

EL ANÁLISIS DE LA ROBUSTEZ Y LA AYUDA A LA DECISIÓN MULTICRITERIO DISCRETA

Gabriela Mónica Fernández Barberis

María del Carmen Escribano Ródenas

Departamento de Métodos Cuantitativos para la Economía

Facultad de CC. Económicas y Empresariales

Universidad San Pablo - CEU

ferbar@ceu.es, escrod@ceu.es

Resumen

El término robustez se utiliza con frecuencia en el ámbito de la Ayuda a la Decisión Multicriterio, especialmente en su versión discreta. De ahí que resulta importante saber qué es la robustez, respecto de qué estamos estudiando la robustez y para qué efectuamos ese estudio.

Además, este concepto es distinto desde el punto de vista estadístico y también difiere del análisis de sensibilidad. En particular, en problemas de Economía Aplicada se confunde la interpretación de un resultado robusto frente a la de un operador robusto.

El objetivo de este trabajo es caracterizar el análisis de la robustez como una forma de respaldar las conclusiones que proporciona el estudio de cualquier problema de decisión multicriterio, y dirimir las dudas en torno a las diversas concepciones del término robustez.

Palabras clave: Ayuda a la Decisión Multicriterio; análisis de robustez; robustez; análisis de sensibilidad; incertidumbre; robustez estadística.

1. Introducción.

En numerosos estudios e investigaciones en el ámbito de la Ayuda a la Decisión Multicriterio se ha observado la utilización, cada vez con mayor frecuencia, del término *robustez*. Sin embargo, se suelen atribuir a dicho término significaciones muy diferentes e incluso oscuras que pueden conducir a interpretaciones y conclusiones erróneas.

Existen dos grandes líneas de pensamiento en las investigaciones respecto a la Robustez en la Teoría de la Decisión.

Por un lado la Escuela Franco-Belga con investigadores de la talla de B. Roy, S. Durand, D. Trentesaux, P. Vincke, J.P. Brans, en la cual la robustez aún se encuentra en una fase de análisis de qué es lo que tiene que ser robusto, respecto de qué y por qué debe ser robusto.

Sin embargo, la escuela Anglo-Americana con sus investigadores como J. Rosenhead, J. Mingers, R.L. Ackoff, proponen un análisis de robustez para la presencia de incertidumbre o imprecisión respecto del futuro, tratando de encontrar una medida del grado de robustez a través de un índice numérico.

El presente trabajo va a presentar en primer lugar los posibles análisis relacionados con la robustez, seguidos de las tesis de ambas escuelas, los estudios españoles sobre el tema y las conclusiones que sobre robustez se han elaborado.

2. Tipos de análisis relacionados con el de robustez

Nos parece de gran utilidad comparar y contrastar la noción del análisis de robustez con la de otros análisis relacionados.

Robustez Estadística:

El término “robustez” se utiliza, a menudo en Estadística para hacer referencia a ciertas características deseables de los procesos estadísticos. Se dice que un proceso es robusto respecto de las desviaciones de los supuestos del modelo, cuando el

proceso continúa trabajando bien, aún cuando, en mayor o menor extensión, los supuestos no se mantienen.

Tales supuestos, a menudo adoptados informáticamente, podrían ser por ejemplo, que una distribución subyacente sea Normal o que las observaciones posean una varianza constante. En el caso de contrastación de hipótesis estadísticas, un test robusto evita la dificultad de que una decisión (en este caso entre dos hipótesis) se mantenga como muy inestable a la manera de un supuesto particular.

Los bayesianos dan al término un significado más específico. Una aplicación bayesiana es robusta si la distribución posterior de un parámetro desconocido no es significativamente afectada por la elección de la distribución anterior o de la forma del modelo elegido para la generación de los datos.

En cualquiera de las dos aproximaciones la incertidumbre, si bien limitada al conocimiento de si los supuestos específicos, en efecto, se mantienen, subyace claramente detrás de la necesidad de disponer y aclarar el concepto en sí mismo. Esto no significa, por supuesto, que debamos estudiar otros tipos de incertidumbre, o la secuencialidad de las decisiones.

Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad es un proceso sistemático utilizado para explorar cómo una solución considerada como “óptima” en el sentido paretiano, responde a los cambios introducidos en las condiciones de partida – las cuales típicamente serán o sea valores conocidos que podrán variar en el futuro o parámetros cuyos valores estarán expuestos a cuestionamiento. De este modo, el análisis se sustenta alrededor del supuesto previo de que la optimización es el escenario principal, con la incertidumbre considerada como un factor potencialmente perjudicial. El análisis tiene como objetivo estudiar y descubrir el grado de sensibilidad de la solución óptima ante cambios en los factores esenciales. Una solución insensible es considerada como ventajosa y para añadir más confusión lingüística, a veces se la denomina con el término “robusta”.

