

Ciencias

El juego de la ciencia

CARLO
FRABETTI



El hotel de Hilbert

Un viajero llega a un hotel de infinitas habitaciones con intención de alojarse en él, pero está completo. Sin embargo, a la astuta recepcionista se le ocurre una solución: le pide al cliente de la habitación 1 que se cambie a la 2, al de la 2 que pase a la 3 y así sucesivamente; de este modo, la primera habitación queda disponible para el recién llegado. Poco después, llegan infinitos viajeros. Ningún problema: la recepcionista le pide al ocupante de la habitación 1 que se cambie a la 2, al de la 2 que pase a la 4, al de la 3 que se mude a la 6... Cada cliente se traslada a la habitación cuyo número es el doble del de la que ocupaba antes y de este modo quedan libres las infinitas habitaciones impares para los infinitos recién llegados. La cosa se complica cuando de pronto llegan infinitos grupos de viajeros con infinitas personas en cada grupo. ¿Podrán alojarse todos? (dejo la solución en manos de mis sagaces lectores y lectoras).

CON SU HOTEL DE INFINITAS HABITACIONES, el gran matemático alemán David Hilbert ilustró, a finales del siglo XIX, algunas de las paradojas del infinito, en las que ya había reparado Galileo. A primera vista, parece claro que los números pares son la mitad de los números naturales, puesto que uno de cada dos es par; sin embargo, entre los naturales y los pares se puede establecer una correspondencia biunívoca sin más que asignarle a cada número su doble. Y dos conjuntos tales que a cada elemento de uno le corresponde un (y sólo un) elemento del otro, obviamente contienen el mismo número de elementos.

“CLARO -PODRÍA PENSAR ALGUIEN-, tanto los números naturales como los pares son infinitos y no puede haber un infinito mayor que otro”. Pero no es así. Como demostró Cantor y aunque la intuición nos diga lo contrario, hay infinitos más grandes –infinitamente más grandes– que otros. Toda una serie de ellos: la “terrible dinastía” –como la denominó Borges– de los números transfinitos. Cantor demostró que hay infinitos grados de infinitud, que designó con la letra hebrea álef (de ahí el título del famoso cuento de Borges) y los correspondiente subíndices. Álef subcero (o álef-0) es el simple infinito de los números naturales, y también el de los racionales (los expresables mediante una fracción). Álef-1 es el infinito de los números reales (que incluyen a los irracionales y los trascendentes, como pi, y no son numerables; es decir, emparejables con los naturales). Álef-2...

* ESCRITOR Y MATEMÁTICO

PARA COMENTAR EL ARTÍCULO:
blogs.publico.es/ciencias

L1 Dominette
01449, el
ejemplar de
vaca Hereford
que ha servido
como base para la
secuenciación.

MICHAEL MACNEIL/USDA/ARS



EL GENOMA DE LOS CUATRO ESTÓMAGOS

Unos 300 científicos de 25 países logran secuenciar los genes vacunos tras seis años de trabajo // El estudio ayudará a obtener animales más resistentes y de mayor rendimiento

JAVIER YANES
MADRID

La profesora de la Universidad Autónoma de Madrid Marta Izquierdo abrió su libro sobre ingeniería genética con una cita muy familiar, pero poco habitual en un texto científico: “Tengo una vaca lechera, no es una vaca cualquiera. Me da leche merengada, ay que vaca tan salada”. Izquierdo introdució así las nuevas tecnologías genéticas, cuyas repercusiones se extienden al campo práctico de la mejora agrícola y ganadera. La vieja canción y su interpretación biológica están ahora más cerca con el hito que hoy publica *Science*: la secuencia completa del genoma de la vaca doméstica.

El logro es producto del trabajo de tres centenares de científicos de 25 países durante seis años, un ejemplo de los grandes proyectos de colaboración que se han convertido en norma en los estudios genéticos. Roderic Guigó, coordinador del programa de Bioinformática y Genómica del Centro de Regulación Genómica (CRG) de Barcelona, que ha dirigido uno de los grupos participantes en el Consorcio del Genoma Bovino, explica la necesidad de estos grandes conglomerados: “Secuenciar un genoma todavía es técnicamente complejo”, dice. Pero, al mismo tiempo, subraya una aparente paradoja: “Las máquinas de última genera-

Su ADN explica su peculiar fisiología en la digestión o en la producción de leche

Los seres humanos comparten el 80% de los genes con las vacas domésticas

ción permiten simplificar la secuenciación, que se puede completar en un solo laboratorio. Por ejemplo, el CRG trabaja en los genomas de la remolacha, el melón y el pulgón. Pero, en cambio, el análisis de la información es cada vez más complejo”. “Por eso es dudoso que los genomas humanos personales, que en dos años podrían estar disponibles por menos de 1.000 euros, sean de gran utilidad para la gente que los encargue”, añade.

