

ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT  
/INFOESTRATÉGICA

# MIDIENDO EL UNIVERSO

Pese a ser un fenómeno tan común, la gravedad sigue siendo un misterio para la física moderna. Luego de varias décadas de experimentos, los científicos han fracasado en sus intentos por hacer coincidir la teoría de la relatividad general de Albert Einstein, que explica cómo la gravedad mantiene unidos los objetos, con la mecánica cuántica —de la que fue precursor—, que describe las diminutas partículas que forman la materia y las fuerzas que rigen su interacción. Además, descubrimientos recientes han dado lugar a nuevos dilemas.

Muchos físicos consideran que las ideas de Einstein acerca de la gravedad podrían estar equivocadas o por lo menos ser incompletas. Explicar exactamente cómo y en qué se equivocó el genio es la tarea de los científicos que se reunieron la semana pasada en la conferencia Replanteando la gravedad, en la Universidad de Arizona, en Tucson.

Una forma de poner a prueba la relatividad general es analizar minuciosamente los supuestos en que ésta se basa, como el principio de equivalencia: la gravedad atrae todos los objetos a la misma velocidad, independientemente de su masa o composición. Este principio fue demostrado en un famoso experimento de Galileo Galilei hace unos 400 años, cuando dejó caer simultáneamente desde la Torre de Pisa balas de cañón y de mosquete, de oro, plata y madera, que aparentemente llegaron al suelo al mismo tiempo.

Para hacer una prueba más precisa se requiere una torre mucho más alta. Ahora los investigadores envían a la Luna *balas* que regresan: Tom Murphy y sus colegas de la Universidad de California en San Diego disparan rayos láser desde el desierto de Nuevo México a reflectores colocados en la Luna por naves espaciales estadounidenses y rusas a finales de los años 60 y principios de los 70. Los científicos usan un telescopio para captar la pequeña fracción de luz que regresa. Como la velocidad de la luz es conocida, calculan la distancia entre la Tierra y la Luna a partir del tiempo que tarda la luz en hacer el recorrido.

## Las grandes mentes coinciden

De acuerdo con la teoría de la relatividad general, como la Tierra y la Luna giran alrededor del Sol, deberían caer hacia él a la misma velocidad, así como las balas de Galileo golpearon el suelo al mismo tiempo. Al medir repetidamente la distancia entre las órbitas de la Tierra y la Luna alrededor del Sol, los científicos pueden compararlas. Si se violara el principio de equivalencia, la órbita de la Luna alrededor de la Tierra aparecería distorsionada, ya fuera alejándose del Sol o acercándose a él. Hasta ahora, explicó Murphy en la conferencia, sólo una diezbillonésima parte de estas pruebas han confirmado el principio de equivalencia. Murphy y sus colegas esperan que mediciones aún más precisas puedan demostrar, en última instancia, que la teoría de la



Escultura de Albert Einstein ubicada en los jardines de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos, en Washington, DC ■ Imagen de Greg Piepol tomada del sitio en Internet [antwrp.gsfc.nasa.gov](http://antwrp.gsfc.nasa.gov)

relatividad general es sólo una aproximación a la realidad, lo que sería el inicio de una revolución en la física.

Otro aspecto del trabajo de Einstein que debe ser sometido a prueba es la existencia de las ondas gravitacionales. La relatividad general no concibe la gravedad como una fuerza, sino como la consecuencia de una curvatura en el espacio y el tiempo. Como se sabe, el espacio-tiempo tiene cuatro dimensiones: las tres espaciales (longitud, amplitud y altura) y el tiempo, y puede ser distorsionada o curvada por objetos enormes, como las estrellas. La aceleración de estos objetos produce débiles ondulaciones temporales en el espacio-tiempo (ondas gravitacionales), las cuales podrían ser perceptibles si el objeto en aceleración es suficientemente grande.

