Mercurio Volante

IMAGEN © Alberto Castro Leñero

Reflexiones sobre ética y ciencia

6 CARLOS FRENK Y LOS MAPAS DEL UNIVERSO

14 AJEDREZ, Y TECNOLOGÍA

18 MILLIE DRESSELHAUS, LA REINA DEL CARBONO

CIENCIA ILEGAL

© ACL

Gerardo Herrera Corral*

En 2022 He Jiankui terminó su sentencia de tres años en prisión y ahora busca financiamiento para un nuevo proyecto. Hace apenas unas semanas que se pronunciaba diciendo: "hice las cosas demasiado rápido". De esta manera recordó su incursión en violaciones a la práctica médica y los principios éticos de la medicina que lo llevaron a la prisión.

El biofísico y ahora genetista chino quiere regresar a la investigación científica con un proyecto ambicioso. Se ha propuesto encontrar cura a enfermedades raras en tan solo tres años, y para eso busca financiamiento del sector privado. Ahora dice que sus próximas investigaciones serán transparentes y abiertas a todo el mundo.

Jiankui se volvió famoso por haber practicado la primera edición genética en humanos. En 2017 alteró permanentemente los genes embrionarios de tres bebes para reimplantarlos de nuevo en la matriz de sus madres, creando así transgénicos humanos.

Las gemelas que nacieron en octubre de ese año viven con una parte de su genoma modificado por el investigador chino que "evitó deliberadamente la supervisión" –como expresaron las autoridades chinas –. En diciembre de 2019 He Jiankui fue sentenciado a tres años de prisión por la violación de los protocolos de consentimiento informado y por el uso inapropiado de seres humanos.

No es la primera vez, y muy probablemente no será la última, en que se gane conocimiento a través del abuso, la ilegalidad y el maltrato de personas. Los Estados Unidos ha sido el escenario en muchas ocasiones de esta manera simplificada y brutal de proceder. La exposición de personas a químicos y materiales para bombas biológicas, inyección de sustancias radiactivas o alteradas son solo algunos de los experimentos practicados en niños, pacientes con trastornos mentales, minorías étnicas o prisioneros.

Jiankui se volvió famoso por haber practicado la primera edición genética en humanos. En 2017 alteró permanentemente los genes embrionarios de tres bebes para reimplantarlos de nuevo en la matriz de sus madres, creando así transgénicos humanos.

El famoso caso de Tuskegee, Alabama, en que cientos de afroamericanos fueron sujetos de estudio con sífilis; el programa Holmesburg en la prisión de Pensilvania, en que se practicaron numerosas operaciones dermatológicas en prisioneros para estudiar los efectos de la dioxina y otros herbicidas, son representativos de una larga lista de proyectos científicos ilegales.

La tecnología de edición genética CRISPR Cas 9 permite ahora modificar a voluntad la información inscrita con más de 3 mil millones de letras (6 mil millones si se trata del material genético de padre y madre en el embrión). Los caracteres A (Adenina), C (Citosina), G (Guanina) y T (Timina) representan el alfabeto de la biología. Ahora es posible dirigir una molécula para cambiar de manera deliberada una parte del genoma humano trasformando unas letras en otras.

Según Jiankui, el comité de ética del Hospital de Niños y Mujeres de Shenzen en China aprobó su propuesta de edición genética en marzo de 2017, pero el hospital negó que tal cosa hubiese ocurrido.

El genetista chino editaría el gen que es conocido por su relación con el virus de inmunodeficiencia humana. Había elegido a una pareja en que el padre padecía del síndrome de manera crónica y controlada. El riesgo de transmisión a su decendencia era nulo después de un proceso de lavado de espermatozoides in vitro de manera que no existía riesgo de infección de manera que la edición genética resultaba innecesaria y desaconsejable porque, presumiblemente, la manipulación del gen especifico podría incrementar el riesgo de infecciones por otros virus ya que altera al sistema inmune.

© ACL

La mayoría de los casos de ciencia ilegal que tienen un impacto profundo en la sociedad se enmarcan en áreas de la biología o la medicina, pero el daño de violaciones éticas no se limita a las especialidades de la salud.

En Física contamos con historias como la de Victor Ninov, que en 1999 llevó al Laboratorio Nacional Lawrence de Berkeley a anunciar el descubrimiento de los elementos químicos 118 y 116. Estos elementos artificiales se producirían en la colisión de átomos de plomo y núcleos de criptón que se llevaban a cabo en las instalaciones de California. La institución adquiría así una posición de liderazgo mundial en la investigación y producción de nuevos elementos químicos.

Tiempo después se descubrió que en ese trabajo hubo fabricación de evidencia con la modificación de datos. El responsable, Victor Ninov, fue despedido. Este escándalo llevó a los grupos de investigación donde Ninov había trabajado previamente a reevaluar los hallazgos anteriores, encontrando que también los elementos 110 y 112 fueron objeto del fraude, aunque después se ratificó la legitimidad del descubrimiento de estos elementos artificiales.

Los elementos 116 y 118 fueron descubiertos posteriormente en el laboratorio ruso JINR de Dubna.

En Física contamos con historias como la de Victor Ninov, que en 1999 llevó al Laboratorio Nacional Lawrence de Berkeley a anunciar el descubrimiento de los elementos químicos 118 y 116. Estos elementos artificiales se producirían en la colisión de átomos de plomo y núcleos de criptón que se llevaban a cabo en las instalaciones de California.

Silicio purificado, material semiconductor

La ilegalidad destruye el sentido de las cosas, se descalifica el esfuerzo, se descompone el sistema de valores de la sociedad y se comunica el peor de los mensajes a los jóvenes: para ser alguien no es necesario hacer, es suficiente mentir.

El engaño en física nuclear estalló al mismo tiempo en que se develó otro en la investigación y desarrollo de materiales semiconductores por parte de Jan Hendrik Schön en la Universidad de Constanza, Alemania.

Estas notas lastimaron fuertemente la credibilidad de la investigación científica en Física y fueron motivo de desaliento entre los jóvenes que perseguían una carrera académica.

La ilegalidad no es privativa de ciertos quehaceres. El caso de Yasmin Esquivel Mossa en México es una muestra de academicismo corrupto en que se hace carrera a partir del plagio y se escalan los andamios de un sistema descompuesto hasta llegar a ser ministra de la Suprema Corte de Justicia. De esa manera se produce un daño social enorme, aun cuando este no es directamente visible. No solo se pierde la credibilidad del máximo órgano de justicia del país, también se destruye el sentido de las cosas, se descalifica el esfuerzo, se descompone el sistema de valores de la sociedad y se comunica el peor de los mensajes a los jóvenes: para ser alguien no es necesario hacer, es suficiente mentir.

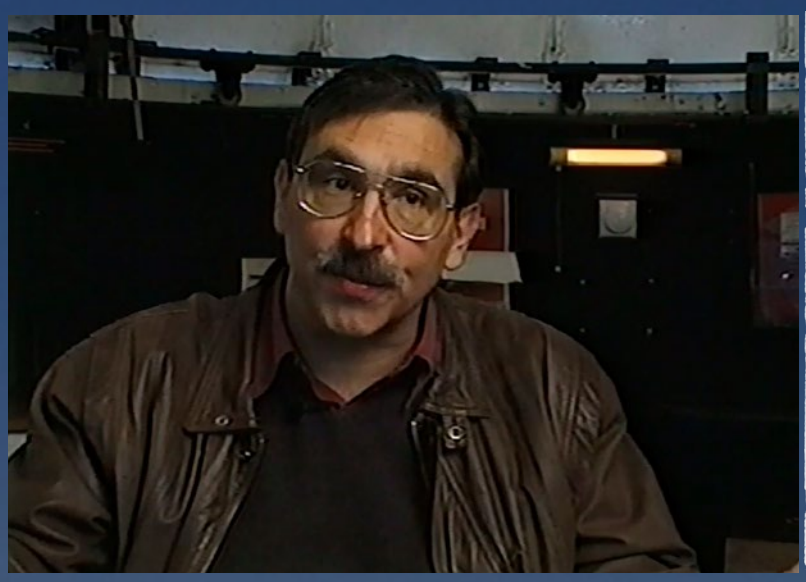
***GERARDO HERRERA CORRAL**
Físico de la Universidad de Dortmund y del Cinvestav, es líder de los latinoamericanos en el CERN. Ha escrito diversos libros, entre ellos* El azaroso arte del engaño *(Taurus).

MAPAS DEL UNIVERSO

Entrevista con Carlos S. Frenk

Carlos Chimal*

Es uno de los más destacados astrofísicos en el mundo. Atraído en un principio por la física de partículas subatómicas, Frenk decidió dar un golpe de timón en su vida luego de haber sostenido una charla con el ilustre cosmólogo de Cambridge, lord Martin J. Rees. Afincado en la ciudad vecina de Durham, Frenk ha hecho aportaciones importantes al conocimiento del origen y estructura del universo, así como de los objetos galácticos que lo componen. Es artífice del Instituto de Cosmología Computacional de la Universidad de Durham, parte de DESI (por sus siglas en inglés, Dark Energy Spectroscopic Instrument), ingenio multinacional que busca dilucidar la naturaleza de la energía oscura.



