

PONENCIA V

Revista Investigación Educativa - Vol. 8 - n.º 16 - 1990 (P. 95-112)

LA TOMA DE DECISIONES EN EL CONTEXTO DE LA EVALUACIÓN EDUCATIVA

por

Juan Mateo Andrés

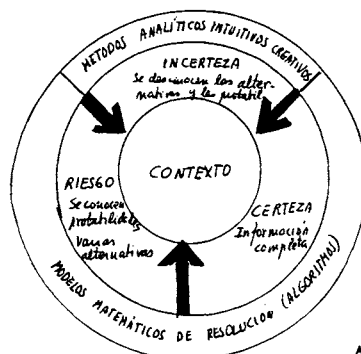
Departamento MIDE. Facultad de Pedagogía
Universidad de Barcelona

1. INTRODUCCIÓN

Una vez ejecutada la evaluación, el evaluador se enfrenta a uno de los mayores desafíos que impone el moderno concepto de evaluación, y que constituye una de sus características diferenciales respecto de otros tipos de investigación, y es el abordar racionalmente la incidencia que debe tener sobre el proceso de toma de decisiones. De la evaluación se espera fundamentalmente que amplíe y mejore con su información las bases sobre las que se apoya dicho proceso.

Sin embargo poco se añade acerca de él, la mayoría de los textos al uso, ventilan el tema señalando su importancia y poco más. Quisiera aprovechar mi aportación al Seminario de Modelos de Murcia para reflexionar en torno a la toma de decisiones.

Los métodos de decisión pueden ser clasificados, dispuestos u ordenados, a lo largo de una escala unidimensional que mida el grado de procedimiento sistemático que comportan. Por una parte estaría el método de decisión completamente objetivo-racional y por la otra encontraríamos el recurso a la intuición pura y a la experiencia.



MODELO DE J.L. RIGGÉS (1984)

No hay duda que en las Ciencias de la Educación en general y en la Evaluación Educativa en particular, el método intuitivo, reposando sobre la experiencia y el juicio subjetivo ha dominado la elaboración de la decisión en el pasado, y continúa haciéndolo en el presente. Sin embargo, los especialistas en la metodología de la organización, se esfuerzan en elaborar métodos de decisión objetivos que puedan yuxtaponerse o reforzar los métodos subjetivos y se hace cada vez más patente que en la medida que su aplicación demuestre su validez no podremos ignorarlos y deberemos incorporarlos a las rutinas que nos son propias. De todas maneras debemos reconocer que el papel de dichos métodos en el marco educativo, se encuentran en mantillas, su significación real necesita todavía ser comprendida, y su naturaleza aún ha de ser precisada, los problemas sustanciales aún no se han planteado y se desconoce su rentabilidad.

Los nuevos métodos de decisión tienen unas raíces que se pueden remontar fácilmente al menos hasta la lógica aristotélica, y en tal sentido resulta difícil calificarlos como producto de modas de corta duración. El análisis de decisiones moderno se asienta más directamente en la teoría de la probabilidad y en la de la utilidad, ambas disciplinas emergen en el siglo diecisiete como respuesta a la necesidad de interpretar los llamados juegos de mesa. Uno de los pioneros en la aplicación de la teoría de la probabilidad en la toma de decisiones fue Joseph Butler al principio del siglo dieciocho, es en la misma época que Daniel Bernoulli introduce el concepto de función de utilidad.

Pero aunque los elementos de la teoría general del análisis de la decisión, eran conocidos desde hace más de dos siglos, su justificación formal en torno al principio de las utilidades esperadas como ley básica de la toma de decisiones no ha sido desarrollada hasta hace poco más de cincuenta años, gracias a los trabajos de autores como Ramsey (1931), Von Neumann y Morgenstern (1947) y Savage (1954).

La aproximación que se sigue en la actualidad es el postular algunos principios generales del comportamiento racional y mostrar como la ley de las utilidades esperadas sigue dichos principios, y que por tanto, si se aceptan los principios como guías razonables del comportamiento implicará el aceptar la ley de la maximalización de las utilidades esperadas como una forma apropiada de orientar la toma de decisiones.

2. TOMA DE DECISIONES, ANÁLISIS DE DECISIONES Y EVALUACIÓN

Pitz y McKillip (1984), definen la *toma de decisiones* como «el proceso de elección entre cursos de acción alternativos, sobre las bases de información relevante», mientras que *el análisis de decisiones* constituye un conjunto de procedimientos formales que ayudan a quien deba tomar las decisiones en su área.

Marcado el carácter instrumental del análisis de decisiones, respecto de la toma de decisiones, cabría señalar también las diferencias entre el proceso de evaluación

y el de toma de decisiones, tema estudiado por Edwards (1983) y Pitz y McKillip (1984) y de quienes sintetizamos aquí sus diferencias más relevantes:

La más importante reside en el propósito al que sirve cada uno de los procesos. Mientras que el evaluador persigue valorar el objeto de evaluación (servicio, institución, programa, sujeto, etc.) enmarcando dicha valoración en el contexto de toma de decisiones, la responsabilidad de la decisión corresponderá a otro estamento y otras personas quienes, a su vez, situarán el proceso de toma de decisiones en un marco superior en el que también pesan otras variables (sociales, administrativas, políticas, etc.).

Marco metodológico. El proceso evaluativo está considerando más ligado a los contenidos sobre los que actúa que la decisión, mucho más distantes y libre de ellos.

Fuentes de datos. Los datos usados en ambos procesos son distintos. El evaluador en general focaliza sus juicios a partir del valor de las innovaciones que aporta el servicio programa, etc. El responsable de la decisión usa cualquier información que pueda ayudarle en la selección del curso de acción.

