

## 7.5 Análisis de decisión y tratamiento de la incertidumbre



Técnicas cuantitativas de ayuda a la evaluación de las tecnologías sanitarias

**Autores: Santiago Rubio Cebrián**

*Profesor Emérito de la ENS en Economía de la Salud*

**Beltran Rubio González**

*Profesor de la ENS en Economía de la Salud*

Se recomienda imprimir 2 páginas por hoja

### **Citación recomendada:**

Rubio Cebrián S. Rubio González B. Conceptos e indicadores básicos en economía [Internet]. Madrid: Escuela Nacional de Sanidad; 2012 [**Actualizado febrero 2024**] [consultado día mes año].

Tema 1.2. Disponible en: [direccion url del pdf.](#)



TEXTOS DE ADMINISTRACION SANITARIA Y GESTIÓN CLÍNICA  
by UNED Y ESCUELA NACIONAL DE SANIDAD  
is licensed under a Creative Commons  
Reconocimiento- No comercial-Sin obra Derivada  
3.0 Unported License.



### Resumen:

Este tema trata de hacer explícitos los fundamentos conceptuales y operativos de las herramientas de ayuda que la economía y otras disciplinas afines ponen a disposición de los expertos e interesados en la evaluación de las tecnologías sanitarias. Con ello se pretende facilitar su desarrollo, aumentar su credibilidad y disminuir la incertidumbre que amenaza a la validez y representatividad de los resultados obtenidos, así como a la robustez de las conclusiones, recomendaciones y decisiones que se siguen a tales estudios.

En la primera parte de esta unidad didáctica se introducen los conceptos básicos, se comentan los elementos constitutivos y las leyes que gobiernan los modelos de decisión, al tiempo que se desarrolla de forma pormenorizada un ejemplo de aplicación práctica para entender mejor su metodología, las normas que lo regulan y las reglas mediante que se adoptan las decisiones.

## *Introducción*

### *1.- El análisis de decisión*

#### *1.1 Los elementos del modelo*

#### *1.2 Las probabilidades y sus reglas*

#### *1.3 Un ejemplo práctico*

#### *1.4 Los procesos markovianos*

### *2.- El tratamiento de la incertidumbre*

#### *2.1 El análisis de sensibilidad*

#### *2.2 Las recomendaciones metodológicas*

## *Conclusiones*

## *Referencias bibliográficas*

A continuación, se desarrollan aspectos que tienen que ver con la aplicación de algunas otras técnicas de ayuda, como el método de Montecarlo, la simulación con cohortes o el álgebra matricial, para la resolución de algunos de estos problemas, tanto a través de los modelos markovianos como de otras técnicas cuantitativas. Y el tema finaliza haciendo referencia a los procedimientos disponibles para el tratamiento de la incertidumbre, mediante una explicación de los diversos tipos de análisis de sensibilidad disponibles, en el caso de que exista variabilidad en los parámetros intervinientes;

recomendándose el sometimiento a los estándares metodológicos ampliamente consensuados, con lo que se trata de mejorar la calidad, la aceptabilidad y la comparabilidad de los estudios.

## **Introducción**

Los criterios sobre los que los profesionales sanitarios fundamentan sus decisiones pueden tener muy diferente naturaleza y variar desde los enfoques más prudentes y conservadores, que tratan de eludir el peor resultado posible, hasta los más valientes y arriesgados en búsqueda del mejor resultado posible, aunque su probabilidad de acaecimiento sea reducida. Y aunque en el sector

sanitario tales decisiones no son fáciles de tomar, su solución puede quedar facilitada mediante enfoques sistemáticos, ya que existen estrategias para hacer frente a estos complicados problemas, tanto por lo que se refiere a la gestión clínica, como a la política sanitaria.

Al objeto de racionalizar estos criterios, la aplicación de las técnicas de ayuda a estos procesos tiene una importancia capital, y mediante su utilización se tratan de construir modelos en los que se refleje con la mayor fidelidad posible la extraordinariamente compleja realidad médica, considerando todos los acontecimientos posibles que se derivan de una decisión, considerando sus respectivas probabilidades en un esquema modelizado de naturaleza predictiva con el que se promedia el resultado esperado de cada alternativa, permitiendo así la adopción de decisiones fiables que pueden ser válidas especialmente en el caso de que se empleen para la gestión de colectivos numerosos.

A pesar de ello, con más frecuencia de la deseada estas decisiones se sostienen sobre informaciones claramente insatisfactorias, se fundamentan en deducciones injustificadas, o se emplean procedimientos heterodoxos o poco consensuados, por lo que se hace necesario someter a los resultados obtenidos a tratamientos reductores del riesgo o la incertidumbre que sobre ellos planea.

---

## 1.- El análisis de decisión

---

La toma de decisiones se refiere a cualquier proceso mediante el cual, los directivos, los profesionales, los expertos o los poderes públicos competentes adoptan una determinada resolución ante un problema de gestión de la realidad, eligiendo de entre todas las disponibles la opción más conveniente al interés individual o colectivo.

En la literatura se consideran dos teorías que tratan de explicar y conducir estos procesos: a) la **racionalidad clásica**; y b) la **racionalidad limitada**. La primera de ellas es la tradicionalmente empleada en la teoría económica, siempre que exista información fiable y completa; mientras que en la segunda, se precisa de algún procedimiento sistemático mediante el que se pueda garantizar la incorporación y consideración de todos los factores

involucrados al objeto de reducir la incertidumbre propia del caso.

Con este propósito, la secuencia lógica que debe seguirse en el proceso de toma de decisiones en un contexto de información limitada sería la siguiente: a) identificación y definición del problema; b) búsqueda de las estrategias o soluciones posibles; c) consideración de los eventos convenientes e inconvenientes en cada una de las opciones; y d) selección de la alternativa más adecuada a los intereses del decisor.

