

Un vistazo al mundo del microcosmos y sus posibilidades tecnológicas.

Por: Luis Guillermo Restrepo Rivas.

COMPONENTES DE LA MATERIA

Según el modelo de la constitución de la materia más acreditado de la física, llamado *Modelo Estandar*, toda la materia normal y estable de nuestro universo^A se compone de 6 quarks, 6 leptones y las 12 antipartículas^B de estas. Los 6 quarks se conocen más por sus nombres en inglés: *up*, *down*, *charm*, *strange*, *top* y *bottom*. Los leptones son: *electrón*, *muón*, *tau*, *neutrino electrónico*, *neutrino muónico* y *neutrino de tau*.

Los quarks *up*, *charm* y *top* poseen, cada uno, carga eléctrica igual a 2/3 de la del protón, mientras que los *down*, *strange* y *bottom* poseen una carga eléctrica igual a 1/3 de la del electrón. Los leptones *electrón*, *muón* y *tau* poseen cargas eléctricas iguales entre sí, mientras que los neutrinos no tienen carga.

Exceptuando los *neutrinos*, que al parecer tienen masa cero, la menos masiva de estas partículas es el *electrón*, mientras la más masiva es el quark *top*^C cuya masa es 350000 veces mayor que la del *electrón*. Las demás partículas tienen masas mucho menores que la del *top*.

¿ Hay componentes más pequeños que los quarks y leptones ?

La principal concepción actual sobre una estructura aún más básica del universo, a tamaños del orden de 10^{-34} cm (tamaño llamado *Escala de Planck*) son las *teorías de cuerdas* o *supercuerdas*, teorías muy matemáticas, donde se describen cuerdas abiertas y cerradas que existirían -vibrando- en más de 10 dimensiones "enrolladas". Existen al menos 6 variantes de teorías de cuerdas, las cuales al parecer se pueden unificar en una sola denominada *Teoría M*.

Fuerzas o interacciones de la naturaleza

Se considera que existen 4 interacciones en la naturaleza: *electromagnética*, *fuerte*, *débil* y *gravitacional* (aunque esta última no es propiamente parte del *Modelo Estandar* tradicional).

A cada interacción están asociadas partículas que la transportan, así: El portador de la interacción electromagnética es el *fotón*. La interacción *fuerte*^D es portada por el *gluon*, mientras los portadores de la interacción *débil*^E son tres partículas llamadas *bosones*: *W*

^A En condiciones de muy altas energías (en ciertos objetos cósmicos y aceleradores de partículas) se generan muchas combinaciones de las partículas fundamentales que duran cortos instantes.

^B Partículas con carga eléctrica opuesta pero con las demás propiedades iguales.

^C Cuya existencia se comprobó en 1995

^D Responsable de la cohesión de las partículas componentes del núcleo atómico

^E Que se manifiesta en la radiactividad

positivo, W negativo y Z cero. Como portador de la *gravitación* se ha supuesto una partícula denominada *gravitón*.

El hecho de que sean 4 interacciones se considera que depende del nivel de energía. Así como la interacción electromagnética históricamente se descubrió como dos diferentes: la magnética y la eléctrica, que posteriormente la ciencia halló estrechamente relacionadas, similarmente, a niveles de energía del orden de 100 Giga-electrónvoltios, las interacciones *electromagnética* y *débil* se unifican manifestándose como una sola, denominada *electrodébil*. A energías del orden de 10^{15} Giga-electronvoltios la interacción *fuerte* y la *electrodébil* se deben manifestar como una sola en lo que se denomina *gran unificación*. A energías de 10^{19} Giga-electronvoltios la interacción *gravitacional* se debe unir también manifestándose entonces una interacción única en el universo. Como esas altísimas energías debieron existir en instantes muy cercanos a la *Gran Explosión* (ingl. *Big Bang*), se considera que en el transcurso del tiempo, al enfriarse el universo e ir bajando sus niveles de concentración energética, la interacción inicial única se fue manifestando como dos, luego tres, y en el presente como cuatro interacciones.

NANOTECNOLOGIA

La nanotecnología es la disciplina que tiene por objeto la fabricación de máquinas de tamaño atómico y molecular, para lo cual debe desarrollar los conocimientos científicos, la tecnología, los procedimientos y las herramientas adecuadas a tal fin.

