

Ciencia, precaución y evaluación de riesgos¹:

hacia un debate más constructivo

Andrew Stirling
Science and Technology Policy Research Unit-SPRU
University of Sussex

1. Introducción

Hay pocos temas tan importantes (o discutidos) en las políticas públicas actuales sobre riesgos como el principio de precaución. Aplicado por primera vez en la política ambiental alemana (Boehmer-Christiansen 1994), durante mucho tiempo los ecologistas lo han apoyado mientras que las industrias a las que ellos atacaban se oponían a su aplicación (Raffensberger & Tickner 1999). Ahora sus múltiples versiones proliferan en distintas declaraciones internacionales (Trouwborst 2002), jurisdicciones nacionales (Fisher 2002) y áreas de políticas públicas (De Sadeleer 2002). De ser uno de los hilos conductores de la política ambiental comunitaria (CEC 2002), ha pasado a ser un principio general del derecho comunitario (Vos & Wendler 2006). Su influencia ha pasado de la regulación de riesgos medioambientales, tecnológicos y para la salud a la más amplia gestión de la ciencia, la innovación y el comercio (O’Riordan & Cameron 1994). A medida que ha ido creciendo su ámbito de aplicación, también ha ido adquiriendo visibilidad y autoridad (Harding & Fisher 1999).

Una de las primeras definiciones clásicas incluye de manera clara sus rasgos característicos invariables. Según el Principio 15 de la Declaración de Río: *“Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el principio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño*

¹ Este trabajo ha sido publicado con la autorización del autor y de EMBO (European Molecular Biology Organization). El texto fue publicado con el título original “Risk, precaution and science: towards a more constructive policy debate”, en 2007, en el número 4 de la revista *EMBO Reports* (Vol 8, nº 4, 309-315) Traducción de Pablo Salvador López y revisión de Carolina Moreno Castro.

grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.” (UNCED 1992) Este requerimiento, que justifica la toma de medidas contra el daño al entorno ambiental aun cuando no haya certeza científica, ha provocado una amplia variedad de reacciones negativas (Sand 2000). Algunas de las principales críticas tienen que ver con estos argumentos (O’Riordan *et al.* 2001):

- Hay técnicas científicas válidas de evaluación de riesgos que ya ofrecen un conjunto completo y racional de “reglas de decisión” para elaborar políticas públicas (Byrd & Cothorn 2000);
- Los enfoques basados en la ciencia son una base robusta y operativa en la práctica para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre (Morris 2000);
- El principio de precaución no sirve como base de reglas de decisión operativas de este tipo (Peterson 2006);
- El principio de precaución sólo tiene importancia práctica en la gestión del riesgo, no en su evaluación (CEC 2000);
- Si se utiliza en la evaluación, el principio de precaución podría llevar a desestimar técnicas de evaluación de riesgos útiles y bien establecidas (USDA 2000);

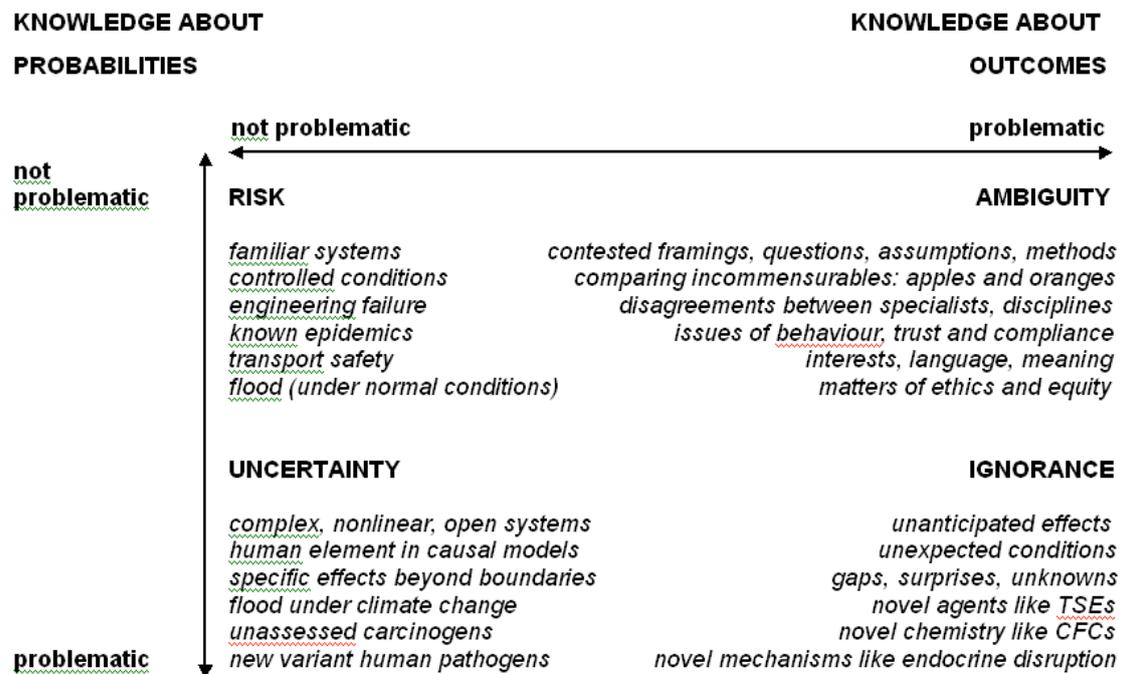
Cada una de estas críticas conlleva un conjunto de presunciones firmes acerca de: *(i)* la naturaleza y estatus de la racionalidad científica y el rigor; *(ii)* el alcance y las características de la incertidumbre; *(iii)* la aplicabilidad y los límites de la evaluación de riesgos; y *(iv)* las implicaciones concretas de la precaución en todos estos aspectos. Con el propósito de contribuir a un debate sobre las políticas públicas más positivo y medido acerca de estos temas, este capítulo repasará brevemente cada uno de estos argumentos principales. Al mismo tiempo, explorará maneras más constructivas de satisfacer simultáneamente los imperativos de robustez, racionalidad, rigor y precaución.

2. ¿Cómo es de racional y rigurosa la evaluación del riesgo?

Entre las diversas complejidades, la mayoría de las críticas al principio de precaución se basan en una comparación desfavorable con los métodos “científicos válidos” (*sound scientific*) ya establecidos en la gestión del riesgo. Estos incluyen una gama de técnicas de evaluación cuantitativas del riesgo basadas en conocimiento experto, que utilizan varias formas de experimentación y modelización científica, teoría estadística y de la probabilidad, análisis coste-beneficio y teoría de decisiones y los métodos bayesianos y de Monte Carlo. Se asume (a menudo implícitamente) que estas técnicas convencionales “basadas en la ciencia” ofrecen una base rigurosa completa en la que informar de la toma de decisiones (Byrd & Cothorn 2000). De manera especial se sostiene que ofrecen reglas de decisión que son aplicables, apropiadas y completas (Peterson 2006). Si se analizan las fortalezas y debilidades relativas del principio de precaución, se debería prestar la misma atención a estas afirmaciones a favor de los enfoques convencionales de la evaluación de riesgos.

Todos estos enfoques de la evaluación del riesgo “basados en la ciencia” se sustentan en la articulación de dos parámetros fundamentales; que son reducidos a un concepto agregado de riesgo. En primer lugar, está aquello que podría ocurrir: “amenazas”, “posibilidades” o “resultados”. En segundo lugar, está la probabilidad asociada a cada uno de estos peligros. El conocimiento de cualquiera de estos dos parámetros puede ser alternativamente completo o problemático. Como se ve en la Figura 1, esto genera cuatro permutaciones lógicas de los estados posibles del conocimiento incompleto (Stirling 1999), que por supuesto no son discretos ni mutuamente excluyentes, y en el mundo real suelen darse juntos en distintos grados. Sin embargo, al distinguir sus diferentes características, podemos esclarecer de manera importante la aplicabilidad de los métodos de evaluación alternativos. Habitualmente, cada una de estas condiciones se aborda fundamentalmente con la misma batería de técnicas y se cuantifican y agregan los diferentes resultados y se multiplican por sus probabilidades respectivas para conseguir una única imagen reduccionista del “riesgo”.