Un modelo puede definirse como un esquema teórico elaborado para explicar, comprender y analizar un sistema o describir una realidad, con el fin de llevar a cabo simulaciones acerca de su previsible comportamiento en escenarios verosímiles. Tales modelos abarcan una gran variedad de técnicas (entre las que se encuentra el análisis de decisión) que tienen la ventaja de ser poco costosas y de rápida ejecución.

El análisis de decisión es una técnica cuantitativa derivada de la investigación operativa que se fundamenta en la teoría de la utilidad y en la de las probabilidades, con la finalidad de representar y analizar racionalmente situaciones y problemas reales que incorporan elementos de incertidumbre. Es una técnica de ayuda o apoyo utilizada, en el ámbito de la evaluación de tecnologías sanitarias, como instrumento formal para solucionar los problemas de naturaleza secuencial y adaptativa, para sistematizar (dentro de un proceso) las alternativas esperables y controlables por el decisor, y para recomendar con carácter general la alternativa que optimice los resultados esperados, bajo condiciones de incertidumbre.

Los árboles de decisión constituyen representaciones gráficas en forma de diagramas ordenados de secuencias temporales lógicas y de estructura arborescente perfectamente utilizables en el ámbito de las decisiones médicas mediante las que se intenta reflejar de forma modelizada y explícita todas las posibles opciones, acontecimientos y resultados de una acción o un proyecto, vinculados a sus respectivas probabilidades de acaecimiento, en orden a facilitar la adopción de decisiones colectivas con mayor garantía y seguridad que otras decisiones basadas en la intuición o la adivinación.

*Un modelo es una representación gráfica para resumir de forma aproximada los acontecimientos de la realidad*

## 1.1 Los elementos del modelo

En los árboles de decisión se pueden identificar dos principales elementos: a) las ramas; y b) los nudos. **Las ramas** se representan mediante líneas continuas y sirven para vincular las diferentes decisiones, eventos, situaciones y resultados que se supone que vayan a tener lugar; mientras que **los nudos** simbolizan los puntos en los que se toman decisiones, se registran acontecimientos o eventos, y se alcanzan resultados o situaciones de interés concretas.

Suelen distinguirse tres tipos de nudos: b.1) los de acción o decisión; b.2) los de acontecimientos o azar; y b.3) los finales, terminales, de resultados o de resolución.

Los **nudos de decisión** se representan gráficamente por medio de cuadrados. Se refieren a situaciones en las que el decisor responsable tiene el control de todas las alternativas sometidas a comparación; y se caracterizan porque las ramas que nacen de estos nudos representan opciones que no llevan asociadas probabilidades, ya que las alternativas que nacen de ellos se supone que deben ser mutuamente excluyentes.

*Se pueden citar como ejemplos de esta naturaleza: vacunar o no vacunar; emplear la técnica (A), la (B) o la (C); tratar mediante un fármaco o emplear la cirugía; o hacer una prueba diagnóstica o no hacerla.*

Los **nudos de acontecimientos** se representan gráficamente por medio de círculos. Se caracterizan porque el decisor responsable ya no tiene el control de los eventos, y porque las ramas que de ellos nacen sí llevan siempre asociadas probabilidades de acaecimiento.

*Se pueden citar como ejemplos de esta naturaleza: que un tratamiento sea efectivo o no; que se presenten reacciones adversas a los medicamentos o que no; que se produzcan recidivas o no; que haya que hospitalizar a los pacientes o que no sea necesario; o que una prueba diagnóstica resulte positiva o negativa.*

Finalmente, los **nudos finales** se representan gráficamente por

*Los árboles de decisión constituyen un planteamiento visual de los eventos y resultados lógicos que se derivan de la adopción de decisiones acerca de opciones alternativas*

medio de triángulos, rectángulos u óvalos; y se caracterizan porque en ellos se recogen de forma cuantificada los resultados de interés para el investigador a la luz de los cuales se desea adoptar una decisión, y porque de ellos no nace ninguna rama más. Debe advertirse que a veces un nudo final no es más que otro acontecimiento a la luz del cual se desea adoptar una decisión.

*Se pueden citar como ejemplos de esta naturaleza: la calidad de vida modificada; los años de vida ajustados por calidad ganados; los costes incurridos; los tratamientos exitosos, los beneficios obtenidos; las muertes registradas; o el tiempo de vida prolongado.*

En general, la construcción de los modelos de decisión resulta especialmente útil para el investigador ya que le obliga a proveerse de información suficiente y fiable, y a organizarla de forma sistemática, considerando todas las categorías de alternativas, sucesos y resultados que se pueden derivar de las intervenciones sanitarias sometidas a evaluación.

---

## 1.2 Las probabilidades y sus reglas

---

Una vez que la información disponible ha sido representada gráficamente mediante la elaboración de los árboles de decisión, es necesario someterse a las siguientes tres reglas de la probabilidad que tienen un origen bayesiano: a) la complementariedad; b) la probabilidad condicionada; y c) el resultado promedio esperado

La regla de la **complementariedad** establece que la suma de las probabilidades vinculadas a las ramas que emanan de un mismo nudo de acontecimientos debe ser siempre igual a la unidad. Lo que de forma algebraica puede expresarse así:

$$P(A \text{ ó } B \text{ ó } \dots \text{ ó } N) = P(A) + P(B) + \dots P(N) = 1$$

*Por ejemplo, si la probabilidad de fallecer tras una intervención quirúrgica es del 0,10; la probabilidad de sobrevivir a la misma será:  $1 - 0,10 = 0,90$ .*

La regla de la **probabilidad condicionada** establece que la probabilidad de que se produzca un resultado (o un acontecimiento) concreto está condicionada por las probabilidades de las ramas