La primera vez que platiqué con él le pregunté qué le había dejado la investigación en este campo. "Enormes satisfacciones y desafíos, pues se trata de la disciplina científica donde ha habido progresos espectaculares", contestó, "en particular la subdisciplina conocida como cosmología, es decir, el estudio del universo, el nacimiento y evolución de las galaxias". Enseguida agregó: "La mayor parte de lo que sabemos acerca del cosmos lo hemos descubierto en los últimos treinta años; incluso puedo afirmar que desde inicios del siglo XXI hemos duplicado nuestro conocimiento sobre el origen los cúmulos galácticos".

"Si el universo tuviera diez años, estas galaxias habrían emitido su luz cuando el universo tenía un año, por lo que les ha llevado nueve años llegar hasta nosotros. Estas galaxias las vemos no como son hoy, sino como eran cuando el universo era muy joven. De esta forma podemos estudiar galaxias bebés, embriónicas, en las primeras fases de su formación".

¿De dónde vienen estas galaxias?, ¿por qué la materia visible del universo está organizada en estructuras de este tipo? "Es una pregunta que ha despertado el interés de los pensadores desde hace siglos", me dijo. "Por ejemplo, en el siglo XVIII filósofos como Immanuel Kant hablaron de los universos 'isla'. Lo que es realmente sugestivo, 'espectacular' (esa es la palabra adecuada, acotó Frenk) es que el origen de las galaxias tiene que ver con procesos y fenómenos que ocurrieron justo en el momento del Gran estallido, o Big bang. En el momento de la creación de nuestro universo fenómenos que ocurrieron en nivel sub-atómico generaron las semillas que al cabo del tiempo se convirtieron en galaxias".

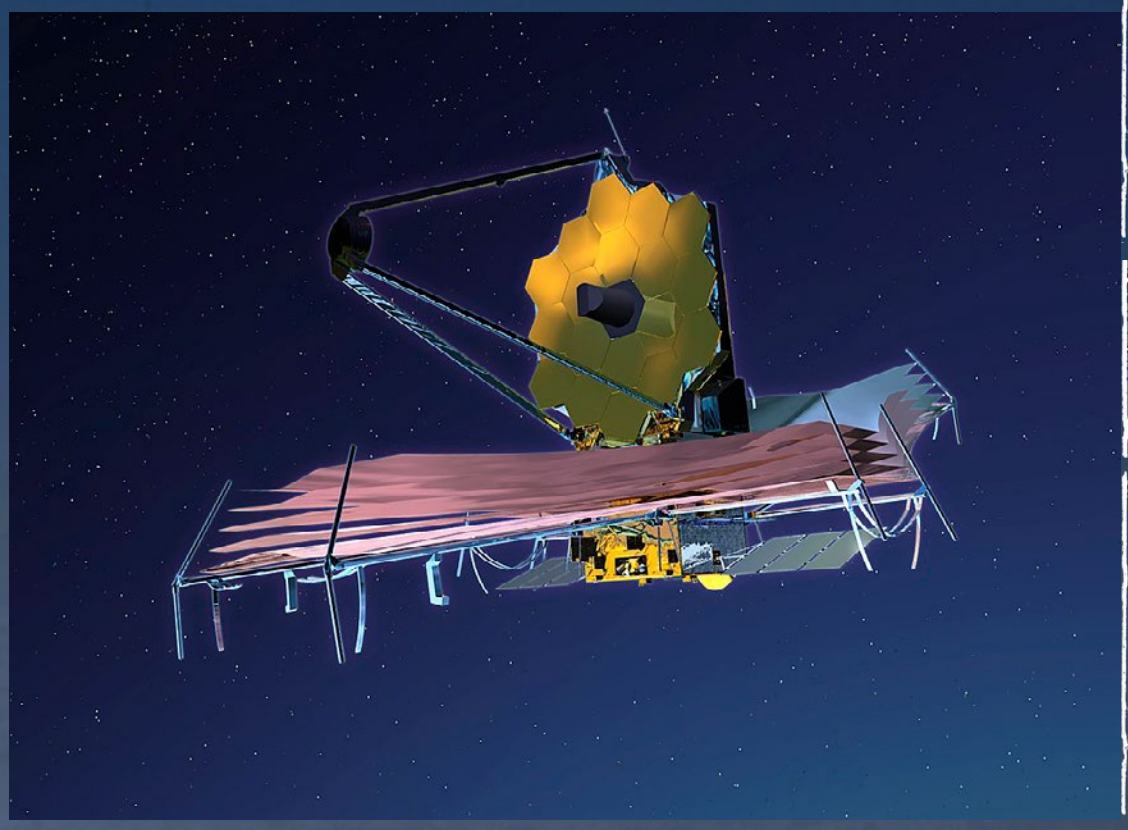
Esta es una proposición literalmente grandiosa, comenté. "En efecto", respondió él, "cada vez es más claro que las galaxias vienen desde el origen mismo del universo y que los procesos que dan lugar a su formación están relacionados con el mundo de las partículas elementales. Esa es la hipótesis en la que la mayor parte de los físicos y astrónomos están trabajando en este momento. Es el resultado de una combinación única de nuevos desarrollos empíricos y tecnológicos, por una parte; e ideas teóricas por la otra".

¿Cuáles son tales avances tecnológicos? "Nuevos instrumentos para mirar, en particular, el telescopio espacial 'Hubble', que nos ha permitido capturar imágenes de galaxias tan distantes cuya la luz ha estado propagándose en aproximadamente 90% de la edad del universo, antes de llegar a este telescopio. Si el universo tuviera diez años, estas galaxias habrían emitido su luz cuando el universo tenía un año, por lo que les ha llevado nueve años llegar hasta nosotros. Estas galaxias las vemos no como son hoy, sino como eran cuando el universo era muy joven. De esta forma podemos estudiar galaxias bebés, embriónicas, en las primeras fases de su formación".

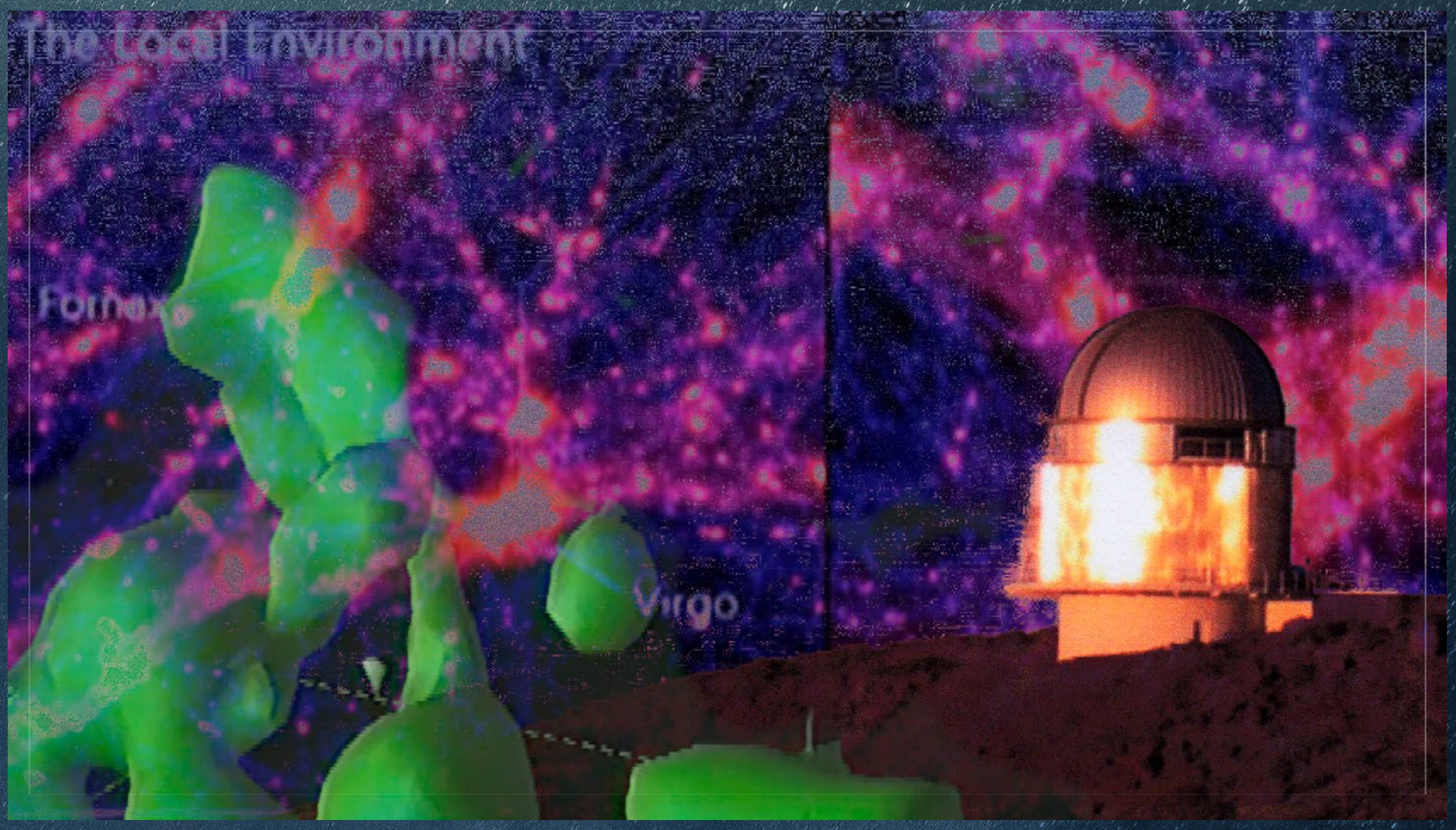
Cabe aclarar que esta primera charla con Frenk sucedió antes de que se lanzara al espacio el telescopio James Webb. Aun así, los datos que el Hubble proporcionó a él y su equipo fueron muy valiosos. Sin duda en los próximos años se beneficiarán de las subyugantes imágenes que ya está enviando este nuevo telescopio en el espacio.

