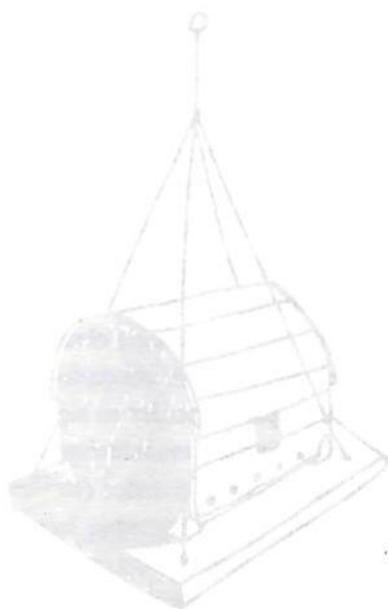


# SOBRE LA COMPATIBILIDAD DEL ESPACIO CUÁNTICO Y EL ESPACIO MÁGICO

ARMANDO ARANDA ANZALDO\*



La mecánica cuántica constituye la teoría más exitosa en toda la historia de la ciencia si consideramos su asombroso poder para describir y predecir los fenómenos microfísicos. Hasta la fecha, todos los experimentos diseñados para comprobar las predicciones de la mecánica cuántica han tenido resultados positivos y coherentes con los postulados de esta teoría. Sin embargo, conceptos fundamentales de la ciencia como son: causa, orden, relación, identidad y clase, se han visto seriamente cuestionados a la luz de los postulados y resultados de la mecánica cuántica. Por ejemplo, la dualidad onda-partícula ha sido demostrada experimentalmente. Según esta dualidad, todas y cada una de las llamadas partículas elementales (hasta el momento son alrededor de cien), manifiestan propiedades ondulatorias o corpusculares, dependiendo del sistema experimental utilizado para observarlas. Esta situación parece violar el principio de contradicción que establece que nada puede ser y no ser al mismo tiempo y bajo el mismo aspecto.

Por otra parte, el llamado principio de incertidumbre cuántica, postulado por Heisenberg, establece que en la escala subatómica, donde ocurren los fenómenos cuánticos, el acto de observación (medición) interfiere directamente con

las propiedades de la partícula observada, de manera que no es posible conocer al mismo tiempo y con exactitud la posición y la velocidad de la partícula observada. Por esta razón, cuando se determina la velocidad de una partícula subatómica sólo se puede establecer su posición en términos de probabilidad (Blanche, 1969). Esto conduce a la paradoja de que cualquier partícula se encuentra deslocalizada y su posición espacial equivale a una difusa nube de probabilidades. Sin embargo, el acto de observación objetiva la posición de la partícula, produciendo "el colapso del paquete de ondas probabilistas". Esta situación implica que el observador (ya sea una persona o una máquina) participa directamente en la objetivación de la realidad física, o sea, que la realidad fi-

sica, no es independiente del observador (Aranda, 1994).

El principio de incertidumbre establece que en la mecánica cuántica una partícula no puede tener posición precisa y velocidad precisa al mismo tiempo. Einstein siempre dudó de la validez de este principio, por lo cual propuso un experimento mental conocido como paradoja de Einstein, Podolsky y Rosen (EPR). Según este experimento, si dos partículas, *A* y *B*, interaccionan y luego se separan, es factible para un observador medir la velocidad combinada de ambas partículas en el momento de su interacción y, posteriormente, medir por separado la velocidad de la partícula *A* y la posición de la partícula *B*, de manera que resultaría muy sencillo calcular la velocidad de la partícula *B* (cuya posición ya conocemos) a partir de la medición de la velocidad de *A*, siempre y cuando las partículas se comporten como si fueran bolas de billar dotadas de atributos físicos objetivos y constantes, lo cual se contrapone al principio de incertidumbre. Según Einstein, un resultado positivo del experimento anterior sólo puede ser explicado por una viola-

\* Profesor-investigador. Laboratorio de Biología Molecular, Facultad de Medicina y Escuela de Ciencias, UAEM. Paseo Tollocan y Jesús Carranza, C.P. 50180, Toluca, Estado de México. Tel. y Fax: (72) 17 35 52.

ción del principio de incertidumbre o por la existencia de una misteriosa acción a distancia, misma que opera entre las dos partículas a pesar de que ambas se encuentren muy separadas; de manera que la partícula B puede ser alterada por el acto de medición sobre la partícula A, estableciéndose así una correlación entre los parámetros cuánticos de A y B. Esto equivale a la transmisión instantánea de información entre ambas partículas (Bell, 1987).