Utilización de los resultados. Los resultados del evaluador generalmente trascienden a la audiencia a la cual iban primariamente dirigidos, mientras que la toma de decisiones se orienta a resolver el problema inmediato.

Perspectiva temporal. La toma de decisiones tiene un marcado carácter prospectivo frente a la evaluación, mucho más retrospectiva.

La evaluación en general (no siempre, recordemos, la formativa) concierne a hechos acaecidos, mientras que la decisión se proyecta en el futuro.

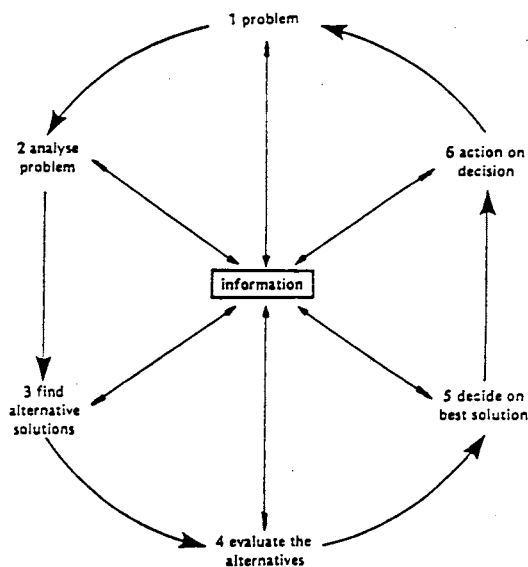
Finalmente también se diferencia en el tratamiento de valores y objetivos. La posición del evaluador es generalmente activa en el proceso de definir los valores u objetivos de un programa, institución, etc., mientras que el analista de decisiones acepta los objetivos como establecidos.

3. PROCESO GENERAL DE TOMA DE DECISIONES

Debidamente distinguidos los conceptos de Toma de Decisiones y análisis de Decisiones, vamos a sintetizar con Kepner y Tregoe (1989) la secuencia de procedimientos que implica tomar la mejor decisión:

- A) Establecer los objetivos de una decisión.
- B) Los objetivos se clasifican conforme a su importancia.
- C) Se desarrollan acciones alternativas.
- D) Las alternativas se valoran respecto a los objetivos establecidos.
- E) La elección de la alternativa con mejor capacidad para lograr todos los objetivos representa la decisión tentativa.
- F) La decisión tentativa se examina para determinar las futuras consecuencias adversas posibles.
- G) Los efectos de la decisión final se controlan tomando otras medidas a fin de evitar que las posibles consecuencias adversas se transformen en problemas y asegurándose de que las acciones adoptadas se lleven a cabo.

Secuencia que podríamos representar mediante el esquema propuesto por la North Sea Challenge (1989):



4. EL ANÁLISIS DE DECISIONES

La contribución más importante del análisis de decisiones a la evaluación es el facilitar una *estructura formal*, que permite examinar los problemas de decisión.

Esta estructura es útil en diferentes aspectos:

- Provee de una metodología que ayuda al evaluador en el proceso crítico de clarificar metas y objetivos.
- Define los valores que son realmente relevantes para la evaluación.
- Facilita medidas para evaluar estos conceptos.
- Provee de formas para medir la incertidumbre, integrándola en el proceso de toma de decisiones.

4.1. Cuando utilizar el análisis de decisiones

En general y tal como veremos el análisis de decisiones es un procedimiento formal que implica procesos largos y tediosos, por ello no siempre se procede a su uso, en general se contempla sólo en situaciones tales como:

- Estructura de información muy complicada.
- Nadie con autoridad que pueda tomar una decisión.
- Necesidad de justificar la decisión.
- Por razones subjetivas, prestigio, etc.

4.2. Estadios del análisis

Un análisis de decisiones pasa por tres estadios que podríamos definir como:

- a) MODELIZACIÓN
- b) CUANTIFICACIÓN
- c) SÍNTESIS

a) *Modelización:*

En este estadio se trata de explicitar, aunque de forma simplificada la descripción del problema. Dicha modelización implica a su vez tres momentos:

- 1) identificación del problema.
- 2) representación de las opciones posibles y de los posibles resultados a que puede conducir cada opción.
- 3) especificación de los intereses de quien ha de tomar las decisiones, expresada como un conjunto de objetivos y atributos.

b) *Cuantificación:*

En este estadio deberemos elaborar medidas numéricas de cada uno de los elementos identificados en la modelización. En el ámbito de la teoría de la decisión, se distingue entre cuantificación de las preferencias (mediante las *utilidades*) y la cuantificación de las creencias o incertidumbre (mediante probabilidades), este último, no es una parte necesaria en todos los análisis.

c) *Síntesis:*

Este paso es el que implica procesos matemáticos en él se integran los valores generados durante el proceso de cuantificación.

En la práctica los tres estadios no se presentan de forma ordenada sino que frecuentemente se sobreponen y repiten unos con otros, sin embargo nuestra distinción nos facilitará descubrir las técnicas implicadas en cada uno de ellos.

4.1.1. *Modelización*

Un modelo de problema es como cualquier otro modelo *una descripción de la realidad abreviada y simplificada*. Su éxito depende de su capacidad de captación de aquellas características que son centrales mientras que se omiten las periféricas.

a) *IDENTIFICACIÓN DEL PROGRAMA*

El primer paso en el proceso de elaboración del modelo está en identificar el propio problema, que implica en primer lugar identificar al responsable de la toma de decisiones. Aunque parezca trivial este aspecto no lo es, pensamos que la mayoría de problemas de decisión, su propia complejidad implica a diferentes audiencias que a su vez guardan entre sí algún tipo de relación. Identificar a cada una de ellas y establecer sus posibles relaciones e influencias nos permitirá formular el problema en términos que favorezcan la aplicación del análisis de decisiones.