3. Análisis de Robustez desde la perspectiva de la Escuela Franco-Belga de Ayuda a la Decisión Multicriterio

El uso del término “análisis de robustez” fue introducido en la literatura sobre Ayuda a la Decisión Multicriterio hace aproximadamente trece años, de la mano de los profesores de la Escuela Franco-Belga dedicada fervientemente a la Toma de Decisiones Multicriterio. De la misma forma que el análisis de sensibilidad, el análisis de la robustez pretende incorporar la experiencia del mundo real respecto de la incertidumbre dentro del entendimiento y la comprensión de los resultados derivados matemáticamente. Podemos señalar dos diferencias importantes con relación al análisis de sensibilidad. La primera diferencia es que su objetivo consiste, no solamente, en utilizar la optimización sino también un rango más amplio y concreto de resultados informáticos – por ejemplo, que una cierta solución sea factible, o que sea casi óptima. La segunda diferencia es que la perspectiva del análisis de robustez se considera virtualmente, como “la imagen reflejada en el espejo” del análisis de sensibilidad. Eso es, identificar cuál es el dominio de puntos en el espacio de soluciones para el cual un resultado particular continúa perpetuándose. La incertidumbre, sin embargo, permanece asociada a los valores de los parámetros, más que al conjunto de incertidumbres intangibles que podrían resistirse a una cuantificación que encierre en sí misma un alto grado de credibilidad. Y a diferencia del análisis de sensibilidad, la idea de una explotación secuencial para alcanzar mayor flexibilidad está ausente.

El propósito de este estudio no consiste en criticar estas formulaciones, sino en distinguir el análisis de robustez de aquellos otros mencionados para clarificar y hacer más reconocibles sus características desde la óptica de la Ayuda a la Decisión Multicriterio. Cada uno de ellos lleva a cabo ciertas funciones que no trata de efectuar el análisis de robustez y viceversa.

3.1. En primer lugar se debe establecer qué es lo que debe de ser robusto, en segundo lugar respecto de qué, es decir cómo valorar esa robustez y en tercer lugar la importancia de la robustez en la Teoría de la Decisión Multicriterio.

Es lógico pensar que lo que debe ser robusto es el resultado del análisis de decisión efectuado. Entonces para establecer el sujeto de la robustez bastará tener en cuenta el objetivo de la Teoría de la Decisión Multicriterio.

Cualquier método o procedimiento que utilicemos en un planteamiento de Decisión Multicriterio tendrá como objeto calcular una solución al problema propuesto. Parece entonces conveniente que sea la solución robusta y que los analistas que realizan la Ayuda a la Decisión Multicriterio busquen que las soluciones que ellos proponen como resultado de sus procedimientos y algoritmos sean robustas. Sin embargo, no todos los investigadores opinan que sólo la solución es la que debe ser robusta ya que también preocupan la robustez del método o procedimiento utilizado y la robustez de las conclusiones obtenidas (que dependen a su vez de la solución y del procedimiento utilizado). Esta opinión puede leerse en diferentes artículos de investigadores, por ejemplo en E. Sanlaville ¹, que considera:

“Nous utiliserons le terme de robustesse pour caractériser la performance d’un algorithme ou plutôt d’un processus complet de construction d’un ordonnancement en présence d’aléas”.

Ya que la solución de un problema de decisión multicriterio está bien definida, será pues importante tener bien acotado lo que se entiende por un procedimiento² y una conclusión³ para no dar lugar a posibles interpretaciones particulares.

¹ Sanlaville E. (2002): “Flexibilité et robustesse en ordonnancement”. *Bulletin de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d’Aide à la Décision*. Edition Printemps-Eté 2002, Numéro 8, 10-12.

² Vincke Ph. (1999): “Robust and neutral methods for aggregating preferences into an outranking relation”. *European Journal of Operational Research*, 112, 2, 405-412.

³ Roy Bernard (1997): “Un chaînon manquant en RO-AD: les conclusions robustes”. *Cahier du LAMSADE N° 144*. Université Paris-Dauphine; versión anglaise: “A missing link in OR-DA: Robustness analysis”. *Foundations of Computing and Decision Sciences* 23, 3, 141-160.

Pero si tenemos en cuenta que las definiciones dependen de los investigadores, los procedimientos a utilizar dependen del analista y que las conclusiones que se obtienen no obligan ni determinan al decisor a tomar la solución obtenida como la mejor ante otras sino que, en general, dan un marco de actuación posible, es muy difícil definir objetivamente la robustez.

Según B. Roy:

“Qu’il s’agisse de solutions, de méthodes ou, plus généralement, de conclusions, la signification du terme “robustesse” est à la fois fortement subjective et, dans les formalisations que l’on peut donner, très contingente au contexte décisionnel considéré”.

Así nos sumamos a la opinión de B. Roy y consideramos que la definición y la significación del término robustez es fuertemente subjetivo y al mismo tiempo debe de estar en concordancia con el contexto decisional considerado ya se trate de soluciones, de métodos o de conclusiones robustas.

