

AUTOR

Ángel Sanz Granda

Consultor de Farmacoeconomía (Proyectos de Farmacoeconomía). Especialista en Farmacia Hospitalaria.

CORRESPONDENCIA:
angel.s.granda@terra.es

CONFLICTO DE INTERESES:

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses en relación al presente artículo.

RESUMEN

Los modelos son aproximaciones, matemáticas generalmente, que permiten simular la realidad a partir de la información de los eventos principales. Su diseño adecuado permite obtener información sobre un conjunto complejo de eventos en un marco de incertidumbre. Las intervenciones farmacéuticas pueden ser analizadas mediante modelos, a partir de los datos obtenidos en estudios piloto, permitiendo estimar el valor esperado de los resultados de interés sin necesidad de realizar ulteriores estudios dotados de un mayor tamaño de muestra y/o de mayor duración del seguimiento.

Las intervenciones sanitarias llevadas a cabo en el seno de procesos con unos estados de salud inicial, intermedio/s y final definidos –como es el caso de las patologías agudas–, se pueden analizar adecuadamente mediante los árboles de decisión. En el caso de intervenciones llevadas a cabo en procesos en donde el paciente puede transitar en cualquier dirección entre los diferentes estados de salud –como ocurre en las patologías crónicas–, el manejo de los árboles de decisión se hace excesivamente complejo, por lo que el problema se resuelve mediante la utilización de otro tipo de modelo de decisión, el de Markov.

Sea cual sea el tipo de modelo utilizado, el análisis evaluativo de la intervención se completa mediante la realización de diversos análisis de sensibilidad, los cuales permiten estimar la sensibilidad del resultado ante la modificación de las variables más relevantes. Ello permite estimar el valor esperado de un resultado en todos

Continúa ➔

LOS MODELOS DE DECISIÓN COMO HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DE INTERVENCIONES SANITARIAS

DECISION MODELS AS A HEALTH INTERVENTION ASSESSMENT TOOL

INTRODUCCIÓN

En muchas ocasiones, se desea predecir lo que acontecerá cuando se producen de forma simultánea distintos eventos, en donde cada uno presenta unas características diferentes. En cualquier caso, el resultado final es el conjunto de las influencias de cada uno de ellos. Obviamente, cuanto mayor sea el número de eventos acontecidos, mayor será la complejidad del problema y más difícilmente se podrá hacer una estimación certera sobre el resultado final.

Imaginemos simplemente, para introducirnos en el tema, una intervención farmacéutica concreta que se realiza para mejorar el cumplimiento terapéutico de un tratamiento. Conocemos que con cumplimientos pobres se produce un mayor número de recidivas y el éxito terapéutico se reduce. Así planteado el problema, no parece sencillo calcular cuál será la efectividad de la intervención, expresada como incremento del éxito terapéutico.

No obstante, si somos capaces de plasmar en un diagrama el conjunto de eventos posibles y de consecuencias asociadas a cada evento, podremos diseñar el camino o flujo que nuestras acciones recorrerán, pudiendo ya dar un poco de luz a la situación. Lo que estamos haciendo en este caso es diseñar un modelo. El objetivo del presente artículo es ofrecer al farmacéutico comunitario un conocimiento básico de cómo los modelos de decisión se utilizan para evaluar la efectividad y la eficiencia de las intervenciones farmacéuticas.

MODELOS DE DECISIÓN

El *Diccionario de la Real Academia de la Lengua* indica que un modelo es un esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento (1).

Los modelos de decisión (2,3) constituyen una forma de simplificar la realidad para analizarla en profundidad –dejando al margen todos los elementos no relevantes–, con el fin de disponer de elementos de juicio que nos faciliten una decisión. Cuando se dispone de toda la información posible, la predicción de los resultados es más factible (4). Sin embargo, raramente se dispondrá de toda la información necesaria, por lo que las decisiones se han de tomar en el marco de la incertidumbre. En ese caso, se simplificará la realidad hasta el punto que nos facilite toda la información suficiente, a la vez que se elimine toda la que fuera superflua o innecesaria. Recurrimos entonces a estimar el valor esperado. En esencia, para estimar el valor esperado de una intervención (5), se precisa disponer de la información de todos los eventos que presenten relevancia en su desarrollo. Pero no sólo se precisa conocer qué puede ocurrir, dentro de lo posible, sino con qué probabilidad puede hacerlo (6). Volvamos al ejemplo del inicio. Cuando se administra un tratamiento concreto podemos conocer de la bibliografía el porcentaje de resultado de éxito o curación de la en-

y cada uno de los escenarios que potencialmente sean posibles, así como hacer una predicción de los valores umbrales de cada variable a partir de los cuales, el resultado final cambia significativamente su tendencia.

El objetivo de este capítulo es el de introducir al farmacéutico comunitario en el manejo de los modelos de decisión utilizados en la evaluación de intervenciones farmacéuticas. Para facilitar su comprensión se presentan dos ejemplos reales de utilización de árboles de decisión –en un programa de inmunización infantil contra los rotavirus- y de modelos de Markov –en una intervención para reducir las rehospitalizaciones en ancianos-. Ambos son uno de los muchos ejemplos de la gran utilización actual de los modelos de decisión en la evaluación de intervenciones sanitarias.