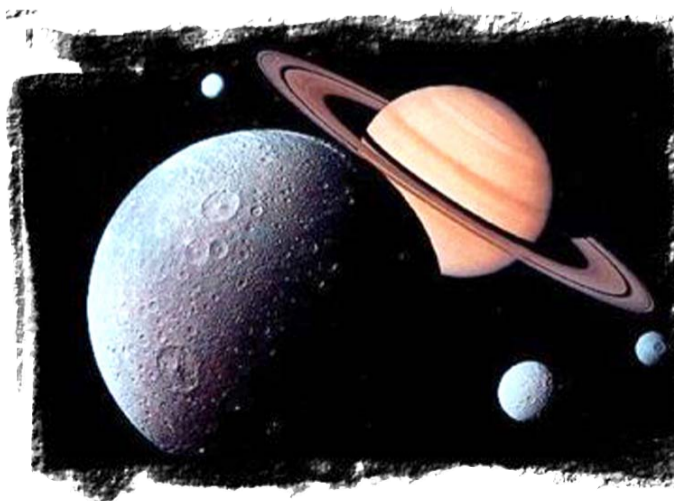
Esto es precisamente lo que

esperan lograr los científicos en los nuevos observatorios terrestres. El más preciso de ellos es el telescopio de interferómetro láser de ondas gravitacionales, instalado en Livingston, Louisiana, y

pea trabajan juntas para dar el siguiente paso: la antena espacial de interferómetro láser, que sería aún más sensitiva a las ondas gravitacionales; si éstas fueran detectadas se confirmaría otra de las predicciones de Einstein.

Otros experimentos están probando la gravedad en el espacio. La NASA tiene una nave espacial llamada *Gravity Probe B*, que investiga una sutileza conocida como el efecto Lense-Thirring, una pequeña fuerza que se genera a medida que una masa giratoria, como un planeta

en rotación, produce una curvatura en el espacio-tiempo. La nave de prueba gira alrededor de la Tierra en órbita polar. Se prevé que, poco a poco, el efecto Lense-Thirring cambiará el punto del Ecuador



Hanford, Washington. Hasta ahora no ha detectado nada digno de mención, pero lleva menos de un año funcionando en ambos sitios. Aún así, la agencia espacial estadounidense (NASA) y su par euro-

▶ **LOS CIENTÍFICOS**  
**TRATAN DE**  
**DILUCIDAR**  
**EN QUÉ SE**  
**EQUIVOCÓ**  
**EINSTEIN**

dor por el cual cruza el aparato. Obtener un efecto perceptible puede tardar varios meses. Se espera que en la primavera se den a conocer los primeros resultados.

Lo que sucede con el espacio-tiempo alrededor de un objeto rotatorio mucho más grande que la Tierra —un hoyo negro, por ejemplo— debería ser más obvio. Algunos elegantes y profundos matemáticos dicen que los hoyos negros pueden medirse utilizando sólo dos números: su masa y su radio. Ahora los astrónomos quieren saber si esta fórmula es correcta. Avery Broderick, de la Universidad de Harvard, dijo en la conferencia que un estudio suficientemente detallado del gigantesco hoyo negro que se encuentra en el centro de la galaxia podría contestar esa pregunta. Broderick sostiene que el radio podría calcularse en cinco años mediante una red intercontinental de radiotelescopios.

Imágenes de rayos X enviadas por satélites muestran gases que se dirigen a los hoyos negros a una velocidad cercana a la de la luz, y son un indicio de que el tiempo se hace más lento cuando los gases caen a una zona de la cual ya no pueden escapar. La NASA ha propuesto una misión, llamada *Constellation-X*, que aportaría a las investigaciones fotografías detalladas de lo que ocurre con el espacio-tiempo a la orilla de estos abismos gravitacionales.

Asimismo, existen planes para analizar el fondo de las olas gravitacionales, lo que revelaría cómo se veía el universo una fracción de segundo después de la Gran Explosión. Las primeras imágenes que los cosmólogos han encontrado datan de unos 200 mil años después del nacimiento del universo y muestran que en ese entonces ya estaba lleno de partículas dispersas. Las áreas más densas se convirtieron con el tiempo en galaxias, estrellas y planetas. Profundizar en el tiempo para saber cómo se llegó a ese punto permitiría a los cosmólogos determinar cuál de las teorías sobre el universo primigenio es la correcta y les revelaría más acerca de la naturaleza de la gravedad. Will Kinney, de la Universidad de Buffalo, habló en la conferencia sobre proyectos para encontrar las casi imperceptibles ondas gravitacionales de la Gran Explosión que aún resuenan en el espacio.

Más de un siglo después de que Einstein inició la más reciente revolución de la física, la mayor parte de sus ideas siguen siendo correctas, pero los físicos, convencidos de que están incompletas, han resuelto descubrir exactamente en qué falló.