A continuación deberemos representar las opciones posibles y los posibles resultados a que puede conducirnos cada una de las opciones, si el problema de decisión es sencillo, la representación será simple (en forma tabular generalmente) y la toma de decisiones resultará muy lineal, sin embargo en pocas ocasiones será así, y nos veremos obligados a utilizar modelos de representación más complejos, uno de los más utilizados son los conocidos como árboles de decisión.

b) *ÁRBOLES DE DECISIÓN*

Un árbol de decisión es una representación gráfica de un problema de decisión, consistente en un conjunto de ramas en expansión que representan posibles secuencias de hechos o «escenarios», a través de él se pueden hacer más claras las alternativas, riesgos, objetivos, beneficios y necesidades de información que implica un problema de decisión.

Vamos a ilustrar con un ejemplo muy simple como se puede utilizar esta técnica como forma de generar un modelo gráfico de representación. «Supongamos que se trata de una mañana de domingo bastante nublada y que esperas que vengan 75 personas a tomar un aperitivo que das en tu casa por la tarde. Tu casa no es muy grande pero tiene un jardín muy agradable, así pues, si el tiempo lo permite, te gustaría ofrecer el refrigerio en el jardín y celebrar en él la fiesta. Por otra parte, si se prepara todo en el jardín, y después de que todos los invitados hayan llegado empieza a llover, desearás haber decidido dar la fiesta en el interior de la casa.

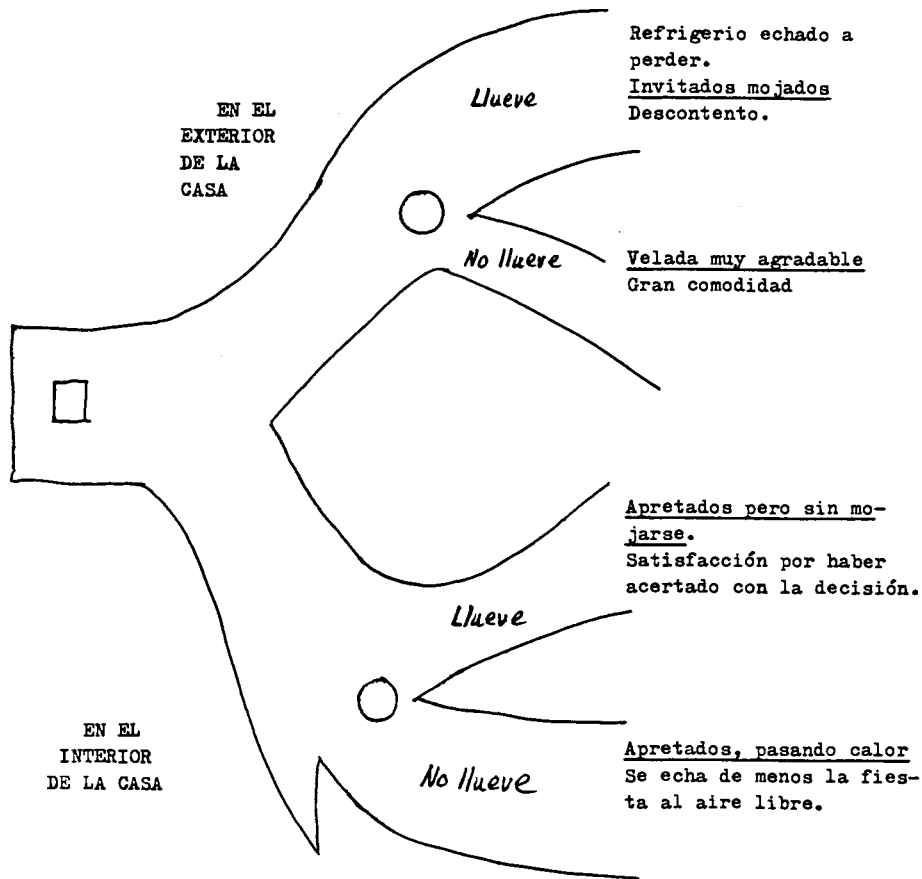
La decisión, al ser tan simple, se puede representar en forma de una tabla de resultados potenciales, tal como señalábamos anteriormente.

El árbol que hemos representado, se compone de una serie de nudos y ramas. En el primer nudo de la izquierda el anfitrión puede elegir entre celebrar la fiesta fuera o dentro.

Cada rama representa un tramo alternativo de acción o decisión. Al final de cada rama o alternativa de acción, encontramos otro nudo que representa un suceso aleatorio —lloverá o no lloverá—. Cada alternativa que aparece a continuación, hacia la derecha, representa un resultado posible de este suceso aleatorio, cada camino alternativo completo, que aparece en el árbol, aparece asociado un resultado que podemos ver al final de la rama que está más a la derecha, o rama terminal del camino considerado.

SUCESOS Y RESULTADOS

ALTERNATIVAS	LLUVIA	BUEN TIEMPO
Al aire libre.	Se estropea la fiesta	Comodidad
En el interior	Ligera incomodidad pero se celebra la decisión.	Ligera incomodidad pero se lamenta la decisión.



Cuando se dibujan los árboles de decisión, se representan los nudos de acción o decisión con un cuadrado y los nudos de sucesos aleatorios con un círculo. Se pueden utilizar otros símbolos en vez de éstos, como, ramas de una línea o de línea

doble, letras especiales o colores. No importa qué método se emplee para distinguirlos siempre que éste sea único y resulte claro.