Es precisamente este terreno del análisis computacional el que aporta el grupo de Guigó a los proyectos genómicos. En el caso del genoma de la vaca (*Bos taurus*), obtenido a partir de la raza Hereford, el



ADN DOMÉSTICO

Los estudios genéticos recapitulan la historia de las especies ganaderas

Carneros de Soay.
ARPAT OZGULEquinos esteparios.
ARNE LUDWIG

El ovillo evolutivo de la oveja

También en la edición de hoy de 'Science', otro estudio explora la historia genética de la oveja a través de un tipo particular de elementos del ADN, los retroposones, secuencias similares a retrovirus internos naturales que son capaces de saltar de un lugar a otro de los cromosomas. Por primera vez, se ha empleado esta técnica para rastrear la evolución de una especie. El estudio muestra

que las ovejas se dispersaron por Eurasia y África en varias migraciones entre 10.000 y 6.000 años atrás. Las variedades actuales de mayor interés por su producción de carne y lana proceden de una expansión desde el suroeste de Asia, que arrinconó las razas más primitivas en áreas remotas donde hoy persisten en estado semisalvaje. Un ejemplo es la oveja de Soay, en el archipiélago escocés de Saint Kilda.

Cinco milenios cabalgando

Recientemente, un estudio arqueológico concluía que la relación entre humanos y caballos se remonta a hace unos 5.000 años, y que las primeras granjas de domesticación se crearon en las estepas de Asia, en Kazajistán. Un nuevo análisis de cómo ha evolucionado la coloración del pelaje de los equinos confirma hoy en 'Science' estos resultados. Los investigadores analizaron ADN de fósiles de caballos de dis-

tintas épocas procedentes de Europa central y oriental, Siberia y la Península Ibérica. Así logran concluir que los primitivos caballos salvajes presentaban coloraciones uniformes negras o rojizas, y que todas las demás tonalidades y patrones variegados surgieron rápidamente hace unos cinco milenios en Siberia y Europa oriental como efecto de los cruces seleccionados.

análisis revela que, como en la canción, el genoma vacuno no es un genoma cualquiera, sino bastante particular.

La primera sorpresa, señala la Guigó, es que "los humanos estamos más próximos evolutivamente a los roedores que a la vaca, pero sin embargo los genomas de humanos y vacas se parecen más. De los 22.000 genes de la vaca, compartimos el 80%".

Una aventura evolutiva

No obstante, incluso con esta similitud y según destaca otro de los investigadores del consorcio, Harris Lewin, de la Universidad de Illinois (EEUU), el genoma humano ha sido "relativamente conservado" durante su evolución. En comparación, la vaca es casi una aventura de la naturaleza.

Entre los genes exclusivos de esta especie que no se han hallado en otros mamíferos, destacan los relacionados con la digestión, la inmunidad y la producción de leche.

En el primer caso, las singularidades del genoma vacuno se traducen en la presencia de cuatro estómagos o cámaras estomacales que les permite aprovechar vegetales poco nutritivos, como la hierba. En

cuanto a la leche, los genes de la vaca posibilitan un producto rico en proteínas y con actividad antimicrobiana. De hecho, Theresa Casey, investigadora de la Universidad de Michigan (EEUU) que se ha centrado en este aspecto, opina que "la leche evolucionó con una función inmunitaria".

Pero las peculiaridades de los cromosomas vacunos van más allá de los genes inventados por esta línea evolutiva, como señala Lewin: "La vaca tiene uno de los genomas más reorganizados entre todos los mamíferos". Ciertos fragmentos de los cromosomas pueden cambiar de lugar, invertirse o duplicarse. Los puntos de ruptura en la vaca acumulan una especial abundancia de segmentos duplicados y secuencias repetidas, y estos cambios no son inocuos, sino que afectan a genes relacionados con la fisiología digestiva, inmunológica o glandular de la vaca. Es por esto que para Lewin, esos puntos de ruptura son "sitios calientes de evolución en el genoma".

La vaca ofrece además otra particularidad: es la única especie de ganado secuenciada hasta ahora. Comparando diversas razas, los investigado-

CIFRAS

Datos básicos para un DNI genético

22.000

> GENES

El genoma de la vaca contiene unos 22.000 genes, una cantidad en el mismo orden de magnitud que los humanos.

29

> PARES DE CROMOSOMAS

La vaca tiene 29 pares de cromosomas, además de los sexuales X e Y. Este último, el masculino, no se ha secuenciado.