ABSTRACT

Models are approximations, usually mathematical ones, which allow reality to be simulated based on the information of the main events. Their correct design allows information to be obtained about a complex set of events in a context of uncertainty. Pharmaceutical interventions can be analysed by means of models, based on the data obtained in pilot studies, allowing the expected value of the results of interest to be estimated without the need to carry out later studies with a large sample group and/or a longer follow-up.

Health interventions carried out in the heart of processes with defined initial, intermediate and final states of health (such as the case of acute pathologies) can be suitably analysed by means of decision trees. In the case of interventions carried out in processes in which the patient can oscillate between the different states of health, as occurs in chronic pathologies, the handling of the decision trees becomes excessively complex, meaning that the problem is solved by the use of another kind of model, the Markov decision model.

Whatever kind of model is used, the evaluative analysis of the intervention is completed by carrying out various sensitivity analyses, which enable us to estimate the sensitivity of the results in view of the modification of the most relevant variables. This enables us to estimate the expected value of a result in each of the potential scenarios, as well as making a prediction about the threshold values of each va-

fermedad. Podemos conocer asimismo que una parte de los pacientes abandona el tratamiento debido a la aparición de ciertos efectos secundarios molestos, no alcanzándose el objetivo deseado: la curación de la enfermedad. Es decir, en esta secuencia sencilla de eventos, se observan dos acciones que pueden determinar el resultado final: (1) la administración del tratamiento y (2) la incidencia de efectos adversos molestos. Así, cuanto mayor sea el cumplimiento terapéutico, mayor será el porcentaje de éxito y cuando mayor sea la incidencia de esos efectos adversos, menor será la tasa o proporción de curación.

A pesar de la sencillez del caso expuesto, no es tan fácil deducir cuál será el resultado final de curación de la patología en diversos escenarios. Pensemos, por ejemplo, una infección bacteriana. ¿Qué resultado final se obtendría si existe un total cumplimiento? ¿Y si se reduce en un 30%? ¿Y si se consideran distintos porcentajes de aparición de efectos secundarios? Si, además, nuestra intervención farmacéutica induce un incremento del grado de cumplimiento terapéutico, la estimación del resultado, con o sin intervención, resulta más compleja. Adicionalmente, si otras variables pueden influir en el resultado, como el caso en que la edad fuera un determinante de la aparición del efecto adverso mencionado (por ejemplo, que la incidencia de éstos aumentara con la edad), el problema deviene más y más complejo... a no ser que recurramos a un modelo de decisión.

TIPOS PRINCIPALES DE MODELOS

Grosso modo, podemos dividir los procesos en función de una característica sencilla (7): (1) acaban en un tiempo determinado, comenzando en un estado inicial y concluyendo en un estado final o (2) pueden iniciar para volver al cabo de un tiempo de un estado intermedio a uno anterior, repitiendo de nuevo el proceso. En otras palabras, podemos diseñar los eventos observados en una patología aguda, como una enfermedad infec-

iosa (8), en donde se administra un tratamiento consiguiendo o no la curación, en cuyo caso precisaría de otro tratamiento; o una patología crónica, como la diabetes, en donde una vez alcanzando el control de la enfermedad puede descontrolarse en cualquier momento, recuperándose o no en un número indefinido de ocasiones.

A. ÁRBOLES DE DECISIÓN

Un árbol de decisión es una representación simplificada de una acción compleja una vez que se desagrega en un conjunto de eventos particulares. El aspecto esencial de un árbol de decisión es la diferenciación entre resultados subordinados a otros previos. De este modo, se puede estimar la probabilidad final de incidencia de un evento en función de las probabilidades condicionadas de cada uno de ellos.

Así, en la Figura 1 se muestra un árbol de decisión que representa la evolución de una enfermedad infecciosa con o sin una intervención farmacéutica, en función de procesos individuales. De este modo, el resultado final, la curación, se puede estimar en función de los resultados desagregados previos. Vemos entonces que un proceso agudo se representa como las ramas de un árbol, componiendo un árbol de decisión (9) en función de procesos particulares posibles (incidencia de efectos secundarios y abandono del tratamiento) y los resultados potenciales derivados de cada una (con o sin efecto secundario y continuación o abandono del tratamiento, respectivamente). Asimismo, se indican las probabilidades asociadas con cada resultado (Figura 1). Imaginemos que, en la práctica habitual, el medicamento administrado presenta un efecto secundario molesto en el 30% de los pacientes y, de éstos, el 70% abandona el tratamiento; entre los que no presentan dicho efecto, el abandono es del 10%.

Supongamos ahora una intervención farmacéutica que, mediante una adecuada educación sanitaria acerca del medicamento en cuestión, consigue que sólo abandonen el tratamiento el 20% de los pacientes con reacción adversa, al igual que se re-

Continúa ➔

riable, based on which, the final result significantly changes its trend. The objective of this chapter is to introduce the community pharmacist to handling the decision models used in the evaluation of pharmaceutical interventions. To facilitate their understanding, two real examples of the use of decision trees (in a programme of child immunisation against rotavirus) and of Markov models (in an intervention to reduce the hospitalisation of elderly people) are presented. They are just two of the many examples of today's widespread use of decision models in evaluating health interventions.