3.2. En segundo lugar, además de tener definido lo que debe ser robusto, se deben tener claras las razones y factores que pueden dar lugar a la arbitrariedad, la contingencia, la ignorancia, la incertidumbre,... respecto de lo que se está analizando su robustez.

Por supuesto que la subjetividad es un carácter importante pero además hay que tener en cuenta la forma en que se presenta, así como el contexto decisional considerado.

Según B. Roy ⁴ :

“Leur présence émane essentiellement de trois sources:

α) Le caractère imprécis, incertain et, plus généralement, mal connu, voire mal défini, de certaines spécificités ou grandeurs factuelles du problème.

⁴ Roy Bernard (1993): *Aide multicritère à la decision: Méthodes et cas*. Económica, Paris.

β) Les conditions de mise à exécution de la décision qui sera arrêtée, lesquelles peuvent être influencées par ce que sera l'état de l'environnement au moment où elle sera mise à exécution si elle est ponctuelle ou par les états successifs de cet environnement si elle est séquentielle.

γ) Le caractère flou, éventuellement lacunaire, et non nécessairement stable des systèmes de valeurs (et plus particulièrement de préférences) qui sont censés prévaloir pour apprécier la faisabilité et l'intérêt relatif des diverses actions potentielles en tenant compte des conditions envisagées pour leur mise à exécution. »

De esta forma, si se pretende dar sentido al término *robustez* dentro de un contexto decisional específico, resulta importante analizar qué encierra en sí misma cada una de las tres fuentes señaladas precedentemente, como las razones y los factores respecto de los cuales buscamos la robustez. Este esfuerzo de análisis es necesario no sólo para definir un formalismo adaptado a una modelización apropiada del problema sino también para elegir un método idóneo para su estudio.

Ahora bien, si se adopta una actitud demasiado crítica, o se efectúa una investigación demasiado sistemática de los generadores de contingencia, de incertidumbre, de arbitrariedad y de ignorancia dentro de cada una de las fuentes citadas, se corre el riesgo de caer en una abundancia excesiva de situaciones y de procesos a tener en cuenta. Por el contrario, se podría tender a restringir excesivamente el número de situaciones y de procesos a tener en cuenta, adoptando una actitud de olvido y omisión. Es conveniente, que en cada caso concreto, se adopte un compromiso entre esas dos tendencias opuestas que deben tener en cuenta, principalmente, las actitudes de aquellos decisores por cuenta de quién o en nombre de quién la ayuda a la decisión se ejerce por parte de los analistas.

3.3. En tercer lugar, es necesario preguntarse ¿por qué robustez?.

Así formulada, la pregunta parece ser muy amplia, imprecisa y puede dar lugar a respuestas muy variadas. Por ello es conveniente precisarla, limitándola a: por responder a las necesidades, a los tipos de preocupaciones que muestran los demandantes de la ayuda a la decisión.

Aquellos decisores que son responsables de adoptar una decisión o bien de influir en un proceso de decisión, no esperan de la ayuda a la decisión más que ella les conduzca, les oriente, o más simplemente, les aporte informaciones útiles para delimitar el campo de reflexión y de acción.

El hecho de que esas informaciones se presenten en términos de soluciones, de métodos o de recomendaciones formuladas sobre las conclusiones no resulta de tanta utilidad como la forma en que ellas dependen o están condicionadas por la contingencia, la incertidumbre, la arbitrariedad y la ignorancia que encierran las fuentes α , β y γ que se ponen en juego dentro de una estructura suficientemente amplia y explícita.

Para tener en cuenta con objetividad las necesidades efectivas, el modo de puesta en escena asume inevitablemente formas muy variadas adaptadas al contexto decisional considerado. Bernard Roy ⁵ presenta cada una de las preocupaciones *claves* respecto de las cuales el análisis de robustez puede requerir la búsqueda de una respuesta.

“a) La décision a un caractère ponctuel et exceptionnel (elle ne s'étale ni se répète dans le temps).

Avec ces restrictions, considérons par exemple le cas où il s'agit de sélectionner une variante parmi un ensemble fini de possibilités des valeurs numériques à diverses variables afin d'arrêter les caractéristiques structurelles d'une grande réalisation. L'attente des

⁵ Roy Bernard (1998): “A missing link in OR-DA: Robustness analysis”. *Foundations of Computing and Decision Sciences* 23, 3, 141-160.

demandeurs d'aide à la décision peut, schématiquement, revêtir deux formes :

1) La mise en évidence d'une solution accompagnée des arguments qui conduisent à préconiser : le plus souvent, cette solution sera mise à exécution et finalement jugée dans des conditions, dans un environnement et selon des systèmes de valeurs quine peuvent, au moment de l'étude, être appréhendés avec exactitude. Attendre de cette solution qu'elle soit robuste, c'est la vouloir telle qu'elle puisse, le moment venu, apparaître, autant que faire se peut, comme étant l'une des meilleures et, quelles que soient les circonstances, comme jamais très mauvaise.