*Los elementos de los árboles de decisión son: los nudos (de decisión, de acontecimientos y de resultados) y las ramas*

que preceden al mismo. Lo que de forma algebraica se expresa así:

$$P(A \text{ y } B) = P(A) \times P(B/A)$$

*Por ejemplo, si la probabilidad de enfermar tras haber sido vacunado es del 0,10, y la probabilidad de fallecer tras enfermar es del 0,05; la probabilidad de fallecer tras ser vacunado será:  $0,10 \times 0,05 = 0,005$ .*

La última regla establece que el **resultado promedio esperado** para cada alternativa es igual al sumatorio de cada uno de los resultados ( $R_i$ ) multiplicado por sus respectivas probabilidades ( $P_i$ ). Lo que de forma algebraica se expresa así:

$$\text{Resultado esperado} = \sum (R_i \times P_i)$$

*Por ejemplo, si la probabilidad de incurrir en un coste de 1.000 euros es del 0,40, y la probabilidad de incurrir en otro coste de 2.000 euros es del 0,60; el resultado promedio esperado será:  $1.000 \times 0,40 + 2.000 \times 0,60 = 1.600$  euros.*

Las leyes mediante las que se gobiernan los árboles de decisión son tres: 1) la complementariedad; 2) la probabilidad condicionada; y 3) el resultado promedio esperado

En el contexto sanitario, las cuestiones susceptibles de modelización pueden estar referidas a la adopción de decisiones relacionadas con la gestión clínica de los pacientes, con la instrumentación de políticas sanitarias, con la estrategia organizativa, con la gestión financiera institucional o cualesquiera otras de similar naturaleza.

### 1.3 Un ejemplo práctico

Se trata de determinar mediante la construcción de un árbol de decisión cual de dos tratamientos (A) o (B), alternativos en el tratamiento de una misma enfermedad es más útil (proporciona mayor calidad de vida), considerando dos acontecimientos de interés: a) la efectividad del tratamiento; y b) la frecuencia de reacciones adversas a los medicamentos (RAM).

En relación con los objetivos pretendidos y las variables consideradas, se dispone de la siguiente información:

Efectividad de (A) = 0,90; y efectividad de (B) = 0,85

Frecuencia de RAM en (A) = 0,05; y frecuencia de RAM en (B) = 0,03

La calidad de vida ganada si el tratamiento es exitoso (efectivo sin RAM) asciende a 0,20 puntos (en una escala de 0 a 1) en ambos casos.

Si el tratamiento es efectivo, pero aparecen RAM, la calidad de vida ganada es de 0,10 con (A), y de 0,15 con (B).

Si el tratamiento es inefectivo, pero no aparecen RAM, la calidad de vida permanece inalterada en ambos casos.

Y si el tratamiento es inefectivo, pero aparecen RAM, hay una pérdida de calidad de vida de -0,10 en (A), y de -0,05 en (B).

A la vista de todos los datos anteriores y considerando las dos alternativas que se comparan, los dos acontecimientos de interés considerados con sus respectivas probabilidades de acaecimiento y la cuantificación de los resultados a la luz de los cuales va a juzgarse qué es lo que más conviene, el árbol de decisión resultante quedaría esquematizado de la forma que aparece en la figura 1.

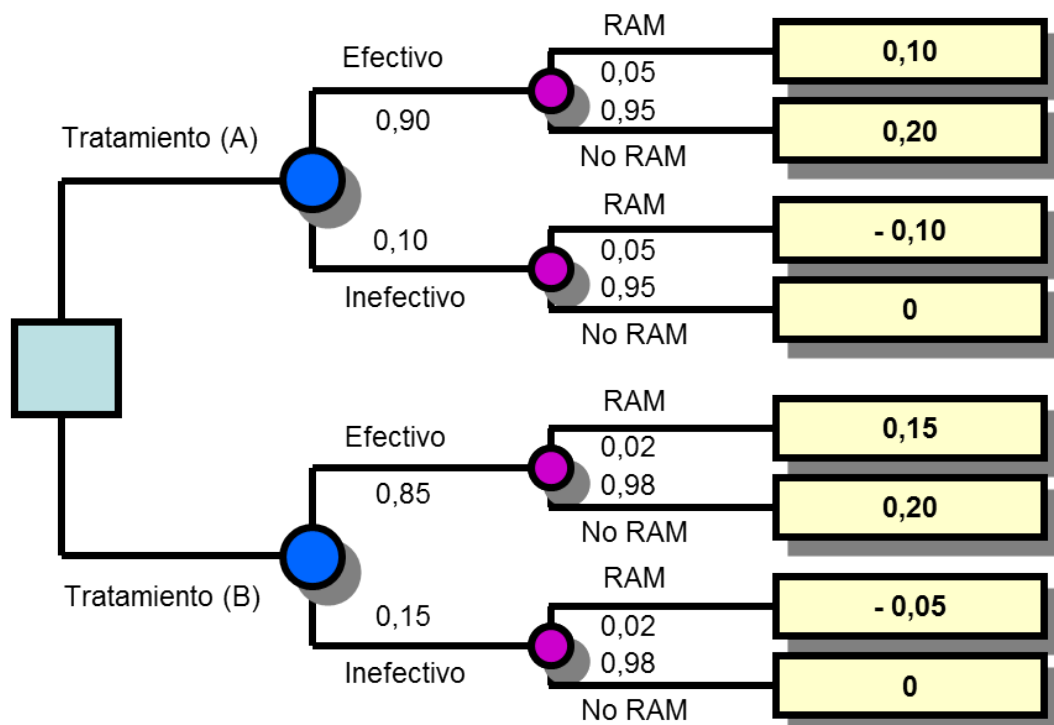


Figura 1. Ejemplo de construcción de un árbol de decisión.