Figure 1: contrasting states of incomplete knowledge, with schematic examples



La Figura 1 cita ejemplos que ilustran áreas en las que cada uno de estos cuatro estados de conocimiento lógicamente posibles puede presentarse en la toma de decisiones. Como puede verse, hay muchos campos de importancia en los que la aplicabilidad esperada de la experiencia pasada o la fiabilidad de los modelos científicos pueden generar una gran confianza en la calidad del conocimiento en lo concerniente tanto a los diferentes resultados posibles como a sus respectivas probabilidades. En el sentido científico estricto del término, esta es la definición formal del riesgo. Es en estas condiciones cuando las técnicas convencionales de evaluación de riesgos ofrecen un acercamiento científicamente riguroso. Sin embargo, lo que también está claro en la Figura 1 es que esta misma definición formal de riesgo implica que hay estados más difícilmente tratables de incertidumbre, ambigüedad e ignorancia. Estos están directamente relacionados con el concepto convencional del riesgo, pero describen un abanico de circunstancias que las técnicas reduccionistas de la evaluación del riesgo sencillamente no son aplicables.

Así pues, siguiendo la definición estricta de la Figura 1, en situación de incertidumbre podemos estar seguros de nuestra caracterización de los diferentes resultados posibles, pero sin que la información disponible o los modelos analíticos que ofrezcan una base definitiva para asignar probabilidades (Knight 1921; Keynes 1921; Rowe 1994). Es en estas condiciones, citando al prestigioso teórico de la probabilidad de Finetti, “la probabilidad no existe” (1974). Por supuesto, que podemos realizar juicios subjetivos y utilizarlos como base para el análisis sistemático (Luce & Raiffa 1957; Morgan *et al.* 1990). Pero el reto de la incertidumbre es que estos juicios pueden adoptar un número diferente (e igualmente probable) de formas (Wynne 1992). Por lo tanto, más que reducirlas a un único valor esperado o a una recomendación prescriptiva, el enfoque científicamente riguroso es reconocer el carácter abierto de una variedad de posibles interpretaciones. En todo caso queda claro que, en condiciones de incertidumbre, los intentos de forzar una única descripción agregada del riesgo no son ni racionales ni “basados en la ciencia”.

En la situación de ambigüedad ilustrada en la Figura 1, lo problemático no son las probabilidades, sino la propia caracterización de los resultados. Esto puede darse incluso en acontecimientos que son inevitables o que ya han tenido lugar. Puede no haber acuerdo, por ejemplo, respecto a la selección, partición, combinación, medida, priorización o interpretación de resultados (Wynne 2002; Stirling 2003). Se pueden ver ejemplos en las decisiones sobre las preguntas adecuadas que hay que plantear en la regulación: “¿es esto seguro?”, “¿suficientemente seguro?”, “¿aceptable?” o “¿la mejor opción?”. De la misma manera, en la regulación de los alimentos modificados genéticamente se plantean ambigüedades acerca de los criterios de daño que se enfrentan, sean ecológicos, agronómicos, de seguridad, económicos o sociales (Grove-White *et al.* 1997; Levidow *et al.* 1998; Stirling & Mayer 1999). ¿Cómo podemos comparar estas “peras y manzanas”: distintas formas de daño; impacto entre los trabajadores o el público; niños o adultos; generaciones actuales o futuras; humanos o no-humanos? Cuando nos encontramos con estas cuestiones sobre “certezas contradictorias” (Thompson & Warburton 1985), trabajo premiado con el Nobel, de la Teoría de la Elección Racional ha demostrado que el análisis sin más es incapaz de asegurar respuestas definitivas (Arrow 1963; Kelly 1978; MacKay 1980).

Por lo tanto, cuando hay ambigüedad, la reducción del riesgo a una única descripción “científicamente razonable” tampoco es ni rigurosa ni racional (Collingridge 1982; Bonner 1986).

Por último está la situación de ignorancia. En esta no se puede caracterizar del todo ni las probabilidades ni los resultados (Keynes 1921; Loasby 1976; Collingridge 1980). Cuando “no sabemos qué es lo que no sabemos” (Wynne 1992; 2002), siempre pende la amenaza de la “sorpresa” (Brooks 1986; Rosenberg 1996). La diferencia con la incertidumbre es que esta se concentra en parámetros conocidos y acordados (como la carcinogenicidad o el daño por inundaciones). La diferencia con la ambigüedad es que los parámetros de la ignorancia no son sólo discutibles, sino también, por lo menos en parte, desconocidos. Algunos de los temas medioambientales más importantes han planteado problemas que eran (en sus comienzos) precisamente de este tipo (Funtowicz & Ravetz 1990; Faber & Proops 1994). En los comienzos de la investigación del agujero de la capa de ozono (Farman 2001), de la Encefalopatía Bovina Espongiforme (Van Zwanenberg & Millstone 2001) y de las sustancias químicas disruptoras endocrinas (Thornton 2000), por ejemplo, el problema inicial no era tanto las opiniones divergentes de los expertos o los errores respecto a las probabilidades, sino la simple y llana ignorancia acerca de las posibilidades. Una vez más, es irracional intentar hacer pasar a la ignorancia por riesgo.

La imagen resumida en la Figura 1 es por lo tanto intrínseca a la definición científica del riesgo y por lo tanto difícil de refutar en esos términos. La evaluación del riesgo ofrece una poderosa serie de métodos en situaciones estrictas de riesgo. Pero estos métodos sencillamente no son aplicables en las condiciones de incertidumbre, ambigüedad e ignorancia. Aunque a veces se intenta suavizar estas distinciones mediante un uso interesado de la terminología, las insalvables diferencias siguen existiendo. Contrariamente a la impresión que se da en las manifestaciones a favor de la evaluación de riesgos “basada en la ciencia”, la adhesión persistente a estos métodos reduccionistas, en condiciones que no sean las de situación estricta de riesgo, son irracionales, acientíficas y extremadamente engañosas en potencia.

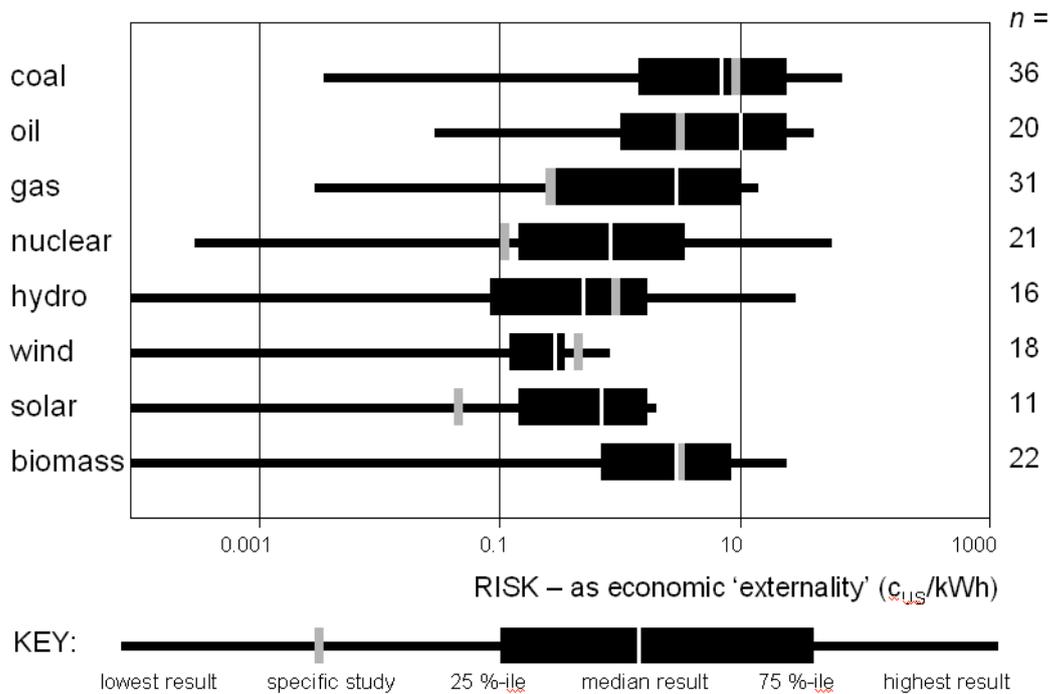
3. La evaluación del riesgo ¿es robusta en la práctica?