PALABRAS CLAVE

PALABRAS CLAVE EN ESPAÑOL

Modelos de decisión, árboles de decisión, modelos de Markov, análisis de sensibilidad.

PALABRAS CLAVE EN INGLÉS

Decision models, decision trees, Markov models, sensitivity analysis.

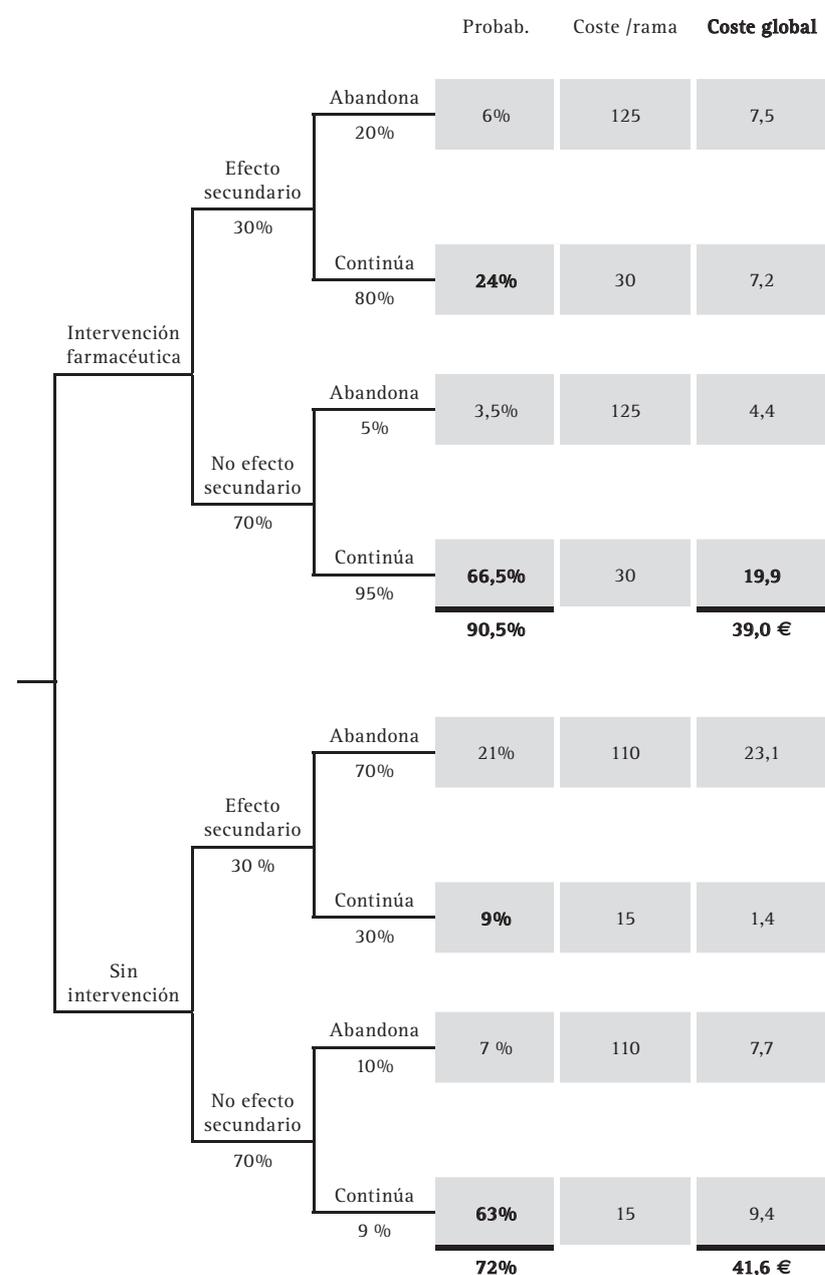
ABREVIATURAS

A1c: hemoglobina glicosilada.
 pCC: probabilidad de permanecer controlado.
 pCM: probabilidad de muerte estando controlado.
 pCNc: probabilidad de descontrolarse.
 pNcC: probabilidad de recuperar el control.
 pNcM: probabilidad de muerte estando descontrolado.
 pNcNc: probabilidad de permanecer descontrolado.

