Reflexiones sobre el azar

El juego de la libertad y las probabilidades

¿Existe el azar o en realidad todos los fenómenos del universo son parte de una cadena causal determinada por implacables leyes naturales? A partir de los siglos XVII y XVIII, junto con el Iluminismo y el desarrollo del método científico se impuso una visión determinista para la cual el azar era considerado una superstición del vulgo. Lo que parecía fortuito era simple ignorancia acerca del funcionamiento de las leyes fundamentales del cosmos. Sin embargo, el avance del conocimiento científico parece señalar que el azar juega un rol decisivo en la producción de los fenómenos del mundo. Pero esto no significa necesariamente que vivamos en un universo caótico, sino que tal vez esas "viejas leyes inexorables" sean sólo probabilísticas. De allí que numerosos científicos hayan desarrollado una sofisticada gama de modelos matemáticos que intentan medir, cuantificar y en última instancia dominar el azar. Pero además, si el azar no existiera, ¿podría existir la libertad?

Pablo Miguel Jacovkis
Departamento de Computación e Instituto de Cálculo, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Desde los comienzos de la civilización el azar está asociado con la imposibilidad, dado determinado contexto, de predecir qué pasará. La posibilidad de tener claro el futuro da seguridad (y permite tomar decisiones más racionales, o al menos más criteriosas, que por impulsos y arrebatos emocionales): si no estuviésemos seguros de que, al igual que todas los días, mañana amanecerá, la vida probablemente nos resultaría insoportable. Pero hay muchos otros acontecimientos que las civilizaciones primitivas (y las actuales) no podían prever, y la primera reacción fue siempre asociarlos a la voluntad divina, sea de alguno de los numerosos dioses de las religiones politeístas, que estaba enojado vaya uno a saber por qué, y a quien había que hacer alguna ofrenda para apaciguarlo para que, de ese modo, alguna espantosa sequía terminara, o del Dios de las civilizaciones monoteístas, cuyos designios son inescrutables pero que hay que acatar. A medida que los conocimientos científicos de una civilización se acrecentaban, la relación causa-efecto reemplazó al azar en la explicación de ciertos fenómenos, pero siempre hubo, y hay, situaciones impredecibles, debidas al azar, cualquiera sea la definición que uno le dé a ese término. Y cualquiera sea esa definición, el azar es lo opuesto al determinismo; de hecho, la asociación de azar con voluntad divina, y determinismo con conocimiento cada vez más preciso de cuáles efectos son producidos por tales causas, puede llevar a la dicotomía entre determinismo y libre albedrío: si todo está determinado, ninguna decisión que uno tome pensando que la toma porque en un momento dado se le dio la gana habrá sido tomada en forma espontánea: usando lenguaje moderno, la aceptación por parte de una persona con conocimiento científico de un determinismo a ultranza indica que lo que esta persona sostiene es que, si al llegar a la noche a su casa se le ocurre ir al cine, eso no se deberá a una súbita inspiración o a que le hablaron bien de la película que irá a ver, sino a que las condiciones iniciales del universo en el momento del big bang llevaron a que, inevitablemente, se dieran todas las circunstancias para que a uno se le tuviera que ocurrir ir forzosamente hoy al cine debido a la evolución del universo, representada probablemente por algún complicadísimo sistema de ecuaciones diferenciales, a lo largo del tiempo. Evidentemente, quien no crea que ese sea el motivo por el cual tiene ganas de ir al cine, creerá en alguna forma de libre albedrío, y esta dicotomía se planteó en teología hace ya mucho tiempo.