De estas cuestiones fundamentales relativas al rigor científico se derivan una serie de implicaciones para la robustez práctica en la toma de decisiones de la evaluación de riesgo convencional y reduccionista. En términos políticos, una expresión cuantitativa precisa del riesgo o una valoración experta con una seguridad definitiva suele tener un gran valor instrumental. Pero este tipo presiones mundanas tienen poco que ver con la racionalidad científica y pueden llevar a una gestión inadecuada de los problemas de los que ya hemos hablado. Cualquier política pública robusta debe ir más allá de estos intereses institucionales a corto plazo y abordar la eficacia real de los resultados de las decisiones. Como tal, la robustez es una función de la exactitud de los resultados de la evaluación, no de la precisión que se le atribuye. Esta cuestión de la exactitud ya es más difícil de concretar, pero se puede adquirir una idea examinando un abanico de estudios comparables. Al hacerlo, la situación que aparece es sorprendente, subrayando y combinando los retos teóricos de los que ya hemos hablado.

En ningún ámbito, los enfoques del riesgo reduccionistas basados en la ciencia más maduros, sofisticados y elaborados se utilizan en las políticas energéticas (Holdren 1982). Es donde se han producido los mayores esfuerzos durante largos periodos para realizar evaluaciones comparativas completas de toda una gama de opciones (Keepin & Wynne 1982). Sus resultados han influido en áreas de toma de decisiones como el cambio climático, la energía nuclear y los residuos nucleares. Pero, como se ve en la Figura 2, los resultados aparentemente precisos obtenidos en los estudios específicos suelen subestimar la enorme variabilidad inherente en el conjunto de la literatura (Stirling 1997; Sundqvist *et al.* 2004). En esta literatura, así como en el resto de las regulaciones químicas e industriales (Amendola *et al.* 1992; Saltelli 2001), la realidad es que los solapamientos entre rangos dan varias clasificaciones ordinales distintas en una amplia variedad de opciones enfrentadas.

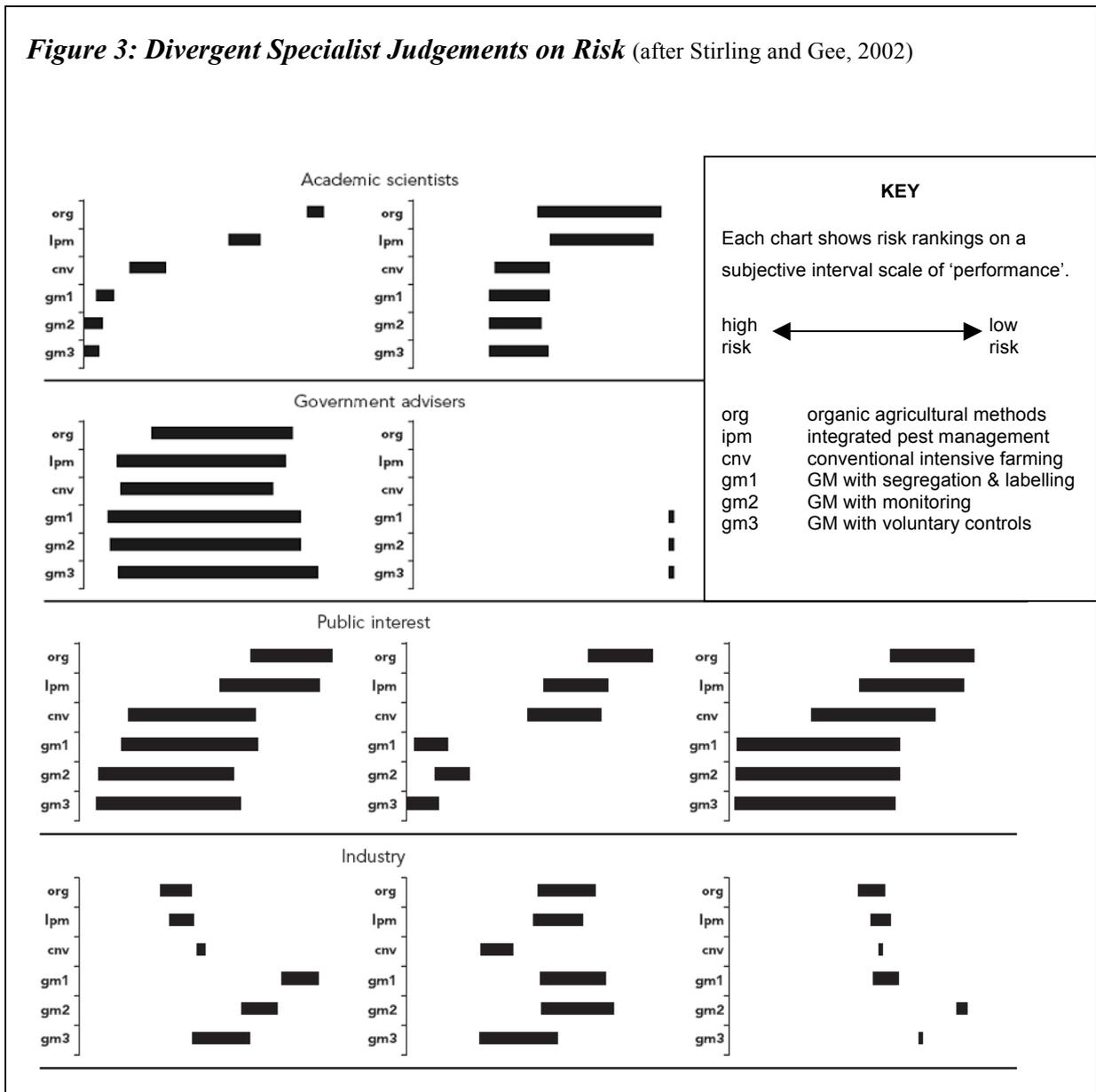
Figure 2: Practical Limits to Robustness in Risk Assessment (cf. Sundqvist et al, 2005)

(results obtained in 63 detailed risk- and cost-benefit comparative studies of electricity supply risks)



Estos resultados no se limitan al análisis cuantitativo formal. La Figura 3 muestra la diversidad de las valoraciones de distintos expertos que asesoraban al gobierno británico acerca de la regulación de los transgénicos a finales de los años 90. Mediante el uso de un método de obtención de datos llamado “función multicriterio” (*MCM o multi-criteria mapping*) (Stirling 1997; Stirling & Mayer 1999), cada persona consultada expresa sus valoraciones en términos gráficos cuasi-cuantitativos. Los resultados revelan percepciones notablemente distintas de los méritos relativos de los transgénicos en comparación con otras estrategias agrícolas. A pesar del hecho de que los comités consultivos implicados suelen presentar sus opiniones colectivas como recomendaciones prescriptivas precisas para la elaboración de políticas, está claro que las perspectivas individuales de cada uno de los expertos que los forman muestran una diversidad significativamente mayor.