"El otro desarrollo tecnológico crucial fue la construcción de telescopios terrestres de 10 metros, mucho más grandes que los que existían hasta hace unas cuantas décadas. Esto nos ha permitido estudiar procesos del universo en formación. Tales desarrollos empíricos coincidieron, precisamente, con nuevas ideas teóricas, propuestas en los primeros años de la década de 1980. Hubo dos aspectos particularmente importantes: el primero fue la invención de un concepto, que tiene un nombre medio extraño, pero que es muy profundo. Se llama 'inflación cósmica'".

Telescopio Hubble. Imagen: De Ruffnax (Crew of STS-125) - http://catalog.archives.gov/OpaAPI/media/23486741/content/stillpix/255-sts/STS125/STS125_ESC_JPG/255-STS-s125e011848.jpg, Dominio público, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6826183



Telescopio James Webb. Imagen: Dominio público, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=56728



Le pedí que explicara. "La inflación cósmica es un proceso inventado por físicos de partículas elementales que tenían otras preocupaciones, pero es probable que haya existido. En este proceso el universo empezó la vida en un estado un poco anormal, por lo cual se expandió enormemente, muy rápido, durante un intervalo de tiempo muy pequeño, de tal forma que después de su 'nacimiento' creció de ser del tamaño de un átomo al tamaño de una naranja en una fracción infinitesimalmente pequeña. Luego se expandió en forma súbita, violenta. Durante esta expansión surgieron pequeñas irregularidades, microscópicas, las cuales quedaron 'sembradas' en el Big bang; ahí estuvieron 'germinando'. Diez millones de años más tarde aparecieron estas 'semillas' en forma de galaxias, como la Vía Láctea".

Frenk se refirió a la radiación de microondas de fondo, predicha en 1948 por George Gamow, Ralph Alpher y Robert Hermann, como una reliquia de la evolución del universo primitivo. En 1965, Arno Penzias y Robert Wilson, que estaban intentando usar el radiotelescopio de Holmdel para fines astronómicos, no entendían el exceso de ruido que a veces se presentaba en el instrumento. Durante un encuentro con investigadores de Princeton llegaron a la conclusión de que provenía del espacio. Dado que el exceso de ruido era isotrópico, esto es, que no dependía de la dirección en la que la antena fuera apuntada, semejante medida fue interpretada por el grupo de teóricos de Princeton como una detección directa de la radiación mencionada.

Frenk se refirió a la radiación de microondas de fondo, predicha en 1948 por George Gamow, Ralph Alpher y Robert Hermann, como una reliquia de la evolución del universo primitivo.

© ACL

"Puesto que contamos con una computadora muy potente, podemos programarla a fin de que nos muestre de qué manera se dieron las condiciones iniciales, es decir, cómo estas pequeñas fluctuaciones implantadas en el universo (las 'semillas') evolucionaron. Además, introdujimos parámetros físicos universales, es decir, las leyes de la gravitación, la teoría de la relatividad general, las leyes de la dinámica de fluidos y dejamos que la máquina hiciera su trabajo".

"Resulta que esta radiación tiene pequeñas irregularidades" añadió Frenk, "y estas irregularidades son, precisamente, el fenómeno que los físicos habían especulado que fue implantado en el universo durante el Big bang".

¿Y cómo sabemos que estas pequeñas fluctuaciones descubiertas en la radiación de fondo se convierten en galaxias?, insistí. "Lo que quisiéramos es ver la `película´", replicó, "creemos que tal película está archivada, no sabemos dónde, así que no tenemos acceso a lo que sucedió en el universo en los últimos 10 millones de años, pero al menos tenemos la posibilidad de conocer una copia".

¿Cómo? "Reconstruyéndola por computadora", contestó Frenk. Ese fue el trabajo en el que estuvieron ocupados él y sus colaboradores desde hace varios años. Añadió: "Puesto que contamos con una computadora muy potente, podemos programarla a fin de que nos muestre de qué manera se dieron las condiciones iniciales, es decir, cómo estas pequeñas fluctuaciones implantadas en el universo (las 'semillas') evolucionaron. Además, introdujimos parámetros físicos universales, es decir, las leyes de la gravitación, la teoría de la relatividad general, las leyes de la dinámica de fluidos y dejamos que la máquina hiciera su trabajo. Lo que resultó al final fue algo realmente espectacular. Encontramos que los universos artificiales creados de esta forma son indistinguibles del universo real".

Frenk siguió diciéndome: "Así que uno de los principales resultados de este trabajo fue darnos cuenta de que la formación de galaxias es un proceso que continúa incluso ahora. Nuestra galaxia es en realidad un fragmento de una galaxia futura. Tenemos una vecina, que se llama Andrómeda; en unos 10 mil millones de años, ésta y la Vía Láctea experimentarán una colisión, tal como sucedió con estos fragmentos pre-galácticos. El resultado será la formación de una súper galaxia más grande que nuestra Vía Láctea, y cuando esto ocurra va a ser un momento alucinante, con explosiones inimaginables, habrá 'luces artificiales' de magnitud considerable".

Le pedí que me hablara de su trabajo más reciente. "Acabamos de construir un mapa, la culminación de diez años de trabajo", replicó. "Este no es un mapa virtual, realizado por computadora, sino un mapa real. Si bien la imagen misma fue construida en computadora, hicimos una reconstrucción tridimensional de la distribución real de galaxias en nuestro contorno cósmico. Nos llevó una década obtener estos datos emanados de varios telescopios del mundo".

Emocionado, Frenk recordó: "Cuando vimos a la computadora construir de manera gradual esta imagen en perspectiva del universo fue uno de esos momentos gloriosos de la ciencia. Entonces supimos que todo el esfuerzo que habíamos hecho valió la pena. Durante fracciones de segundo, cuando vimos que se estaba generando algo nuevo, entendimos lo que realmente es único. Fue un momento muy emocionante no solamente para mí, sino también para mis estudiantes y colegas que estaban en el mismo cuarto. Hubo un silencio cuando comenzó a emerger por primera vez este mapa.

¿Qué momento fue más trascendental, este último o la generación del universo simulado?, pregunté. "Cuando terminamos una simulación de todo el universo fue algo peculiar. Hasta ese momento habíamos hecho pedacitos de universo, pero cuando por primera vez logramos simular prácticamente todo el universo visible resultó ser un momento muy emocionante". Hizo una pausa, caviló y siguió diciendo: "Pensándolo bien, quizás no tanto porque se trataba de un universo matemático, construido por computadora; en cambio ver cómo aparecía el universo real, aunque hubiera una gran similitud entre ambos, fue otro de los momentos clave, sublime, pues la realidad siempre es mejor que la imaginación. La realidad tiene más imaginación, creo yo".

Frenk puso énfasis en que para poder delinear estos mapas de la geometría del universo hay que descubrir objetos muy distantes, brillantes como las supernovas, estrellas masivas en las últimas fases de su vida. Desaparecen en una forma exuberante, con una gran explosión, y se vuelven brillantísimas, tanto como toda una galaxia.

"Es posible hacer un mapa de la geometría del universo viendo cómo la luz de estas supernovas se propaga la historia del universo", afirmó Frenk. "Sabemos que en el universo hay una constante cosmológica, concepto muy profundo que implica la existencia de una nueva fuerza, en cierto modo una fuerza anti-gravedad. Los humanos siempre hemos estado fascinados por la anti-gravedad. Pero tal vez exista, es anti-gravedad en el sentido de que se opone a la fuerza de la gravitación y no porque sea su imagen especular".

¿Así que la expansión del universo es un equilibrio entre la fuerza de la gravitación y la constante cosmológica?, pregunté. "Desde luego", respondió Frenk, "se trata de una fuerza natural que influye en la dinámica del universo y su conjunto. En mi opinión hay dos problemas fundamentales que no han sido resueltos al final del milenio en la ciencia. Uno es el origen de la vida y otro es el problema de lo que llamamos la materia oscura en el universo.

"...hicimos una reconstrucción tridimensional de la distribución real de galaxias en nuestro contorno cósmico. Nos llevó una década obtener estos datos emanados de varios telescopios del mundo".

¿Qué es la materia oscura? "Sabemos que la mayor parte de la masa del universo no es luminosa, entre 90 y 95% de la masa del universo no emite luz, ni ningún tipo de radiación y, por lo tanto, es invisible. Por eso se llama oscura, así que la materia brillante, como nosotros, es la excepción. En el universo domina la materia totalmente oscura. Ese es uno de los problemas actuales en la ciencia, no sabemos de qué está hecha. Sabemos que existe, de manera indirecta, por sus efectos en la estructura de las galaxias gracias a un fenómeno fascinante que se llama las 'lentes gravitacionales', es decir, la desviación de la luz cuando pasa cerca de una masa enorme. La forma en que la luz de galaxias muy distantes se distorsiona nos permite saber de su presencia".

