

La Academia de Ciencias y Letras de Noruega ha resuelto conceder  
el Premio Abel 2007 a

**Srinivasa S.R. Varadhan**

Instituto Courant de Ciencias Matemáticas  
(Courant Institute of Mathematical Sciences)  
Nueva York, EE. UU.

**por sus determinantes aportaciones a la Teoría de la Probabilidad y en particular, por haber creado una teoría unificada de las grandes desviaciones.**

La Teoría de la Probabilidad es la herramienta matemática que se aplica en el análisis de situaciones que se rigen por el azar. La Ley de los grandes números, descubierta por Jacob Bernoulli en el siglo XVIII, demuestra que el resultado medio de una larga secuencia de lanzamientos de moneda se aproxima normalmente al valor esperado. Sin embargo, ocurren cosas inesperadas, y la cuestión es saber cómo. La teoría de las grandes desviaciones estudia la incidencia de eventos raros. Esta materia tiene aplicaciones concretas en campos tan diversos como la física, la biología, la economía, la estadística, la informática y la ingeniería.

La Ley de los grandes números establece que la probabilidad de una desviación por debajo de un cierto nivel tiende a cero. Sin embargo, a efectos prácticos, es fundamental saber con cuánta rapidez desaparece dicha probabilidad. Por ejemplo, ¿qué reservas de capital se requieren para que la probabilidad de quiebra de una compañía de seguros se mantenga a un nivel aceptable? En 1937, mientras analizaba estos “problemas de ruina” actuariales, Harald Cramér descubrió que las aproximaciones estándar basadas en el teorema central del límite (ilustrado por la curva en campana) inducen, de hecho, a error. Seguidamente, encontró los primeros cálculos exactos de grandes desviaciones de una secuencia de variables aleatorias independientes. Tuvieron que pasar 30 años para que Varadhan descubriera los principios generales básicos y empezara a demostrar su enorme alcance, que desbordaba en gran medida el marco clásico de los ensayos independientes.

En su archiconocido artículo “Probabilidades asintóticas y ecuaciones diferenciales”, de 1966, y en su sorprendente solución al problema de polaron de la teoría euclidiana del campo cuántico, de 1969, Varadhan empezó a modelar una teoría general de grandes desviaciones que suponía mucho más que una mejora cuantitativa de los índices de convergencia. La teoría gravita en torno a una cuestión fundamental: ¿Cuál es el comportamiento cualitativo de un sistema estocástico, si se desvía del comportamiento ergódico previsto por ciertas leyes de grandes números, o si se manifiesta a modo de pequeña perturbación de un sistema determinista? La clave de la respuesta es un formidable principio variacional que describe el comportamiento inesperado en términos de un nuevo modelo probabilístico que minimiza la distancia entrópica a la medida de probabilidad inicial. En una serie de artículos escritos conjuntamente con Monroe D. Donsker, que exploran la jerarquía de las grandes desviaciones en el contexto de los procesos de Markov, Varadhan demostró la pertinencia y la potencia de este nuevo enfoque. Una aplicación sorprendente es su solución de una conjetura de Mark Kac relativa al comportamiento asintótico a largo

plazo de la trayectoria del movimiento Browniano en un entorno tubular, la denominada “salchicha de Wiener”.

La teoría de Varadhan sobre las grandes desviaciones proporciona un método unificador y eficiente para clarificar la rica variedad de fenómenos que surgen de los sistemas estocásticos en campos tan diversos como el de la teoría cuántica, la física estadística, la demografía dinámica, la econometría para finanzas y la ingeniería de tráfico. Además, ha potenciado en gran medida nuestra capacidad de utilizar ordenadores para simular y analizar la incidencia de eventos raros. A lo largo de las cuatro últimas décadas, la teoría de las grandes desviaciones se ha convertido en la piedra angular de la probabilidad moderna, tanto pura como aplicada.

Varadhan ha realizado aportaciones clave a otros ámbitos de la probabilidad. Junto con Daniel W. Stroock, desarrolló un método de martingala para caracterizar procesos de difusión como, por ejemplo, soluciones de ecuaciones diferenciales estocásticas. Mediante este nuevo enfoque se pudieron construir nuevos procesos de Markov como, por ejemplo, las difusiones de dimensión infinita que se producen en la genética de poblaciones.

Otro importante tema es el análisis de los límites hidrodinámicos que describen el comportamiento macroscópico de sistemas muy extensos de partículas interactivas. El primer gran avance tuvo lugar en un trabajo conjunto con Maozheng Guo y George C. Papanicolaou sobre los modelos de gradiente. Varadhan fue aún más lejos, mostrando cómo manejar modelos sin estructura de gradiente, con lo cual extendió considerablemente el alcance de la teoría. Sus ideas ejercieron también una gran influencia sobre el análisis de los paseos aleatorios en un medio aleatorio. El nombre de Varadhan se asocia actualmente al método para “observar el medio de la partícula en movimiento”, una de las pocas herramientas generales existentes en este campo.

Los trabajos de Varadhan tienen una gran fuerza conceptual y una belleza intemporal. Sus ideas han sido muy influyentes y continuarán estimulando la ulterior investigación durante mucho tiempo.