Figure 3: Divergent Specialist Judgements on Risk (after Stirling and Gee, 2002)



El motivo por el que esta clase de procedimientos “científicos válidos” (*sound scientific*) pueden generar unas percepciones tan distintas del riesgo es que las respuestas dadas en la evaluación del riesgo suelen depender del “marco” del análisis. Basada en una amplia literatura (Wynne 1987; Jasanoff 1990; Schwartz & Thompson 1990; EEA 2001), la Tabla 1 identifica una serie de factores marco para la valoración de políticas en ciencia que pueden llevar a respuestas radicalmente divergentes para preguntas en apariencia directas como las ilustradas en las Figuras 2 y 3. La idea no es

que la ciencia carezca de valor. En cualquier condición particular, los procedimientos científicos ofrecen modos importantes de hacer el análisis más sistemático, transparente, justificable y reproducible. Independientemente de los factores marco, un abanico de interpretaciones es algo que, sencillamente, no es válido. La cuestión no es que “todo vale”, sino que (en áreas complejas de análisis de decisiones) las técnicas basadas en la ciencia, como la evaluación del riesgo, rara vez generan un conjunto de resultados coherentes y robustos. Parafraseando un comentario atribuido a Winston Churchill, la idea es que la ciencia es esencial, pero que debería estar sirviendo, no mandando (*on tap, not on top*) (Lindsay 1995).

Tabla 1: Algunos factores que influyen en el marco de la evaluación científica de riesgos

Establecer un programa	Definir problemas	Caracterizar las opciones
Plantear preguntas	Priorizar temas	Establecer criterios
Decidir un contexto	Poner puntos de referencia	Establecer límites
Gestionar el tiempo	Escoger métodos	Incorporar disciplinas
Manejar incertidumbres	Reclutar expertos	Encargar investigaciones
Establecer como “prueba”	Explorar sensibilidades	Interpretar resultados

4. La precaución ¿es una regla de decisión frustrada?

¿Todo esto qué significa para el principio de precaución? Como ya hemos dicho, las críticas del principio de precaución se suelen basar en comparaciones desfavorables con los métodos “científicos válidos” convencionales de evaluación del riesgo. Hasta aquí se ha mostrado que, a pesar de su validez en las condiciones estrictas de “riesgo”, estas técnicas no son ni racionales, ni rigurosas, ni robustas en condiciones de incertidumbre, ambigüedad o ignorancia. Sobre esta base ya podemos ver el valor del principio de precaución como un estímulo saludable a una mayor humildad. Pero aún quedan preguntas importantes por responder. ¿La precaución ofrece un rigor mayor o menor en la formulación de reglas de decisión en situaciones

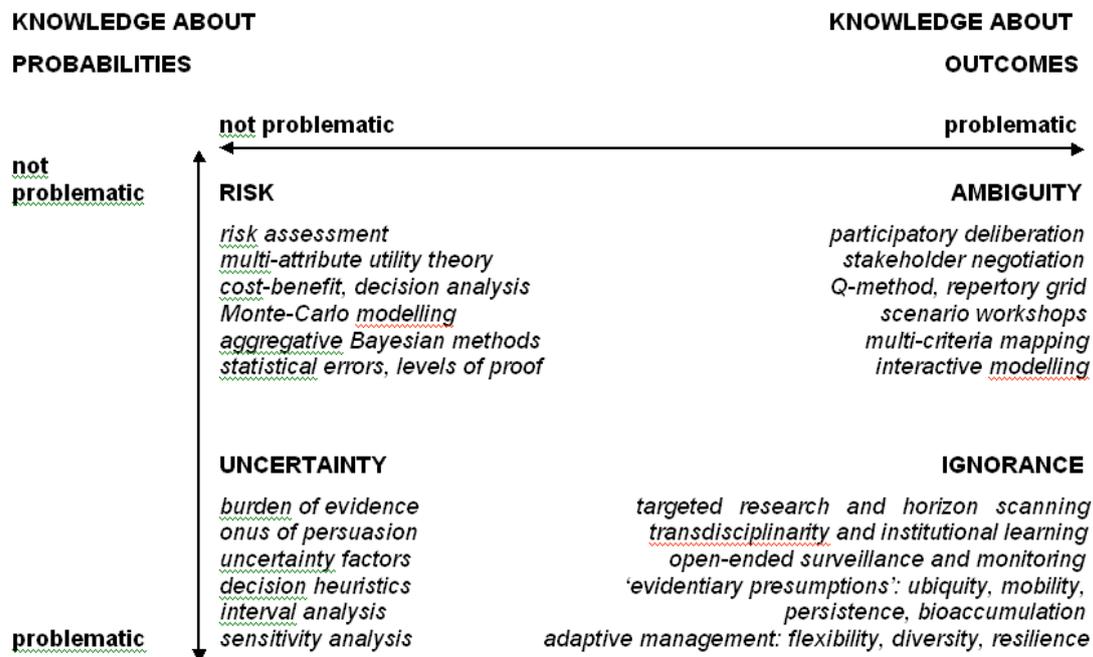
de incertidumbre? ¿De qué maneras y hasta qué grado se pueden considerar más o menos robustos que los métodos convencionales de evaluación de riesgos? Lo primero que hay que destacar es que el principio de precaución no es de ninguna manera, ni se le puede pedir serlo, una regla de decisión. Al contrario que muchas de las técnica con las que tan desfavorablemente se le compara, es (como su nombre indica) un principio general, no una metodología específica. Dicho de otra manera, no pretende ser un protocolo detallado del que se derive una comprensión de los riesgos relativos y de las incertidumbres, y mucho menos justificar decisiones detalladas concretas. En lugar de ello, ofrece una guía general normativa para que en la toma de decisiones en situaciones de incertidumbre, ambigüedad o ignorancia se conceda “el beneficio de la duda” a la protección de la salud humana y del entorno, en vez de a los intereses organizativos o económicos en competencia. Esto a su vez tiene importantes implicaciones prácticas respecto a los grados de evidencia necesarios para dar peso a un argumento, la atribución de la carga de la prueba y la asignación de responsabilidad de financiar la recogida de datos y la realización de análisis. Esto es útil por si mismo, ya que ninguno de estos son temas en los que pueda haber una postura “científicamente razonable” (*sound scientific*) previa.

Más allá de esta guía normativa amplia, las implicaciones concretas en todo el proceso del principio de precaución no son comparables con las especificaciones detalladas asociadas a metodologías científicas reduccionistas. Tras años de desarrollo, múltiples técnicas de medida cardinal de las magnitudes (así como métodos como el cálculo de probabilidades, el óptimo de Pareto y la maximización de la utilidad) están muy elaboradas y asentadas, de un modo que el concepto, más reciente, de precaución no puede ni soñar. En vez de con ellas, el principio de precaución podría compararse con los principios generales de elección racional que subyacen en estos métodos científicos más concretos. Curiosamente, estos principios subyacentes en la “ciencia racional” (*sound scientific*) rara vez son enunciados explícitamente, sino que tienden a ser implícitamente asumidos como intrínsecos a la racionalidad. Se podrían elegir como ejemplos la cuantificación de la verosimilitud mediante el uso de probabilidades, la asunción de relaciones multiplicativas entre probabilidad y magnitud, la insistencia en la universalidad de los intercambios y el

imperativo de agregar las preferencias sociales. Aunque no son sometidos al mismo escrutinio que la precaución, cada uno de estos es, como hemos visto, discutible. De hecho, en condiciones de incertidumbre, ambigüedad o ignorancia ninguno es aplicable.