Un árbol de decisión, del tamaño que sea, combinará siempre:

- a) Unas alternativas de *acción*.
- b) Diferentes *sucesos o resultados* posibles de esas acciones, que están parcialmente afectadas por el azar en otras circunstancias incontrolables.

c) *REPRESENTACIÓN DE LAS PREFERENCIAS: OBJETIVOS Y ATRIBUTOS*

Cuando las opciones y sus consecuencias han sido identificadas, se debe determinar las preferencias por esas opciones y resultados, ello implica en primer lugar el desarrollar una representación de las preferencias de quien ha de tomar la decisión. La representación incluye un conjunto de objetivos que caracterice sus intereses, y un conjunto de atributos que puedan ser usados como medida progresiva hacia los objetivos. Interesa también obtener información acerca de como los atributos pueden ser combinados a fin de valorar conjuntamente cada resultado de cada opción.

Por tanto un primer estadio consistirá en un listado de todos los objetivos que son importantes para el responsable de tomar la decisión. Una vez que han sido identificados los objetivos, es necesario encontrar algún método para definirlos de forma que puedan ser usados en el análisis se precisará proveer de un conjunto de procedimientos de medida bien definidos que sirvan como descriptores de cada uno de los objetivos del responsable de la toma de decisiones.

Se usa el término «*atributo*» para indicar el medio de valorar el grado en el que un objetivo dado puede ser alcanzado. Para cada objetivo, se precisarán generalmente varios atributos diferentes para su completa valoración. Por ejemplo el rendimiento educativo puede ser definido por puntuaciones en tests de rendimiento, por tests especialmente diseñados para el caso o por estimaciones realizadas por los profesores.

En este punto entendemos que ha sido posible por parte del responsable de la toma de decisiones el definir los objetivos que son relevantes, y que para cada objetivo se han definido uno o más atributos para ser usados con propósitos métricos.

Ante la duda de si incluir o no aquellos objetivos o atributos que dudamos acerca de su relevancia, en general, si no son muchos, se aconseja optar por incluirlos, el propio análisis ya desvelará su importancia, sin embargo si son excesivos no habrá más remedio que prescindir de algunos ya que harían el análisis inabordable.

4.1.2. *Cuantificación*

Una vez que hemos representado el problema mediante un árbol de decisión y un conjunto de atributos han sido asignados, es posible el intentar cuantificar de forma que se determine la solución óptima. Para ello deberemos prestar especial atención a:

- a) El grado de incertidumbre asociado a cada uno de los nudos del árbol de decisión.
- b) El valor positivo o negativo asociado a cada escenario descrito en el árbol.

a) *Medición de la incertidumbre: valoración probabilística*

Las teorías formales del análisis de decisión asumen que la forma apropiada de cuantificar la incertidumbre es mediante el uso de probabilidades asociadas a cada uno de los nudos de decisión del árbol. Sin embargo, deberemos previamente precisar algunos aspectos, así cuando se usa como parte de los métodos estándar de estadística inferencial, la probabilidad se define generalmente como el límite teórico de una frecuencia relativa, la así denominada *definición frecuentista*, y es la definición con la que todos estamos más familiarizados, pero por razones lógicas y epistemológicas no es la más apropiada para la resolución de problemas asociados a la toma de decisiones, así en los árboles de decisiones la probabilidad es definida como una medida cuantitativa de la creencia personal, es la definición *personalista o Bayesiana*.

La definición personalista se ha mostrado eficaz en la cuantificación de la incertidumbre personal y es por ello que resulta esencial en el análisis de decisiones complejas (Pitz 1982).

El uso de la teoría de la probabilidad matemática para describir la incertidumbre es relativamente simple. Como se sabe una probabilidad es un número entre 0 y 1. El cero indica la imposibilidad de ocurrencia del acontecimiento y el uno la certeza total de que va a ocurrir. Deberemos asignar una probabilidad a cada rama que sale de cada nudo, necesariamente la suma de todas las probabilidades en un mismo nudo debe ser uno.

Se requiere que los números asignados a cada acontecimiento representen la incertidumbre (o certidumbre) de quien ha de tomar las decisiones respecto de la ocurrencia del hecho, evidentemente esta asignación no es sencilla y en ocasiones se nos presenta una situación de incertidumbre ante la incertidumbre, problema tratado entre otros por Gardenfors y Shalin (1982), en nuestro caso asumimos que es posible asignar finalmente algún valor.

En muchos casos, los juicios de probabilidad pueden ser mejorados mediante la consulta a fuentes de conocimiento o la recogida de datos relevantes. Con esto queremos indicar la distinción entre la *medición* de la incertidumbre y su *reducción*, y aunque hasta el momento nos hemos ocupado más de la medición por cuestiones metodológicas, se entiende la necesidad de la reducción y que la búsqueda de fuentes fiables de información procura justamente ese objetivo.

b) *Valoración de las preferencias de decisión: la utilidad*

En algún momento del análisis, cada opción, cada escenario incluido en el modelo del problema debe ser evaluado en términos de cada uno de los atributos especificados en el modelo. Hay dos aspectos a considerar en esta parte de la cuantificación del proceso:

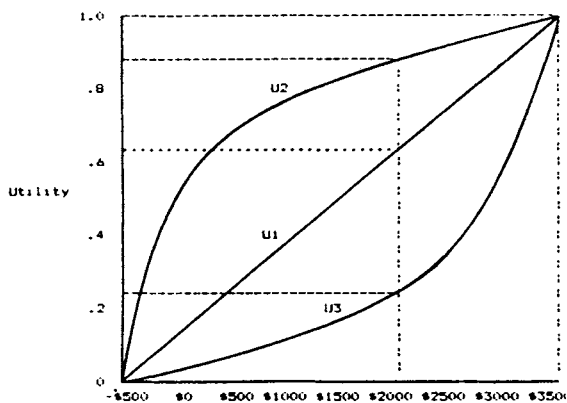
- a) Medición de cada opción o escenario en cada atributo.
- b) Determinar las preferencias para las medidas obtenidas.

