007 en que los representantes de las compañías norteamericanas General Electric, Alcoa y Duke Energy Corporation (exceptuando Exxon), apostaron por las energías renovables, convencidos de que no iban a afectar negativamente a su economía, aunque al mismo tiempo, defienden la energía nuclear y la expansión hacia América Latina como productora de biocombustibles, lo cual también serviría para reducir la dependencia del petróleo de Estados Unidos.

- Asimismo, la industria ha comprobado que las energías renovables que ofrece la naturaleza, también le producen elevados beneficios: el crecimiento de aprovechamiento mundial de la eólica, es de un 26% y de la solar un 41%.

De una forma rápida, hemos visto algunos problemas de ciertas fuentes de energía cara a su utilización, con sus puntos fuertes y sus puntos débiles: ello es totalmente válido para que tras su evaluación decidamos o aceptemos escoger una u otra o estudiar la forma más eficiente de combinarlas. Frente a estas opciones, no conviene aceptar posturas que se decantan por alguna específica, bien por intereses materiales o de otro tipo, como los que encumbran a científicos con intereses predeterminados y que nada tiene que ver con la objetividad en la que debe basarse la Ciencia.

BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA EN LA MATERIA

ARMENGOL Y BUTRÓN DE MÚJICA (1992): Evaluación Económica de los Costes y Beneficios de la Mejora Ambiental (contiene A. Myrick Freeman: "Panorámica de las Metodologías de Valoración"). Edit. Servicio de Planes y Programas. Dirección General de Planificación. Agencia de Medio Ambiente. Sevilla.

- BAMBERGER, M. (1995): "The Politics of Evaluation in Developing Countries", in Rist, Ray C. (ed.): Policy Evaluation. Linking Theory to Practice. The International Library of Comparative Public Policy. University Press. Cambridge.
- BARDE, J.P. (1990): Economic Instruments for Environmental Protection. Past Experience and Future Trends. Rome.
- BOER, B. (1995): "Implementation of International Sustainability Imperatives at a National Level". In Ginther, Konrad; Denters, Erik; Waart, Paul J.I.M.: Sustainable Development and Good Governance. Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht (The Neetherlands).
- BRUNDLAND, G.H. et al (1987): Our Common Future. WCED.
- CARLIN, A. (1992): "The United States Experience with Economic Incentives to Control Environmental Pollution". United Estates Environmental Protection Agency. Economic Analysis and Innovations Division: Office of Policy, Planning and Evaluation.
- FELDMANN, F. (1992): Guía de la Ecología. Para entender y vivir mejor la relación hombre-naturaleza. Guías Abril. Sao Paulo, 1992.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1983): Desde la Fosa de la Muerte. Informe sobre Vertidos Radiactivos en el Mar. Ediciós do Castro. A Coruña.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1988): "La Política de la CEE en Materia de Medio Ambiente ¿Una Política Integradora?". Boletín del Centro de Documentación Europea de Galicia. Vol. nº 1. Edit. Centro de Documentación Europea. Universidad de Santiago de Compostela (USC). Santiago.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1988): "Algunos Aspectos Económicos y Jurídicos de la Política Medioambiental". Dársena, nº 0, Vol. 0. Edit. Universidad Nacional de Educación a Distancia. La Coruña.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1990): "El Papel de las Ecotecnologías en las Políticas Medioambientales". En Koniacki, Dieter y otros: Reflexiones sobre el Medio Ambiente. Fundación Friedrich Ebert. Madrid.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1992a): Políticas Públicas do Medio Ambiente e Calidade de Vida. Edit. Fundación Universitaria de Cultura Coordinadas. Lugar de publicación: Santiago.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1992b): "Las Barreras de las Empresas ante la Adopción de Instrumentos Económicos en Materia de Medio Ambiente (Ecoimpuestos)". En Empresa y Ciencia Política. Edit. Instituto de Recursos Humanos de la Universidad Complutense. Madrid.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1992c): "Política de Medio Ambiente. Instrumentos Políticos e Económicos para una Política Integradora en Materia Medioambiental". Revista Galega de Economía. Volumen: Vol. 1, nº 1. Edit. USC. Santiago de Compostela.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1993a): "Brasil: Voluntad Política e Intereses Dominantes en las Decisiones Públicas de Medio Ambiente". En Ecología, Feminismo, Desenvolvemento. Serie Documentos nº 1. Edit. Universidade Federal de Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1993b): "Decisión Política para la Implantación del Principio Utilizador Pagador en el Marco del Desarrollo Sostenible". En Perspectiva Social 33. Edit. Institut Catòlic d'Estudis Socials de Barcelona (ICSB). Barcelona.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1993): "Contradicciones entre los Nuevos Paradigmas y la Voluntad Política para Resolver Problemas Actuales". Sociedades en la Encrucijada. Edit. USC. Santiago de Compostela.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1993): "Toma de Decisión Política sobre Proxectos con Incidencia no Medio Ambiente. Avaliación de Programas Públicos". In Revista Galega de Economía. Tomo 2. Vol. 2. Santiago de Compostela.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1995a): Política del Medio Ambiente. Análisis de Parámetros Internacionales para una Política Integradora en Materia de Medio Ambiente. Instrumentos Políticos, Jurídicos, Económicos, Energéticos y Tecnológicos. Edit. USC. Santiago de Compostela.
- GARCÍA AÑÓN, M. (1995b): "A Negociación como Nexo Democrático entre Actores Institucionais e Actores non Institucionais na Implementación de Políticas Públicas". Revista Galega de Economía. Vol. 4, nº 1-2. ISSN 1132-2799. Ed. Universidade de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela.