Fecha de recepción: 10/3/2012

Fecha de aceptación: 30/7/2012

FIGURA 1 DISEÑO DEL ÁRBOL DE DECISIÓN QUE REPRESENTA LA EVOLUCIÓN DE LA ENFERMEDAD INFECCIOSA CON O SIN INTERVENCIÓN FARMACÉUTICA

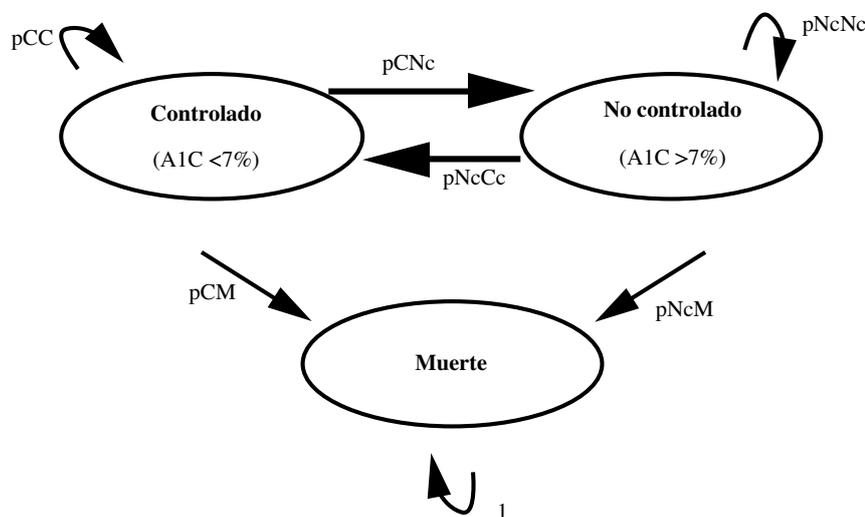


duce el abandono entre quienes no presentan dicha reacción adversa, hasta el 5%. Podemos pensar, para hacer más sencillo el ejemplo, que todos los que concluyen su tratamiento curan su infección, de modo que mediante el árbol de la Figura 1 se puede estimar cuál es el porcentaje de curación real de la enfermedad sin intervención y con ella. La probabilidad final, de acuerdo con el manejo matemático de las proba-

bilidades condicionadas, es el producto de las probabilidades de cada rama. Así, en el caso de no intervención –el cuidado usual– el porcentaje de pacientes que finalizan el tratamiento y curan es del 9% entre los que presentan la reacción adversa (30% x 30%) y del 63% entre los que no la presentan (70% x 90%), es decir, un 72% (63% + 9%) de curación total. Sin embargo, cuando se lleva a cabo la intervención, la

tasa de curación es del 90,5% (24% + 66,5%), lo que implica que la acción realizada en la farmacia mejora en un 25,7% (100 x (90,5-72)/72) el porcentaje de pacientes tratados. El árbol de decisión nos permite hacer una evaluación económica de la intervención farmacéutica, mediante la relación estimada entre el consumo de recursos utilizados y los resultados obtenidos. En una evaluación económica, en adición a la estimación

FIGURA 2. MODELO DE MARKOV REPRESENTANDO LA EVOLUCIÓN DEL PACIENTE DIABÉTICO



En el manejo del paciente diabético, el objetivo es mantener la hemoglobina glicosilada (A1C) por debajo del 7%. Pero una vez obtenido dicho objetivo en el paciente, éste puede descontrolarse posteriormente, lo que favorece la aparición de complicaciones de tipo micro y macrovascular. Llegado este momento, el riesgo de mortalidad aumenta, si bien lo hace de forma diferente en el caso de una retinopatía que en el de un infarto de miocardio. Simplifiquemos nuevamente la realidad –sólo con fines didácticos– e imaginemos tres estado de salud posibles en el diabético: (1) controlado (con A1C <7%), (2) no controlado (con A1C >7%) y (3) muerte. Tengamos en cuenta que el paciente controlado puede descontrolarse (de hecho una proporción de diabéticos, que podemos conocer de la experiencia o de la bibliografía, se descontrola mientras que el resto permanece bajo control), al igual que una gran parte del paciente descontrolado vuelve a controlarse posteriormente (igualmente, podemos saber qué proporción de pacientes recupera el control tras un tiempo) mientras que el resto permanecería sin control glucémico. Asumamos (y esto ya entraría en las imposiciones didácticas debidas a la simplificación del ejemplo) que el riesgo de mortalidad global es doble en el paciente sin control de su A1C respecto del que se halla controlado; es decir, mientras que el nivel de A1C supere el 7%, la probabilidad de morir es doble que cuando se halle por debajo del 7%. Con estas características, se puede diseñar un modelo de Markov que reproduzca los resultados obtenidos en una cohorte de diabéticos, como se muestra en la Figura 2, en donde se observan las transiciones que puede haber a partir de cada estado de salud que se definió inicialmente, así como las probabilidades de producirse dichas transiciones. En el caso de llegar al estado absorbente, de muerte, el paciente, obviamente, tiene una probabilidad del 100% (o de 1, expresado en tanto por uno), de permanecer en dicho estado. Aunque no se entrará en el detalle de este tipo de modelos, dada la gran complejidad de los mismos, se dirá que presentan una enorme utilidad en