Es en los estados más inabordables de “incerteza” donde el principio de precaución adquiere pleno sentido (Stirling 2003). Su valor aquí no es el de dar una regla de decisión prescriptiva concreta, ya que tal es, por definición, científicamente imposible en estas condiciones. En vez de dictar decisiones, el principio de precaución llama la atención sobre una gama más amplia de métodos no reduccionistas que eliminan falsas promesas de poder determinar científicamente las políticas públicas (Stirling & Mayer 2000). Varios de estos métodos están resumidos en la Figura 4 (Stirling 2006). La intención no es sugerir que hay una ordenada atribución de un método específico a un único estado de conocimiento concreto. El propósito es más bien ilustrar la riqueza de la variedad de alternativas de las que se dispone, una vez que se reconoce que la evaluación del riesgo no puede ser bien aplicada en los casos de incertidumbre, ambigüedad e ignorancia.

Figure 4: methodological responses to different forms of incertitude



Así pues, es bajo este enfoque que podemos apreciar como el verdadero error, como regla de decisión, no es el del principio de precaución. Al contrario, el error es aspirar a una evaluación del riesgo reduccionista y prescriptiva, “basada en la ciencia”, aplicable más allá de los estrechos límites del mismo riesgo. De hecho, si lo que queremos son simples reglas metodológicas para eliminar la necesidad de subjetividad, discusión, deliberación y política, la precaución no nos las ofrece. En su lugar nos señala una rica variedad de métodos que revela una base intrínsecamente normativa y discutible de las decisiones, y las diferentes maneras en que nuestro conocimiento es, frecuentemente, incompleto. Como “regla” de toma de decisiones, esto es a lo máximo a lo que razonablemente podemos aspirar.

5. ¿La precaución sólo tiene relevancia en la gestión de riesgos?

Lo interesante de estas implicaciones metodológicas del principio de precaución es que refutan las prescripciones, con frecuencia repetidas incluso en los

niveles más altos de elaboración de políticas (CEC 2000), de que la precaución es relevante en la gestión del riesgo, no en su evaluación. Diversos aspectos metodológicos asociados con la incertidumbre, ambigüedad e ignorancia de Figura 4 representan enfoques alternativos a la evaluación de riesgos. Por supuesto que todos pueden verse también como complementarios a la evaluación del riesgo, más que como sustitutos potenciales. Lo importante es que la insistencia en que la precaución sólo tiene que ver con la gestión de riesgos ignora totalmente su verdadero valor, el de subrayar esta diversidad de maneras posibles de recopilar conocimiento relevante.

Extraída de una amplia literatura (ESTO 1999; EEA 2001), la Tabla 2 destaca las maneras en que la comprensión política de la precaución está pasando de las nociones rígidas de ser una regla de decisión aplicable sólo en la gestión de riesgos a procesos más amplios de valoración social (Van Zwanenberg & Stirling 2004). En muchos aspectos, las cualidades que están en la lista de la Tabla 2 no son más que sentido común. En un mundo idea también serían (y podrían ser) utilizadas para la evaluación del riesgo. Sin embargo, la incorporación de todas estas cualidades como rutinas en todos los casos de valoración regulatoria sería prohibitiva en términos de demanda real, evidencia, análisis, tiempo y dinero. Por lo tanto se impone la pregunta: ¿cómo se identifican los casos en los que se justifica la adopción de estos enfoques?

Tabla 2: Características esenciales del proceso de evaluación preventiva (cf: ESTO, 1999; EEA, 2001)

La precaución “amplía” los datos de entrada de la evaluación más allá de lo habitual en la evaluación de riesgos convencional, para así asegurar (ejemplos en cursiva):

1. Independencia de intereses creados institucionales, disciplinarios, económicos y políticos; *como la dificultad durante mucho tiempo para estudiar los problemas derivados del amianto* (Gee & Greenberg 2001).
2. Examen de una mayor variedad de incertidumbres, sensibilidades y posibles escenarios; *tratamiento inicial con antimicrobianos, posteriormente abandonado* (Edqvist & Pederson 2001).
3. Búsqueda deliberada de “puntos muertos”, lagunas de conocimiento y puntos de vista científicos divergentes; *como las suposiciones acerca de la dispersión en el ciclo de la lluvia ácida* (Semb 2001).
4. Atención a indicadores de posible daño (eg: movilidad, biocumulación, persistencia); *como se vio en la gestión de sustancias como el MTBE* (Kraus & Harremoes 2001).
5. Contemplación de la integridad de los ciclos vitales y de las cadenas de recursos tal y como se dan en el mundo real; *como los fallos en la contención de los PCBs en desmantelamientos* (Koppe; Keys 2001).
6. Consideración de los efectos indirectos, como la aditividad, la sinergia y la acumulación; *del tipo ignorado en la exposición laboral a radiación ionizante* (Lambert 2001).
7. Inclusión de tendencias industriales, comportamiento institucional e incumplimientos; *como el uso inapropiado a gran escala de los antimicrobianos* (Edqvist & Pederson 2001).

8. Discusión explícita de las cargas adecuadas de la prueba, la persuasión, la evidencia y el análisis; *relacionada en estos momentos con el desprecio sistemático de los errores tipo II* (Harremoes et al. 2001).
9. Comparación de una serie opciones tecnológicas y decisiones y sus sustitutos potenciales; *ignorada en el caso del uso excesivo de rayos X diagnósticos* (Lambert 2001).
10. Deliberación acerca de las justificaciones y posibles beneficios más amplios, así como de los costes y riesgos; *poco tenida en cuenta en la aprobación del fármaco DES* (Ibaretta & Swan 2001).
11. Adquisición de la información relevante y la experiencia generada en disciplinas distintas a la de la especialidad; *como la información de los observadores de aves en relación a la gestión pesquera* (MacGarvin 2001).
12. Compromiso con los valores e intereses de todos los implicados que pueden verse afectados; *como la experiencia de las comunidades de la zona en la contaminación de los Grandes Lagos* (Gilbertson 2001).
13. Participación de la ciudadanía en general para realizar una validación independiente del marco; *ignorada de manera significativa en la gestión de la EEB* (Zwanenberg & Millstone 2001).
14. Un cambio del modelo teórico hacia la monitorización sistemática y la vigilancia; *ignorado en muchos casos, incluyendo los PCBs* (Koppe & Key 2001).
15. Mayor prioridad de la investigación científica por objetivos para abordar preguntas no resueltas; *como la omitida a lo largo de la experiencia de la EEB* (Zwanenberg & Millstone 2001).
16. Implantación en los estadios iniciales de una innovación, estrategia o proceso de decisiones; *la promoción de vías de innovación más limpias antes de que se generen dependencias* (Harremoes et al. 2001).
17. Énfasis en cualidades estratégicas como la reversibilidad, la flexibilidad, la diversidad y la resiliencia; *estas nos ofrecen maneras de limitar incluso las*