- GARCÍA AÑÓN, M. (1996): “Instrumentos Económicos para Políticas Internacionales, Nacionales y Autonómicas del Medio Ambiente. Especial Referencia a la Ecotasa de la Comunidad Autónoma de Galicia”. Alcabala nº 1. A.C.E.E. Vol. 1. Edit. Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais da Coruña. A Coruña.
- GARCÍA AÑÓN, M. (2002a): “Turismo y Desarrollo Sostenible”. In Álvarez Sousa, Antonio. Diputación de A Coruña. Universidade da Coruña.
- GARCÍA AÑÓN, M. (2002b): “Resumen de Evaluación de la Educación en Materia de Medio Ambiente”. In López Iglesias, E.; Ares Fernández, J.J. (eds.): Novos Escenarios para a Economía Galega. (II Congreso de Economía de Galicia).
- GARCÍA AÑÓN, M. (2002c): A ‘Avaliación’ e os Instrumentos Económicos en Materia de Políticas Públicas do Medio Ambiente. Referencia ó Protocolo de Kioto. Revista Galega de Economía. Universidade de Santiago de Compostela.
- GARCÍA AÑÓN, M. (2003): Diccionario de Sociología (2003). ESIC. Madrid.
- GARCÍA AÑÓN, M. (2004): La Agenda 21 Local. Proceso y Evaluación. Revista Galega de Economía. Universidade de Santiago de Compostela.
- GARCÍA AÑÓN, M. (2005): “Políticas Públicas Locales y Turismo residencial. Universidad de Córdoba.
- GARCÍA AÑÓN, M. (2006): “Evaluación: Teoría y práctica; presente y futuro”. Sociedad Española de Evaluación. Sevilla.
- GARCÍA AÑÓN, M. (2007): Evaluación de Políticas en materia de Cambio Climático CIS. Madrid.
- GARCÍA AÑÓN, M. (2008a): Políticas Públicas en materia de gestión sostenible del agua: Evaluación de los Principios Contaminador-Pagador y Usuario-Pagador. Encuentros Multidisciplinares. Madrid.
- GARCÍA AÑÓN, M. (2008b): Evaluación de Políticas Públicas y nueva Ley de Agencias estatales para la mejora de los servicios públicos. UNED. A Coruña
- GUGGENHEIM; AL GORE (2006): An Inconvenient Truth. Paramount Pictures.
- HAHN, R.W.; HESTER, G.L. (1989): “Marketable Permits: Lesson for Theory and Practice”. Ecology Law Quaterly. Vol. 16.
- KNOWLES, R.A. y otros (1986): Etude des Liens entre l’Environnement et l’Economie. Ministre des Approvisionnements et Services Canada. Ottawa. Canada
- LANG, T.; HINES, C. (1996): El Nuevo Proteccionismo. Ed. Ariel S.A. Barcelona.
- MÄLER, K.G.; WYZGA, R.E. (1976): La Mesure Economique des Dommages dans le Domaine de l’Environnement. OCDE. Paris.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO. Secretaría de Estado de Cambio Climático. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Unidad de Información Ambiental Estratégica. Madrid (2010): Gases de Efecto Invernadero de España 1990-2009: Sumario Edición 2011.
- MOHR, L.B. (1995): Impact Analysis for Program Evaluation. SAGE Publications Inc. Newbury Park, California.
- MONNIER, E. (1992): Évaluation de l’Action des Pouvoirs Publics. Ed. Economica. Paris. Nas, Tevfik F. (1996): Cost-Benefit Analysis. Theory and Application. SAGE Publications Inc. Newbury Park, California.
- OCDE (1975): Le Principe Pollueur Payeur. Définition, Analyse, Mise en Oeuvre. OCDE. Paris.
- OCDE (1997): Modes de Consommation et de Production Écologiquement Viabes. OCDE. Paris.
- OCDE (1997): Le Développement Durable. Stratégies de l’OCDE pour le XXIe siècle. OCDE. Paris.
- OCDE (1997): Mondialisation Économique et Environnement. OCDE. Paris.
- OCDE (1999): Changement Climatique: Les Politiques Nationales et le Protocole de Kioto. OCDE, Paris, 1999.
- OCDE (2001): Perspectives de l’Environnement de l’OCDE. OCDE. Paris.
- OPSCHOOR, J.B.; VOS, H.B. (1989): Instruments Economiques pour la Protection de l’Environnement. OCDE. Paris.
- PEARCE, D.; MARKANDYA, A. (1989): L’Evaluation Monétaire des Avantages des Politiques de l’Environnement. OCDE. Paris.