Se considera que el instigador de la nanotecnología fue el físico Richard Feynman, quien en una conferencia en 1959, con la frase "*Hay mucho espacio en el fondo*" expresó su convencimiento de que era técnicamente factible y útil fabricar aparatos a escala molecular y atómica, y lanzó una especie de desafío científico y tecnológico para concretar ese sueño en la práctica.

Después de Feynman, posiblemente K. Eric Drexler ha sido la persona más influyente en la tarea de concientizar tanto a la comunidad tecnológica como al público en general sobre las posibilidades de la nanotecnología, y también en la recopilación y el desarrollo inicial de muchas de los conceptos físicos fundamentales que necesariamente intervienen en la realización práctica de esta disciplina

Los libros básicos de Drexler son *Engines of Creation* (publicado en 1986) y *Nanosystems* (publicado en 1992). El primero de ellos de un carácter más divulgativo, y el segundo de carácter técnico. *Engines of Creation* está disponible en Internet, para leerlo allí o bajarlo a tu computador, en las siguientes direcciones:

<http://www.foresight.org/EOC/>

¡Error! Marcador no definido.

¡Error! Marcador no definido.

<http://wfmh.org.pl/enginesofcreation/>

Eric Drexler desea precisar el enfoque de la tecnología que propugna, hablando de "*nanotecnología molecular*", para distinguirla de otros posibles enfoques.

Tamaños de las máquinas miniatura

Las **Minimáquinas** y **Micromáquinas** contienen muchos millones de átomos y sus tamaños son del orden de micrómetros (milésimas de milímetro). Son elementos del tamaño de granos de polen. Las **Nanomáquinas**, contienen cientos de átomos y sus tamaños son del orden de varios nanómetros (millonésimas de milímetro). En dimensiones del orden de un nanómetro o menores, entramos en el reino de las **Máquinas Cuánticas**, donde los fenómenos de tipo cuántico tienen preponderancia y serán los realmente aprovechados para la realización de las tareas por dichas maquinillas.

Construcción de nanosistemas

Una posibilidad para fabricar elementos en nanotecnología es utilizar herramientas destinadas inicialmente a la observación microscópica avanzada, como lo son: el *Microscopio de Barrido por Efecto Tunel* (ingl: Scanning Tunneling Microscope), el *Microscopio de Fuerza Atómica* (Atomic Force Microscope) y el *Microscopio de Sonda de Barrido* (Scanning Probe Microscope). Se ha demostrado en la práctica cómo estos instrumentos, o variantes de ellos, adicionalmente a su función como microscopios, pueden utilizarse para mover átomos a voluntad y construir así algunas estructuras diseñadas.

Otra manera de construir nanosistemas es en aprovechar la tendencia natural al *autoensamblaje* que tienen ciertas moléculas. Un ejemplo de esto es la formación de pequeños esferoides, denominados "Liposomas", que se pueden formar gracias a que ciertas moléculas de lipofosfatos poseen una forma cilíndrica con un extremo hidrófilo y el otro hidrófobo, lo cual hace que al estar en un medio acuoso los extremos replelidos por el medio tienden a enfrentarse, de manera que un grupo de tales moléculas puede terminar por organizarse en esfera con los extremos hidrófilos hacia el exterior, en contacto con el medio acuoso. Autoensamblajes como el descrito se basan en fuerzas de origen eléctrico, en tensión superficial y fenómenos termodinámicos y afines (maximización de la entropía y minimización de la energía potencial). Sin embargo, la biología, en el desarrollo de los organismos utiliza un autoensamblaje diferente basado en la codificación genética presente en el ADN. Existe la esperanza de que los avances en la comprensión y manipulación de procesos genéticos algún día nos permitirán copiarle a la biología sus métodos de *autoensamblaje codificado* para el desarrollo de nanosistemas complejos.

ACTUALIDAD Y FUTURO DE LA COMPUTACION

Miniaturización, computadores cuánticos, de ADN y ópticos

Actualmente son comunes los chips electrónicos (ej: microprocesadores de computador personal) que contienen, en un área del tamaño de la yema del dedo índice, una cantidad del orden de decenas de millones de transistores. Este es un estado en el avance de la miniaturización electrónica, la cual parece no detenerse. Este progreso sigue aproximadamente una tendencia empíricamente detectada primero por Gordon Moore en 1965 (y llamada desde entonces la *ley de Moore*), quien analizó datos de producción de chips y notó que la cantidad de elementos que la tecnología acomodaba dentro de un chip se duplicaba aproximadamente cada 18 meses. Esa tendencia se ha mantenido hasta el presente.

