

¿Serán los agujeros negros la fuente de energía de futuras civilizaciones?

¿Cuáles serán las fuentes de energía de una civilización futura de ámbito galáctico? Sin duda los recursos de nuestro planeta no serán suficientes, ni posiblemente los encontrados en otros planetas análogos al nuestro. Plantearse hoy esa cuestión puede parecer precipitado, especialmente si se advierte que esa hipotética civilización dispondrá de medios y posibilidades que hoy no podemos imaginar. Sin embargo es lógico buscar esas fuentes entre aquellas que presenten una máxima concentración de energía y cuya extracción sea relativamente asequible.

Actualmente, a nivel terrestre, los recursos energéticos de mayor rendimiento son los basados en la fisión de núcleos atómicos pesados. Quizás a la vuelta de no muchos años este procedimiento sea desplazado por el de fusión de núcleos ligeros (ver esta sección del domingo pasado). Tanto uno como otro son métodos "terrestres", esto es, realizables en nuestro planeta. En los últimos años se han propuesto otros métodos, no nucleares sino de carácter astrofísico, cuya utilización se reserva a civilizaciones más avanzadas.

Concentración fantástica de energía

Dichos métodos están ideados para extraer energía de los agujeros negros. Estos objetos son consecuencia del colapso gravitatorio completo de estrellas de masa varias veces superior a la del Sol. El tamaño de los

mismos es muy reducido en comparación con la masa que albergan, por lo que la concentración de energía que en ellos se da es fantástica. La mayoría giran uniformemente alrededor de su eje de simetría, de modo análogo a cómo la Tierra gira alrededor de sí misma.

El primer procedimiento de extracción de energía se basa en el siguiente fenómeno:

Un proyectil es lanzado sobre un agujero negro giratorio según una trayectoria cuidadosamente elegida. En las inmediaciones del agujero se le hace explotar dividiéndose en dos fragmentos, de tal modo que uno de ellos es tragado por el agujero y el otro logra escapar. Como resultado de esta operación el segundo fragmento lleva más energía que la poseída por el proyectil al ser disparado. La energía ganada proviene de la de rotación del agujero negro, el cual gira ahora más lentamente. El procedimiento puede repetirse hasta que el agujero negro quede inmóvil.

El segundo procedimiento se basa en el fenómeno de la super-radiación, y es semejante al primero pues también se trata de obtener energía de rotación del agujero, pero utilizando, en vez de proyectiles, ondas electromagnéticas o gravitatorias. Las segundas proporcionan un rendimiento muy superior al de las primeras.