Una vez confeccionado el árbol de decisión e incorporados al mismo todos los datos disponibles, se trata de proceder a su resolución aplicando las reglas de la probabilidad anteriormente comentadas. Para ello en cada alternativa se construye una tabla como sigue:

#### Tratamiento (A)

Identificación del resultado	Cuantificación del resultado (Ri)	Probabilidad (Pi)	Ri x Pi
Efectivo c/RAM	0,10	$0,90 \times 0,05 = 0,045$	$0,10 \times 0,045 = 0,0045$
Efectivo s/RAM	0,20	$0,90 \times 0,95 = 0,855$	$0,20 \times 0,855 = 0,1710$
Infect. c/RAM	- 0,10	$0,10 \times 0,05 = 0,005$	$-0,10 \times 0,005 = -0,0005$
Infect. s/RAM	0	$0,10 \times 0,95 = 0,095$	$0 \times 0,095 = 0$
Sumas		1	<b>0,1750</b>

#### Tratamiento (B)

Identificación del resultado	Cuantificación del resultado (Ri)	Probabilidad (Pi)	Ri x Pi
Efectivo c/RAM	0,15	$0,85 \times 0,02 = 0,017$	$0,15 \times 0,017 = 0,0025$
Efectivo s/RAM	0,20	$0,85 \times 0,98 = 0,833$	$0,20 \times 0,833 = 0,1666$
Infect. c/RAM	- 0,05	$0,15 \times 0,02 = 0,003$	$-0,05 \times 0,003 = -0,00015$
Infect. s/RAM	0	$0,15 \times 0,98 = 0,147$	$0 \times 0,147 = 0$
Sumas		1	<b>0,1690</b>

De todo lo cual se desprende que la calidad de vida promedio esperada del tratamiento (A) que asciende a 0,175, es superior a la esperada con el tratamiento (B) que asciende a 0,169; con lo que el tratamiento (A) debería ser la opción recomendada.

### 1.4 Los procesos markovianos

Constituye una técnica de modelización derivada del álgebra matricial que debe su nombre al matemático ruso A.A. Markov. Se refiere a aquellos procesos en los que intervienen factores o variables aleatorias y en los que la probabilidad de ocurrencia de un suceso, depende únicamente de la probabilidad del suceso inmediatamente anterior. La representación de estos acontecimientos recurrentes a lo largo del tiempo puede

ser incorporada en el análisis de decisión cuando se trata de confeccionar árboles de decisión especialmente frondosos, con acontecimientos repetitivos, de amplio recorrido temporal y con frecuencia irreversibles, como ocurre en muchos procesos crónicos.

En general, la utilización de los modelos de Markov es compatible con el desarrollo de los modelos de decisión, y contribuyen a resolver de forma apropiada muchos de los problemas que tratan sobre las decisiones médicas en situaciones de incertidumbre.

En su aplicación práctica al campo de las decisiones medicas, los modelos de Markov consideran que los pacientes pueden encontrarse en un número finito de estados de salud, denominados estados de Markov, de forma que cualquier modificación significativa en los mismos puede ser modelizada como transiciones de un estado a otro, con sus respectivas probabilidades. El horizonte temporal del análisis se divide en periodos de tiempo, denominados ciclos de Markov; y a cada estado se le puede asignar una utilidad (o una calidad de vida) que contribuye al pronóstico general en función de la duración de cada ciclo y de la permanencia del enfermo en cada estado.

Los procesos markovianos se clasifican según que las probabilidades de transición entre los estados se mantengan o no constantes a lo largo del tiempo. Cuando en un proceso de Markov las probabilidades de transición permanecen constantes a lo largo del tiempo recibe la denominación de "cadena" de Markov.

Estos modelos pueden resolverse mediante: a) una simulación de cohortes; b) una simulación tipo Montecarlo; y b) una matriz algebraica, llamada fundamental.

La simulación mediante cohortes constituye una representación muy intuitiva y en ella se considera que, al comienzo del proceso, en cada estado existe una cohorte de individuos de tamaño discrecionalmente elegido, que deben transicionar a lo largo del tiempo (en cada ciclo) hacia otros estados generalmente menos saludables, según ciertas probabilidades previamente definidas. El proceso se repite secuencialmente hasta llegar a un ciclo final en el que toda la cohorte ha sido absorbida por un estado del que no se puede salir (el fallecimiento). La consecuencia esperada en

*La aplicación de los procesos markovianos es especialmente útil cuando se trata de simular eventos sanitarios complejos, repetitivos en el tiempo y habitualmente irreversibles*

términos de tiempo medio de supervivencia o de permanencia en cierto estado, se estima dividiendo el número de ciclos agregados por la totalidad de la cohorte entre el tamaño de la misma.

La **simulación de Montecarlo** es un método de análisis simulado con elementos probabilísticos y desde escenarios verosímiles alternativos aleatoriamente obtenidos, que permite considerar todas las combinaciones posibles de variantes que pueden acontecer, y por tanto, que deben ser tenidas en cuenta (dentro de rangos razonables), en el examen de los posibles resultados de un estudio o proyecto.

El fundamento de esta simulación es la generación de valores numéricos asimilados a las probabilidades transicionales entre los estados de salud considerados. Se trata de conocer mediante un determinado número de ensayos como cada paciente va transicionando de un estado a otro de forma aleatoria a lo largo de los diferentes ciclos, hasta que queda absorbido (fallece) y deja de transicionar. De forma parecida al caso anterior, el tiempo medio de supervivencia o de permanencia en cierto estado, se estima dividiendo el número de ciclos agregados por la totalidad de los ensayos realizados entre el número de los mismos.

La **matriz fundamental** es un procedimiento matricial que proporciona una solución exacta de los resultados, pero solo se puede emplear cuando las probabilidades transicionales permanezcan constantes a lo largo del tiempo y en todos los ciclos considerados. La matriz fundamental (N) se obtiene a partir primero de la transposición y luego de la inversión de la matriz de las probabilidades transicionales de los estados no absorbentes (Q). Lo que se expresa algebraicamente así:  $(N) = (1 - Q)^{-1}$

Posteriormente se interpreta cada elemento de la matriz (N), cuyos valores corresponden a los ciclos medios de permanencia de cada individuo en cada estado teniendo en cuenta su posición inicial.