del valor esperado del resultado (en nuestro caso, el porcentaje de curaciones), es preciso hacer un cálculo del consumo de recursos utilizados así como el de los costes incurridos. Siguiendo con el ejemplo de la Figura 1, imaginemos que todos adquieren un envase del tratamiento cuyo coste es, por ejemplo, de 15 euros, lo cual es independientemente de que lo concluyan o no puesto que precisan adquirirlo para iniciar el tratamiento. Además, en el caso de abandono, como no alcanzan la curación, necesitan otra consulta adicional al médico de Atención Primaria: digamos 65 euros; así como un tratamiento alternativo: otros 30 euros. Finalmente, supongamos que la intervención farmacéutica tiene un coste, en base al tiempo empleado por el fármaco para implementarla, de 15 euros. Así, si calculamos el coste de forma separada por cada rama, se obtendrá que, en el caso de no haber ninguna intervención, el coste correspondiente a las ramas con abandono, en donde hay, además del fármaco inicial, una nueva consulta médica más otro tratamiento, es de 110 euros (15 + 65 + 30 euros) y en las que continúan hasta la curación, es de 15 euros (exclusivamente del medicamento inicial). Por su parte, en los pacientes con intervención farmacéutica, el coste en los que abandonan es de 125 euros

(110 como en el caso anterior más 15 euros de la intervención) y de los que continúan, de 30 euros (15 como antes más 15 de la intervención). Una vez llegados a este punto, el coste global del manejo de los pacientes sin intervención es de 41,60 (23,1 + 1,35 + 7,7 + 9,45) euros por paciente, mientras que en el caso de intervención es de 39,03 (7,5 + 7,2 + 4,4 + 19,95) euros, es decir, 2,58 (41,6 - 39,0) euros menos. Ello ha sido debido a la reducción originada de los abandonos del tratamiento. Adicionalmente, en los pacientes en los que se ha llevado a cabo la intervención, se ha obtenido un 90,5% de curación y, en el caso del cuidado usual, sin intervención, la efectividad ha sido del 72%, es decir, se ha obtenido un 25,7% adicional. A la vista de los resultados, se puede concluir que, en el caso base, se mejora el resultado clínico del paciente en un 25,7% y se obtiene un ahorro de costes de 2,58 euros por paciente.

B. MODELOS DE MARKOV

En el caso de situaciones crónicas, los estados de salud pueden aparecer y desaparecer de forma continua (10-13). El caso de los pacientes diabéticos, que se citaban al inicio, puede ser un buen ejemplo para mostrar cómo funcionan este tipo de modelos de decisión: los modelos de Markov.

la modelización de procesos complejos crónicos, ofreciendo información sobre el valor esperado del resultado a obtener, que sería extremadamente compleja mediante el diseño de árboles de decisión. En nuestro caso, y poniendo unos valores a las probabilidades mencionadas en la Figura 2: pCnC (probabilidad de descontrolarse): 0,15; pNcC (probabilidad de recuperar el control): 0,8 y pCM (probabilidad de muerte en controlados): 0,01 y pnCM (probabilidad de muerte en descontrolados): 0,02, se puede estimar, tras complejos cálculos matriciales, que partiendo de una cohorte de cien pacientes diabéticos controlados, al cabo de treinta años habrá veintinueve fallecidos, sesenta controlados y once descontrolados. Supongamos ahora una intervención que reduzca en un 25% la probabilidad de descontrol del paciente, por ejemplo, mediante un control estrecho más educación sanitaria desde la farmacia; en este caso, al cabo del mismo período de tiempo nos hallaríamos ante 63 pacientes controlados, nueve descontrolados y veintiocho fallecidos. Es decir, se habría evitado una muerte, además de mantener tres pacientes más con su glucemia controlada.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Hasta ahora se ha visto cómo el modelo realizado nos permite predecir un resultado a partir de la influencia de diversas variables. Pero cabe preguntarse cómo se modificaría el resultado final si variara alguna o varias de las circunstancias que componen cada escenario. Este problema se resuelve mediante los análisis de sensibilidad, que nos muestran cuán sensible es el resultado a la modificación de las variables que intervienen en el modelo. Así, el caso representado con el árbol de decisión –si bien es muy simple, puesto que se ha realizado con fines didácticos– permite el análisis de cualquier variación potencial.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en el caso base, es decir, los datos de efectividad

TABLA 1 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD UNIVARIANTE DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DEL MODELO DEL ÁRBOL DE DECISIÓN: PROBABILIDAD DE ABANDONO TRAS LA INCIDENCIA DE UNA REACCIÓN ADVERSA Y COSTE DE LA INTERVENCIÓN FARMACÉUTICA

	Caso base	Valor	Resultados con la intervención	
			Coste	Efectividad
Probabilidad de abandono	20%		39,03 €	90,50%
		5%	34,75 €	95,00%
		40%	44,73 €	84,50%
Coste de la intervención	15 €		39,03 €	90,50%
		5 €	29,03 €	90,50%
		30 €	54,03 €	90,50%

(90,5%) y de costes (39,03 €) obtenidos a partir de los valores iniciales de cada uno de los procesos desagregados (30% de incidencia de efectos secundarios y 20% de adherencia al tratamiento), así como del coste señalado para la intervención farmacéutica (15 euros). Ahora bien, cualquiera de estos datos puede variar en otros escenarios, ofreciendo resultados que pueden llegar a ser bastante diferentes de los iniciales. Imaginemos, por ejemplo, que la intervención se perfecciona con la experiencia, obteniendo una tasa de abandonos del tratamiento en quienes presentan la reacción adversa, similar a la observada entre los que no la sufren, es decir, del 5%. En este caso, el modelo permitiría predecir la efectividad y el coste por paciente con intervención –modificando las variables correspondientes de probabilidad–, de modo que los resultados serían en ese caso 95,0% de efectividad y 34,7 euros por paciente de coste. Podemos realizar más análisis de sensibilidad simulando diversos supuestos potencialmente posibles, obteniendo entonces el valor esperado de los resultados de efectividad y coste de la intervención para cada escenario. Así, en nuestro ejemplo, la reducción o el incremento del coste de implementación de la intervención modificará sustancialmente el coste global del manejo de los pacientes (Tabla 1).