Mientras que generalmente el primer aspecto resulta fácil de resolver para los evaluadores, no es así en el segundo y deberemos acordarlo en el análisis de decisiones.

Para describir el grado en que un resultado o acontecimiento observado es atractivo, se usa el concepto de *utilidad*. El término hace referencia a una valoración cuantificada de las preferencias de quien toma la decisión.

Trataremos de construir para cada problema una función de utilidad, entendida como una ley que transforme cada resultado dado o valor de un atributo en un valor cuantitativo de preferencia. Para ello se precisa elaborar con precisión las condiciones teóricas de la estructura preferencial del tomador de decisiones. El procedimiento más simple sería mediante una «Rating Scale», así en ese caso se pediría que se identificara el más deseable y el menos deseable de los escenarios, asignando valores extremos a cada uno de ellos (p. ej. 1 y 0). Usando estos valores como referencia se asignarían valores entre 0 y 1 al resto de escenarios.

Las valoraciones subjetivas son usadas frecuentemente para asignar utilidades en atributos que son difícilmente cuantificables de forma objetiva, como por ejemplo prestigio, satisfacción, etc., etc. Sin embargo cuando es posible cuantificarlo objetivamente se pueden representar las utilidades mediante algunos modelos matemáticos o gráfico-matemáticos como es el caso del ejemplo que presentamos a continuación sacado de F. Pitz y J. McKillip (1984).



U_1 es una función de utilidad lineal

U_2 es una función de riesgo promedio

U_3 es una función de búsqueda de riesgo

4.1.3. Síntesis

Cuando todos los elementos han sido identificados, las probabilidades y las utilidades pueden ser combinadas de forma que sea posible elaborar una recomendación acerca del curso de acción a seguir. El proceso de integración tiene lugar a diferentes niveles, mientras que en el momento de la modelización nos movíamos en el sentido de descomponer el problema desde lo más global y complejo a lo más simple y elemental, en el estadio de síntesis, los juicios al nivel más elemental deberán ser integrados en sucesivos niveles de más alto nivel. Para ello vamos a introducir a continuación algunos principios generales que subyacen en el proceso de síntesis. Dado que la integración tiene lugar matemáticamente, necesitaremos desarrollar algunas ecuaciones simples.

a) Utilidad esperada

Cuando el análisis implica incertidumbre, precisaremos introducir el concepto de utilidad esperada, término asociado al de valor esperado que vamos a analizar previamente.

El concepto de valor esperado es familiar en la estadística elemental, el valor esperado puede ser calculado para cualquier atributo cuantitativo asociado a un nudo de decisión dentro del árbol, para ello el valor asignado a cada rama que sale de un nudo debe multiplicarse por su probabilidad y posteriormente deberemos sumar todos los productos de todas las ramas.

Para mayor formalización si indicamos el valor de un resultado como V_i y su probabilidad como P_i , el valor esperado $V E$, será:

$$V.E. = \sum P_i V_i$$

Los valores esperados son un tipo de valor medio anticipado, las probabilidades de cada resultado nos han servido de ponderador en el cálculo del promedio.

Si a su vez tenemos utilidades asociadas a cada uno de los posibles resultados del árbol de decisión, podemos de forma similar a los que hemos hecho anteriormente, definir la *utilidad esperada* para cada uno de los nudos

$$U.E. = \sum P_i V_i$$

Las utilidades esperadas son la llave para resolver un problema de decisión cuando existe incertidumbre, la regla de oro consistirá en escoger *aquella opción que conduce a una rama con la utilidad esperada máxima*.

b) Utilidades Multiatributo

Los atributos múltiples son usados de forma habitual en el análisis de decisiones básicamente por dos razones:

- a) Acostumbra a haber numerosos objetivos que han de ser considerados cuando se evalúa un resultado.
- b) A su vez muchos objetivos precisan para medirlos adecuadamente el ser caracterizados por varios atributos.

La integración de estas utilidades multi-atributo será tan compleja como creamos que deba ser el modelo matemático aplicado para reflejar la realidad del problema de decisión. Sin embargo una forma sencilla es hacerlo a base de promediarlas. Es decir, dado que pueden haber utilidades más importantes que otras, deberemos recurrir a su ponderación, donde el peso de cada utilidad representa la importancia de cada atributo que la caracteriza.

Esta norma de agregación simple, que se aplica regularmente a muchos problemas de decisión, usa tipos de ecuación similares a los usados en otras formas de análisis (análisis de la regresión, y de la varianza). Así si asumimos que hay un número de cantidades, X_1, X_2, \dots, X_n , y que para cada cantidad tenemos pesos W_1, W_2, \dots, W_n . El peso ponderado (A) se define mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\sum (W_j U_j)}{\sum W_j}$$

Si los pesos los tenemos escalados de formas que suman 1, la ecuación se puede simplificar:

$$A = \sum (W_j X_j)$$

Si suponemos que tenemos varios atributos: 1, 2 ... n, y una medida de utilidad para cada atributo tomada individualmente, U_1, U_2, \dots, U_n . Asumiendo que poseemos un conjunto de pesos para cada atributo (que suman 1), es decir que los coeficientes representan la importancia relativa de los atributos para quien toma la decisión, podremos calcular la utilidad agregada de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$U = \sum W_j U_j$$

Que nos indica que para asignar una utilidad agregada a cualquier escenario, deberemos obtener utilidades para cada atributo relevante, y asignar sus correspondientes coeficientes (pesos) de acuerdo a la importancia que le concedamos a los atributos.