"La dinámica del universo, la formación de las galaxias, la expansión del universo depende de partículas elementales", siguió diciendo, "así que lo que tenemos en la física y la astrofísica es una síntesis entre las ideas del mundo de partículas sub-atómicas y el comportamiento del universo en su conjunto. Por eso la física es una actividad de síntesis. La idea de la física es empezar con principios simples, con ideas simples y construir sistemas complejos. No hay nada más simple que las partículas elementales, por lo cual se llaman elementales, y no hay nada más complejo que el universo. El ámbito de las partículas elementales y el del universo en su conjunto se han unido. Se trata de uno de los grandes triunfos de la ciencia; no solo de la física en particular, sino de la ciencia en general".

Como líder del Instituto de Cosmología Computacional de la Universidad de Durham, Frenk confía en que en las próximas décadas se descubrirá la naturaleza de la materia oscura. "La razón por la que tengo tanta confianza, "dijo, "es porque los modelos de computadoras de los que hablábamos antes, estos modelos que empiezan con las propiedades del Big bang y terminan con universos imaginarios, no obstante se parecen mucho al cosmos real. Así, esos modelos de universo prosperan cuando suponemos que la materia oscura está constituida por ciertas partículas elementales. Solamente cuando introducimos eso dentro del modelo matemático podemos generar universos en el laboratorio semejantes al universo real".

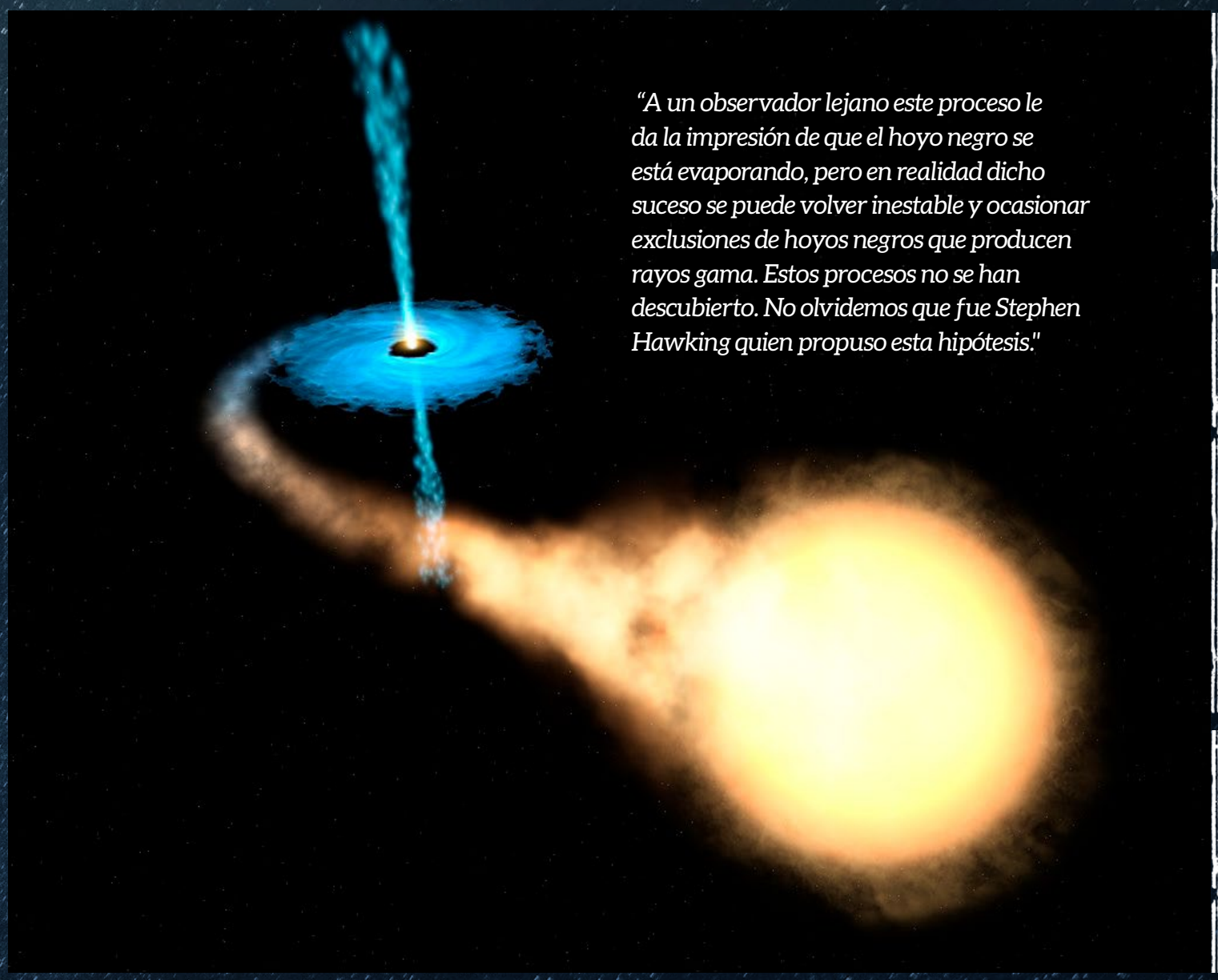
¿Qué es la materia oscura? "Sabemos que la mayor parte de la masa del universo no es luminosa, entre 90 y 95% de la masa del universo no emite luz, ni ningún tipo de radiación y, por lo tanto, es invisible. Por eso se llama oscura, así que la materia brillante, como nosotros, es la excepción. En el universo domina la materia totalmente oscura. Ese es uno de los problemas actuales en la ciencia, no sabemos de qué está hecha".

Un asunto obligado eran los hoyos negros. ¿Por qué han atraído a los físicos y al público? "Efectivamente", replicó, "los hoyos negros son objetos que nos han fascinado a todos. Por varias razones, porque es donde todos nuestros conceptos clásicos de tiempo, espacio, causalidad, antes y después, pasado, futuro, presente, todos estos conceptos se distorsionan de manera realmente preocupante. La idea de que ahí no hay forma de distinguir el presente del pasado, cosas así, son cuestiones que le provocan a uno ansiedad. El Big bang también es un poco así. Pero en el caso de los hoyos negros resulta que, a pesar de que los consideramos negros, en realidad pueden cubrirse de 'ropaje', los cual los hace visibles. Hay dos formas en las que es posible localizar hoyos negros. Una es que 'chupan' la materia que existe alrededor de ellos. Recordemos que el universo está lleno de materia, de gases, átomos, moléculas. Entonces, donde hay un hoyo negro, hay gases. Cuando estos gases son atraídos por el hoyo negro, a medida que caen en él se calientan a temperaturas enormes y se vuelven brillantes. Simplemente porque se quema dicho gas, de la misma forma que sucede en un horno. Una forma particularmente brillante de detectar hoyos negros son los rayos X. Hay otra manera, descubierta en 1976, que tiene que ver con fenómenos sub-atómicos, los cuales permiten que los hoyos negros se evaporen. Este es un fenómeno de la física interesantísimo, relacionado con los procesos que mencioné antes, por los cuales 'semillas' de galaxias se 'plantan' en el universo".

Le pedí que abundara en semejante proceso. "Es el siguiente", respondió, "el universo produce fluctuaciones cuánticas que no podemos ver, pero que están allí. El vacío no existe. Lo que parece vacío y simula ser un lugar tranquilo donde uno puede ir de vacaciones, en realidad no es apacible. Si pudiéramos verlo con suficiente resolución encontraríamos que está lleno de burbujitas, en actividad incesante, notaríamos que existen partículas que aparecen y desaparecen todo el tiempo. La idea del vacío es quimérica, pues está lleno de actividad sub-atómica, cuántica. Lo que llamamos 'fluctuaciones cuánticas' produce partículas de materia y anti-materia. Generalmente una partícula de materia y anti-materia aparecen de y desaparecen, sin que nadie se dé cuenta y el mundo continúa como si nada. Es como ir al banco y sacar del cajero dinero, reemplazándolo antes de que el director se dé cuenta. No estoy recomendando que haga uno esto. Pero es lo que hace el universo todo el tiempo: pide prestada energía y la devuelve antes de que llegue el director del banco. Ahora bien, cuando este proceso de fluctuación cuántica ocurre cerca de un hoyo negro, puede haber un desastre, porque estas fluctuaciones producen materia y anti-materia que se aniquilan en forma inmediata. Imaginemos que hay un hoyo negro y la partícula de materia cae dentro de éste, pero la de anti-materia no. Entonces la partícula de materia se la chupa el hoyo negro y la de anti-materia surge. Por tanto, parecería que el universo está produciendo anti-materia".

"El universo produce fluctuaciones cuánticas que no podemos ver, pero que están allí. El vacío no existe. Lo que parece vacío y simula ser un lugar tranquilo donde uno puede ir de vacaciones, en realidad no es apacible. Si pudiéramos verlo con suficiente resolución encontraríamos que está lleno de burbujitas, en actividad incesante, notaríamos que existen partículas que aparecen y desaparecen todo el tiempo. La idea del vacío es quimérica, pues está lleno de actividad sub-atómica, cuántica".