Los análisis descritos, del tipo univariantes, indican la modificación del resultado tras la modificación de tan sólo una variable en cada aná-

lisis; no obstante, podemos realizar análisis bivariantes o multivariantes, al modificar de forma simultánea dos o más variables. Esto resulta de interés pues, en nuestro ejemplo, se podría estimar el valor esperado si varían conjuntamente las dos variables mencionadas. Entonces podría servir para definir cuál sería, por ejemplo, el coste máximo de la intervención farmacéutica si la incidencia del efecto secundario molesto tras la administración del medicamento en cuestión se redujera. En la Figura 3 se muestra el análisis de sensibilidad que muestra la variación del resultado final en función de la variación del valor de la incidencia de efectos adversos. Así, si ésta se redujera del 30% que inicialmente se estimó, al 2% o al 10%, por ejemplo, tras una reformulación galénica del medicamento, el coste máximo de la intervención para que no incrementara el coste global debería reducirse hasta 14,25 euros y 10,1 euros, respectivamente. Es decir, la intervención sería más eficiente a medida que el riesgo de incidencia del efecto adverso que induce al abandono fuera mayor; si éste desciende, sería preciso que el coste de la intervención disminuyera también si se quieren mantener un ahorro de costes.

A continuación se presentan dos ejemplos extraídos de la literatura, donde se han aplicado los modelos de decisión (árbol de decisión y modelo de Markov, respectivamente), con el fin de ilustrar la aplicabilidad de esta técnica en la evaluación de las intervenciones sanitarias.

APLICACIÓN DE UN ÁRBOL DE DECISIÓN EN UN PROGRAMA DE VACUNACIÓN INFANTIL DE ROTAVIRUS

Los rotavirus son una causa muy importante de diarrea severa en niños. La aparición, hace unos años, de una vacuna suscitó la idea de llevar a cabo a nivel nacional un programa de inmunización infantil en EE.UU. Obviamente, una medida como ésta debía ser evaluada, y con carácter previo, para estimar cuál sería el beneficio obtenido de la aplicación del programa, así como los costes en que se incurrían. Tucker et al (14) estimaron el impacto que dicho programa tendría si dicha vacuna fuera administrada de forma rutinaria. Para ello, utilizaron un árbol de decisión que permitía estimar el resultado clínico y el coste neto asociado con la administración de dos o tres dosis orales en los primeros seis meses de vida de toda la población infantil de EE.UU.

El modelo tomaba en cuenta el coste total del programa nacional de inmunización al que se restaba el coste asociado con el manejo de los casos de diarrea atribuibles al virus, que hubieran sido prevenidos por la vacuna. Asimismo, se estimaba el número de episodios diarreicos prevenidos por el programa. A partir de estas estimaciones, se calculaba el indicador de la eficiencia del programa, expresado como ratio coste efectividad incremental. Dicho parámetro es el cocien-

te entre el incremento de costes y el de resultados y expresa el coste adicional de incorporar la nueva tecnología: el programa vacunal nacional, en sustitución del de comparación: no vacunar a la población.

Para una cohorte teórica de 3,9 millones de niños, los resultados mostraron que la inmunización podría prevenir 1,08 millones de casos de diarrea, evitando 34.000 hospitalizaciones, 95.000 visitas a urgencias, y unas 227.000 consultas médicas a lo largo de cinco años. Respecto de los costes se hallaron dos resultados muy diferentes. Desde la perspectiva del sistema de salud, se estimó que dicho programa produciría un incremento del coste al sistema de salud de 107 millones de dólares; sin embargo, si dicho análisis se llevaba a cabo desde la perspectiva de la sociedad –incorporando costes asociados a pérdidas de productividad laboral– se estimaba un ahorro de costes de 296 millones de dólares, dado que el coste global del programa sería de 705 millones de dólares, pero el estimado a partir de los casos incidentes de diarrea sin el programa ascenderían a 1.001 millones. Un posterior análisis de sensibilidad estimaba que el coste de la vacuna, que era de 20 dólares, no debería sobrepasar los 9 dólares para no incurrir en costes adicionales desde la perspectiva del sistema de salud.