FUENTE: EIU/Info-e



ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT  
/INFOESTRATÉGICA

## LAS ROSAS SON AZULES, LAS VIOLETAS SON ROJAS

Las flores bellas –como las mujeres hermosas– pueden hacer que los varones más sensibles se desprendan de su dinero. Estos hombres gastan en rosas y otros órganos sexuales de plantas para mostrar veladamente sus propias intenciones.

El resultado es una industria donde tan sólo las rosas generan 10 mil millones de dólares al año. Pero estos son sólo cacahuates en comparación con lo que ocurría en el pasado. En la Holanda del siglo XVII, los tulipanes –la flor de moda de aquel entonces– llegaron a ser tan caros que la gente los cambiaba por casas. Un solo bulbo de la variedad más codiciada, la famosa *Semper Augustus* de franjas rojas y blancas, valía el doble del ingreso anual de un mercader acaudalado.

Para los floristas modernos, el equivalente de la *Semper Augustus* es la rosa azul, que los floricultores han buscado desde la era Victoriana. Cualquiera rosa azul enviada el día de San Valentín de este año ya debe de haberse marchitado. Pero esto podría cambiar si Yoshi Tanaka, investigador de la empresa japonesa de bebidas Suntory, tiene éxito.

El doctor Tanaka supervisa los primeros cultivos de prueba de una rosa azul desarrollada por Florigene, una subsidiaria de Suntory. Si estos experimentos dan resultados positivos, para 2012 una docena de rosas azules –aun cuando tengan un ligero tono malva– podría marcar la diferencia entre ser un pretendiente rechazado o un príncipe encantador.

Tulipanes de colores encendidos y rosas azules. Tanto los antiguos floricultores holandeses como la empresa para la cual trabaja el doctor Tanaka entendieron que la rareza, y por tanto el valor económico, pueden obtenerse por manipulación genética.

Las franjas de la *Semper Augustus* eran causadas por los genes de un virus. Como no sabían que el proceso



Ejemplar de *Semper Augustus* ■ Imagen tomada del sitio en Internet [www.zdf.de](http://www.zdf.de)

estaba relacionado con una infección, los floricultores holandeses estaban desconcertados por no poder obtener *Semper Augustus* genuinas. De la misma forma, la genética de las rosas azules ha resultado ser más complicada de lo esperado. Los genes más importantes no pueden ser implantados fácilmente en el ADN de la rosa, porque el proceso metabólico para crear pigmentación azul en esta flor requiere más reacciones químicas que en otras especies (desde 1988 Florigene vende claveles azules genéticamente modificados). Así, el éxito radica en identificar los genes que facilitan los procesos químicos adicionales y trasplantarlos en otro organismo

### En busca del aroma perdido

Un simple cambio de color es para los amantes poco refinados. Un regalo verdaderamente elegante para el Día de San Valentín debe oler tan bien como se ve. Desafortunadamente, las variedades comerciales de las rosas de invernadero carecen de fragancia. Esto se debe a que las plantas utilizan su energía en formar y mantener pétalos de bellos colores en lugar de sintetizar

las complejas y volátiles sustancias químicas que atraen a mujeres e insectos por igual. Así, al seleccionar flores grandes y duraderas, los cultivadores han eliminado otra característica deseable en ellas.

El olor es más difícil de implantar que el color, pues no sólo importa saber si una planta produce químicos odoríferos, sino también para qué los usa. Esto quedó claro en el primer experimento diseñado para resolver el problema. En 2001, Joost Lückler, científico del centro de investigación botánica de Wageningen, en los Países Bajos, agregó genes a unas petunias para que produjeran una nueva esencia. Los análisis químicos mostraron que las petunias efectivamente producían la nueva esencia, pero desafortunadamente las flores olían igual que antes. Como ocurrió con los claveles y las rosas azules de Florigene, las petunias del doctor Lückler desecharon el compuesto extraño que las obligaban a producir y lo depositaron en estructuras celulares conocidas como vacuolas. Los pigmentos pueden alterar el color de un pétalo aunque se encuentren dentro de las vacuolas, porque las estructuras celulares que rodean a

éstas son transparentes. En cambio, las moléculas que producen olor tienen que encontrar la forma de salir de la célula y evaporarse para ser perceptibles al olfato.