Si se mantiene esa tasa de incremento de la miniaturización, alrededor del año 2020 se estará llegando a que el rasgo o detalle mínimo que se puede grabar en un chip será del tamaño de un átomo, tamaños en los cuales la electrónica se enfrentará con los fenómenos cuánticos en una forma que hasta ahora no se ha experimentado. Aunque ya existen dispositivos electrónicos que se basan fundamentalmente en fenómenos cuánticos, la manifestación y aprovechamiento de este tipo de efectos "extraños", como la dualidad onda-partícula, la indeterminación, la superposición de estados etc., a nivel tan fundamental, hará fundamentar gran parte de la electrónica sobre la base de la mecánica cuántica. Algunos investigadores no están esperando pasivamente a que lleguemos al año 2020, sino que desde hace algún tiempo están tratando de desarrollar computadores que fundamenten sus capacidades computacionales en esos fenómenos cuánticos.

Paralelamente, otros investigadores han trabajado, ya durante varios años, en el aprovechamiento de fenómenos ópticos para tareas computacionales, apuntándole al desarrollo de Computadores ópticos. Algunos cómputos particulares, cuya realización le toma a un computador normal un tiempo significativo, son realizados en forma "instantánea" por un fenómeno óptico natural^F.

De otro lado, las propiedades de las proteínas y del ADN para buscar ciertos estados de equilibrio también están siendo exploradas con miras a aprovecharlas como procesos computacionales eficientes y desarrollar *Computadores Proteínicos y basados en ADN*. Con estas técnicas ya se han resultado, a escala experimental, problemas de optimización y de ajedrez.

Computación evolutiva

^F Un ejemplo es la operación matemática llamada *Transformada de Laplace*

Esta técnica contemporánea y de futuro promisorio, copia de la evolución el concepto de supervivencia del más apto, para ir generando y seleccionando las mejores soluciones para un problema. En esta metodología cada posible solución al problema se considera como un *individuo*, el cual está descrito por una estructura de datos^G que hace las veces de *cromosoma*. En todo momento, el conjunto de individuos, o sea de posibles "soluciones" del problema -unas mejores que otras- conforman una *población*. Debemos tener alguna métrica o manera de medir la bondad (optimalidad) de cada solución: una "cifra de mérito" que permita al programa de computador saber cuales soluciones son mejores y peores. Esa medida indica, en la analogía evolutiva, lo *apto* que es el *individuo*. Al ir llegando a individuos más aptos, realmente estamos llegando a soluciones mejores u óptimas.

Se comienza generando, dentro del computador, una primera *población* de "soluciones" aproximadas (primera *generación*), muy al azar. Obviamente esas "soluciones" iniciales son en general malas, pero hay unas un poquito mejores que otras. Combinando partes de *cromosomas* de pares (*padre y madre*) de los mejores *individuos* (o sea combinando partes de las mejores soluciones) y produciendo un poquito de *mutaciones* (o sea alterando de vez en cuando un dato del *cromosoma*), damos origen a una segunda *generación* de soluciones, o sea una *población* nueva que -es de esperarse- contiene al menos alguna solución (*individuo*) mejor (más *apto*) que la mejor solución de la generación anterior. Este proceso de *recombinación* y *generación* se repite a través de muchas *generaciones*, hasta que la mejor solución (el mejor *individuo* de la *población*) es lo suficientemente buena, o hasta que las mejoras incrementales de generación a generación ya no son significativas.

Aunque ideas por el estilo fueron investigadas hacia los años 60 e incluso antes, el impulso contemporáneo se debe en gran parte al análisis^H realizado por John Holland en 1975. Otros destacados iniciadores de estas técnicas son David B. Fogel, David E. Goldberg, y John R. Koza. Con la misma idea básica, se han desarrollado variantes que se conocen con nombres como: *algoritmos genéticos*, *estrategias evolutivas*, *programación genética* (iniciada por John R. Koza), etc. Una variante muy interesante es la *evolución de hardware*, en la cual se utilizan principalmente circuitos denominados FPGA, cuyo comportamiento se define por un programa; de modo que si ese programa se perfecciona por programación genética, tenemos de cierta manera un efecto como si el hardware evolucionara.

La computación evolutiva tiene muchas aplicaciones, principalmente en problemas complejos de optimización, asignación de recursos, diseño y configuración de soluciones, por ejemplo: diseño de mecanismos, diseño de circuitos electrónicos y diseño de horarios e itinerarios.