De todos modos, no es sencillo dar una definición única de azar, entre otras cosas porque uno reacciona de manera similar ante acontecimientos realmente aleatorios (al menos hasta donde se conocen actualmente las leyes de la naturaleza), que ante acontecimientos sobre los cuales uno no tiene suficiente información, y sabe que el problema es un problema de falta de información, o sea de ignorancia: si estoy jugando al póker conozco mis cartas, pero los valores de las cartas de mis contrincantes son aleatorios para mí, aunque si tuviera un espejo convenientemente ubicado los conocería perfectamente, y la situación dejaría de ser aleatoria. Un estadio intermedio entre ignorancia pura y simple y azar "real" es el análisis de un sistema complejo, compuesto por muchas variables, que pueden tomar muy diversos valores, relacionadas de muy distintas maneras. En ese caso no es que yo ignore las características del sistema: puedo conocerlo perfectamente, en el sentido de conocer todas las variables que me interesan, sus posibles valores, y las relaciones entre ellas. Sin embargo, la complejidad del sistema me impide tener siquiera una idea intuitiva de qué efectos producirá cada juego de datos, sobre todo si no tengo una poderosa computadora para hacer los cálculos y sacarme las dudas. Por supuesto que el paso siguiente podría ser aceptar la existencia del azar, al menos a nivel cuántico (atómico y molecular), y resignarse a que hay causas que pueden producir a veces unos efectos y a veces otros, pero lo interesante es que hay aún una alternativa importante: en 1963 el distinguido meteorólogo Edward N. Lorenz publicó un artículo científico en una importante revista de meteorología en el cual mostró que incluso un sistema extremadamente simple (tres ecuaciones diferenciales ordinarias no lineales), era tan sensible a cambios pequeños en los datos del problema que no se podían predecir los resultados pasado un cierto tiempo, pues siempre los datos sufren cambios pequeños: pueden estar medidos con aparatos de diferente resolución, pueden ser procesados en computadoras que representan internamente de maneras diferentes los números que se les suministran, pueden ser incompletos o tener errores. Es decir, aun en ciertos sistemas perfectamente determinísticos, pasado un cierto tiempo, los resultados son impredecibles. Y no por un problema de complejidad, sino de estructura intrínseca de las ecuaciones. No es a mi juicio extraño que este fenómeno, de consecuencias espectaculares en todas las ciencias, haya sido observado por primera vez por un meteorólogo: lo que Lorenz en definitiva mostró es que no se puede predecir el tiempo a largo plazo; aunque uno tenga una red meteorológica extraordinariamente densa, conozca a la perfección las ecuaciones de dinámica de fluidos de la atmósfera, y tenga aparatos de medición de las variables meteorológicas de una resolución espectacular, no hay predicciones posibles a más de dos semanas. Naturalmente, eso no quiere decir que no se puedan hacer predicciones cada vez mejores a plazos más cortos; incluso todavía no se ha llegado a predecir cerca del límite temporal de pronósticos, o sea por un tiempo se tendrán cada vez mejores predicciones a cada vez más largo plazo.
Pero todos estos comentarios describen situaciones no aleatorias en el sentido estricto, sino que tienen la propiedad de ser impredecibles. Además, existe el azar "intrínseco": el decaimiento radioactivo del núcleo de un átomo, o sea el momento en que se produce la próxima emisión por ejemplo de un neutrón, es aleatorio.

Cabe mencionar que, desde el punto de vista de la práctica cotidiana, no tiene importancia a qué tipo de azar uno se está refiriendo (y nadie hace la clasificación recién presentada cada vez que tiene que tomar decisiones bajo incertidumbre): la metodología de respuesta de una persona racional es la misma ante cualquiera de los posibles tipos de azar arriba indicados, y se basa en una cuantificación del grado de incertidumbre –y en el beneficio o perjuicio que se obtiene para cada alternativa posible–.