## 2.- El tratamiento de la incertidumbre

La incertidumbre se refiere principalmente a toda situación de desconocimiento, duda o inseguridad respecto del verdadero valor que pueden tomar uno o más parámetros dentro de cualquier

*En la resolución de los procesos markovianos se pueden emplear tres procedimientos: 1) la simulación mediante cohortes; 2) el método de montecarlo; y 3) la matriz fundamental*

modelo de decisión. En tanto que cuando a esta situación se le puede incorporar una probabilidad de acaecimiento, se emplea el concepto de riesgo.

Parece evidente que una información que no se puede considerar verdadera, completa o digna de crédito, por proceder de datos escasos, insuficientes, dudosos, poco contrastados, incompletos o inverosímiles, puede poner en riesgo la fiabilidad de las conclusiones del estudio. Pero lo mismo puede suceder si el tratamiento dado a los datos disponibles una vez que éstos han sido obtenidos, no está suficientemente contrastado o no responde a criterios procedimentales aceptados o consensuados por la comunidad de expertos.

En el contexto de la evaluación de tecnologías y proyectos sanitarios, las causas de incertidumbre pueden ser diversas y estar originadas por las siguientes razones: a) la **variabilidad** de los datos disponibles; b) la **generalización** de los resultados; c) la **extrapolación** de acontecimientos; y d) el uso de **métodos analíticos** inapropiados.

La inseguridad acerca de los diferentes valores que pueden tomar en la realidad las variables consideradas, su falta de evidencia o la insuficiencia de datos generan problemas de fiabilidad que pueden afectar seriamente a las conclusiones. Ante este panorama, las cuestiones clave serían: ¿cual es el auténtico valor numérico de cada parámetro? o ¿cambiaría la decisión si variaran significativamente los valores de los mismos?

Del mismo modo, pueden existir dudas razonables respecto de la garantía con la que los resultados de un estudio obtenido de una determinada muestra o internamente válidos para una población de estudio, pueden repetirse cuando son aplicados en diferentes contextos. Es decir, ¿tienen o no validez externa los resultados obtenidos? o ¿se modificaría la decisión en el caso de que no la tuvieran?

Cabe también cuestionarse acerca del grado de fiabilidad funcional, temporal, de ámbito o de categoría con el que a partir de cierta información se pueden deducir, transferir, trasladar o inferir determinadas conclusiones. Tales extrapolaciones pueden referirse a la posibilidad de que a partir de la realización de

ciertas actividades intermedias puedan deducirse determinados resultados finales; de los resultados obtenidos en condiciones experimentales pueda esperarse que se repitan en condiciones reales; de la obtención de unos resultados presentes o pretéritos pueda garantizarse su continuidad en el futuro; o de la disposición de información básica pueda elevarse a la categoría de evidencia.

Y finalmente, puede ponerse en duda el grado de fiabilidad con el que deben ser aceptadas las conclusiones alcanzadas a causa del empleo de medidas o criterios procedimentales no consensuados, dentro de los procesos de selección, obtención y tratamiento de los datos.

Ante todo lo anterior, los problemas que se derivan de la variabilidad de los datos disponibles puede disminuirse mediante la aplicación del análisis de sensibilidad; los errores de extrapolación y generalización pueden aminorarse empleando el sentido común; en tanto que los inconvenientes consecuentes a los diferentes modelos analíticos empleados, pueden reducirse con el sometimiento a guías, checklists o estándares metodológicos universalmente aceptados.

*La incertidumbre puede tener su origen en la variabilidad de los parámetros intervinientes, en la generalización de los resultados, en las extrapolaciones y en el uso de metodologías heterodoxas o interesadas*

## 2.1 El análisis de sensibilidad

Es un proceso analítico que examina los cambios que experimentarían los resultados de proyectos, programas o servicios, ante situaciones de incertidumbre que son consecuentes a las posibles modificaciones que pueden registrarse en los valores de las principales variables intervinientes en un modelo. Se trata de un procedimiento para determinar cuan sensible es la solución supuestamente óptima a los cambios de las variables empleadas en el análisis. Este proceso trata de la consistencia de unas conclusiones ante hipótesis de variaciones en el comportamiento de ciertas variables que intervienen en un planteamiento de estrategias de decisión, sirviendo también para identificar las variables críticas en el modelo examinado.

En su aplicación al contexto de la evaluación de las tecnologías sanitarias, se suelen distinguir las siguientes cuatro formas de análisis de sensibilidad: a) simple; b) de umbral; c) de extremos; y 4) probabilístico.

El análisis de sensibilidad **simple** se dedica a estudiar cómo la variación (dentro de unos rangos razonables) de uno o más de los parámetros componentes de un estudio puede afectar o no a los resultados obtenidos y por ello a la decisión consiguiente.

*Por ejemplo: en un análisis coste efectividad se sabe que una estrategia sanitaria (A), bien contrastada, tiene un ratio medio de 200 euros/mes de vida prolongada (mvp); mientras que otra nueva alternativa (B) tiene unos costes de 2.000 euros por tratamiento, y presenta un rango de variación en los efectos que se mueve entre los 6 y los 8 meses de vida prolongada. Este tipo de análisis de sensibilidad trataría de responder a la siguiente cuestión ¿afectaría esta variación de los efectos de (B) en la elección de la alternativa más eficiente?*

*Si se calcula el ratio medio de (B) en el caso de que los efectos fueran de 6 meses, el ratio resultante sería:  $2.000/6 = 333$  euros/mvp.*

*Y si se calcula el ratio medio de (B) en el caso de que los efectos fueran de 8 meses, el ratio resultante sería:  $2.000/8 = 250$  euros/mvp.*

*Dado que el comparador (A) tiene un ratio medio de 200 euros/mvp, este sencillo cálculo permite tener la seguridad de que en cualquier caso la alternativa (A) es más eficiente que la (B), dado que tiene menor ratio medio.*

El análisis de sensibilidad **de umbral** trata de identificar el valor crítico de los parámetros por encima o debajo de los cuales (los llamados "**valores de cruce**") pueden variar las conclusiones de un estudio o afectar a una regla de decisión.