En años recientes se han realizado varios experimentos, cuidadosamente controlados, que confirman la paradoja de EPR, pero que también establecen la prevalencia del principio de incertidumbre, sugiriendo que a nivel cuántico opera la acción a distancia instantánea o que la transmisión de información entre partículas puede ocurrir a velocidad mayor que la de la luz (esto último está prohibido por los postulados de la teoría de la relatividad). Una interpretación general de estos resultados sugiere que existe una especie de red cósmica que mantiene interconectadas a todas las partículas que hay en el universo, aunque las interacciones entre partículas no están predeterminadas, sino que siguen estando sujetas a reglas probabilistas, según el principio de incertidumbre. Por lo cual es poco factible la idea de utilizar esta red cósmica para enviar señales coherentes a velocidades mayores que la de la luz, debido a que la medición de los parámetros de la partícula A produce cambios al azar en el estado de la partícula B (según reglas cuánticas con carácter probabilista), y esto hace imposible que exista una comunicación coherente (Bell, 1987; Bohm, 1990).

La representación del espacio-tiempo propuesta por la ciencia moderna presenta serias dificultades a nivel teórico y filosófico. La relación entre el "cuerpo" del espacio-tiempo y los objetos físicos, incluyendo a la materia y a la radiación, está sujeta a un dilema básico: primero, el espacio-tiempo no puede estar dissociado de las partículas u objetos que lo ocupan y que de alguna manera lo constituyen (hipótesis de Mach), o segundo, materia y radiación son "anoma-

lías", singularidades del espacio-tiempo, que constituye en sí mismo la materia prima del universo (hipótesis de Einstein). Entre estos dos puntos de vista, la mecánica cuántica no toma partido, sino que, en manera por demás ambigua, incluye a ambas posiciones.

Desde el punto de vista filosófico, es factible imaginar un espacio vacío de toda materia y radiación, un espacio esencial y absoluto como el propuesto por Einstein en su teoría de la relatividad general. Por otra parte, resulta difícil concebir que elementos puntuales, carentes de extensión espacial concreta, como son las partículas de la mecánica cuántica, sean capaces de constituir el espacio que intuimos como un continuo. En años recientes se ha intentado, en el ámbito de la mecánica cuántica, interpretar a las partículas elementales como si fueran defectos o fluctuaciones en un medio ordenado y homogéneo (el espacio-tiempo). Desafortunadamente, esta estrategia conduce a la eliminación o ausencia de toda morfología observable, de manera que el propio concepto de espacio-tiempo parece perder su significado cuando se estudian microfenómenos en la escala de magnitud cuántica ( $10^{-13}$ cm). Sin embargo, la ambigüedad esencial del concepto espacio-tiempo en la teoría cuántica puede ser asimilada cuando se compara con el concepto de espacio en el ámbito fisiológico y antropológico.

Se considera que una función esencial del sistema nervioso central consiste en generar un mapa local del espacio que rodea al organismo. Este espacio corresponde al campo donde la actividad sensorial del organismo proporciona imágenes significativas (por ejemplo, presa, depredador, pareja sexual), las cuales una vez reconocidas determinan el comportamiento motor (persecución, huida, etcétera). Estos comportamientos motores están estructurados en campos discretos. Por ejemplo, un paso constituye un campo elemental de la acción de caminar. Cada campo está definido por una trayectoria bien definida en el interior del mapa local asociado con el mismo. A cada uno de estos campos se le asocia una especie de "conciencia lo-

cal". Según la evidencia experimental, los animales no parecen tener una noción permanente de su propio cuerpo localizado en el centro del mapa local y, por lo tanto, carecen de una subjetividad continua, incluso en el estado de vigilia. Sin embargo, los animales pueden guardar en la memoria una representación eficaz de su territorio, lograda a partir de la agregación de mapas discretos asociados con magnitudes sensitivas (imágenes, olores, texturas, etcétera). Dependiendo del estado fisiológico, el animal puede ser más receptivo a un cierto tipo de sensación, de modo que su representación del espacio puede ser distorsionada y modificada para permitir acomodar necesidades orgánicas específicas. Estas distorsiones rara vez afectan el mapa local que contiene al propio organismo, porque la fidelidad de este mapa a un nivel físico, geométrico y mecánico, es una condición fundamental para que se puedan producir los desplazamientos motores. Sin embargo, también debe existir la posibilidad de una plasticidad en relación a la escala global del territorio donde se ubica el animal.