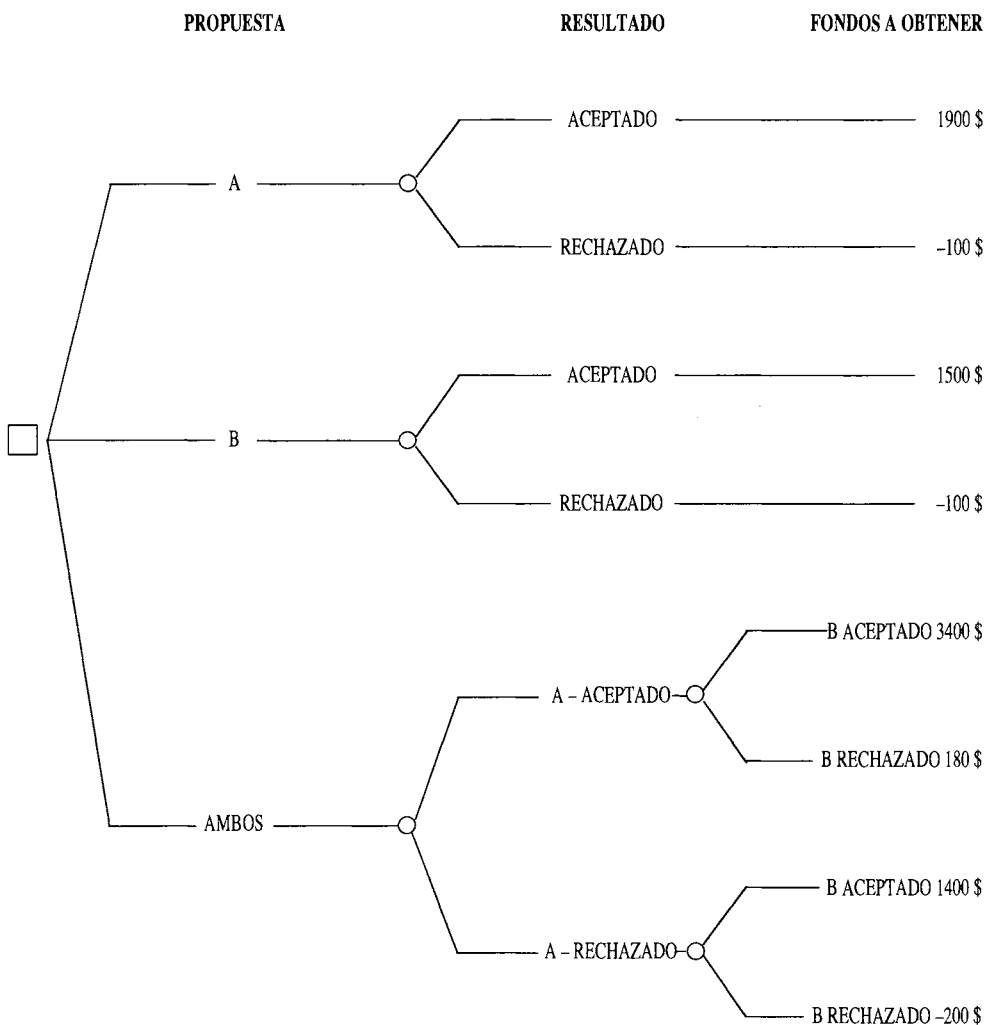
c) *Un ejemplo*

Vamos a exponer a modo de ilustración un sencillo ejemplo extraído de (Pitz y McKillip 1984).

Supongamos que un evaluador de programas tiene la posibilidad de someter dos proyectos de investigación para ser evaluados y conseguir fondos para su realiza-