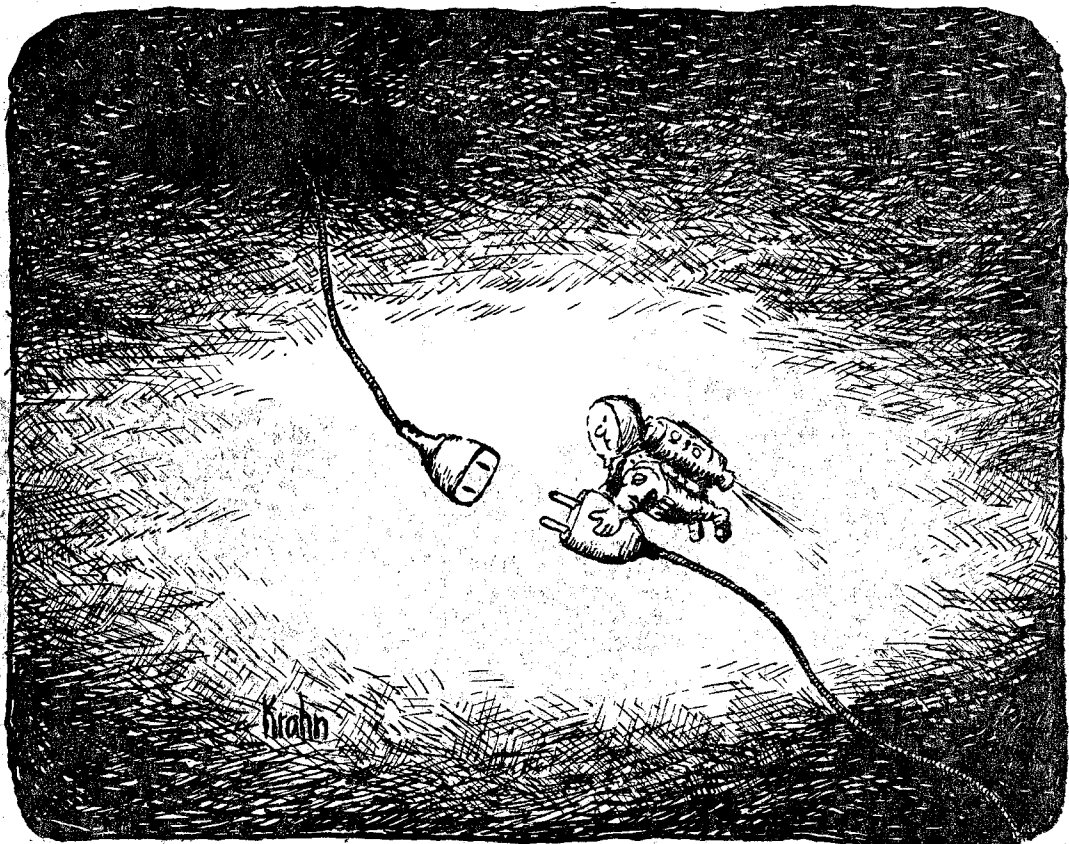
Si se envía sobre un agujero negro rotatorio un tren de ondas parte de las mismas son absorbidas por el agujero y parte difundidas nuevamente al espacio. Eligiendo adecuadamente la

frecuencia y la multipolaridad de las ondas incidentes, la amplitud de las difundidas — y por tanto su energía — resulta ser mayor que la de las incidentes. Nuevamente tenemos un saldo positivo de energía a expensas de la de rotación del agujero.

También cabe extraer energía de agujeros negros carentes de rotación. Se trata de un tercer método — quizás el más eficaz — ideado hace un par de años por Bill Unruh, de la Universidad de British Columbia, en Vancouver, y Bob Wald, de la Universidad de Chicago. Básicamente consiste en extraer aquella energía térmica que habiendo sido espontáneamente radiada por el agujero negro no ha podido escapar de sus inmediaciones a causa de la barrera de potencial que rodea al agujero. Para "minar" dicha energía se hace descender, mediante una cuerda, un recipiente abierto, un "container", hasta las proximidades del agujero. Después se cierra atrapando la energía que ha penetrado en él. A continuación es elevado, quedando así esa energía disponible para su utilización. Esta compensa sobradamente el trabajo realizado al elevar el "container". La operación descrita puede repetirse una y otra vez hasta que el agujero se haya evaporado completamente en forma de radiación.

¿Sacar agua del pozo!

Este tercer procedimiento puede parecer asombrosamente ingenuo. ¿Es como sacar agua del pozo! Sin embargo no es tan simple. La cuerda habrá de so-



portar tensiones enormes, y las fuerzas de marea entre la base inferior y superior del "container" lo reducirán a añicos salvo que esté construido con un material de resistencia superior a cualquiera de los hasta ahora conocidos.

Una dificultad de principio, común a los tres métodos, es encontrar agujeros negros en condiciones adecuadas para efectuar el proceso de extracción. De hecho no hay todavía seguridad absoluta de haber localizado ni tan siquiera uno sólo, aunque sí existe una razonable confianza de haber identificado al menos dos. Estos aparecen como objetos muy masivos inte-

grantes de un sistema binario emisor de rayos X: el agujero y una estrella, quizá de neutrones. De hecho, estos agujeros negros — caso de confirmarse su identidad — no son los más adecuados para su uso como fuentes de energía, pues la estrella acompañante no facilita en modo alguno la tarea. Interesa más disponer de agujeros negros aislados. Sin embargo la localización de éstos — por la propia naturaleza del agujero — es extremadamente difícil.