En el caso de los humanos, el territorio de la colectividad humana está por lo general dividido en subterritorios, cada uno de los cuales tiene particulares propósitos económicos o culturales. Un aspecto muy importante de los grandes mitos tradicionales consiste en especificar la concatenación espacial de tales subterritorios, cada uno de los cuales es identificado con un centro sagrado específico. Cuando se fija la representación del territorio colectivo, por causa de las necesidades sociales, esto no se aplica a nivel del inconsciente y es aquí donde surge el fenómeno universal de la magia.

Lévy-Bruhl fue el primero en sugerir que el hombre primitivo acepta la posibilidad de "participación", o sea que acepta la posibilidad de que dos seres separados, desde el punto de vista espacial, puedan constituir un solo y mismo ser (Lévy-Bruhl, 1910). Por ejemplo, un hechicero puede ser al mismo tiempo el hombre que duerme en una choza y un

tigre que caza en la distancia. Sin embargo, otros antropólogos, como Durkheim, rechazaron la tesis de Lévy-Bruhl con base en argumentos lingüísticos. Según Durkheim, es incorrecto atribuir un sentido consustancial al término “ser”, mismo que en la mente del locutor sólo corresponde a un predicado gramatical (Durkheim, 1912). Los seguidores de Durkheim piensan que cuando un miembro de la tribu bororo dice que es un pájaro arara, esto corresponde a una simple afirmación del tipo “el cielo es azul”, ya que el arara es un totem de la sociedad bororo. Sin embargo, este argumento lingüístico ignora la abundante evidencia de casos en los cuales el evento o fenómeno de participación implica una identificación “somática” entre los participantes; por ejemplo, en el caso del hechicero-tigre, si el tigre es herido por cazadores en la jungla, el hechicero que se encuentra en la choza presenta una herida en la región de su cuerpo que es homóloga a la del tigre. La ocurrencia de este evento implica que se presenta una identidad entre los mapas somáticos locales del tigre y del hechicero, y esto ocurre a pesar de que ambos mapas están físicamente distantes por varios kilómetros. Este ejemplo de acto mágico es también un clásico ejemplo de “acción a distancia”, que puede ser interpretado como una modificación en la topología normal del espacio-tiempo.

En términos topológicos, la acción del brujo o hechicero consiste en la modificación voluntaria de la forma como se asocian y concatenan los diferentes mapas locales que definen al espacio convencional de la experiencia. Para lograr lo anterior, el hechicero utiliza procedimientos específicos como son los ritos y los sacrificios. Bajo estas circunstancias, el espacio convencional deja de ser el mismo, debido a que todas las experiencias sensoriales del observador pueden ser afectadas por el acto mágico.

La idea de un espacio-tiempo flexible e individual, que deja de ser un marco universal válido para todos los hombres, está en conflicto con un postulado fundamental de la ciencia moderna, según

el cual sólo existe un espacio-tiempo que es universal e isomorfo para todos. Para Lévy-Bruhl, esta diferencia esencial en la forma como el individuo que participa del acto mágico percibe y se relaciona con el espacio-tiempo, constituye un ejemplo de la mentalidad “prelógica” (Lévy-Bruhl, 1922). Sin embargo, en la concepción moderna de la realidad (que corresponde a la organización de nuestro universo semántico), la independencia y fijeza del espacio es un concepto que se da *a posteriori*. De hecho, la extensión indefinida y puramente geométrica del espacio está en conflicto con la presencia de accidentes morfológicos locales, muchos de los cuales tienen un carácter significativo e



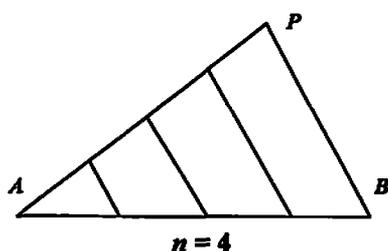
incluso alienante. El isomorfismo entre estas formas significantes que se encuentran distantes en términos espaciales, puede ser interpretado como la evidencia de un contacto que tiene lugar en un sistema topológico diferente al de la topología convencional del espacio.