*Por ejemplo: en un análisis coste efectividad se sabe que una estrategia sanitaria (A), bien contrastada, tiene un ratio medio de 200 euros/mes de vida prolongada (mvp); mientras que otra nueva alternativa (B) tiene unos costes de 2.000 euros por tratamiento, y presenta un rango de variación en los efectos que se mueve entre los 6 y los 8 meses de vida prolongada.*

*Este tipo de análisis de sensibilidad trataría de responder a la siguiente cuestión ¿cuales deberían ser como mínimo los efectos*

*El análisis de sensibilidad trata de reducir la incertidumbre derivada de la variabilidad observada de los parámetros*

de (B) para que ésta pasara a ser la alternativa más eficiente? Siendo el ratio medio de (A) igual a 200 euros/mvp, se trataría de igualar este valor al ratio medio de (B), planteando la siguiente ecuación:  $200 = 2.000/E(B)$ . Siendo  $E(B)$  los efectos no conocidos de (B).

De la anterior relación de igualdad se obtiene que  $E(B) = 10$  mvp, valor mínimo que tiene que alcanzar (B) para ser al menos igual de eficiente que (A).

En el análisis de sensibilidad de escenarios **extremos** (también llamado análisis de rangos) las alternativas se comparan tratando de identificar los casos o escenarios extremos: el más pesimista (por ejemplo, altos costes, gran frecuencia de reacciones adversas y baja efectividad); y el más optimista (por ejemplo, bajos costes, escasa frecuencia de reacciones adversas y alta efectividad).

Por ejemplo: en un análisis coste efectividad se sabe que una estrategia sanitaria (A), bien contrastada, tiene un ratio medio de 200 euros/mes de vida prolongada (mvp); mientras que otra nueva alternativa (B) presenta un rango de variación en los costes que van desde los 1.700 a los 2.000 euros por tratamiento, y lo mismo sucede con sus efectos que se mueven entre los 6 y los 8 meses de vida prolongada. Este tipo de análisis de sensibilidad trataría de responder a la siguiente cuestión ¿qué puede suceder en el caso de darse el mejor y el peor escenario de (B)?

Para responder a esta cuestión, por un lado se toman los valores de los parámetros que más beneficien a (B) (los menores costes y los mayores efectos); y por otro, los que más perjudiquen a (B) (los mayores costes y los menores efectos).

En el primer caso (el más optimista) el ratio medio de (B) =  $1.700/8 = 212,50$  euros/mvg.

Y en el segundo caso (el más pesimista) el ratio medio (B) =  $2.000/6 = 666,66$  euros/mvg.

Cuando se comparan estos resultados con el ratio medio de (A), que es igual a 200 euros/mvg, se llega a la conclusión de que aún en el caso más favorable de (B), la opción más eficiente resulta ser (A).

En el análisis de sensibilidad **probabilístico** se asignan rangos y distribuciones a las variables, y se computan programas que son utilizados para seleccionar valores de forma aleatoria (dentro de los rangos señalados para cada variable), a fin de determinar el grado de confianza que puede ser atribuido a cada opción a la vista de las distribuciones de probabilidad obtenidas. Con ello se obtiene una distribución de frecuencias con la que es posible determinar los valores de posición y de dispersión de la misma empleando la metodología de montecarlo

*Por ejemplo: en un análisis coste efectividad se sabe que una estrategia sanitaria (A), bien contrastada, tiene un ratio medio de 200 euros/mes de vida prolongada (mvp); mientras que otra nueva alternativa (B) presenta un rango de variación en los costes que van desde los 1.500 a los 2.000 euros por tratamiento, y lo mismo sucede con sus efectos que se mueven entre los 6 y los 8 meses de vida prolongada. Este tipo de análisis de sensibilidad trataría de responder a la siguiente cuestión ¿con qué probabilidad puede afirmarse que (A) es más eficiente que (B)?*

*Para ello, se trata de ir realizando ensayos tomando valores de forma aleatoria, tanto de los costes (cuyo rango razonable va desde los 1.500 a los 2.000 euros), como de los efectos (cuyo rango razonable va desde los 6 hasta los 8 mvp). De esta manera, para cada ensayo se obtiene un ratio medio, y cuando se haya realizado un número (n) suficientemente significativo de ensayos se dispondrá de otros tantos (n) ratios medios. En la hipótesis de que estos valores se distribuyan de manera normal, se puede obtener su media aritmética y su desviación típica.*

*Supongamos que en nuestro ejemplo estos valores de posición (media) y dispersión (desviación) fueran igual a 240 euros/mvp y a 40 euros/mvp, respectivamente. A partir de estas dos medidas hay que tipificar la variable restando de la media aritmética de los ensayos el valor de la referencia (los 200 euros/mvp de la opción (A) que se emplea como comparador), y dividir esta diferencia entre la desviación típica obtenida. Es decir,  $Z = (240 - 200)/40 = 1$ . Posteriormente se consulta en la tablas del área bajo la distribución normal (0,1) y se comprueba que a ese valor de  $Z = 1$  le corresponde una masa de densidad igual a 0,8413, que es la probabilidad buscada. De donde puede afirmarse que,*



en este ejemplo, existe una probabilidad de 0,8413 de que la opción (A) sea más eficiente que la (B); o lo que es lo mismo, que existe una probabilidad complementaria de 0,1587 de que la opción (B) sea más eficiente que la (A).