2) L'élaboration de recommandations balisant le champ des décisions à considérer sur la base de conclusions robustes : ces conclusions ont pour objet de mettre en évidence des décisions ou des fragments de décision dont les avantages et inconvénients sont explicités aussi bien en fonction d'options pouvant conditionner la procédure que vis-à-vis d'hypothèses ou scénarios relatifs aux conditions de mise à exécution ou encore de certaines caractéristiques de l'environnement dans lequel la décision arrêtée prendra place et sera finalement jugée.

b) La décision a un caractère séquentiel :

Ici, l'analyse de robustesse vise à mettre en évidence et à prendre en compte les possibilités d'adaptation et de réaction que la décision qui doit être arrêtée en chacune des étapes considérées préserve pour l'avenir. Quel que soit cet avenir, il s'agit d'arrêter à chaque étape des décisions qui ne rendent pas impossibles ou ne dégradent pas trop les meilleures possibilités de choix ultérieurs et minimisent le risque d'acculer le décideur à des résultats catastrophiques qui auraient pu être évités.

c) La decisión concerne l'adoption d'une méthode destinée à être utilisée de façon répétitive dans des conditions et environnements (lieux, moments..) susceptibles de varier :

Il importe ici que, dans la mesure où le choix des valeurs attribuées aux différents paramètres de même que la place et le rôle dévolu à certaines règles de procédures recèlent une place d'arbitraire, la variabilité des résultats auxquels la méthode conduit selon la procédure adoptée soit prise en compte. Pour que la méthode soit dite robuste, il convient donc que cette variabilité ne soit pas trop importante, autrement dit que les résultats ne soient pas trop différents comme ce peut être le cas avec des procédures d'optimisation qui autorisent la présence de solutions très contrastées dans un proche voisinage de l'optimum. Il importe surtout que ces résultats ne soient pas contradictoires ».

Llegados a este punto del análisis consideramos necesario atraer la atención sobre la gran diversidad de preocupaciones que pueden esconderse detrás de la palabra *robustez*.

Con el propósito de comprender mejor la polisemia de este término, sería necesario caracterizar las principales situaciones contextuales a partir de las distinciones siguientes:

- los datos introducidos hacen intervenir o no al estado del entorno más allá de un período muy corto;
- la puesta en práctica de la decisión requiere que sea ejecutada a muy corto plazo, o por el contrario, solamente a medio o largo plazo;
- la decisión implica una puesta en práctica inmediata, diferida o progresiva.

4. Análisis de Robustez desde la perspectiva de la Escuela Anglo-Americana de Decisión Multicriterio

Se puede considerar que el análisis de la robustez es una de las posibles formas de complementar un estudio de ayuda a la decisión cuando se está en presencia de incertidumbre o imprecisión respecto del futuro. Pero sin embargo, esta apreciación nos conduce a una aparente paradoja. Tal como señala Jonathan Rosenhead ⁶:

“how can we be rational in taking decisions today if the most important fact that we know about future conditions is that they are unknowable?”.

Una forma de solventar esta paradoja podría ser mediante la evaluación inicial de las decisiones en términos de alternativas y opciones futuras interesantes que permanezcan disponibles.

En cualquiera de esas situaciones que requieran la toma de decisiones estratégicas, somos conscientes de la existencia de un amplio grado de incertidumbre, y a partir de ahí, de la potencial relevancia de la robustez.

4.1. El predominio de la incertidumbre

Podríamos preguntarnos, llegados a este punto, ¿en qué medida se extienden o generalizan las situaciones de decisión en las que la incertidumbre juega un papel crucial?. Pero también nos inquieta saber si tal cuestión necesita aún una respuesta en un mundo sometido a tantas turbulencias en su propia ordenación. Por ejemplo, desde un punto de vista macroeconómico, el colapso de la Unión Soviética, el auge sin precedentes de Internet, el ataque a las Torres Gemelas, el mercado bajista del 2002, ... ¿fueron situaciones de decisión predecibles?. Ciertamente, existen numerosas situaciones de decisión en las que la incertidumbre no juega un rol clave. Se trata particularmente de decisiones operacionales de carácter repetitivo en las que prevalece el ambiente de certeza. En estos casos, la tasa de cambio de las condiciones subyacentes es normalmente reducida si la comparamos con el ciclo de

⁶ Rosenhead J. (2001): “Robustness analysis: keeping your options open”. In J. Rosenhead and J. Mingers (eds.), *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley, Chichester, pp. 181-207.

vida de otras actividades, y la variabilidad inherente puede tratarse mediante análisis probabilísticos tradicionales.

No obstante, lo más común es que la incertidumbre penetre en nuestro ambiente de decisión, dificultando notablemente la labor de la Ayuda a la Decisión.