Aquella civilización que logre resolver esos problemas técnicos no verá exhaustas sus fuentes de energía, pues los agujeros negros se forman con una frecuencia

superior a su ritmo de evaporación. Dispondrá, por tanto, de un suministro inagotable.

Quizá no le faltan motivos al lector para creer que éste es un tema de ciencia-ficción. Puede que sea así, pero la presencia de agujeros negros — posiblemente unos cien millones en nuestra galaxia — entre los cuerpos celestes no ha de interpretarse como meramente accidental o como el resultado de una ciega evolución. Bien pudiera ser que un papel a desempeñar por esos objetos colapsados sea el suministrar energía a futuras civilizaciones.

DIEGO PAVON

Departamento de Termología Universidad Autónoma de Barcelona

Los estudios a nivel molecular que están realizando con la *Drosophila*, la mosca del vinagre, están dando resultados que no terminan de sorprender a todos los que se interesan por las cuestiones fundamentales de la biología. La simplicidad del mensaje genético de este insecto, la presencia de cromosomas gigantes que hacen fácil su estudio y el trabajo continuado sobre la genética de este animal que se está llevando a cabo desde hace un siglo lo convierten en un sistema que permite abordar problemas que en otros sistemas parecen inalcanzables. Y algunos de los resultados que se están obteniendo sorprenden no sólo por ellos mismos, sino porque al parecer pueden ser extendidos a otros animales y, se diría, incluso al hombre.

La profundidad con que se conoce la genética de la *Drosophila* hace que sea posible manipular a voluntad casi cualquier aspecto de su organización. Es

Una mosca que sorprende a la biología

posible en particular obtener individuos con variaciones importantes en su morfología externa, en la distribución de algunos de sus órganos. Es posible obtener moscas con cuatro alas, sin alas, con patas en lugar de antenas o sin las pilosidades que se hallan en su cuerpo. Gracias a estos conocimientos es posible abordar una cuestión fundamental: cómo el cuerpo de un animal va formándose en sus distintos órganos a partir del óvulo fecundado, cómo se lleva a cabo el programa de diferenciación de los órganos que constituyen el individuo.

La diversidad de mutantes de la *Drosophila* de que se dispone en este momento y la información sobre éstos que tenemos al alcance ha hecho posible en los últimos años llegar hasta la infor-

mación que regula el proceso de diferenciación y de formación de los órganos a nivel molecular. Ha sido posible "clonar", es decir, aislar e introducir en bacterias para su amplificación, los genes que son responsables de la adecuada formación de diferentes partes del cuerpo de la mosca, los que determinan que en un punto determinado tiene que haber una pata, una antena o una pilosidad. Los mecanismos por los que estos genes funcionan son todavía desconocidos pero esta etapa es fundamental para la comprensión de todo el proceso. Hay que destacar que en estos estudios están participando activamente varios grupos españoles, situados en el Centro de Biología Nuclear de Madrid y que en este campo gozan de un prestigio mundial.

Los genes que intervienen en la determinación de la morfología de un animal se denominan genes homeóticos. Al ser estudiados varios de estos genes se descubrió que en todos ellos existe una zona de su secuencia que es común a todos ellos y que se ha denominado en inglés la "homeo box". Esta secuencia parece corresponder a una proteína que interviene en la regulación de éstos u otros genes.

Hallazgo trascendente

El descubrimiento de las "homeo boxes" ha sido de por sí muy importante. Además, con ellas ha sido posible llegar a uno de los más importantes descubrimientos de los últimos meses. Cuando estas secuencias han sido descubiertas y

aisladas han podido ser utilizadas para buscar su presencia en otros organismos. Y para gran sorpresa se han encontrado en animales tan distintos como un sapo y el hombre.