Representación artística de un hoyo negro. Imagen: Sandra Abigail Pérez González - http://blog.illustraciencia.cat/2015/03/agujero-negro-sandra-abigail-perez_5.html, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45663965



"A un observador lejano este proceso le da la impresión de que el hoyo negro se está evaporando, pero en realidad dicho suceso se puede volver inestable y ocasionar exclusiones de hoyos negros que producen rayos gama. Estos procesos no se han descubierto. No olvidemos que fue Stephen Hawking quien propuso esta hipótesis."

Representación artística de un hoyo negro. Imagen: ESA/Hubble, CC BY 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=78156

Frenk, entusiasmado, continuó su exposición. "A un observador lejano este proceso le da la impresión de que el hoyo negro se está evaporando, pero en realidad dicho suceso se puede volver inestable y ocasionar exclusiones de hoyos negros que producen rayos gama. Estos procesos no se han descubierto. No olvidemos que fue Stephen Hawking quien propuso esta hipótesis. La razón por la que nunca le otorgaron el Premio Nobel fue precisamente porque nadie ha descubierto hoyos negros en explosión".

"Estamos en un universo dinámico, es un cosmos en evolución", concluyó Frenk aquella vez.

Años más tarde volví a visitarlo en la misma Universidad de Durham. Había realizado progresos decisivos junto con un grupo internacional de cosmólogos y astrofísicos mediante DESI. La parte construida en Durham ha permitido potenciar el campo de visión de los telescopios mediante el uso de 5 mil fibras ópticas.

"Dicha fibra separa la luz proveniente de galaxias, estrellas y cuasares, esto es, fuentes de radiación muy intensa, parecida a la que emiten los objetos galácticos, y las canaliza en bandas más estrechas de diversos colores. Esto permite conocer su composición química, cuán lejanos se encuentran tales objetos cósmicos y la velocidad de expansión del universo. Hasta ahora, DESI ha permitido más de 7.5 millones de galaxias y objetos exóticos."

Según aseveró Frenk, esperan clasificar más de 27 millones de galaxias más hacia 2026.

"Esto nos permitirá develar aspectos hasta ahora desconocidos del cosmos en los próximos años", afirmó, "lo cual nos acercará de manera crucial a la naturaleza de la materia y la energía oscuras. Aprenderemos más acerca del papel que desempeñaron en la formación de nuestra galaxia y la evolución del universo".

***CARLOS CHIMAL**
Novelista interesado en la comprensión pública de la ciencia, dirige este suplemento.

Ajedrez y tecnología

Repetición de amores y arte de ajedrez. Imagen: Luis Ramírez de Lucena, BNE, CC BY-SA 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>, via Wikimedia Commons

Hay quienes piensan que si no fuera por la aparición de las computadoras, cada vez más rápidas y capaces, el ajedrez sería un juego un tanto olvidado, manía de novelistas e intelectuales del siglo pasado. Ya Aldous Huxley consideraba que, con sus reglas sencillas e inequívocas, cada partida es como una isla de orden en el impreciso y desordenado caos de lo sensible.

Cuando jugamos, e incluso cuando presenciamos cómo lo hacen otros, abandonamos el comprensible universo de la realidad diaria para encerrarnos en un reducido mundo de factura humana, donde todo es claro, intencional y fácil de comprender. Al encanto intrínseco del juego se añade su carácter competitivo, que lo hace emocionante; las apuestas y la intoxicación de la multitud se suman, a su vez, a la excitación de la competencia.

Este clima solo pudo lograrse por la aparición del factor cibernético, alrededor de los años de 1950, con la combinación de programas, algoritmos y veloces máquinas calculadoras. El interés por un juego que nos permite descubrir cuán astutos y memoriosos somos, que representa nuestros más recónditos deseos en cuanto al conocimiento, tuvo que ver más con un problema de identidad (¿qué idioma hablan las máquinas y cómo podemos hacer para que aprendan a reconocer jerarquía de valores?) que con la necesidad atávica del recreo. Más un asunto de ego (¿nunca volveremos a derrotarlas?) que lúdico.

© ACL

Los juegos del cálculo, con tablero, juegos matemáticos en los que el resultado final está determinado por el pensamiento puro que no ha sido contaminado por la habilidad ni la fuerza físicas, ni tampoco por esa especie de suerte ciega inherente a los dados, las cartas y otros juegos de azar, son tan antiguos como la humanidad y tan diversos como las alas de las mariposas.

Se han invertido en ellos una cantidad fantástica de energía mental, lo cual es notable si se tiene en cuenta que, hasta hace poco, su único objeto era proporcionar un poco de distracción y relajación mental. Así que la cultura cibernética les ha dado hoy una repentina importancia.

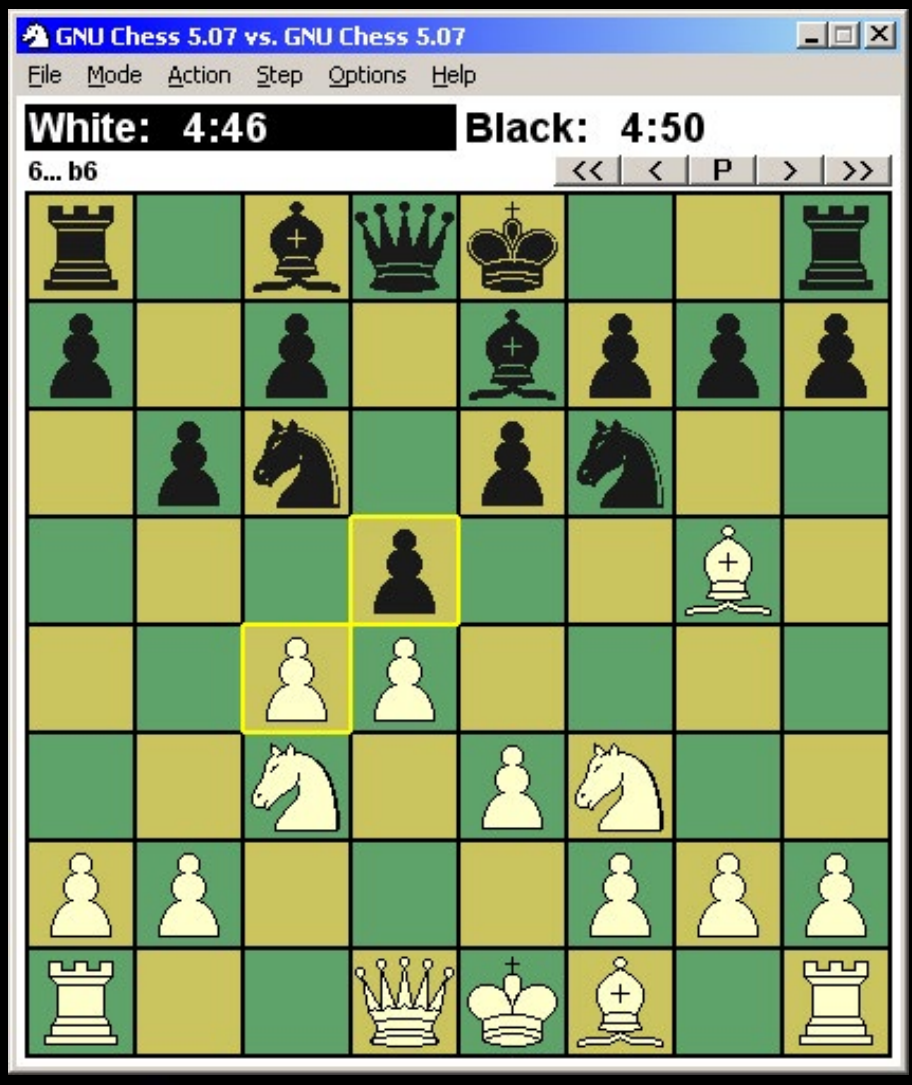
Las máquinas de jugar a las damas o al ajedrez, capaces de extraer consecuencias que les permitan mejorar su juego, podrían ser precursoras de cerebros cibernéticos, cuya potencia y versatilidad no podemos siquiera imaginar. Después de todo, son extensiones de nosotros mismos.

Si queremos entender cómo operan las máquinas que juegan ajedrez es importante saber que no solo importa que tengan una memoria rápida para calcular su siguiente movimiento, siempre condicionado por el del adversario, sino que deben aprender a formar patrones jerarquizados de información.

Es decir, no importa cuánto puedas profundizar en una línea de ataque/defensa, siempre tendrás un límite de tiempo. Se sabe, así, que de los 38 movimientos legales que se pueden realizar en una posición típica, los maestros solo ponderan un promedio de 1.76 jugadas, ¡ni siquiera dos!

Las máquinas de jugar a las damas o al ajedrez, capaces de extraer consecuencias que les permitan mejorar su juego, podrían ser precursoras de cerebros cibernéticos, cuya potencia y versatilidad no podemos siquiera imaginar. Después de todo, son extensiones de nosotros mismos.

Ajedrecista. Imagen: Olea - Trabajo propio, CC0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29028389



Ajedrez para PC. Imagen: CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=564079

Las máquinas antes del chip de silicio (como el ajedrecista de Leonardo Torres y Quevedo, de 1912, que operaba con imanes y solo realizaba algunas jugadas en la fase final de un juego) no podían fabricar ninguna estrategia de juego. En cambio el asunto medular en la década de 1950 era encontrar la manera de traducir el lenguaje selectivo a un lenguaje de computadora.