- PEARCE, D.; WHITTINGTON, D.; GEORGIU, S.; JAMES, D. (1994): *Évaluation des Projets et Politiques: Intégrer l'Économie et l'Environnement*. OCDE. Paris.
- RIST, R.C. (ed.) (1995): *Policy Evaluation. Linking Theory to Practice*. The International Library of Comparative Public Policy. University Press. Cambridge.
- ROSS, P.; AVEROUS, C.; LINSTER, M. y otros (1991): *Environmental Indicators - Indicateurs de l'Environnement. A Preliminary set - Une Etude Pilote*. OECD. Paris.
- ROSSI, P.H.; FREEMAN, H.E. (1993): *Evaluation A Systematic Approach*. Sage Publications. Newbury Park. California.
- SMITH, S.T.; VOS, H.B. (1997): *Évaluer les Instruments Économiques des Politiques de l'Environnement*. OCDE. Paris.
- UNIÓN EUROPEA (2000): *Libro Verde 08.03.2000 COM (00)87. Libro Verde sobre el Comercio de los Derechos de Emisión de Gases de Efecto Invernadero en la Unión Europea*.
- WERKSMAN, J. (1992): "Trade Sanctions under the Montreal Protocol". *Review of European Comunitary & International Environmental Law*. Vol 1, n° 1. London.
- WORLD-WATCH INSTITUTE (2007): *Signes Vitals 2007-2008*. Ed. UNESCO CAT. Washington.