Este resultado indica por una parte que la función que estas secuencias hacen en todos estos organismos es la misma lo que parece indicar que los procesos de diferenciación en ellos tienen puntos en común. Por otra parte es posible ahora estudiar estos genes que son los que programan la formación de los órganos no sólo en la *Drosophila* sino en animales superiores. Las posibilidades abiertas por estas investigaciones para conocer cómo se programa el crecimiento de un individuo y las cuestiones que para la evolución de las especies se abren son desde luego inmensas.

PERE PUIGDOMENECH

Institut de Biologia de Barcelona del CSIC

GENERALITAT DE CATALUNYA
DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT
 DIRECCIO GENERAL D'ENSENYAMENTS PROFESSIONALS I ARTISTICS

Exhaurida la llista d'interinatges del present curs, es fa nova convocatòria pública per a proveir possibles places vacants als Instituts i Seccions Públiques de Formació Professional, de les següents assignatures:

- Anglès
- Formació Empresarial
- Tecnologia Elèctrica
- Tecnologia Electrònica
- Tecnologia d'Automoció
- Pràctiques elèctriques
- Pràctiques d'electrònica
- Pràctiques d'automoció

Les condicions indispensables i les bases del concurs són exposades al tauler d'anuncis del Servei de Professorat de Formació Professional i Ensenyaments Especialitzats, c. Sepúlveda, 143, entl., 08011, Barcelona, Tel. 323-57-16. Presentació de sol·licituds i documentació adient fins el dia 21 de novembre del 1984.

¡AYUDANOS A SALVAR UNA VIDA!

- TELEFONOS DE LA VIDA: 204 71 11 y 247 31 20
- Centros de acogida de madres con problemas.
- Enseñanza de planificación familiar natural.
- Grupos de jóvenes PRO-VIDA que promueven una cultura de la vida.

PRO-VIDA
 ASOCIACION PRO RESPETO A LA VIDA HUMANA.
 Bonaplata, 42, 1.º-T. 204 71 11
 08034-BARCELONA

COLABORE PERSONALMENTE O HACIENDOSE SOCIO

TRANSPORTES HELGUERA S.A.

C. ACERO, S/N. (ZONA FRANCA)
 C. SICILIA, N.º 2.16-222
 Y JUAN DE AUSTRIA, 45-47
 BARCELONA
 TELS. 332-82-00 (5 LINEAS) 332-04-00
 332-12-48 - 332-20-73

A CANARIAS
 (LAS PALMAS DE G. C. Y STA. CRUZ DE TENERIFE)

- * SERVICIO AEREO DIARIO ESPECIAL DE URGENCIA 24/48 HORAS.
- * SERVICIO MARITIMO SALIDAS DIARIAS, CON LLEGADA PREFERENTE Y RAPIDA. ESPECIAL ATENCION PARA EL TRASLADO DE TODA CLASE DE DOCUMENTACION, BAJO LA CUSTODIA PERSONA DE ESTA EMPRESA. SERVICIOS DIRECTOS A LAS PRINCIPALES PLAZAS DE ESPAÑA.

RAPIDEZ · SEGURIDAD · GARANTIA

CATMAN
 COMPAÑIA CATALANA DE MANTENIMIENTO, S.A.
LIMPIEZA DE EDIFICIOS Y LOCALES
Limpiar bien es conservar mejor

Avda. Meridiana, 324 bajo - BARCELONA Tel.: 352 21 11

MONTSERRAT
 Tel. 835-02-01
Hotel Abat Cisneros

L'Hotel Abat Cisneros de Montserrat, comunica als seus clients i amics que estarà obert tot l'hivern sense interrupció del servei.

La Direcció

CONTRA EL ROBO **SEGURIDAD TOTAL**

SIN CABLES, NI OBRAS, NI INSTALACIONES

BEJANUMA, S.A. c./BALCELLS, 40. TELS. 210 17 45
 210 11 00