80%

> GENES COMPARTIDOS

El 80% de los genes vacunos están presentes en los humanos.

14.345

> GENES EN OTRAS ESPECIES

Los 14.345 genes de la vaca presentes en otras siete especies de mamíferos sugieren su posible uso en estudios biomédicos.

5

> GENES AUSENTES

Cinco genes del metabolismo humano faltan en la vaca, lo que revela su singularidad metabólica.

res han extraído conclusiones de aplicación práctica en la actividad ganadera. En el ADN vacuno, concluyen los científicos, ha quedado impresa la huella de la mano humana que ha seleccionado los rasgos más deseables para la producción de carne y leche. A lo largo de esta selección artificial, el genoma vacuno no se ha empobrecido. "Yo no creo probable que la reorganización sea producto de la domesticación, pero no lo sabremos hasta que secuenciamos otros rumiantes", reflexiona Guigó.

Los genes de la vaca gozan de buena salud: las 800 razas reúnen una diversidad genética comparable a la humana. En el futuro, los investigadores confían en que el mayor conocimiento de los genes de esta especie y de sus funciones ayude a mejorar las razas para obtener animales más resistentes a infecciones, poco exigentes y mejores productores de carne y leche, sobre todo para favorecer a los países en desarrollo. *

Más información

PROYECTOS DE GENOMAS DE ESPECIES DOMÉSTICAS (EEUU)
www.animalgenome.org

Reino Unido apoya capturar y almacenar el CO₂

En 2025, las centrales de carbón deberán tener esta tecnología y la luz subirá un 2%

LOURDES GÓMEZ
CORRESPONSAL EN LONDRES

El Gobierno británico apostó ayer con firmeza por la tecnología de Captura y Almacenamiento de Carbono (CAC), garantizando ayuda financiera a proyectos a gran escala industrial y cerrando el camino a la construcción de nuevas plantas de carbón sin instalaciones para mitigar la emisión de gases. Para 2025, todas las plantas térmicas deberán tener incorporados sistemas CAC, dijo ayer el ministro de Energía y Cambio Climático, Ed Miliband.

La tecnología está en su infancia y sólo se ha aplicado en experimentos de captura de hasta 30 MW. Reino Unido quiere ser líder en este campo apoyando hasta cuatro proyectos con un mínimo de capacidad de 300 MW. Estos proyectos se financiarán mediante un "mecanismo de incentivos" relacionado con el precio que las empresas cobrarán por la electricidad generada o por el carbón almacenado. La industria calcula que el reci-



El ministro Miliband.

bo de la luz llevará un sobrecargo en torno al 2% para cubrir parte del gasto de la nueva tecnología. Expertos estiman que una planta de CAC cuesta más de 1.000 millones de euros.

La adjudicación del primer proyecto está en fase avanzada, con cuatro compañías preseleccionadas en un concurso convocado en 2007. Entre ellas, Iberdrola propone ajustar la tecnología CAC en Longannet, la principal central de carbón de Escocia de su división británica ScottishPower. Su director ejecutivo, Nick Horler, cree que la planta puede comenzar en 2014 a extraer CO₂ para almacenarlo a largo plazo en el mar del Norte. *

CAMBIO CLIMÁTICO

El metano del mar no calentará la Tierra

MADRID// Científicos australianos han descubierto que las acumulaciones de metano que se encuentran en el fondo del mar no se liberarán en la atmósfera agravando el problema del cambio climático. Esa teoría planteaba que la liberación del 10% de ese gas tendría los efectos de multiplicar por diez las emisiones de CO₂.

INFORMÁTICA

España, segunda en uso de software libre

MADRID// Un estudio del Instituto de Tecnología de Georgia (EEUU) para la empresa Red Hat demuestra que España es el segundo país que más software libre implementa, sólo precedido por Francia. El trabajo pone también de manifiesto el apoyo del Gobierno a este tipo de programas de código abierto frente a los que requieren de licencia privada.

NEFROLOGÍA

Primer injerto natural para diálisis

MADRID// La revista *The Lancet* publica el primer injerto hecho a partir de las propias células del paciente para unir las venas de los pacientes que necesitan diálisis con las máquinas que limpian la sangre. Esta técnica reduciría las tasas de rechazo a otros materiales, como el plástico, utilizados con el mismo fin.

BIOLOGÍA

Crean el primer perro transgénico

MADRID// Un equipo de la Universidad Nacional de Seúl en el que se encontraba Hwang Woo-Suk, famoso por sus estudios fraudulentos con células madre, ha creado el primer perro transgénico. *Ruppy*, una beagle, y otros cuatro perros de esa raza producen una proteína fluorescente que emite un brillo rojo bajo la luz ultravioleta.