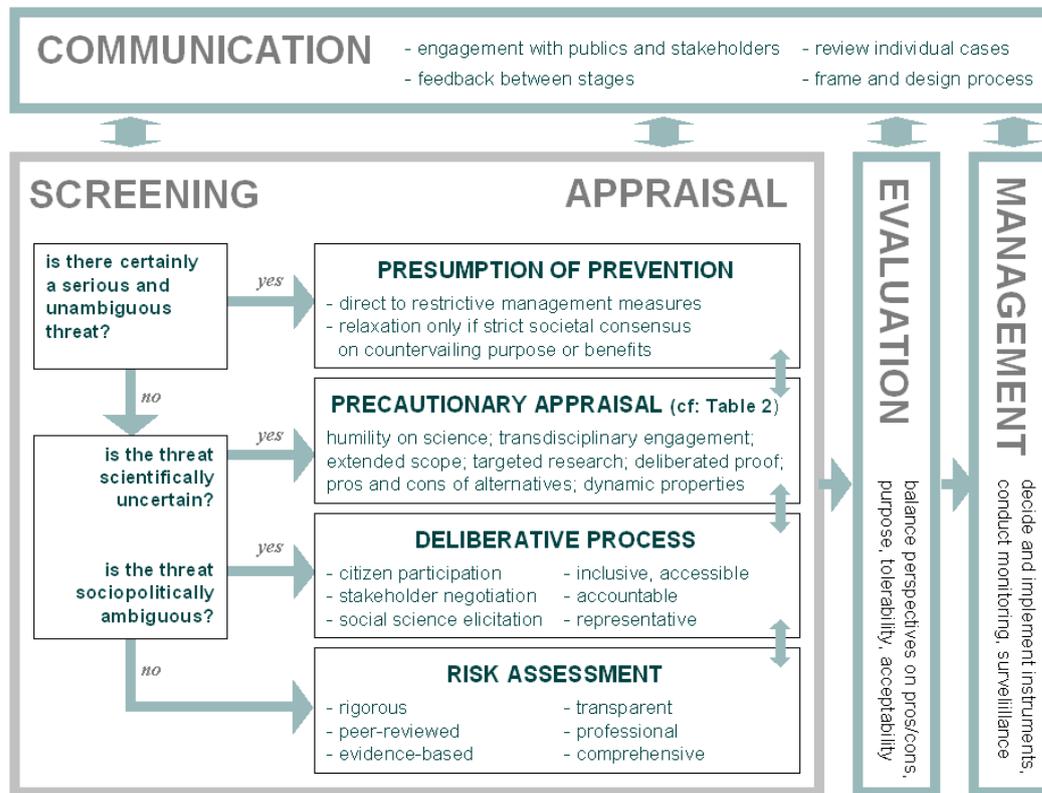
CITAR: Stirling, A. (2009). Ciencia, precaución y evaluación de riesgos: hacia un debate más constructivo. En Moreno Castro, C. (Ed.) *Comunicar los riesgos. Ciencia y tecnología en la sociedad de la información* (327-346). Madrid: Bilioteca Nueva 17

formas más inabordables de ignorancia (ESTO 1999).

6. ¿Supone el principio de precaución un rechazo de la evaluación de riesgos?

La respuesta a esta pregunta ya se expresa claramente en el mismo principio de precaución. Desde la definición canónica de la Declaración de Río, la precaución ha sido identificada específicamente como una respuesta a la incertidumbre, en condiciones en las que hay una amenaza de daño grave o irreversible al medio ambiente. En la terminología, más precisa y con una base más rigurosa, que se ha generado en la literatura revisada en este trabajo (Figuras 1 y 4), esta noción no diferenciada de incertidumbre se puede dividir con más exactitud en incertidumbre estricta, ambigüedad e ignorancia. Independientemente de cual de las dos terminologías escojamos, las implicaciones prácticas están claras. Al recurrir a enfoques más rigurosos para estos estados de incertidumbre inabordables, la precaución no tiene de ninguna de las maneras que ser vista como un rechazo absoluto de la evaluación del riesgo. En las condiciones en que la incertidumbre, la ambigüedad y la ignorancia no se considera que planteen un problema importante, los elegantes métodos reduccionistas de la evaluación del riesgo antes mencionados contienen instrumentos potencialmente potentes para orientar la toma de decisiones.

Figure 5: A Framework for Articulating Precaution and Risk Assessment
(adapted from Renn et al, 2006)



Extraída y adaptada del trabajo reciente en una serie de proyectos de investigación conjuntos para la Comisión Europea (Klinke & Renn 2002; Renn & Klinke, Renn *et al.* 2003; 2006; Stirling *et al.* 2006; Klinke *et al.* 2006), la Figura 5 ofrece un marco general para la articulación efectiva de evaluación de riesgos convencional con estas cualidades más generales y sus métodos asociados del principio de precaución. De la misma manera que a la práctica actual de la evaluación de riesgos la precede la caracterización del riesgo, también este marco utiliza un proceso de sondeo basado en criterios para identificar atributos clave de la incertidumbre científica o de la ambigüedad social o política (Tabla 3). Estos criterios pueden ser aplicados, y sometidos a una valoración interpretativa abierta, por parte de cuerpos consultivos del tipo bien establecido en la gobernanza moderna. Cuando no se da ninguno de estos criterios, los casos en cuestión son sometidos a la evaluación de riesgos convencional. Sólo cuando se ha identificado la presencia de problemas más importantes de

incertidumbre y ambigüedad el proceso pasa a una evaluación preventiva, o un proceso deliberativo, más elaborados.

Tabla 3: Criterios Ilustrativos de Seriedad, Incertidumbre y Ambigüedad

Criterios de Seriedad

- ¿Evidencia clara de carcinogenicidad, mutagenicidad o toxicidad reproductiva en los componentes o residuos?
- ¿Evidencia clara de patógenos virulentos?
- ¿Violación clara de los estándares o niveles límite basados en el riesgo?

Criterios de Incertidumbre e Ignorancia

- ¿Dudas científicas sobre la teoría?
- ¿Dudas científicas sobre la suficiencia del modelo o su aplicabilidad?
- ¿Dudas científicas sobre la calidad de los datos o su aplicabilidad?
- ¿Características novedosas del producto?

Criterios de Ambigüedad Sociopolítica

- ¿Percepciones individuales divergentes del riesgo?
- ¿Conflicto institucional entre distintas agencias?
- ¿Efecto amplificador en los medios de comunicación?
- ¿Problemas sociales/éticos, justicia distributiva o movilización política?

Por supuesto que, desde cualquier punto de vista, lo difícil en cualquier marco general de este tipo son los detalles. El trabajo actual está afinando las implicaciones concretas metodológicas, institucionales y legales en el campo de la seguridad alimentaria (Renn *et al.* 2006). Los puntos claves a señalar en este sentido son los que se exponen a continuación:

En primer lugar, el marco en su conjunto es de precaución, en tanto que se presta una atención explícita y deliberada a la ambigüedad, la incertidumbre y la

ignorancia. La respuesta por defecto en el caso de una amenaza seria e indudable es la presunción inmediata de medidas preventivas en la gestión.

En segundo lugar, el marco no implica necesariamente que la adopción de la precaución en la valoración conducirá a medidas concretas en la gestión, como prohibiciones o supresiones graduales. Éstas serán el objeto de tomas de decisiones justificadas, sometidas a un *corpus* de opinión más transparente y amplio generados, como es debido, por una evaluación preventiva y/o proceso deliberativo.

En tercer lugar, el marco muestra cómo la adopción del principio de precaución no tiene por qué implicar un rechazo absoluto de la evaluación del riesgo, y todavía menos a la misma ciencia. Al contrario, implica un tratamiento cuidadosamente medido y dirigido de los diferentes estados de conocimiento. En este sentido, el marco de precaución puede considerarse significativamente más riguroso y racional, y potencialmente más robusto, que el uso indiscriminado de métodos que a menudo ni siquiera son aplicables.

7. Conclusión

Este trabajo ha empezado con una serie de críticas al principio de precaución. Uno por uno, se ha visto que los métodos “científicos válidos” de evaluación de riesgos (con los que tan a menudo es comparada desfavorablemente la precaución), al contrario de lo que se asume, no ofrecen una base racional, rigurosa o robusta completa para la toma de decisiones. En resumen, no son aplicables en situaciones de incertidumbre, ambigüedad o ignorancia. Es cierto que el principio de precaución tampoco sirve como generador de “reglas de decisión” en estas complicadas circunstancias. Sin embargo, esta insuficiencia es menos aguda en el caso de la precaución, ya que las “reglas de decisión” prescriptivas no son ni el objetivo ni la aspiración de este principio normativo general.