4.2. Los principios del análisis de la robustez

Un análisis de robustez no es viable en cualquier situación de decisión, sino que resulta aplicable cuando:

- 1) la incertidumbre es un factor que dificulta la toma de decisiones seguras;
- 2) las decisiones deben ser o pueden ser llevadas a cabo; es decir que las condiciones establecidas inicialmente en el proceso de decisión no definen necesariamente el estado futuro y completo del sistema. Tendrán que existir una o más oportunidades futuras para modificarlo o redefinirlo.

El primer elemento nos asegura que la incertidumbre es importante, mientras que el segundo nos confirma que hay algo que podemos hacer con ella.

J. Rosenhead ⁷ formula una caracterización sencilla del criterio de robustez:

“..other things being equal, an initial commitment should be preferred if the proportion of desirable future situations that can still be reached once that decision has been implemented is high. Put still more simply, it is a good thing to keep your options open”

En efecto, esa es una proposición intuitivamente sensible que subyace en el análisis de robustez. Se necesitan, sin embargo, especificaciones adicionales para

⁷ Rosenhead J. (2001): “Robustness to the first degree”. In: J. Rosenhead and J. Mingers (eds.): *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley, Chichester, pp. 209-223.

transformarla en una metodología sistemática que pueda ser aplicada con alguna consistencia.

4.3. La especificación de un problema para el análisis de robustez

El primer conjunto de elementos que debemos especificar está constituido por:

- un conjunto de alternativas iniciales a ser consideradas;
- un conjunto de “situaciones futuras” representativas de los posibles estados del sistema;
- un conjunto de configuraciones factibles relevantes del sistema en el que las decisiones se modificarán.

Las alternativas deberían ser, lógicamente, factibles e incluso en su determinación debería participar activamente el decisor, figura que tendrá notable influencia en la toma de la decisión final.

Las situaciones o escenarios futuros, deberían ser generados por procesos sistemáticos o claramente más subjetivos, o bien por una combinación de ambos.

Las configuraciones deberían ser relevantes en el sentido de que son extensiones factibles del conjunto de direcciones establecidas para las alternativas iniciales; o que se espera de ellas una adecuada actuación en uno o más de los escenarios futuros identificados; o que hayan sido propuestas como objetivo a largo plazo por los participantes del proceso de decisión.

Sin lugar a dudas estos tres elementos o grupos de elementos pueden ser interdependientes, y lo más normal es que así sea. De esta forma, por ejemplo, las configuraciones podrían ser generadas pensando en escenarios futuros; la extrapolación de las alternativas podría conducir a configuraciones factibles y así sucesivamente. La especificación del problema que ha de someterse al análisis de robustez se logra más adecuadamente si se trabaja de modo interactivo con aquellos que directamente se enfrentan con la necesidad de decidir. Aquí, el analista juega también un papel esencial para “ayudar” al decisor o decisores involucrados en la

adopción de la decisión final. Esto significa, que el análisis se lleva a cabo bajo el control de un grupo de decisores relevantes que están asistidos por uno o más analistas o asesores. Esta es una de las características que sitúa al análisis de robustez dentro de la familia de métodos, denominada por Rosenhead y Mingers (2001), como familia de Métodos para la Estructuración de Problemas.

Los elementos o grupos de elementos señalados inicialmente requieren información complementaria, preferentemente de los siguientes tipos:

- evaluaciones de la compatibilidad de cada par alternativas-configuración;
- evaluación del comportamiento de cada configuración en el futuro.

En aquellos casos en los que las configuraciones consisten en la agregación de alternativas factibles disponibles, la compatibilidad puede establecerse directamente. Por el contrario, hay otros casos en que existe un grado de subjetividad muy considerable, que dificulta, sin lugar a dudas, la evaluación. Además, para la evaluación del comportamiento podría ser posible, en determinadas ocasiones, reconocer un conjunto de medidas de comportamiento multidimensionales cada una con sus umbrales de aceptación y construir, en consecuencia, un modelo que permita predecir los valores de las medidas para cualquier combinación de configuraciones y escenarios futuros. En tales casos, la evaluación del comportamiento puede ser automatizada. De otra forma, se requeriría la discusión entre aquellos que poseen un conocimiento empírico relevante para establecer qué actuaciones o comportamientos son “eficientes” (al menos tan buenos como).

4.4. La medida del grado de robustez

Una vez que los procesos de obtención y evaluación del conjunto de alternativas se hayan llevado a cabo, debemos estudiar cuál es el modelo de flexibilidad que ofrecen dichas alternativas, interpretando la flexibilidad como las oportunidades futuras para tomar decisiones orientadas al logro de los objetivos deseados.

Según Rosenhead (2001):

“...the robustness of a commitment is the ratio of the number of acceptably performing configurations with which that commitment is compatible, to the total number of acceptably performing configurations.”