En 1966 apareció un programa que intentaba este camino, el MacHack del MIT. Al mismo tiempo, en las universidades de Carnegie-Melon y Northwestern de Illinois se escribieron nuevos programas, como Chess 3.0, que intentaban hacer un análisis exhaustivo de todas las posibilidades, lo cual reducía la eficiencia real de la búsqueda. Seguro iba a encontrar la mejor jugada, pero ¿cuándo?

Consideremos que un juego regular entre humanos dura 84 rondas o plies (un ply está compuesto por una jugada por bando), y puesto que hay unas 38 jugadas posibles, entonces una búsqueda exhaustiva tendría que considerar ¡38^{84} posiciones posibles!

Para darnos una idea de la insensatez de este camino, el universo ha existido apenas 10^{18} segundos, por lo que una computadora tendría que analizar 10^{114} posiciones por segundo para llegar a la fase final de una partida. No le alcanzaría con todo el tiempo transcurrido.

En los años de 1980 se introdujo en las computadoras un enfoque minimax, es decir, eligen el movimiento que minimiza al máximo la ofensiva contraria dentro de un rango de posibilidades. Luego aparecieron programas llamados asesinos heurísticos, que daban prioridad a jugadas en donde se puede lograr un buen intercambio de piezas.

Uno de los pioneros en el diseño y construcción de máquinas que aprenden jugando, Han Berliner, introdujo su algoritmo B en 1985, que consideraba otros factores "heterodoxos", como hacen los maestros para reconocer el patrón que se va formando en cada juego.

© ACL

Uno de los pioneros en el diseño y construcción de máquinas que aprenden jugando, Han Berliner, introdujo su algoritmo B en 1985, que consideraba otros factores "heterodoxos", como hacen los maestros para reconocer el patrón que se va formando en cada juego.

Las computadoras que juegan ajedrez hacen más rápido los cálculos que nosotros y se mueven con más gracia por el tablero, pues se les ha enseñado a hurtar el tiempo en el reloj de su adversario, no importa si es humano o máquina.

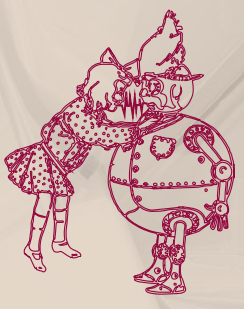
De manera que lo importante para nosotros, nuestra capacidad de anticipación, queda en segundo plano y prevalece la capacidad de transformar el dibujo de la fase inicial para pasar al meollo de la partida y plantear el remate o fase final. Tan claro como una buena novela, solo que las máquinas son más refinadas, pues hablan binario, que desde luego incluye todos los idiomas habidos y por haber.

En el ajedrez cibernético de nuestros días se ha podido combinar la fuerza bruta del cómputo saético con la búsqueda selectiva de la robótica y el aprendizaje de la inteligencia artificial; es un ajedrez, digamos, yogui, pues los programas aceptan diversos niveles de competencia y siempre podemos aliviar la presión sobre nuestro ego pensando que fuimos más astutos que la máquina, hasta que nos damos cuenta de que no queda más remedio que dejar caer nuestro rey por el suelo.

© ACL

De manera que lo importante para nosotros, nuestra capacidad de anticipación, queda en segundo plano y prevalece la capacidad de transformar el dibujo de la fase inicial para pasar al meollo de la partida y plantear el remate o fase final. Tan claro como una buena novela, solo que las máquinas son más refinadas, pues hablan binario, que desde luego incluye todos los idiomas habidos y por haber.

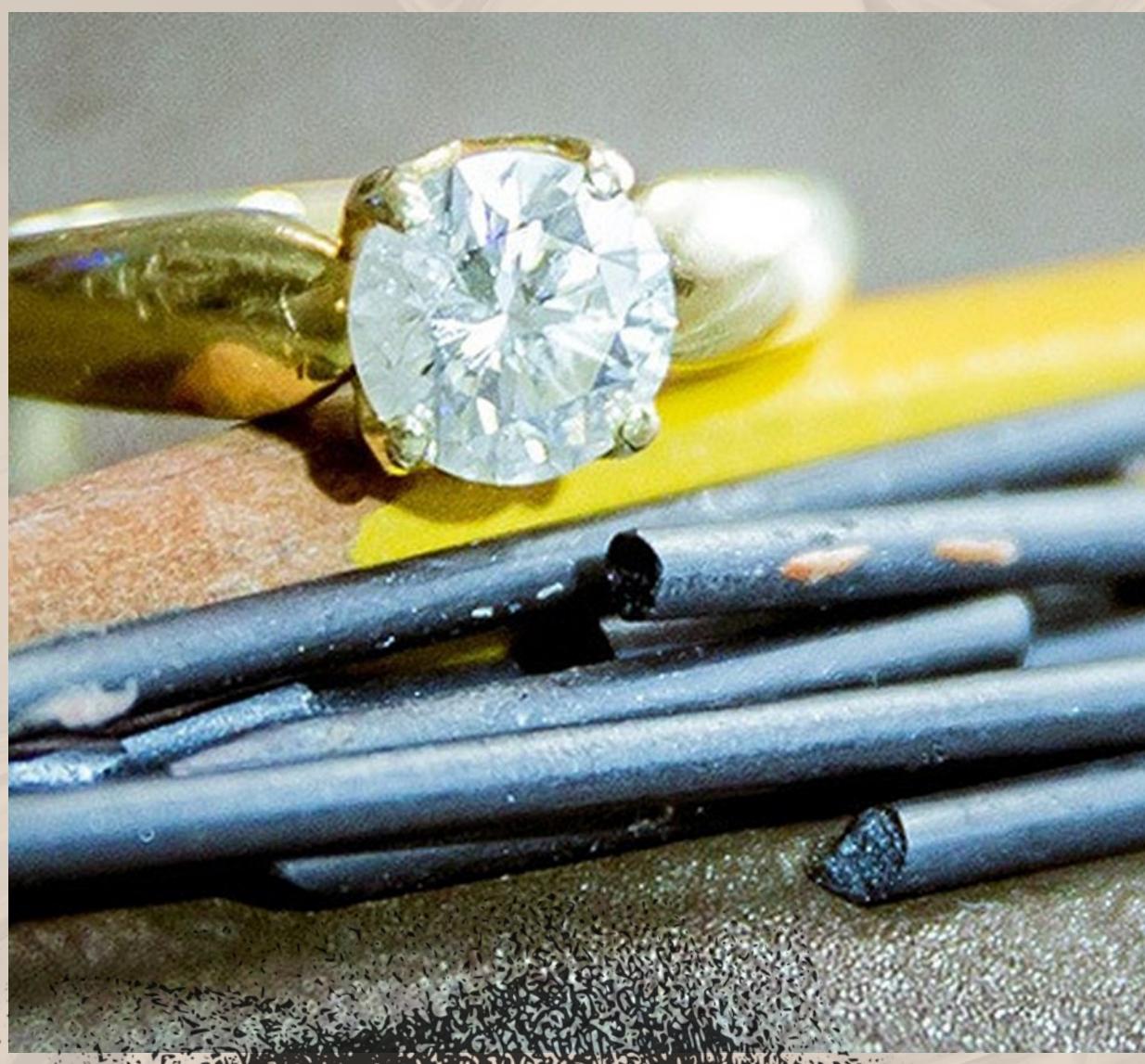
El carbono no es un mal premio



Gabriela Pérez Aguirre*

Muchos son los países, costumbres y tradiciones en los que uno de los elementos importantes en las fechas navideñas y día de Reyes es un trocito de carbón, el cual es un símbolo con el que se castiga la mala conducta de algunos niños que no se han portado bien a lo largo del año.

Más allá de discutir esas costumbres, podríamos celebrar el nuevo año estudiando los materiales basados en carbono y concluir si merece ser símbolo de castigo. Para comenzar, nada mejor que un homenaje a quien dedicó toda su vida a ellos; Mildred Dresselhaus, también conocida como la "Reina del carbono". Además de ser la primera mujer en ser nombrada catedrática por el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) en 1968, también fue la primera catedrática emérita de Física e Ingeniería eléctrica de la institución. En una época en la que las mujeres suponían el 2% del total de estudiantes de física, sus investigaciones le valieron numerosos premios, entre otros, la medalla de Honor del IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) en 2015, la primera mujer en la historia en recibirla; también fue la primera persona en recibir el premio Kavli en solitario en 2012, y sus estudios sentaron las bases para dos investigaciones galardonadas con sendos premios Nobel (sobre fullerenos en 1996 y nanotubos de carbón en 2010).