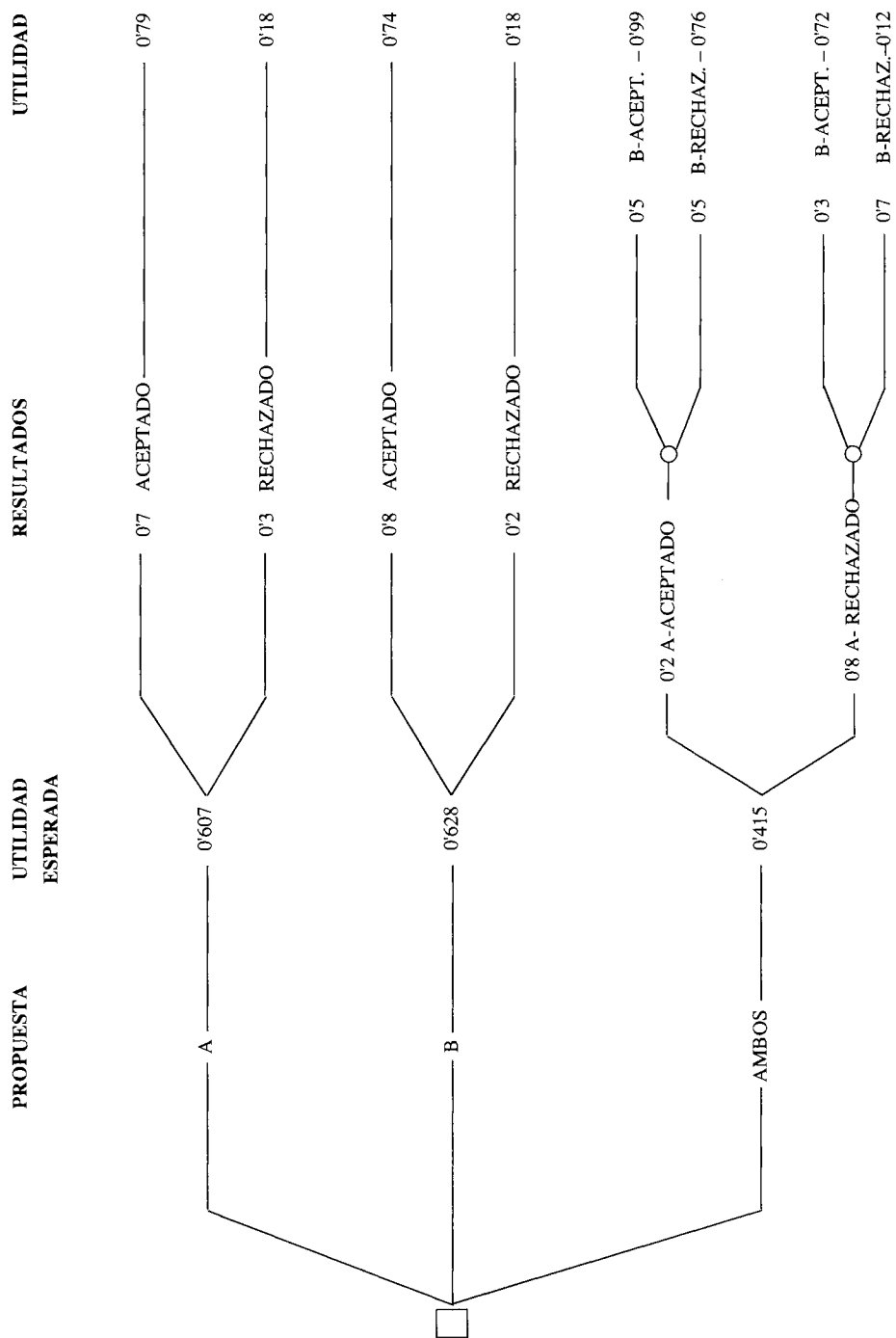
ción. Sin embargo el tiempo límite que tiene para su presentación es escaso y aunque cree que una vez aprobados podría llevarlos simultáneamente adelante, duda acerca de poder preparar con tan poco tiempo los proyectos a aprobar. ¿Qué es lo mejor que puede hacer?

Vamos a representar mediante un árbol de decisión la situación:



Vamos a contemplar el mismo caso desde una posibilidad de análisis multi-atributo, representada de forma tabular y completada para su análisis final con un árbol de decisión:

ATRIBUTOS						
	Dinero	Desarrollo profesional	Contactos profesionales	Contactos políticos	Utilidad integrada	
PESOS	(0.60)	(0.15)	(0.15)	(0.10)		
PROPUESTA RESULTADO	U_j $W_j U_j$	U_j $W_j U_j$	U_j $W_j U_j$	U_j $W_j U_j$	U_j $W_j U_j$	U
A Aceptado	0.85 0.51	0.8 0.12	0.8 0.12	0.4 0.04	0.79	
Rechazado	0.30 0.18	0 0	0 0	0 0	0.18	
B Aceptado	0.81 0.49	0.5 0.07	0.6 0.09	0.9 0.09	0.74	
Rechazado	0.30 0.18	0 0	0 0	0 0	0.18	
Ambos	0.99 0.59	1.0 0.15	1.0 0.15	1.0 0.10	0.99	
Sólo A aceptados	0.83 0.50	0.7 0.10	0.8 0.12	0.4 0.04	0.76	
Sólo B aceptados	0.80 0.48	0.4 0.06	0.6 0.09	0.9 0.09	0.72	
Ninguno aceptados	0.20 0.12	0 0	0 0	0 0	0.12	



De acuerdo a este análisis, la propuesta B, parecería la más razonable.

5. APÉNDICE

Incluimos en este apéndice aspectos interesantes relacionados con el análisis de decisiones, pero que probablemente no convenía situarlos a lo largo de la explicación para evitar complicarla.

5.1. Estimación subjetiva de la probabilidad

Hemos señalado a lo largo de nuestra reflexión el uso de la probabilidad como una expresión cuantitativa de la incertidumbre. Diremos, por ejemplo, que creemos que la posibilidad de que mañana llueva es del 4%. Esta estimación no tiene por sí misma significado alguno, una expresión de la probabilidad de esta naturaleza representa el grado de verosimilitud sobre un acontecimiento. Es subjetiva y personalista por deducirse de un juicio que se basa en un conjunto de informaciones que, por lo menos parcialmente, es personal.

La probabilidad subjetiva es diferente del tipo de probabilidad que a menudo se enseña en los cursos de introducción al tema. La probabilidad objetiva se basa en la frecuencia de acaecimiento de un acontecimiento en una serie de observaciones pretéritas (p. ej. proporción de n .º de caras obtenidas en 1.000 lanzamientos de una moneda). Por contra las estimaciones de las probabilidades subjetivas se hacen usualmente sobre un único acaecimiento de un acontecimiento. Supóngase, por ejemplo, que no tiene la costumbre de tomar el avión de las 5,40 de la tarde en una determinada ciudad, es posible expresar la probabilidad subjetiva, basada en la experiencia preterita de que el avión salga mañana puntualmente. Sin embargo esta estimación puede ser diferente cuando la efectúan personas diferentes porque se basa sobre un juicio personal y en conjuntos personales de informaciones.