Se puede aceptar que la medida de la robustez sea un índice (número real) que tome valores en el intervalo real $[0, 1]$. Una robustez cero indica que existen opciones disponibles aceptables, mientras que una robustez unitaria significa que todas las operaciones disponibles son aceptables.

Así pues, cada conjunto de alternativas o cada alternativa en forma individual tiene un índice de robustez para cada escenario futuro, puesto que una configuración de actuación o comportamiento, variará a lo largo de contextos futuros. Además las alternativas pueden ser evaluadas dentro de la extensión de flexibilidad que ofrecen tanto dentro como a través de escenarios futuros. Este proceso, raramente identificará una única alternativa dominante, pero sí permitirá eliminar a aquellas no-eficientes y centrar la discusión sobre un número más reducido de alternativas relativamente atractivas y consideradas como buenas soluciones de compromiso.

4.5. Otras observaciones del análisis de robustez

Es importante reconocer que el proceso que conduce a la decisión final depende de la identificación de escenarios futuros a los que el sistema en consideración debería afrontar. Esta apreciación es objeto de crítica puesto que el futuro es infinitamente enrevesado y no podemos conocer, en consecuencia, si alguno de nuestros escenarios futuros identificados podrá capturar los aspectos claves del escenario actualmente vigente.

Evidentemente, el proceso de obtención y selección preliminar tendería a reducir este riesgo, por ejemplo, seleccionando un amplio rango de posibles estados o entornos futuros contrastables. Sin embargo, esta aproximación no requiere que ese eventual escenario futuro sea identificado actualmente con absoluta certeza.

Así, por ejemplo, si consideramos una alternativa inicial cualquiera, que es el primer paso para llegar a una “solución óptima”, en un único escenario futuro previsto, mantendrá una flexibilidad limitada. Por el contrario, una alternativa robusta, mantendrá la flexibilidad a través de un amplio rango de escenarios futuros concebibles.

Lo comentado en líneas anteriores pone en evidencia que la principal ventaja del análisis de robustez subyace más en su proceso que en su producto. No ofrece una simple regla de decisión – “calcular el índice de robustez más elevado, y seleccionar la alternativa que lo alcance”. Por el contrario, ofrece un lenguaje en el cual la lógica confirmación de una alternativa puede ser eficaz a través del tiempo. Además este lenguaje es accesible también para aquellos que no poseen o no han desarrollado habilidades cuantitativas específicas. Por consiguiente, facilita la apertura para el diálogo sistemático con y entre aquellos quienes deben aceptar la responsabilidad para cualquier decisión y afrontar un discurso con incertidumbre subyacente, que los métodos de optimización orientada tradicionales no suelen incentivar.

5. Aplicaciones del Análisis de Robustez publicadas en España

Deseamos también hacer referencia a algunos de nuestros trabajos en los que hemos estudiado, muy pormenorizadamente, la robustez para casos concretos de problemas de decisión en el ámbito económico, social, de financiación, de defensa,... y que constituyen ejemplos de situaciones reales en el ámbito económico español; dando en cada situación la definición concreta de robustez para la situación estudiada, con relación a la Escuela Franco-Belga..

A continuación se enumeran dichos trabajos:

- “Análisis de Robustez aplicado a un problema de Decisión Multicriterio en el ámbito de la Defensa Nacional”.

Congreso sobre Técnicas de Ayuda a la Decisión en la Defensa. Ministerio de Defensa; Secretaría General Técnica; Unidad de Estadística; Centro de

Investigación Militar Operativa (CIMO). Escuela Politécnica Superior del Ejército, Madrid, noviembre 2000.

- “Aplicación de la Ayuda a la Decisión Multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión según criterios o métodos aproximados”.

IX Jornadas ASEPUMA. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 19-20 de julio de 2001.

- “Robustez de un modelo de decisión multicriterio en el ámbito de la teoría de la inversión, utilizando criterios aproximados para el estudio de la rentabilidad”.

XXVI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa. Úbeda (Jaén). 6-9 de noviembre de 2001.

- “La Ayuda a la Decisión Multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión utilizando métodos aproximados y cronológicos”.

XXVI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa. Úbeda (Jaén). 6-9 de noviembre de 2001.

- “Robustez versus Sensibilidad”.

Congreso de la Real Sociedad de Matemáticas Española, RSME 2002. Puerto de la Cruz, Tenerife. 27 enero de 2001 al 1 de febrero de 2002.

- “Análisis de la Robustez de un modelo de valoración y selección de alternativas de inversión, con ayuda de la decisión multicriterio utilizando métodos aproximados y cronológicos”.

XVI Reunión ASEPELT. Universidad San Pablo – CEU. Madrid, 20-21 de junio de 2002.