Gilbert Simondon ha hecho notar que el universo mágico está estructurado de acuerdo a la más primitiva y significativa de las organizaciones, misma que consiste en la reticulación del mundo en sitios privilegiados con tiempos privilegiados. Un sitio privilegiado es aquel que contiene y concentra los poderes que emanan del dominio espacial gobernado por dicho sitio y así, concentra la fuerza que proviene de una masa compacta de la realidad; de tal manera que el mundo mágico está constituido por una red de sitios y cosas que tienen poder y que están ligados a otros sitios y cosas que también tienen poder (Simon-

don, 1969). Sin embargo, esta concepción de un universo reticulado deja intacto el dilema referente a la estructura global del espacio; acaso esta estructura es generada de acuerdo a la hipótesis de Ernest Mach: por una agregación invariante de dominios generados por accidentes locales; o por el contrario, la estructura del espacio corresponde a la hipótesis de Einstein y así, dichos accidentes son simples “epifenómenos”, manifestaciones de tensiones locales propias de un espacio indiferenciado que es el sustrato de todas las cosas. La tesis de Mach es compatible con la visión mágica del universo, que subraya los aspectos formales y cualitativos de los accidentes locales en detrimento de su aislamiento espacial; mientras que la tesis de Einstein considera la localidad de los eventos como un requisito esencial y corresponde a la visión científica por excelencia.

Las limitantes espacio-temporales del universo macroscópico son por demás evidentes y difíciles de ignorar. En el propio ámbito de la magia se manifiesta la necesidad de localización, ya que si una fórmula mágica puede tener efecto sobre un objeto distante, se considera que tiene mayor poder sobre un objeto que se encuentra más próximo. Malinowski hace notar que para los habitantes de las islas Trobriand es ilógico que los cristianos hagan oraciones en el templo para solicitar cosechas favorables, ya que el templo se encuentra lejos de los campos de labor, mientras que los trobrianders hacen sus respectivas oraciones directamente sobre el suelo donde germinan las semillas (Malinowski, 1960). Por otra parte, la invariancia del espacio-tiempo parece estar implícita en la gramática, debido a que la distinción prácticamente universal entre sustantivo y adjetivo, refleja el carácter fundamentalmente asimétrico del verbo “ser”: podemos decir “el cielo es azul” pero no decimos “el azul es cielo”. El “azul” es una entidad de naturaleza abstracta, que es ontológicamente diferente de la naturaleza de un objeto con extensión, como es “el cielo”.

El surgimiento de una geometría espacial implica la ruptura de la red mágica de la topología primitiva. Quizá el origen de tal ruptura radica en el fenómeno de propagación rectilínea (en línea recta) que es impuesto por la economía global del desplazamiento. Por lo general, cuando caminamos cada paso va en la misma dirección del paso precedente. Sólo en circunstancias anormales se rompe esta relación entre los pasos de la marcha. Por ejemplo, en física se considera que el movimiento browniano, característico de las partículas en suspensión, es análogo a la marcha de un marinero ebrio. El evento fundamental para construir el espacio euclidiano consiste en la posibilidad de dividir el campo de locomoción. Los griegos resolvieron este problema que consiste en la división de un segmento en varios segmentos iguales, mediante el llamado *Teorema de Tales*: líneas paralelas equidistantes cortan a dos secantes en segmentos proporcionales. Según René Thom, dicho teorema corresponde a una síntesis entre un procedimiento de origen motor: la concatenación de  $n$  segmentos iguales sobre una línea auxiliar  $AP$ , y un procedimiento sensorial de tipo visual: la proyección lineal del segmento  $AP$ , compuesto de  $n$  partes iguales, sobre la línea  $AB$  (Thom, 1980) ver figura.



La posibilidad de dividir el espacio en forma indefinida fue establecida por la existencia de infinitos denumerables. Esto se manifiesta en la famosa paradoja de Aquiles y la tortuga, en la cual un segmento finito es concebido como la suma de infinitos segmentos de longitudes decrecientes. La geometría griega representó el paradigma del enfoque

científico, reemplazando operaciones deslocalizadas por descripciones verbales cuyo análisis formal demostró el carácter autónomo de las mismas, o sea, que dichas descripciones verbales fueron transformadas en un discurso simbólico-formal que reemplazó las intuiciones de un espacio con características deslocalizadas. Sin embargo, aun antes que los griegos, los hombres estaban advertidos del carácter inflexible del espacio cotidiano. Si el espacio-tiempo fuera una entidad fluctuante y deformable a voluntad, no habría necesidad de recurrir a los dones y talentos específicos del mago para revelar o producir distorsiones espacio-temporales. El hecho de que tales distorsiones requieren de la participación de especialistas, demuestra que el hombre común está consciente del carácter excepcional, por no decir milagroso, de las acciones a distancia provocadas por los magos o hechiceros.