La Inteligencia Artificial y su futuro

^G Pro ejemplo una cadena de bits: 10011100110100111101

^H Libro: *Adaptation in Natural and Artificial Systems*

La IA, en el sentido moderno, es un campo de investigación, que ha crecido durante casi cinco decenios. En 1956 John McCarthy y Marvin Minsky organizaron un congreso con la colaboración de Claude Shannon^I y de Nathaniel Rochester^J. Once participantes se reunieron durante 2 semanas en el Dartmouth College. Se conocieron, intercambian experiencias e ideas sobre sus investigaciones, y allí nació el nombre “*Inteligencia Artificial*” para esta disciplina.

La IA aplica procedimientos informáticos a la solución de problemas complejos que al parecer requieren "inteligencia", para lo cual, desarrolla métodos de un nivel de abstracción mayor que el utilizado por el procesamiento de información convencional, proponiendo estructuras para *representación del conocimiento* y algoritmos para *razonamiento automatizado*, en muchos casos recurriendo a "*heurísticas*" (reglas empíricas efectivas aunque no se puedan probar por la lógica o la matemática). La formulación de problemas desde el punto de vista del *conocimiento* requerido para resolverlos y de los posibles estados o configuración de elementos del problema (llamado *espacio de estados*) permite soluciones computacionales con métodos formales –basados en lógica y matemáticas– preservando la transparencia y la comprensión, debido a que se recurre a representaciones declarativas de conceptos de alto nivel, que se acercan al pensamiento humano. Así, desde una perspectiva de ingeniería de software, los métodos de IA tienden a facilitar el manejo de la complejidad. Además, los fundamentos formales proveen seguridad en cuanto a la calidad, corrección, integridad y fácil manejo, tratando de contrarrestar el hecho de que el conocimiento humano muchas veces es incompleto y no está tan bien especificado como sería deseable.

Han surgido nuevos e interesantes tópicos y subcampos, por ejemplo, la *Explotación o minería de Datos*^K (ingl: "*data mining*"), *sistemas multiagente*, *razonamiento espacial*, acceso inteligente a información de Internet, diseño automático y diagnóstico.

Como las bases teóricas y la metodología general han madurado, la IA puede contribuir con un número creciente de aplicaciones y puede convertirse en una tecnología clave para el desarrollo de aplicaciones en la *era de la información y el conocimiento*. Nuevos subcampos de IA orientados a las aplicaciones conducen a aplicaciones comerciales. La *Explotación de Datos* es un ejemplo de actualidad.

La IA tenderá a integrarse con la Ciencia de Computación "convencional". Ella evolucionó en un cierto aislamiento, acompañada por un gran escepticismo de un lado y expectativas demasiado optimistas por la otra. Esto ha conducido a muchos científicos de IA a concebir su disciplina como una pariente insólita de la Ciencia de la Computación, pero la investigación dentro y fuera de la IA ha evidenciado lo deseable de su combinación con otras

^I Iniciador de la llamada "*teoría de la información*" y de la medición de esta en "*bits*"

^J Diseñador del primer computador producido en masa por IBM

^K Técnica que hace que un programa analice una gran base de datos (por ejemplo de perfiles y comportamiento de clientes) para descubrir nuevo conocimiento, detectado como insospechadas y aprovechables correlaciones entre datos (por ejemplo que los clientes que compran el producto X, tienden también a comprar el producto Y)

disciplinas y la utilidad de metodologías integradas. En varias áreas, esa integración ya se ha producido: por ejemplo, en programación lógica (lenguaje *Prolog*), en los juegos de computador, en las pruebas de corrección de programas de computador, en simulación, etc.

La IA tiene también fuertes relaciones con otras disciplinas y ciencias fuera de la Ciencia de la Computación como la psicología, la lingüística, la neurofisiología, el control de procesos, la automatización de la producción, el monitoreo, el diagnóstico y el diseño. Se posibilitan nuevos desarrollos por combinación de tecnologías originadas como disciplinas separadas. Un buen ejemplo es el diagnóstico técnico, en que se complementan métodos basados en la IA con aproximaciones tradicionales de la ingeniería.

Esos son desarrollos convenientes, con beneficios tanto para el saber científico como para las aplicaciones, pero. ¿Conducirá esa convergencia a una pérdida de identidad de la IA?. Está claro que se trazarán nuevas fronteras entre la IA y las áreas de aplicación y entre la IA y los subcampos de la Ciencia de la Computación. Pero la IA no se verá deteriorada: van a surgir nuevas aplicaciones con desafíos interesantes.