Aunque no llega a ofrecer reglas de decisión prescriptivas, el principio de precaución sí que sugiere un abanico de metodologías y cualidades generales de evaluación más modestas e inespecíficas, pero que aun así son potencialmente muy

efectivas. Tomadas en conjunto ofrecen modos de complementar y mejorar el rigor y la robustez de la evaluación del riesgo convencional. Así se ve claramente que, en contra de lo que se suele afirmar, el principio de precaución tiene la misma relevancia práctica para la evaluación de riesgos que para su gestión. La precaución no comporta automáticamente prohibiciones y supresiones graduales, sino que demanda atención deliberada e integral en las trayectorias políticas o tecnológicas. Lejos de estar en tensión con la ciencia, la precaución ofrece una manera de ser más mesurada y racionalidad respecto de la incertidumbre, la ambigüedad y la ignorancia.

Claro está que nada de esto pretende negar que queden temas importantes por resolver. La precaución está en los comienzos de su institucionalización en la gobernanza y quedan muchos desafíos importantes y preguntas abiertas. El enfoque precautorio es inherentemente comparativo, por lo que se puede esperar que anime a la innovación en las opciones que la favorezcan y que la inhiba en las que la juzgue negativamente. Pero sin duda se plantearán verdaderos problemas por intereses legítimos en aquellas industrias donde las incertidumbres son más destacables. En estas podemos esperar, y serían bienvenidas, la crítica, la vigilancia y el debate continuos. La manera adecuada de abordar esto es a través de un discurso político transparente y el rendimiento de cuentas en democracia. Lo que no se puede admitir es que estos temas inherentemente políticos sean ocultados bajo unas ideas estrechas, opacas y deterministas del papel de la ciencia. Es posible que el impulso hacia una comprensión más racional, equilibrada y mesurada de la retórica de la “ciencia válida” (*sound science*) en el tema de la incertidumbre sea la mayor contribución de la precaución.

8. Bibliografía

- Amendola, A.; Contini, S. & Ziomas, I. (1992) “Uncertainties in Chemical Risk Assessment: results of a European benchmark exercise”, *Journal of Hazardous Materials* 29, 347-363.
- Arrow, K (1963) *Social Choice and Individual Values*, New Haven: Yale University Press.

- Boehmer-Christiansen, S. (1994) "The Precautionary Principle in Germany: Enabling Government". In T. O'Riordan, T. & Cameron, J. (eds), *Interpreting the Precautionary Principle*, Londres: Cameron May.
- Bonner, J. (1986) *Politics, Economics and Welfare: an elementary introduction to social choice*, Brighton: Harvester Press.
- Brooks, H (1986) *The Typology of Surprises in Technology, Institutions and Development*, Clark and Munn.
- D. Byrd, D. & Cothorn, C. (2000) *Introduction to Risk Analysis: a systematic approach to science-based decision making*, Rockville: Government Institutes.
- Commission of the European Communities (2000) *Communication from the Commission on the Precautionary Principle*, COM (2000)1 final, 2 February 2000, Bruselas.
- Collingridge, D. (1980) *The Social Control of Technology*, M. Keynes: Open University Press.
- Collingridge, D. (1982) *Critical Decision Making: a new theory of social choice*, Londres: Pinter.
- De Finetti, N. (1974) *Theory of Probability*, Nueva York: Wiley.
- De Sadeleer, N. (2002) *Environmental Principles: From Political Slogans to Legal Rules*, Oxford: Oxford University Press.
- Gee, D.; Harremoes, P.; Keys, J.; MacGarvin, M.; Stirling, A. ; Vaz, S. & Wynne, B. (2001) *Late Lesson from Early Warnings: the precautionary principle 1898-2000*, Copenague: European Environment Agency (EEA).
- Stirling, A. (1999) *On 'Science' and 'Precaution' in the Management of Technological Risk*, Volume I: synthesis study, report to the EU Forward Studies Unit by European Science and Technology Observatory (ESTO), IPTS, Sevilla, EUR19056 EN. Disponible en la Web: <ftp://ftp.jrc.es/pub/EURdoc/eur19056Ilen.pdf>
- Faber, M. & Proops, J. (1994) *Evolution, Time, Production and the Environment*, Berlin: Springer.
- Farman, J. (2001) *Halocarbons, the Ozone Layer and the Precautionary Principle*, en European Environment Agency (EEA).

-Fisher, E. (2002) "Precaution, Precaution Everywhere: Developing a 'Common Understanding' of the Precautionary Principle in the European Community", *Maastricht Journal of European and Comparative Law* 9.

-Edqvist, L. & Pedersen, K. (2001) "Antimicrobials as growth promoters: resistance to common sense". In: Gee, D.; Harremoës, P.; Keys, J.; MacGarvin, M.; Stirling, A.; Vaz, S. & Wynne, B. (eds.) *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000*, Copenague: European Environment Agency, 93-100.

-Funtowicz, S. & Ravetz, J. (1990) *Uncertainty and Quality in Science for Policy*, Amsterdam: Kluwer.

-Gee, D. & Greenberg, M. (2001) "Asbestos: from magic to malevolent mineral". In: Gee, D.; Harremoës, P.; Keys, J.; MacGarvin, M.; Stirling, A.; Vaz, S. & Wynne, B. (eds) *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000*. Copenague: European Environment Agency, 52-63.

-Gilbertson, M. (2001) *The precautionary principle and early warnings of chemical contamination of the Great Lakes*. In: Gee, D.; Harremoës, P.; Keys, J.; MacGarvin, M.; Stirling, A.; Vaz, S. & Wynne, B. (eds.) *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000*, Copenague: European Environment Agency, 126-34.

-Grove-White, R.; Macnaghton, P.; Mayer, S. & Wynne, B. (1997) *Uncertain World. Genetically modified organisms, food and public attitudes in Britain*, Lancaster University: Centre for the Study of Environmental Change.

-Harding, R. & Fisher, E. (1999) (eds.) *Perspectives on the Precautionary Principle* Sidney: Federation Press.

-Holdren, J. (1982) "Energy Hazards: what to measure, what to compare", *Technology Review*, Boston: MIT.

-Ibarreta, D. & Swan, S. (2001) "The DES story: long term consequences of prenatal exposure". In: Gee, D. ; Harremoës, P.; Keys, J.; MacGarvin, M.; Stirling, A.; Vaz, S. & Wynne, B. (eds.) *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000*. Copenague: European Environment Agency, 84-92.

-Jasanoff, S. (1990) *The Fifth Branch: Science Advisers as Policymakers*, Cambridge: Harvard University Press.