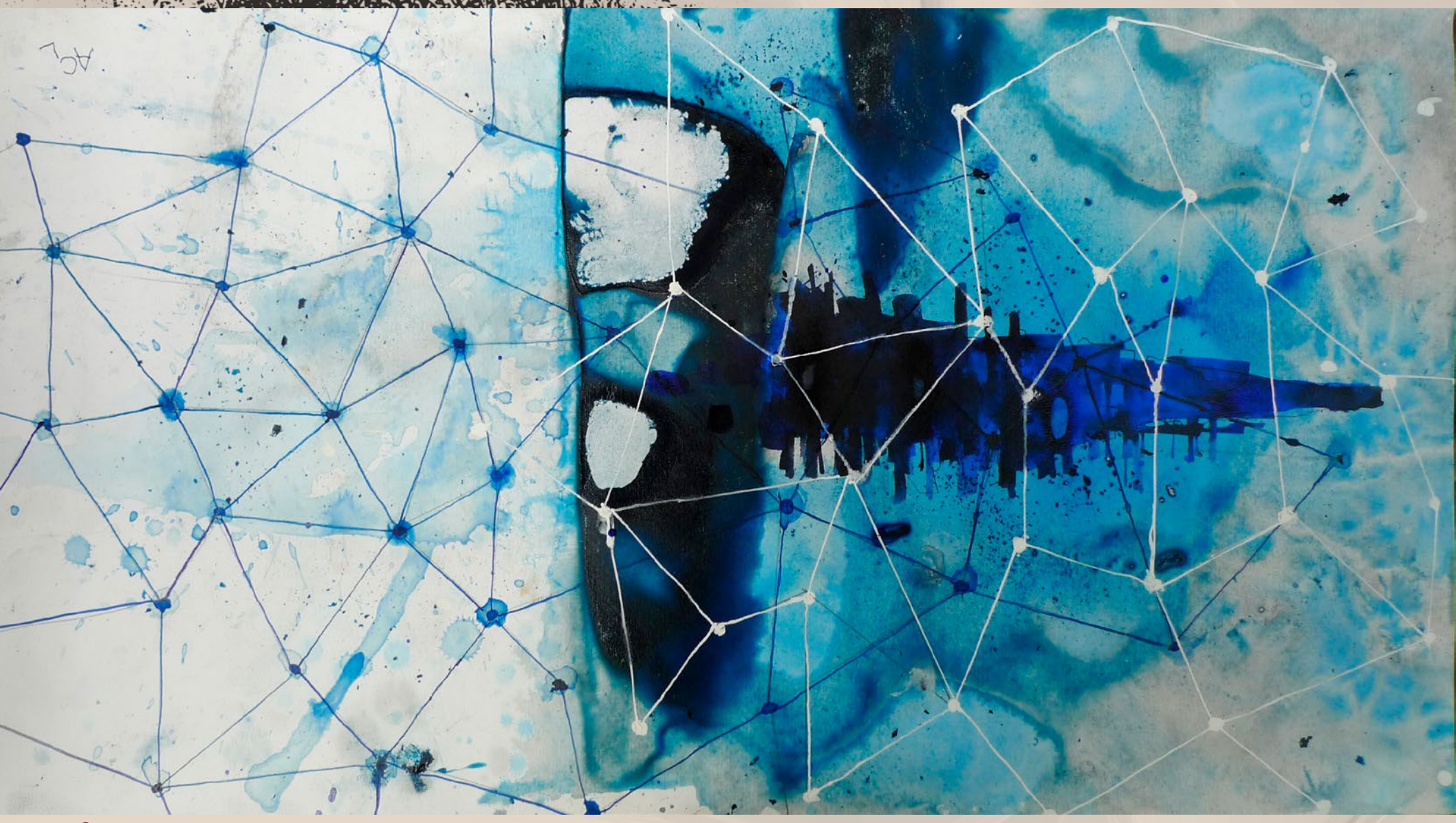
Mildred S. Dresselhaus (donde S. significa Spiewak, su apellido de soltera) nació y se crió en la ciudad de Nueva York, hija de padres judíos polacos que emigraron de Europa. Solo una determinación férrea, habilidades excepcionales y una pizca de suerte le permitieron lograr una excelente educación dirigida inicialmente a la profesión docente. Invitada a estudiar física por un futuro premio Nobel, acabó doctorándose en física en Chicago donde estudió, entre otros, con Enrico Fermi y donde conoció al físico y su futuro marido, Gene Dresselhaus.

Desde su llegada al MIT, Mildred dedicó gran parte de su carrera al estudio del carbono. El primer resultado importante, a saber, la explicación de la estructura electrónica del grafito y su superficie de Fermi, la llevó a explorar los productos de intercalación del grafito, allanando el camino para la física de materiales de baja dimensión. Posteriormente comenzó a estudiar (a menudo en colaboración con su esposo) las fibras de carbono, sin las cuales la exploración espacial no habría tenido una secuela tan exitosa, y el carbono líquido. A partir de aquí el paso al estudio de las nuevas formas de carbono que se estaban descubriendo fue natural, anticipándose a la estructura electrónica de los nanotubos de carbono incluso antes de que hubieran sido preparados.

Sus estudios y sus colaboraciones sobre los efectos del confinamiento cuántico en semimetales y, más en general, en conductores de baja dimensión abrieron nuevos escenarios de estudio en el campo de los materiales electrónicos. Además de su indudable calidad como científica, Mildred (Millie) Dresselhaus fue cada vez más conocida en todo Estados Unidos por defender el papel de la mujer en la ciencia y la tecnología. Desde 1971 (en pleno apogeo del feminismo radical) organizó el primer Foro de Mujeres en el MIT para promover este papel en el campo de la física y la ingeniería, un campo tradicionalmente masculino.

Figuras de Lego representando a Millie y cuatro fullerenos C_{60}.

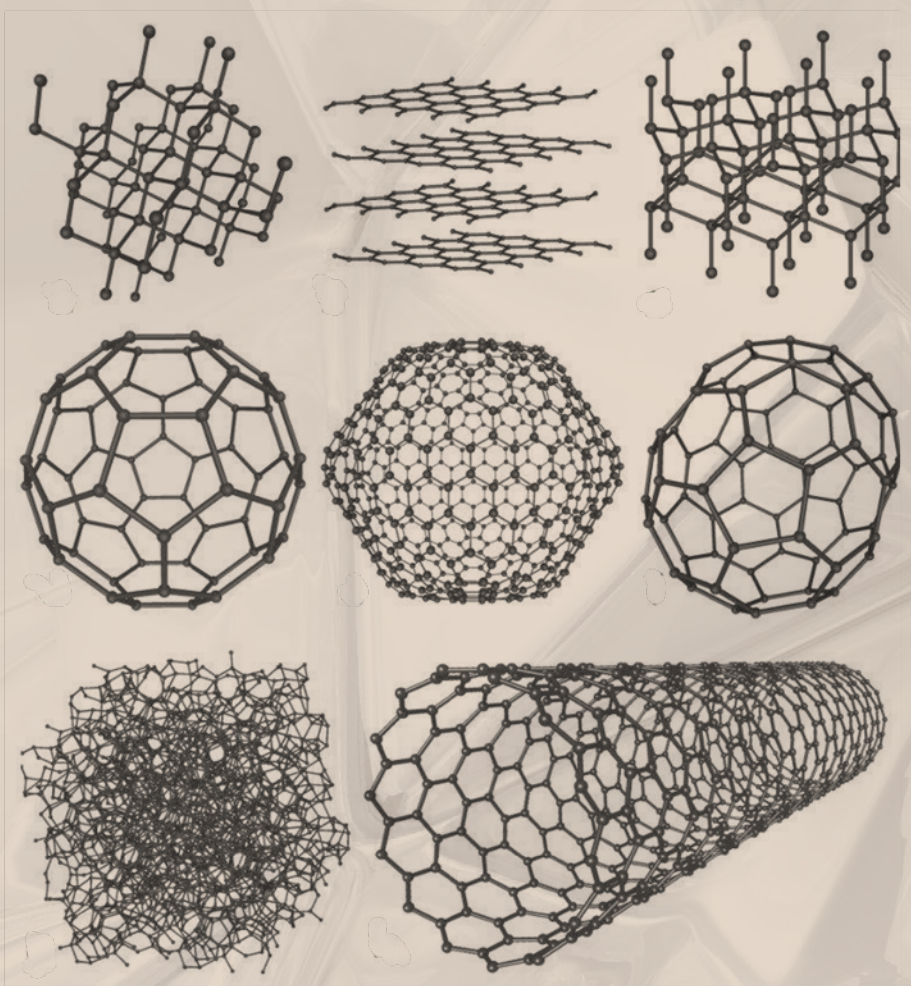
Muchos años después, la situación ciertamente ha cambiado, pero aún queda mucho por hacer. Unas dos semanas antes de su desaparición, *General Electric* emitió un breve video de 1 minuto titulado "¿Qué pasaría si Millie Dresselhaus, una mujer científica, se convirtiera en una celebridad? ?" En él imaginamos un futuro en el que las niñas reciben su nombre al nacer, se visten como ella, juegan con *Millie Dolls*, compiten para hacerse un selfie con ella (la Millie real). Ahora que la "reina" ha desaparecido, pues falleció en 2017, su legado continúa y alguien más tendrá que tomar el relevo de la emancipación de la mujer en la ciencia.