- “Utilización del Método ELECTRE IS de Ayuda a la Decisión Multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión”.
X Jornadas ASEPUMA. Universidad San Pablo – CEU. Madrid, 19-20 de septiembre de 2002.
- “Estudio comparativo de Métodos de Ayuda a la Decisión Multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión”.
X Jornadas ASEPUMA. Universidad San Pablo – CEU. Madrid, 19-20 de septiembre de 2002.
- “The Robustness concept applied to different models of evaluation and selection of the financial investment alternatives”
56èmes Journées du Groupe de Travail Européen Aide Multicritère à la Decision. Faculté d’Economie de l’Université de Coimbra. Universidade de Coimbra, 3-4 de octubre de 2002.
- “Comparative análisis between ELECTRE Is and PROMETE Methods in the evaluation and the selection financial investment alternatives”.
56èmes Journées du Groupe de Travail Européen Aide Multicritère à la Decision. Faculté d’Economie de l’Université de Coimbra. Universidade de Coimbra, 3-4 de octubre de 2002.

Las conclusiones a las que se ha llegado en cada uno de los citados trabajos, no hacen más que confirmar, de manera concreta y localizada, aquellas generalizadas que hemos ido exponiendo a lo largo del presente trabajo.

Otros trabajos presentados recientemente en los últimos Congresos de la Sociedad Española de Estadística e Investigación Operativa (SEIO) tratan la robustez desde distintas perspectivas. Entre ellos podemos mencionar:

- “Robustez bayesiana del p-valor predictivo a posteriori”
De la Horra Navarro, J.; Rodríguez Bernal, M.T.

- “Robustez de diseños d-óptimos para modelos polinómicos y modelos no lineales”
Rodríguez Torreblanca, C.; Ortiz Rodríguez, I.; Martínez López, I.; Sánchez Auriolos, M.C.
- “Familias de nexos para la regresión dicotómica robusta”
Girón González-Torre, F.; Martínez García, M.; Morcillo Aixelá, M.C.
- “Robustez bayesiana con funciones de pérdida convexa”
Arias Nicolás, J.; Martín Jiménez, J.; Suárez Llorens, A.
- “El gráfico Media Desviación (MD) para el análisis de los resultados en el diseño de productos robustos”
De León, G.; Grima, P.
- “Identificación de condiciones robustas en diseños de experimentos a partir de los efectos de los factores ruido”
Marco Almagro, L.; Tort-Martorell Llabres, X.
- “Análisis discriminante robusto: aplicación de los modelos de regresión polinómicos robustos”
Girón González-Torre, F.; Martínez García, M.; Morcillo Aixelá, M.C.
- “Modelos para la regresión robusta polinómica”
Girón González-Torre, F.; Martínez García, M.; García Galisteo, J.
- “Análisis de la distribución de la renta a partir de funciones de cuantiles: robustez y sensibilidad de los resultados frente a escalas de equivalencia”.
Pascual Sáez, M.; Sarabia alegría, J.M.

6. Conclusiones

- 6.1. El término robustez ha sido estudiado en profundidad desde la óptica de la Ayuda a la Decisión Multicriterio, resaltando sus diferencias de conceptualización dentro de otros análisis alternativos al propio análisis de la robustez, y teniendo diferentes tratamientos desde las distintas escuelas que desarrollan la Teoría de Ayuda a la Decisión Multicriterio.
- 6.2. Dado que el tema de la robustez está aún abierto, sería importante seguir incorporando nuevas aportaciones conceptuales de otras corrientes internacionales.
- 6.3. Para cada aplicación o investigación que utilice “robustez” es imprescindible delimitar apropiadamente el alcance de dicho término.
- 6.4. Hoy en día no hay unanimidad en el uso del término robustez, ni siquiera en el ámbito restringido de la Decisión Multicriterio. Los investigadores se encuentran en la actualidad en una etapa de desarrollo conceptual de lo que debe ser robusto y respecto de qué debe ser robusto.
- 6.5. Las aplicaciones prácticas del análisis de robustez son realmente sorprendentes, dado que día a día es más amplia la gama de problemas del mundo real a los cuales es perfectamente aplicable.
- 6.6. Dentro de las aplicaciones que hemos estudiado con detalle, aquellas en el ámbito de la Economía juegan un papel relevante y esencialmente tienden a potenciar las ventajas tan palpables del análisis de robustez.

Finalizamos con una cita de Ackoff⁸, que en nuestra opinión, legitima la propia libertad del mismo decisor para llegar a obtener conclusiones realmente robustas frente a cualquier problema de ayuda a la decisión multicriterio al cual se enfrente:

⁸ Ackoff R.L. (1988): “The Future is now”. *Systems Practice* 1(1), pp. 7-9.

“La libertad para decidir, para efectuar elecciones , es la libertad más importante que la gente de cualquier edad puede tener. Pero esta libertad es hueca, vana, inútil, sin alternativas entre las cuales poder elegir. El privar a las generaciones futuras de alternativas de elección es una privación de sus propios derechos”

7. Referencias Bibliográficas

Ackoff R.L. (1988): “The Future is now”. *Systems Practice*, 1(1), pp. 7-9.