En España, la vacuna del rotavirus está recomendada por la Asociación Nacional de Pediatría (15), pero no se halla incluida en los calendarios de

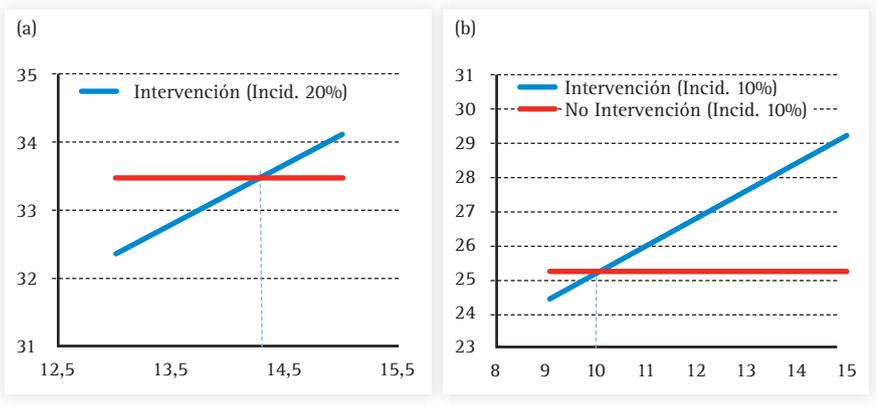
vacunación (16), lo que parece estar en línea con los resultados de la evaluación económica.

APLICACIÓN DE UN MODELO DE MARKOV EN UNA INTERVENCIÓN PARA REDUCIR REHOSPITALIZACIONES EN ANCIANOS

Los ingresos hospitalarios constituyen uno de los recursos más costosos en el cuidado de la salud. Dicho coste aumenta obviamente a medida que aumenta la estancia del paciente en el hospital, por lo que la reducción de la misma se observa como un objetivo a conseguir, siempre que se mantenga la efectividad de la intervención realizada. Una situación que deteriora notablemente tanto los resultados clínicos como los económicos son los reingresos del paciente motivados por algún tipo de descontrol de su patología. Sin embargo, en muchas ocasiones, dichos eventos pueden ser prevenibles. De este modo, la implementación de programas sanitarios dirigidos a personas dadas de alta del hospital podría mejorar dichos resultados.

Para evaluar dicha hipótesis, Courtney et al (17) evaluaron los resultados sobre la tasa de readmisiones asociadas con un programa de control y seguimientos en pacientes, mayores de 75 años que habían salido del hospital, concluyendo que la introducción precoz del mismo reducía las visitas a urgencias y mejoraba la calidad de vida de los intervinientes. A partir de estos resultados, Graves et al (18) evaluaron la eficiencia del programa, para lo que diseñaron un modelo de Markov para estimar el coste y el número de readmisiones de una cohorte de personas mayores de alto riesgo, que presentaban múltiples comorbilidades, funcionalidad reducida, múltiples ingresos hospitalarios recientes, soporte social pobre o historia de depresión. La intervención consistió en una evaluación previa con un programa de ejercicios y visitas domiciliarias programadas, así como telefónicas, que se iniciaba al alta hospitalaria y duraban hasta veinticuatro semanas después.

FIGURA 3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD QUE ESTIMA EL VALOR ESPERADO DE LOS COSTES CON Y SIN INTERVENCIÓN EN EL CASO DE INCIDENCIA DEL EFECTO ADVERSO: (A): 20%; (B): 10%. EN EL EJE VERTICAL SE INDICA EL COSTE TOTAL DEL MANEJO DEL PACIENTE; EN EL HORIZONTAL, EL COSTE DE LA INTERVENCIÓN. EN AMBOS CASOS, EL CORTE DE LAS DOS RECTAS MUESTRA MÁXIMO EL VALOR DEL COSTE DE LA INTERVENCIÓN PARA QUE ÉSTA GENERE ALGÚN AHORRO DE COSTES



El modelo era bastante simple, con tan sólo tres estados de salud básicos: (1) estancia en domicilio, (2) readmisión al hospital y (3) el estado absorbente de muerte. Los pacientes podían pasar de un estado a otro en ciclos de un día de duración, pudiendo estimar de esta forma el número de días previstos de la estancia en el hospital tras un nuevo ingreso.

El resultado mostró que, desde la perspectiva de la sociedad, se generaba un beneficio neto monetario de 7.907 Aus\$, debido a una reducción de la tasa de reingresos hospitalarios, que fue observado ya desde las primeras cuatro semanas del programa. Así, al coste del programa, cifrado en 547 Aus\$ por paciente, había que restar el asociado con las estancias hospitalarias prevenidas, estimadas en 333 Aus\$ por paciente. Asimismo, se estimó un aumento de 0,118 años de vida ajustados a calidad, indicando una mejoría en el bienestar de los pacientes.

El análisis de sensibilidad realizado posteriormente estimó que el programa presentaba un 95% de probabilidad de ser coste efectivo para una disposición a pagar de tan sólo 7.907 Aus\$ por año de vida ajustado a calidad adicional, cifra que se sitúa muy por debajo de los valores usualmente considerados como umbrales de eficiencia.