Con frecuencia, y al objeto de fijar los rangos de razonabilidad con mayor objetividad, se recurre a determinar el intervalo de confianza de la distribución de los valores obtenidos para un parámetro concreto. Este estadístico se puede definir como el rango de valores comprendidos entre dos extremos de un parámetro estimado en una muestra, que tiene una probabilidad dada (nivel de confianza) de incluir el verdadero valor desconocido de ese parámetro. La probabilidad de error en la estimación se llama nivel de significancia y se simboliza mediante "a"; mientras que el nivel de confianza (1 - a) es la probabilidad de que en el intervalo calculado se encuentre el verdadero valor del parámetro. A la diferencia entre la unidad y el nivel de confianza se le denomina nivel de error. Generalmente se construyen intervalos con confianza (1 - a) = 0,95, o con significancia del 5%. En el cálculo de intervalos de confianza en distribuciones normales, se cumple que  $P(-1,96 < z < 1,96) = 95 \%$ . Y cuando el tamaño muestral es pequeño, se utiliza la distribución "t" de Student.

Como resumen, en la siguiente tabla nº 2 se mencionan las ventajas y los inconvenientes de cada uno de los principales tipos de análisis de sensibilidad anteriormente comentados.

Tabla nº 2.- Ventajas e inconvenientes de los análisis de sensibilidad

Tipo de análisis de sensibilidad	Ventajas	Inconvenientes
Simple	Facilidad de uso y flexibilidad en la elección de la variable	Complicada interpretación en su versión plurivariante
De umbral	Utilidad cuando se desconoce el valor exacto de la variable	Las variables solo pueden analizarse una a una
De extremos	Utilidad cuando se aplica a escenarios límite	Incapacidad para estimar valores intermedios
Probabilístico	Facilidad de uso si se dispone de buenos programas informáticos	Debe asumirse la normalidad de la distribución de frecuencias

Fuente: Elaboración propia

El término **robustez** se emplea para calificar a las opciones

El análisis de sensibilidad puede ser: simple, de umbral, de extremos o probabilístico

El intervalo de confianza es un método estadístico que permite establecer rangos de variabilidad razonables con el nivel de confianza aceptado

sometidas a comparación, en función de su capacidad para soportar las situaciones de incertidumbre a las que pueden estar sometidas las variables intervinientes. De manera que una alternativa será "robusta" siempre que su recomendación tenga capacidad para resistir bien las posibles incertidumbres y variabilidades que puedan afectar a las variables empleadas en el estudio.

En general, el uso del análisis de sensibilidad está justificado: cuando no se dispone de suficiente estimación del parámetro considerado y ha de hacerse alguna conjetura sobre su valor; cuando las estimaciones están sometidas a debate a causa del conocimiento impreciso en el procedimiento de la estimación; o cuando existen diferentes juicios de valor sobre algún/os parámetro/s fundamental/es.

## 2.2 Las recomendaciones metodológicas

En este apartado se trata del establecimiento de normas, criterios, consideraciones o recomendaciones que permitan homogeneizar los procedimientos y métodos, con la finalidad de aumentar la uniformidad, la calidad, la credibilidad, la utilidad y la comparabilidad de los estudios evaluativos de esta naturaleza.

En este contexto las principales sugerencias de los expertos tienen que ver con: la definición del objetivo, el diseño, la perspectiva adoptada, las alternativas sometidas a comparación, el tipo de análisis, la cuantificación de resultados y costes, la modelización, los ajustes temporales, los indicadores o ratios y sus reglas de decisión, el tratamiento de la incertidumbre y la presentación de los resultados.

Con carácter general, puede afirmarse que existe un **amplio nivel de consenso** en relación con temas tales como: la terminología utilizada, la superioridad del enfoque incremental respecto del medio, la importancia de considerar y comparar todas las opciones de interés, la relevancia de la perspectiva social, la necesidad de aplicar técnicas de descuento, la trascendencia de aplicar algún análisis de sensibilidad, y la conveniencia de considerar la calidad de vida como un resultado de importancia.

Mientras que este **nivel de consenso es bajo** respecto de temas tales como. la inclusión o no de los beneficios y los costes

*La noción de robustez hace referencia a la capacidad de una decisión para mantenerse inalterada frente a la variabilidad observada en los parámetros intervinientes en el estudio*

*El sometimiento a guías metodológicas universalmente aceptadas aumentan la calidad, la credibilidad y la comparabilidad de los estudios*

indirectos, la consideración o no de los costes no relacionados (derivados de la supervivencia, pero sin relación con la tecnología evaluada), el método de elección de la tasa de descuento y su aplicación o no a las consecuencias no monetarias, los criterios para la medición de la calidad de vida y la inclusión de cuestiones relacionadas con la ética o con la equidad.

Al objeto de que el fiel cumplimiento de los estándares metodológicos contribuya a que las evaluaciones tengan más peso sobre las decisiones de la política sanitaria, la administración de los servicios sanitarios o la gestión clínica, a continuación y para cada apartado, se hace una relación de cuestiones elementales que se deben responder en los estudios de esta naturaleza:

Tabla nº 3. Cuestiones metodológicas

Aspecto	Cuestiones
<b>Definición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cual es la hipótesis a investigar?</li> <li>¿Cual es el estado del arte y su ámbito geotemporal?</li> <li>¿Qué problema sanitario se intenta abordar?</li> <li>¿Está claramente definido el objetivo del estudio?</li> <li>¿Son cuantificables todas las variables consideradas?</li> </ul>
<b>Diseño</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Como, cuando y de donde se obtienen los datos?</li> <li>¿Como se plantea el análisis y qué tratamiento se da a los datos?</li> <li>¿Están bien documentados todos los datos?</li> <li>¿Cual es su grado de fiabilidad?</li> <li>¿Qué herramientas de cálculo o medida se han empleado?</li> </ul>
<b>Perspectiva</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Desde qué punto de vista se realiza el estudio?</li> <li>¿Quien lo ha promovido o financiado?</li> <li>¿Existe algún conflicto de intereses?</li> <li>¿Es la más adecuada considerando el alcance del problema?</li> <li>¿Se ha considerado la perspectiva social?</li> </ul>
<b>Alternativas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>¿Mediante qué estrategias puede abordarse el problema?</li> <li>¿Se ha incluido como comparador la opción más eficiente?</li> <li>¿Se ha incluido la opción más efectiva?</li> <li>¿Se ha incluido la opción más barata?</li> <li>¿Se ha considerado la estrategia de no hacer nada?</li> </ul>