Se ha realizado una serie de estudios empíricos para investigar la naturaleza de las estimaciones subjetivas de probabilidad en situaciones donde se conoce la «verdadera» probabilidad. La conclusión general de estos estudios es que los individuos no son coherentes en su formulación de las probabilidades subjetivas, se ha demostrado en los experimentos con grupos de individuos que las probabilidades subjetivas medias para los acontecimientos de probabilidad reducida son mayores que las probabilidades objetivas, mientras que las probabilidades subjetivas medias para los acontecimientos muy probables son menores que las correspondientes probabilidades objetivas.

5.2. Revisión Bayesiana de las probabilidades

El teorema de Bayes relaciona las estimaciones subjetivas de probabilidad antes de conocer los resultados de las pruebas (la probabilidad a priori) con las que cabe esperar una vez conocidos los resultados (la probabilidad a posteriori) a la luz de la anterior experiencia (verosimilitud).

La aplicación del Teorema de Bayes a los cambios en las probabilidades subjetivas de una persona puede parecer una aplicación algo arbitraria de una fórmula teórica. Es cuestionable si los individuos realmente ajustan las estimaciones de las probabilidades de la manera como sugiere la fórmula.

Se han realizado algunos experimentos para investigar la diferencia entre las probabilidades a posteriori manifestadas por los individuos después de recibir información y las cifras que señala el Teorema de Bayes. Estos experimentos muestran que en la mayoría de los casos el impacto sobre las estimaciones subjetivas de las probabilidades tiende a ser inferior al que sugiere la fórmula. Este menor importe del cambio se ha denominado el efecto del conservadurismo. No obstante alguna aparente sobreestimación de los cambios en las probabilidades subjetivas la versión bayesiana de las probabilidades, puede a pesar de ello ser útil como guía hacia el probable efecto sobre estas probabilidades de los resultados de los experimentos.

5.3. Material complementario

Como hemos podido constatar el análisis de decisiones ya es en si bastante complejo, pero su mayor dificultad radica en la cantidad de técnicas que a su vez implica y que hemos apuntado a lo largo de la ponencia, pero que su explicación más detallada se escapa obviamente de su alcance.

Señalamos finalmente algún material complementario para poder profundizar en ellas. Así para conocer mejor el tratamiento de los árboles de decisión, podemos consultar a Raiffa (1968), Brown, Kahr y Peterson (1974).

Todo lo concerniente a la aproximación de la teoría de las utilidades multiatributo al tratamiento de la decisión, lo tenemos en Keeney y Raiffa (1976), Edwards (1977) y Edwards y Newman (1982).

La conexión entre la estadística Bayesiana y la toma de decisiones la encontraremos en Schmitt (1969) y Phillips (1974).

Finalmente programas interactivos para ordenador, han sido elaborados por Humphreys y MacFadden (1980) y por Pauker (1982).

6. BIBLIOGRAFÍA

BROWN, N. R. V. , KAAAN, A. S. y PETERSON, C. (1974): *Decision Analysis an Overview*. N. York: Holt, Rinehart and Winston.

EDWARDS, W. (1977): How to use multiattribute utility measurement for social decision making. *Ieee transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 7, 326-340.

EDWARDS, W. (1983): Multiattribute utility measurement. Evaluating desegregation plans in a highly political context. en R. Perloff (Ed). *Evaluator Interventions: Pros and Cons*. Beverly Hills, Calif: Sage.

EDWARDS, W. y NEWMIAN, J.R. (1982): *Multiattribute Evaluation* Beverly Hills, Calif: Sage.

- GARDENFORS, P. y SAHLIN, N. E. (1982): Unreliable probabilities, risk taking and decision making. *Syntheses*, 53, 361-386.
- HUMPHREYS, P. C. y McFADOEN, W. (1980): Experience with MAUD: Aiding decision structuring through reordering versus automating the composition rule. *Acta Psychologica*, 45, 51-69.
- KEENEY, R. L. y RAIFFA, H. (1976): *Decision Mith Multiple Objectives: Preference and Value Trade Offs*. New York: John Wiley.
- KEPNER, H y TRF. GOE, B. (1989): El directivo racional. Barcelona. U.A.B. Fac. Ciencias Económicas y Empresariales.
- PAUKER, S. G. (1982) *Decision-Maker 3.0*. Boston: Tufts University School of Medicine.
- PHILLIPS, L. D. (1974): *Bayesian Statistics for Social Scientists*. New York: Crowell.
- PITZ, G. F. (1982): Applications of bayesian statistics in psychological research. En G. Keren (Ed). *Statistical and Methodological Issues in Psychology and Social Sciencies Research*. Hillsdale, N. J. Laurence J. Erlbaum.
- PITZ, C. F. y McKILLIP, J. (1984): *Decision Analysis for Programs Evaluators*. Beverly Hills, Calif: Sage.
- RAIFFA, H. (1968): *Decision Analysis*. Reading, Mass: Addison-Wesley.
- RAMSEY, F. P. (1931): Truth and probability en F. P. Ramsey (Ed) *The foundations of statistics*. New York: Harcourt Brace Joranovitvh.
- SAVAGE, L. J. (1954): *The Foundations of Statistics*. New York: John Wiley.
- SCHMITT, S. A. (1969): *Measuring Uncertainty: an Elementary Introduction to Bayesian Statistics*. Reading, Mass: Addison-Wesley.
- VON NEUMANN, J. y MORGENSTERN, O. (1947): *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.