Escribano Ródenas, M.C.; Fernández Barberis, G.(2000): “Análisis de Robustez aplicado a un problema de Decisión Multicriterio en el ámbito de la Defensa Nacional”. Congreso sobre Técnicas de Ayuda a la Decisión en la Defensa. Ministerio de Defensa; Secretaría General Técnica; Unidad de Estadística; Centro de Investigación Militar Operativa (CIMO). Escuela Politécnica Superior del Ejército, Madrid..

Escribano Ródenas, M.C.; Fernández Barberis, G. (2001): “Aplicación de la Ayuda a la Decisión Multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión según criterios o métodos aproximados”. Actas de las IX Jornadas ASEPUMA. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Escribano Ródenas, M.C.; Fernández Barberis, G. 2002): “Robustez versus Sensibilidad”. Actas del Congreso de la Real Sociedad de Matemáticas Española, RSME 2002. Puerto de la Cruz, Tenerife. .

Escribano Ródenas, M.C.; Fernández Barberis, G. (2002): “Estudio comparativo de Métodos de Ayuda a la Decisión Multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión”. Actas de las X Jornadas ASEPUMA. Universidad San Pablo – CEU. Madrid 2002.

Escribano Ródenas, M.C.; Fernández Barberis, G. (2002): “Comparative análisis between ELECTRE Is and PROMETE Methods in the evaluation and the selection financial investment alternatives”.56èmes Journées du Groupe de Travail Européen

Aide Multicritère à la Decision. Faculté d'Economie de l'Université de Coimbra. Universidade de Coimbra.

Escudero L.F. (1994): "Robust decision making as a decision making aid under uncertainty, in: S. Riod, ed., *Decision Theory and Decision Analysis: Trends and Challenges*, pp.126-138.

Fernández Barberis G.; Escribano Ródenas, M.C. (2001): "Robustez de un modelo de decisión multicriterio en el ámbito de la teoría de la inversión, utilizando criterios aproximados para el estudio de la rentabilidad". Actas del XXVI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa. Úbeda (Jaén).

Fernández Barberis, G.; Escribano Ródenas, M.C. (2001): "La Ayuda a la Decisión Multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión utilizando métodos aproximados y cronológicos". Actas del XXVI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa. Úbeda (Jaén).

Fernández Barberis, G.; Escribano Ródenas M.C. (2002): "Análisis de la Robustez de un modelo de valoración y selección de alternativas de inversión, con ayuda de la decisión multicriterio utilizando métodos aproximados y cronológicos". Actas de la XVI Reunión ASEPELT. Universidad San Pablo – CEU. Madrid.

Fernández Barberis, G.; Escribano Ródenas, M.(2002): "Utilización del Método ELECTRE IS de Ayuda a la Decisión Multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión". Actas de las X Jornadas ASEPUMA. Universidad San Pablo – CEU. Madrid.

Fernández Barberis, G., Escribano Ródenas, M.C. (2002): "The Robustness concept applied to different models of evaluation and selection of the financial investment alternatives". 56èmes Journées du Groupe de Travail Européen Aide Multicritère à la Decision. Faculté d'Economie de l'Université de Coimbra. Universidade de Coimbra.

Rosenhead M.J. (2001a): “Robustness analysis: keeping your options open”. In J. Rosenhead and J. Mingers (eds.) *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley, Chichester, pp. 181-207.

Rosenhead M.J. (2001b): “Robustness to the first degree”. In J. Rosenhead and J. Mingers (eds.) *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley, Chichester, pp. 209-223.

Rosenhead J.; Mingers J. (eds.) (2001): *Rational Analysis for a Problematic World Revisited: problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley, Chichester.

Rosenhead M.J. (1989): *Rational analysis for a problematic world*. Wiley, New York.

Rosenhead M.J.; Elton M.; Gupta S.K. (1972): “Robustness and optimality as criteria for strategic decisions”. *Operational Research Quarterly* 23, 4, pp. 413-430.

Roy B. (1997): “Un chaînon manquant en RO-AD: les conclusions robustes”. *Cahier du LAMSADE N° 144*. Université Paris-Dauphine; versión anglaise: “A missing link in OR-DA: Robustness analysis”. *Foundations of Computing and Decision Sciences* 23, 3, 1998, pp. 141-160.

Roy B., Bouyssou D. (1993): *Aide multicritère à la décision: Méthodes et cas*. Economica. París.

Sanlaville E. (2002): “Flexibilité et robustesse en ordonnancement”. *Bulletin de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d’Aide à la Décision*. Edition Printemps-Eté, N° 8, pp.10-12.

S.E.I.O (2001). Actas del XXVI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa. Úbeda (Jaén).

S.E.I.O (2003). Actas del XXVII Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa. Lleida.