- Keepin, B. & Wynne, B. (1982) "Technical Analysis of IIASA Energy Scenarios", *Nature*, 312.
- Kelly, J. (1978) *Arrow Impossibility Theorems*, Nueva York: Academic Press.
- Keynes, J. (1921) *A Treatise on Probability*, Londres: Macmillan.
- Klinke, A. & Renn, O. (2002) "A New Approach to Risk Evaluation and Management: Risk-Based, Precaution-Based and Discourse-Based Management", *Risk Analysis* 22 (6), 1071-1094.
- Klinke, A.; Dreyer, M.; Renn, O. ; Stirling, A. & van Zwanenberg, P. (2006) "Precautionary Risk Regulation in European Governance", *Journal of Risk Research* 9 (4), 373-392.
- Koppe, J. & Keys, J. (2001) "PCBs and the precautionary principle". In: Gee, D.; Harremoës, P.; Keys, J.; MacGarvin, M.; Stirling, A.; Vaz, S. & Wynne, B. (eds.) *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000*. Copenague: European Environment Agency, 64-75.
- Von Kraus, M. & Harremoes, P. (2001) "MTBE in petrol as a substitute for lead". In: Gee, D.; Harremoës, P.; Keys, J.; MacGarvin, M.; Stirling, A.; Vaz, S. & Wynne, B. (eds.) *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000*, Copenague: European Environment Agency, 110-25.
- Lambert, B. (2001) "Radiation: early warnings; late effects". In: Gee, D.; Harremoës, P.; Keys, J.; MacGarvin, M.; Stirling, A.; Vaz, S. & Wynne, B. (eds.) *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000*, Copenague: European Environment Agency, 31-7.
- Levidow, L.; Carr, S.; Schomberg, R. & Wield, D. (1998) "European biotechnology regulation: framing the risk assessment of a herbicide-tolerant crop", *Science, Technology and Human Values* 22 (4), 472-505.
- Lindsay, R. (1995) "Gallopig Gertie and the Precautionary Principle: how is environmental impact assessment assessed?". In Wakeford, T.; Walters, M. (eds), *Science for the Earth*, Londres: Wiley.
- MacGarvin, M (2001) "Fisheries: Taking Stock". In: Gee, D.; Harremoës, P.; Keys, J.; MacGarvin, M.; Stirling, A.; Vaz, S. & Wynne, B. (eds.) *Late lessons from early*

warnings: the precautionary principle 1896–2000, Copenague: European Environment Agency.

-MacKay, A. (1980) *Arrow's Theorem: the paradox of social choice - a case study in the philosophy of economics*, New Haven: Yale University Press.

-Morgan, M.; Henrion, M. & Small, M. (1990) *Uncertainty: a guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis*, Cambridge: Cambridge University Press.

- Morris, J. (2000) (ed) *Rethinking Risk and the Precautionary Principle*, Londres: Nutterworth Heinemann.

-O'Riordan, T. & Cameron, J. (1994) *Interpreting the Precautionary Principle*, Londres: Earthscan.

-O'Riordan, T. & Jordan, A. (2001) *Reinterpreting the Precautionary Principle*, Londres: Cameron May.

-Peterson, M. (2006) "The Precautionary Principle is Incoherent", *Risk Analysis* 26 (3), 595-601.

-Raffensberger, C. & Tickner, J. (1999) (eds) *Protecting Public Health and the Environment: implementing the Precautionary Principle*, Washington: Island Press.

-Renn, O. et al. (2003) *The Application of the Precautionary Principle in the European Union: Regulatory Strategies and Research Needs to Compose and Specify a European Policy on the Application of the Precautionary Principle (PrecauPri)* Centre for Technology Assessment, Stuttgart, 2003. Available at: <http://www.sussex.ac.uk/spru/environment/precaupripdfs.html>

-Renn, O. et al. (2006) *A General Framework for the Precautionary and Inclusive Governance of Food Safety: Accounting for risks, uncertainties and ambiguities in the appraisal and management of food safety threats, interim report of the Safe Foods Project*, Stuttgart: University of Stuttgart.

-Rowe, W. (1994) "Understanding Uncertainty", *Risk Analysis*, 14(5), 743-50.

-Saltelli, A. (2001) *Sensitivity Analysis for Importance Assessment*, EC Joint Research Centre, Ispra, available at: <http://www.ce.ncsu.edu/risk/pdf/saltelli.pdf>.

-Sand, P. (2000) "The Precautionary Principle: A European Perspective", *Human and Ecological Risk Assessment* 6 (3), 445-458.

- Schwarz, M. & Thompson, M. (1990) *Divided We Stand: Redefining Politics, Technology and Social Choice*, Nueva York: Harvester Wheatsheaf.
- Semb, A. (2001) "Sulphur dioxide: from protection of human lungs to remote lake restoration". In Gee, D.; Harremoës, P.; Keys, J.; MacGarvin, M.; Stirling, A.; Vaz, S. & Wynne, B. (eds.) *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000*, Copenague: European Environment Agency.
- Stirling, A. & Gee, D. (2002) "Science, Precaution and Practice", *Public Health Reports* 117(6), 521-533.
- Stirling, A. & Mayer, S. (1999) *Rethinking Risk: a pilot multi-criteria mapping of a genetically modified crop in agricultural systems in the UK*, Sussex: SPRU, University of Sussex.
- Stirling, A. & Mayer, S. (2000) "Precautionary Approaches to the Appraisal of Risk: a case study of a GM crop", *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 6 (3).
- Stirling, A.; Renn, O. & Van Zwanenberg, P. (2006) "A Framework for the Precautionary Governance of Food Safety: integrating science and participation in the social appraisal of risk". In Fisher, E.; Jones, J. & Von Schomberg, R. (eds), *Implementing the Precautionary Principle: Perspectives and prospects*, Cheltenham: Edward Elgar, 284-315.
- Stirling, A. (1997a) "Limits to the Value of External Costs", *Energy Policy* 25 (5), 517-540.
- Stirling, A. (1997b) "Multicriteria Mapping: mitigating the problems of environmental valuation?". In Foster, J. (ed) *Valuing Nature: economics, ethics and environment*, Londres: Routledge.
- Stirling, A. (1999) "Risk at a Turning Point?", *Journal of Environmental Medicine* 1, 119-126.
- Stirling, A. (2003) "Uncertainty and Precaution: some instrumental implications from the social sciences". In Berkhout, F.; Leach, M. & Scoones, I. (eds) *Negotiating Change*, Cheltenham: Edward Elgar.

- Stirling, A. (2006) "Uncertainty, Precaution and Sustainability: towards more reflective governance of technology". In Voss, J. & Kemp, R. (eds) *Sustainability and Reflexive Governance*, Cheltenham: Edward Elgar, 225-272.
- Sundqvist, T.; Soderholm, P. & Stirling, A. (2004) "Electric Power Generation: Valuation of Environmental Costs". In Cleveland, C.J. (ed.) *Encyclopedia of Energy*, San Diego: Academic Press.
- Thompson, M. & Warburton, M. (1985) "Decision Making Under Contradictory Certainties: how to save the Himalayas when you can't find what's wrong with them", *Journal of Applied Systems Analysis* 12.
- Thornton, J. (2000) *Pandora's Poison: on chlorine, health and a new environmental strategy*, Cambridge: MIT.
- Trouwborst, A. (2002) *Evolution and Status of the Precautionary Principle in International Law*, The Hague: Kluwer International.
- UNCED (1992) *Final Declaration of the UN Conference on Environment and Development*, Rio de Janeiro.
- USDA (2000) *The Role of Precaution in Food Safety Decisions*, remarks prepared for Under Secretary for Food Safety, Food Safety and Inspection Service, US Department of Agriculture, Washington, March
- Van Zwanenberg, P. & Millstone, E. (2001) "Mad cow disease" – 1980s-2000: how reassurances undermined precaution, Copenhagen: European Environment Agency.
- Van Zwanenberg, P. & Stirling, A. (2004) "Risk and Precaution in the US and Europe", *Yearbook of European Environmental Law*, 3, 43-57.
- Vos, E. & Wendler, F. (2006) (eds.) *Food Safety Regulation in Europe: A Comparative Institutional Analysis* (Series Ius Commune), Intersentia Publishing.
- Wynne, B. (1987) "Risk Perception, Decision Analysis and the Public Acceptance Problem". In Wynne, B. (ed) *Risk Management and Hazardous Waste: Implementation and the Dialectics of Credibility*, Berlin: Springer.
- Wynne, B. (1992) "Uncertainty and Environmental Learning: reconceiving science and policy in the preventive paradigm", *Global Environmental Change*, 111-127.
- Wynne, B. (2002) "Risk and Environment as Legitimatory Discourses of Technology: reflexivity inside out?", *Current Sociology* 50 (30), 459-477.