En términos modernos podemos afirmar que el hombre común tiene el concepto de un espacio-tiempo estable y regular, dicha estabilidad puede ser alterada en forma excepcional, produciendo estados espacio-temporales "excitados". Para lograr dichos estados excitados, es necesario añadir o introducir energía suplementaria en el espacio (esto equivale a una reducción de la entropía), tal es el propósito de los rituales mágicos que con frecuencia involucran el sacrificio de animales. Mediante el sacrificio de un animal vivo, el hechicero libera en forma intuitiva una cierta cantidad de energía necesaria para lograr la distorsión del espacio-tiempo. Aquí cabe señalar ciertas analogías conceptuales entre la magia y la ciencia moderna; por ejemplo, en la teoría del átomo de hidrógeno, el nivel de energía que corresponde al estado estacionario del único electrón de este átomo, está definido por la complejidad topológica de la nube que forma el movimiento del electrón alrededor del núcleo atómico. En la relatividad general, la densidad de energía en el universo es interpretada como una curvatura lo que corresponde a una propiedad geométrica del espacio-

tiempo. Ciertos teóricos de la mecánica cuántica interpretan parámetros cuánticos en términos de la topología del espacio-tiempo.

Durkheim fue el primero en señalar que el lenguaje de numerosas sociedades primitivas incluye conceptos abstractos tales como *Mana* (polinesia) u *Orenda* (sioux), que expresan que una cierta región del espacio posee un poder de tipo sagrado. Según Durkheim, dichos conceptos son los antecedentes de los conceptos modernos de fuerza y energía, sugiriendo que no existe discontinuidad entre el pensamiento mágico y el pensamiento científico (Durkheim, 1912). Sin embargo, desde el punto de vista social, la magia se dirige a resolver problemas individuales y de carácter temporal, en este sentido es muy semejante a la tecnología; mientras que la ciencia se preocupa por encontrar verdades universales y atemporales. La ciencia ha estabilizado al espacio-tiempo, convirtiéndolo en el receptáculo de toda la experiencia. La ciencia se opone a la magia al insistir en el carácter local de todas las interacciones entre los fenómenos y en la imposibilidad de que exista la acción a distancia. Ambos postulados derivan de la geometría griega y de la epistemología galileana.

Sin embargo, es toda una paradoja que los dos ejemplos más notables de teoría científica: la teoría newtoniana de la gravitación universal y la mecánica cuántica, describen a los eventos físicos en términos que sugieren la acción a distancia. Ambas teorías manifiestan características de tipo deslocalizado, como lo demuestra por una parte la segunda ley de Newton, que equivale a un postulado de acción a distancia bajo condiciones controladas (Simpson, 1992), y por otra parte, la confirmación experimental de la llamada paradoja de Einstein, Podolsky y Rosen, fenómeno cuántico cuya explicación en términos estrictamente locales requiere admitir que ocurren fenómenos con velocidad mayor a la de la luz (lo cual está prohibido por la teoría de la relatividad) y por lo tanto, en forma convencional se considera que dichos fenómenos son conse-

cuencia de acciones a distancia con carácter deslocalizado o de la existencia de una red cósmica que interconecta a todas las partículas del universo (Bohm, 1990). De hecho, los más notables éxitos prácticos de la ciencia han estado asociados con el control de fenómenos deslocalizados (no-locales). Tal es el caso del electromagnetismo, en el cual la interacción entre dos cargas eléctricas (definida por la ley de Coulomb) o el efecto de un magneto sobre una corriente eléctrica, son eventos que corresponden a acciones a distancia, mismas que son claramente descritas y predichas por las ecuaciones de la teoría electromagnética, desarrollada por Maxwell en un afán de volver localizables (en términos espacio-temporales) a los fenómenos electromagnéticos. Por su parte, la teoría de la relatividad general, desarrollada por Einstein, trata de "localizar" a la gravedad, convirtiéndola en un fenómeno causado por la curvatura del espacio-tiempo, en lugar de considerarla como un caso de atracción instantánea entre cuerpos distantes (como lo describe Newton).