Y esto nos lleva al siguiente tema, que es justamente encontrar una medida del "grado de azar": sin necesidad de dar una explicación muy precisa de azar se intuye que no todos los “azares” son iguales. Incluso dentro del desconocimiento de lo que pasará hay matices: si decimos que el futuro nos ofrece varias alternativas posibles, hay una manera de cuantificar la confianza que tenemos en que suceda cada una de esas alternativas, que por supuesto, para la toma de decisiones, deberá ponderarse por la cuantificación de los respectivos beneficios. Esa manera de cuantificar la confianza es a través de la probabilidad: en esencia, la probabilidad es una medida, entre cero y uno, de la confianza que uno tiene en cada alternativa, confianza que está basada en el conocimiento del sistema aleatorio estudiado o, si no se conoce suficientemente dicho sistema, en la intuición o subjetividad. Más concretamente, la teoría de la probabilidad es un modelo matemático extraordinariamente exitoso, desde el punto de vista práctico, de los fenómenos aleatorios; para dar un ejemplo, si las compañías de seguros, que estiman la probabilidad de que haya incendios, o un buque naufrague, o un avión se caiga, usualmente no quiebran, es porque la teoría matemática subyacente representa de modo razonablemente fiel la realidad. Y eso se debe a la existencia de una ley de la naturaleza, que resulta tan obvia y natural que usualmente no se piensa que no es obligatorio que el universo se comporte así, y que podría comportarse de otra manera: el principio de regularidad estadística. Este principio dice que si uno repite un experimento aleatorio en idénticas condiciones todas las veces que uno quiera, la proporción de veces que un determinado resultado posible se produce respecto del total de experimentos realizados tiende a un valor finito (obviamente entre cero y uno) cuando el número de experimentos tiende a infinito. Ese valor es por supuesto la probabilidad de la correspondiente alternativa. Naturalmente, no se puede hacer tender el número de experimentos a infinito, sólo se puede hacer cada vez más experimentos. Pero la experiencia prueba que cuantos más experimentos se hagan más tenderá esa proporción al límite indicado.

Incluso en situaciones aleatorias un mínimo conocimiento, a veces intuitivo, del modelo matemático de probabilidades antes indicado, permite tomar decisiones que, en promedio, son más razonables que sus alternativas. Si tengo que decidir entre dos alternativas excluyentes que tienen igual probabilidad (un medio) cada una, mi situación es bastante desesperante: si el beneficio de cada alternativa es el mismo, realmente no puedo decidir a priori qué hacer, porque no tengo más confianza en una alternativa que en la otra, o sea me da lo mismo cualquiera de las dos. Pero si tengo que decidir si apuesto a que al arrojar un dado el resultado es que saldrá un seis o que saldrá menos de seis, y el premio es el mismo en ambos casos, entonces seguramente apostaré a que saldrá menos de seis, porque su probabilidad es mayor (5/6 contra 1/6). En ese sentido, podemos dar el siguiente ejemplo, algo ridículo, pero ilustrativo: supongamos que una persona tiene un agente de bolsa que todos los días aconseja a su cliente acerca de una decisión binaria (comprar tales acciones o venderlas), y es medianamente competente; teniendo en cuenta la componente aleatoria de la bolsa, hace ganar dinero a su cliente el 65% de las veces. Y supongamos otra persona cuyo agente de bolsa, en las mismas condiciones, es muy inepto: el 80% de las veces hace perder dinero a su cliente si éste sigue su recomendación. Evidentemente, para un inversor inteligente, conviene contratar al agente inepto: basta tomar la decisión opuesta de la que él aconseja para ganar el 80% de las veces. Es decir, en esencia lo que estos ejemplos muestran es que, para dos alternativas excluyentes, hay más información para una proporción 80-20 que para una 65-35 (y que en cuanto a información es lo mismo 80-20 que 20-80), y que la menor información posible es para el caso 50-50. Naturalmente, se presume que los valores de probabilidad están correctamente aproximados; por supuesto, el análisis precedente se puede extender a las situaciones en que hay más de dos alternativas. Cuando todas las alternativas tienen la misma probabilidad la decisión racional es imposible: no hay ninguna razón para preferir una alternativa a otra (principio de indiferencia). Pero es perfectamente plausible que uno se enfrente a alternativas que sabe que son aleatorias, pero cuya probabilidad desconoce. En ese caso, se supone que uno asigna subjetivamente valores de probabilidad a las diferentes alternativas y, en particular, si no hay ningún indicio que permita suponer que una alternativa tiene más probabilidad que otra, uno debe asignar la misma probabilidad a todas las alternativas. Y así como la probabilidad da una medida de la confianza que se tiene en que se produzca una alternativa, existe una medida de la información que nos da, para la descripción de un fenómeno, la distribución de probabilidades que uno asigna a cada alternativa. Esa medida de información cumple todas las propiedades que, intuitivamente, uno espera de ella, entre las cuales podemos mencionar que la máxima información se da cuando una de las alternativas tiene obligatoriamente que producirse, y la mínima información cuando todas las alternativas tienen la misma probabilidad.