CONCLUSIONES

En muchas ocasiones es preciso estimar los resultados ocurridos tras la influencia de diversas acciones, en donde cada una genera unas consecuencias diferentes. Resulta, por lo tanto, muy difícil suponer el resultado final si no disponemos de alguna herramienta que nos facilite la resolución del problema. La primera aproximación es la de simplificar la realidad hasta el punto de desechar todas las eventos que resulten irrelevantes respecto de los resultados que busquemos. Dicha simplificación debe ser lo suficientemente profunda para que se pueda restar toda la complejidad posible al conjunto de eventos, aunque debe contener todas las va-

riables determinantes de la generación del resultado.

Partiendo de esta característica, se puede comprender que esta realidad imperfecta ofrece un determinado nivel de incertidumbre, mayor cuanto mayor sea el número de asunciones realizadas por falta de datos y una incertidumbre menor cuanto mayor sea la calidad de los datos utilizados. Por todo ello, los análisis de sensibilidad de los modelos de decisión, sean árboles de decisión o modelos de Markov, permiten analizar la incertidumbre producida a partir de la variabilidad de las variables, siendo muy útiles para determinar los valores umbrales de las variables más interesantes que marcan en cambio de tendencia en el resultado final.

La aplicación de los modelos de decisión en la evaluación de intervenciones farmacéuticas resulta muy interesante pues permite estimar el valor de las mismas, pudiendo expresarse como mejoras en los resultados sanitarios al paciente, en los resultados económicos al servicio de salud y en los estimadores de la eficiencia de la intervención. Por dicho motivo, el conocimiento de los modelos de decisión, aunque sea muy básico, resulta de interés para el farmacéutico comunitario. **FC**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. RAE [Internet]. Diccionario de la Real Academia Española. [accedido en marzo de 2012]. Disponible en: www.rae.es
2. Castillo M. El uso de modelos matemáticos en evaluación económica de intervenciones en salud. *Rev Med Chile*. 2010; 138(Suppl 2): 98-102.
3. Darbá J. Los modelos de decisiones en la evaluación de tecnologías sanitarias; calidad y buenas prácticas metodológicas. *Pharmacoeconomics*. Spanish Research Articles. 2006; 3(1): 31-8.
4. Tavakoll M, Oakley H, Thomson R. Decision analysis in evidence-based decision making. *J Eval Clin Practice*. 1999; 6(2): 111-20.
5. Sun X, Faunce T. Decision-analytical modelling in health-care economic evaluations. *Eur J Health Econ*. 2008; 9(4): 313-23.

6. Weinstein M, O'Brien B, Hornberger J, Jackson J, Johannesson M, McCabe C et al. Principles of Good Practice for Decision Analytic Modeling in Health-Care Evaluation: Report of the ISPOR Task Force on Good Research Practices-Modeling Studies. *Value Health*. 2003; 6(1): 9-17.
7. Brennan A, Chick S, Davies R. A taxonomy of model structures for economic evaluation of health technologies. *Health Econ*. 2006; 15(12): 1295-310.
8. Allen U. Medical decision analysis in infectious diseases. *Can J Infect Dis*. 2000; 11(6): 317-21.
9. Rodríguez L, Silva R, Wachter N. Estudios económicos y análisis de decisiones en la autogestión de recursos. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2007; 45(3): 297-304.
10. Beck R, Pauker S. The Markov Process in medical prognosis. *Med Decis Making*. 1983; 3(4): 419-58.
11. Sonnenberg F, Beck J. Markov Models in Medical Decision Making: A Practical Guide. *Med Decis Making*. 1993; 13: 322-38.
12. Briggs A, Sculpher M. An introduction to Markov modeling for economic evaluation. *Pharmacoeconomics*. 1998; 13(4): 397-409.
13. Mar J, Antoñanzas F, Pradas R, Arrospide A. Los modelos de Markov probabilísticos en la evaluación económica de tecnologías sanitarias: una guía práctica. *Gac Sanit*. 2010; 24(3): 209-14.
14. Tucker A, Haddix A, Bresee J, Holman R, Parashar U, Glass R. Cost-effectiveness analysis of a rotavirus immunization program for the United States. *JAMA*. 1998; 279: 1371-6.
15. Moreno D, Álvarez F, Aristegui J, Barrio F, Cilleruelo M, Corretger J et al. Calendario de vacunaciones de la Asociación Española de Pediatría: recomendaciones 2012. *An Pediatr (Barc)*. 2012; 76(1): 42.e1-42.e23.
16. Asociación Española de Pediatría en Atención Primaria. AEPap [Internet]. Calendarios españoles. [accedida en junio de 2012]. Disponible en: <http://www.aepap.org/vacunas/calendarios-espanoles>
17. Courtney M, Edwards H, Chang A, Parker A, Finlayson K, Hamilton K. Fewer emergency re-admissions and better quality of life for older adults at risk of hospital re-admission: a randomized controlled trial to determine the effectiveness of a 24-week exercise and telephone follow-up program. *J Am Geriatr Soc*. 2009; 57: 395-402.
18. Graves N, Courtney M, Edwards H, Chang A, Parker A, Finlayson K. Cost-Effectiveness of an Intervention to Reduce Emergency Re-Admissions to Hospital among Older Patients. *PLoS ONE*. 2009; 4(10): e7455.