Sin embargo, en la imaginación popular, el científico es visto como un mago en la medida en que controla satélites y transmite mensajes en forma instantánea

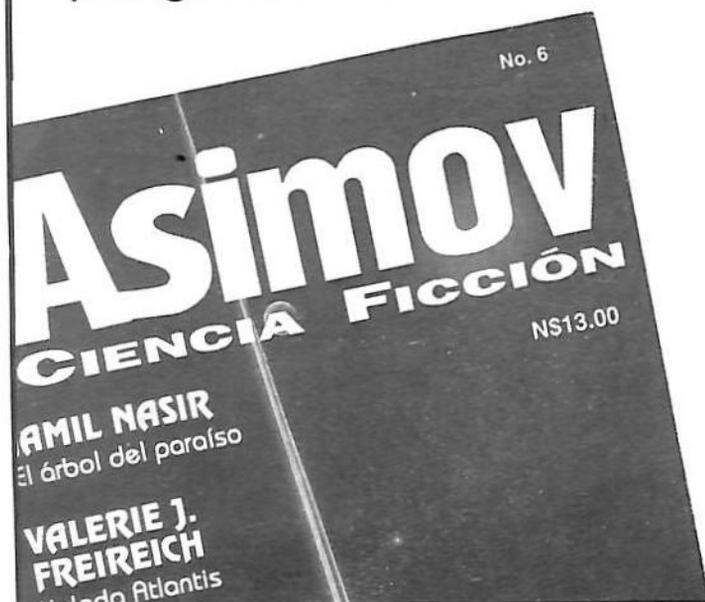
por medio de las ondas hertzianas (televisión); mientras que las teorías científicas "locales", a pesar de su gran rigor formal, tienen muy poca aplicación práctica, tal es el caso de la relatividad general que a pesar de su exactitud, es prescindible para calcular el lanzamiento y colocación de un satélite orbital, para lo cual se sigue utilizando la teoría newtoniana.

En conclusión, se puede afirmar que existe una cierta antinomia entre la práctica y la teoría de la ciencia moderna. Cuando la ciencia se orienta a la práctica lo hace por medio del control de eventos de carácter deslocalizado, por no decir mágico; mientras que las explicaciones científicas basadas en las interacciones locales y directas entre los objetos (situación que elimina la posibilidad de la magia), rara vez han conducido a la solución de problemas prácticos. Por lo tanto, a pesar del muy justificado escepticismo científico, es necesario reconocer que desde un punto de vista estrictamente epistemológico, los postulados de la mecánica cuántica y la concepción predominante de la realidad microfísica son totalmente compatibles con la posibilidad de la magia, entendida ésta como un conjunto de técnicas y procedimientos para lograr acciones instantáneas a distancia. ♦

## BIBLIOGRAFÍA

- Aranda, A. (1994). "Los límites del reduccionismo molecular", en *Ciencia y Desarrollo*, Vol. XX, Núm. 116. Conacyt. México.
- Bell, J. (1987). "The paradox of Einstein, Podolsky and Rosen: action at a distance in quantum mechanics?", in *Spec. Sci. Technol.* Vol. 10, Núm. 4.
- Blanche, R. (1969). *Le méthode expérimentale et la philosophie de la physique*. Librairie Armand Colin. Paris.
- Bohm, D. (1990). *Wholeness and the implicate order*. RKP. Londres.
- Durkheim, E. (1912). *Les formes élémentaires de la vie religieuse*. Seuil. Paris.
- Lévy-Bruhl, L.  
 \_\_\_\_ (1910). *Les fonctions mentales dans les sociétés primitives*. Calman-Lévy. Paris.  
 \_\_\_\_ (1922). *La mentalité primitive*. Calman-Lévy. Paris.
- Malinowski, B. (1960). *Argonauts of the Western Pacific*. Pelican. Harmondsworth.
- Simondon, G. (1969). *Du mode d'existence des objets techniques*. Aubier. Paris.
- Simpson, T. (1992). "Science as Mystery: a speculative reading of Newton's Principia", en *The great ideas of today*. Encyclopaedia Britannica Inc. Chicago.
- Thom, R. (1980). *Modeles mathématiques de la morphogénese*. C. Bourgeois. Paris.

Viaje al maravilloso mundo de la ciencia ficción a través de los cuentos de los más prestigiosos autores



Asimov  
**Asimov**  
 CIENCIA FICCIÓN  
 EN ESPAÑOL

La revista fundada por Isaac Asimov ahora en México

Asimov Ciencia Ficción es una publicación bimestral de la



EDITORIAL  
 EL FICCIÓN DEL UNIVERSO

De venta en Sanborns y principales librerías  
 Tels. : 2-02-02-89 y 2-02-06-00