© ACL

Para recordarla, podemos repasar los materiales que ella estudió toda su vida, los materiales basados en carbono. De hecho, el nombre adecuado es alótropos de carbono. Un alótropo es un material hecho exclusivamente de un solo elemento de la tabla periódica, pero con estructura cristalográfica diferente; dentro del mismo estado físico. Así pues, existen muchos alótropos del carbono. Los más conocidos son el grafito, el diamante, el fullereno, los nanotubos de carbono y el grafeno. Las estructuras de estos alótropos son las que definen sus propiedades. El grafito es un apilamiento de láminas con estructura hexagonal, como un panal de abejas. Cada uno de los vértices de esa estructura hexagonal es un átomo de carbono. La unión de estas láminas entre sí, por fuerzas de Van der Waals, es muy débil. El ejemplo más conocido son las minas de los lápices. De hecho, podemos escribir gracias a esa débil interacción entre capas, que nos permite ir dejando restos de grafito en el papel. Sabemos que es muy blando y buen conductor de la electricidad, salvo en su eje i, es decir, entre capas. El diamante es también una estructura de átomos de carbono, pero en una red cúbica, es decir, forma tetraedros. Es aislante, muy duro y muy preciado. Su aplicación más conocida son las joyas y como corte de otros materiales más blandos. A pesar de ser considerado un aislante, se ha podido dopar (agregar impurezas) y se usa como semiconductor en chips.

Los fullerenos son compuestos hechos de hexágonos y pentágonos de carbono. Y hay de diferente número de carbonos, 20, 60, etc. El más conocido ese el de 60, que parece un balón de futbol. El Fullereno es el eterno olvidado; no se le da la importancia que realmente tiene. Se le descubrió haciendo incidir un haz de láser sobre una pieza grafito y, posteriormente, se descubrió también en el hollín de una vela. El fullereno es muy interesante porque bajo determinadas condiciones puede actuar como conductor, como semiconductor o como súper conductor. Una de sus aplicaciones más relevantes es la de ser semiconductor para placas fotovoltaicas.



En 2004 Andre Geim y Konstantin Novoselov consiguen materializar el grafeno. Parten de grafítico pirolítico de una pureza muy elevada, y se dedican a "deshojar", laminar y separar esas capas de grafito. ¡Y sí, lo hacen con cinta adhesiva!. En su artículo Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films, *publicado en* Science, *describen su proceso.*

A los nanotubos de carbono se les considera de una dimensión, ya que son muy largos, pero el grosor y la altura están en el rango de los nanómetros. Son como tubos de mallas de carbono, su principal aplicación es el revestimiento de electrodos, mezcla con polímeros, y para aumentar la resistencia y conductividad de los materiales. Ahora cada vez más se están usando en tejidos inteligentes.

Y por fin llegamos al grafeno. No es sino hasta el 2004 que Andre Geim y Konstantin Novoselov consiguen materializarlo. Parten de grafítico pirolítico de una pureza muy elevada, y se dedican a "deshojar", laminar y separar esas capas de grafito. ¡Y sí, lo hacen con cinta adhesiva!. En su artículo *Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films*, publicado en *Science*, describen su proceso. La primera vez se llevan muchas capas, repiten el proceso muchas veces y cada vez van quedando menos sobre la cinta adhesiva, hasta que al final consiguen una monocapa de grafeno, del grosor de un átomo. Al método lo bautizan como "The Scotch-tape method", tal cual, el método de la cinta adhesiva.

El pedacito que les queda adherido es tan pequeño que lo tienen que observar al microscopio. Verifican que es monocapa y comienzan a hacerle de todo para comprobar sus propiedades. Nace aquí el grafeno, nuevo alótropo del carbono, una monocapa del grosor de un átomo con una red hexagonal, como un panal de abejas y que, por sus propiedades, parece extraordinario. Tan grande fue el descubrimiento que en 2010 Geim y Novoselov ganaron el Premio Nobel de Física. En la documentación que presentaron para su charla en Estocolmo explicaron que si se pudiera hacer una hamaca de 1 m^2 de grafeno, ésta sería capaz de aguantar el peso de un gato de 4 Kg.

Antes de continuar con el grafeno hay que hacer una mención a Andre Geim, ya que se dedicó a estudiar cómo los materiales diamagnéticos se repelen y levitan, si se les aplica un campo magnético suficientemente grande. Aplicando un campo de 16 teslas al cuerpo de una rana -que es un material diamagnético-, lo hizo levitar, y por ello, además de ganar el Premio Nobel, Geim obtuvo también un premio Ig Nobel.

© ACL

Luego de este paréntesis regresemos al grafeno. Y es que estas dos personas con este espectacular material que proviene del grafito, revolucionaron al mundo. El grafeno tiene propiedades características de otros materiales por separado. Es transparente como el vidrio, flexible como los polímeros, conduce la corriente de una manera parecida a la de los metales, es biocompatible, y al ser una monocapa, es compatible con la microfabricación de dispositivos. Todo esto en un solo material.

La Unión Europea vio grandes posibilidades en la aplicación de este nuevo material. Tan es así que lanzó una iniciativa para su estudio, la European Graphene Flagship, un proyecto de diez años de duración que reuniría a los grupos de investigación más importantes en su campo para trabajar conjuntamente e investigar este material en todas sus vertientes: el material en sí, su fabrficación, su producción, posibles compuestos, aplicación en sensores y en salud, usos en electrónica, en integración fotónica y en generación de energía. Todo ello para mejorar la calidad de vida del ciudadado. La iniciativa comenzó en 2013 y finalizará este año de 2023.

Diez años de colaboración, esfuerzo y descubrimiento conjunto han dado algunas aplicaciones tangibles y con espacio en el mercado al grafeno. 1. Su elevada resistencia mecánica, gran transparencioa y conductividad eléctrica son ideales para mejorar la durabilidad y eficiencia de placas solares y pantallas táctiles. 2. Sus inusuales cualidades eléctricas podrían alargar la vida de las baterías de litio y en combinación con el silicio, mejorar los circuitos electrónicos actuales. 3. El grafeno tienen propiedades químicas que le permiten extraer metales pesados del agua e incrementar la eficiencia de los sistemas de desalinización. 4. Se han logrado producir interfases neuronales con transistores de grafeno de puerta líquida, capaces de medir las ondas cerebrales y darle un mapa completo de esa respuesta eléctrica al neurofisiólogo que le permitan entender mejor enfermedades como la epilepsia, el Alzheimer y la depresión.

PARA SABER MÁS SOBRE LOS COMPUESTOS CARBONOSOS

- G.A. Olah, A Life Of Magic Chemistry: Autobiographical Reflections of a Nobel Prize Winner, WileyInterscience, 2000. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1994/olah-lecture.html
- Mildred Dresselhaus: la reina del carbono https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1532/2270
- M.S. Dresselhaus, J.G. Mavroides, IBM Journal of Research and Development, 1964, 8(3), 262; http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5392236&isnumber=5392225
- Nazario Martín, Sobre fullerenos, Nanotubos de carbono y grafenos https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/1254
- Mildred Dresselhaus, Instituto Tecnológico de Massachusetts - Espectros Raman de grafeno y nanotubos de carbono. https://youtu.be/acv-FIqtM_gU
- Great 2017 Commercial - GE - Scientist Millie Dresselhaus, https://youtu.be/eAa4ZBDU8v4
- Professor Andre Geim gave the public lecture: A Randon Walk to Grahene https://youtu.be/b5jqquSYxY8
- K. S. Novoselov, A. K. Geim, S. V. Morozov, D. Jiang, Y. Zhang, S. V. Dubonos, I. V. Grigorieva, and A. A. Firsov: *Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films https://www.science.org/doi/10.1126/science.1102896*
- Sensores de grafeno que interactúan con el cerebro en el Mobile World Congress 2016 https://www.clinicbarcelona.org/noticias/sensores-de-grafeno-que-interactuan-con-el-cerebro-en-el-mobile-world-congress-2016
- Alessandra Fabbro et al; Graphene-Based Interfaces Do Not Alter Target Nerve Cells**, American Chemical Society,** https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acsnano.5b05647

***GABRIELA PÉREZ AGUIRRE**

Estudió ingeniería química en la Facultad de Química de la UNAM. Es autora de libros de texto de física y química a nivel secundaria y de química a nivel bachillerato. Colaboró en la concepción, desarrollo y edición de libros de texto, interactivos y guiones para la red EDUSAT, del Instituto Latinoamericano para la Comunicación Educativa (ILCE). Formó parte del equipo editorial de la Revista Ciencias, de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Mercurio Volante | SUPLEMENTO DE hipócritalector

CARLOS CHIMAL
EDITOR

SUPLEMENTO MERCURIO VOLANTE

NORMA ÁVILA JIMÉNEZ
ALBERTO CASTRO LEÑERO
ANDRÉS COTA HIRIART
GERARDO HERRERA CORRAL
ROALD HOFFMANN
JUAN LATAPÍ ORTEGA
CARMINA DE LA LUZ RAMÍREZ
GABRIELA PÉREZ AGUIRRE
LUIS FELIPE RODRÍGUEZ
JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON
JUAN TONDA MAZÓN
COLABORADORES

HIPÓCRITA LECTOR

MARIO ALBERTO MEJÍA
DIRECTOR GENERAL

IGNACIO JUÁREZ GALINDO
DIRECTOR EDITORIAL

OSCAR COTE PÉREZ
DISEÑO EDITORIAL

GERARDO TAPIA LATISNERE
DIRECTOR DE RELACIONES PÚBLICAS

BEATRIZ GÓMEZ
DIRECTORA ADMINISTRATIVA

Hipócrita Lector, diario de lunes a viernes. Dirección: Monte Fuji 20, Fraccionamiento La Cima, Puebla. CP. 72197 Correo: atencion.hipocritalector@gmail.com
Editor responsable: Ignacio Juárez Galindo
Permisos Indautor, Licitud y Contenido: En trámite
Todos los materiales son responsabilidad exclusiva de quien los firma.