<p><b>Tipos de estudio</b></p>	<p>¿Cual es el tipo de análisis empleado?</p> <p>¿Es el más adecuado considerando los datos disponibles?</p> <p>¿Se justifica la igualdad de resultados?</p> <p>¿Tiene un enfoque positivo o normativo?</p> <p>¿Se trata de una evaluación financiera, sanitaria o económica?</p>
<p><b>Consecuencias</b></p>	<p>¿Se ha considerado la consecuencia más significativa?</p> <p>¿Existen otras consecuencias de interés?</p> <p>¿Se ha realizado alguna consideración sobre la calidad de vida?</p> <p>¿Se ha incorporado en este caso la variable tiempo?</p> <p>¿Mediante qué tipo de herramienta se ha medido la calidad de vida?</p>
<p><b>Costes</b></p>	<p>¿Han sido bien identificados, cuantificados, valorados y temporalizados?</p> <p>¿Cuales han sido los criterios de valoración?</p> <p>¿Se han considerado los costes negativos o los indirectos?</p> <p>¿Se ha realizado algún ajuste temporal?</p> <p>¿Como se justifica la tasa de descuento elegida?</p>
<p><b>Resultados</b></p>	<p>¿Se han presentado los resultados de forma clara y comprensible?</p> <p>¿Se ha procesado todo de forma correcta?</p> <p>¿Se ha aplicado algún planteamiento incremental o marginal?</p> <p>¿Resultan útiles para la gestión clínica o la política sanitaria?</p> <p>¿Existe la posibilidad de extrapolar los resultados a otros entornos?</p>
<p><b>Incertidumbre</b></p>	<p>¿Se ha realizado algún análisis de sensibilidad?</p> <p>¿Como se ha justificado la elección de las variables sometidas a incertidumbre?</p> <p>¿Cual es el rango de variación de cada una de estas variables?</p> <p>¿Como se justifica esta variación?</p> <p>¿Cual es el grado de robustez de la decisión?</p>
<p><b>Conclusiones</b></p>	<p>¿Se han acatado los principales estándares metodológicos?</p> <p>¿Como se interpretan los hallazgos?</p> <p>¿A qué decisiones pueden conducir?</p> <p>¿Son aplicables a la práctica diaria?</p> <p>¿Puede quedar afectado algún principio ético o de equidad?</p>

## Conclusiones

La modelización de los problemas reales que aparecen en el ámbito de la salud se facilita mediante el empleo del análisis de decisión y otras herramientas de ayuda cualitativas o cuantitativas, contribuyendo de este modo a la mejor comprensión, explicación y solución de los procesos de toma de decisiones; por lo que resulta ser un instrumento útil de apoyo cuando se tratan de seleccionar las mejores o las más convenientes estrategias para el decisor de entre todas las disponibles.

La aplicación del análisis de sensibilidad contribuye a reducir la incertidumbre por lo que se refiere a la variabilidad de los datos disponibles, informando acerca de la posible variación que puede registrarse en los resultados y por tanto, en las decisiones. En tanto que el sometimiento a las recomendaciones consensuadas por los expertos respecto de la metodología aplicable, contribuye a hacer más verosímiles, rigurosos y comparables los estudios realizados.

En definitiva, la mejor forma de conseguir que en el futuro las evaluaciones de esta naturaleza tengan más peso en los procesos de toma de decisiones depende principalmente de: que se empleen métodos para atajar la variabilidad de los datos disponibles; que se perfeccionen los estándares metodológicos, que se realicen en el momento oportuno; que se prioricen las evaluaciones relacionadas con la carga de la enfermedad y con la calidad de vida; que se aumente la validez local de los estudios; que se mejore la difusión de los resultados; y que se integren en la política sanitaria, en la administración de los servicios y en la gestión clínica.

## Referencias bibliográficas

1. Pauker, S.G. y Kassirer, J. *Decision analysis. The New England Journal of Medicine. Volumen I. London. 1987.*
2. Rubio Terres, C. *Introducción a la utilización de los modelos de Markov en el análisis farmaeconómico. Farmacia Hospitalaria 2000. 24(4):241-247.*
3. Rubio Terres, C. et al. *Análisis de la incertidumbre en las evaluaciones económicas de las intervenciones sanitarias. Medicina Clínica. 2004. 122(17):668-74.*
4. *Canadian coordinating office for health technology assesment. Guidelines for economic evaluations of pharmaceuticals. CCOHTA. 1977.*
5. Brigg, A et al. *Uncertainty in the economic evaluation of health care technology. Health economics.. Vol. 3. 1994.*
6. Drummond, M. et al. *Standardizing methodologies for economic evaluation in health care. UTAHC. Vol. 9. 1993.*
7. Binder, K. y Heerman, DW. *Montecarlo simulation in statistical physics. Springer Verlar. 1997.*
8. Rubio Cebrián, S. *Glosario de planificación económica. Ed. Diaz de Santos. Madrid. 2000*
9. Jimeno, JA. et. al., *Manuales de dirección médica y gestión clínica. Instrumentos de economía de la salud. Díaz de Santos. Madrid. 2006.*
10. Rubio Cebrián, S. et al. *Diccionario de Gestión y Administración sanitaria. Pág. web de las publicaciones del Instituto de Salud Carlos III. E.N. de Sanidad. Madrid. 2017.*