Al igual que el doctor Lückler, Natalia Dudareva, de la Universidad de Purdue, en Indiana, evita hacer experimentos con rosas porque las esencias de estas plantas están compuestas por entre 300 y 400 moléculas diferentes. Ella prefiere comprender los principios básicos de la ciencia del olor utilizando petunias y bocas de dragón, cada una de las cuales contiene unos 10 químicos odoríferos. Dudareva ha hecho un descubrimiento alentador: los procesos mediante los cuales las flores regulan su producción de fragancias siguen patrones consistentes.

Estos procesos coordinados son indicio de que en ellos interviene un tipo de proteína llamado factor de transcripción. Estos factores cambian genes de un grupo a otro. Si la doctora Dudareva está en lo correcto, las flores de invernadero no han perdido su olor porque los genes que controlan la emisión de moléculas odoríferas hayan dejado de cumplir su función, sino

▷ SI NO LE GUSTAN  
LOS ALIMENTOS  
GENÉTICAMENTE  
MODIFICADOS,  
PRUEBE LAS FLORES

porque las plantas han dejado de producir algunos factores de transcripción necesarios para reactivar todo el sistema.

Esto sugiere que la meta de recuperar la fragancia perdida es más alcanzable de lo que se creía al principio. Sin embargo, aunque se hayan identificado los factores de transcripción, persiste el problema de que las flores de invernadero utilizan su energía para producir más pigmento y durar más tiempo. Por ello, la doctora Dudareva también investiga cómo funcionan las enzimas que contribuyen a producir esencias, a fin de identificar cuellos de botella y las etapas del proceso en las que deberán concentrarse los esfuerzos de ingeniería metabólica.

Los métodos de la doctora Dudareva también pueden ayudar a mejorar la función para la cual evolucionaron inicialmente las esencias de las flores: atraer insectos que lleven el polen de flor en flor. Al modificar el olor de plantas como la vainilla –que tiene especies polinizadoras específicas–, otros insectos podrían cumplir esa función, lo que incrementaría la extensión de los cultivos y el ingreso de agricultores pobres.

Y todo a cambio de empobrecer un poco a un hombre rico pero romántico.

FUENTE: EIU/Info-e

ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT  
/INFOESTRATÉGICA

## GENÉTICA

### DEPOSITANDO HUEVOS EN EL AGUA

Uno de cada dos vertebrados que hay en el planeta es un pez. ¿Cómo ocurrió esto? La teoría dice que los peces evolucionaron primero en aguas dulces y posteriormente colonizaron las salobres. Parece fisiológicamente complicado, pero nuevas investigaciones explican cómo pudo haber sucedido.

Para los científicos, los peces vertebrados son mejor conocidos como teleosteos. La mayoría de los peces actuales, sin contar especies como las rayas y los tiburones, son teleosteos. Pero no siempre fue así. Durante 150 millones de años, los peces, que entonces eran un reducido número de especies, vivían sólo en aguas dulces. Su vertiginosa diversificación se inició repentinamente, hace unos 55 millones de años, cuando incursionaron en el mar.

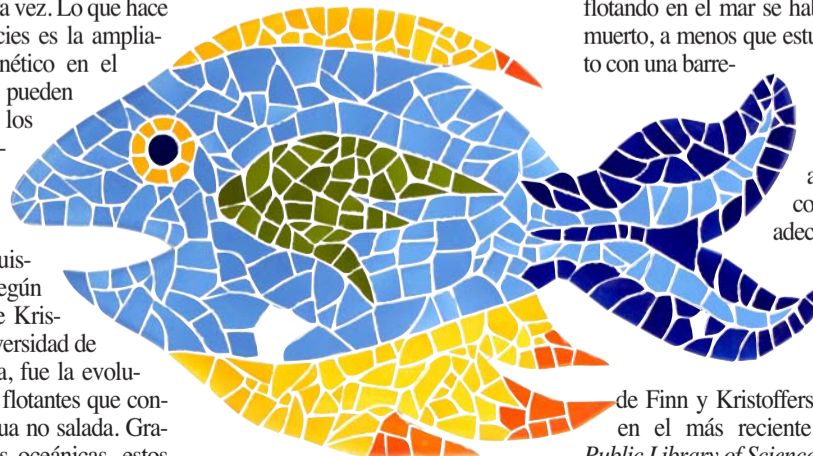
Lo que hace a los teleosteos únicos y, según numerosos expertos, podría explicar su diversidad, es que poseen una gran cantidad de genes. Su evolución estuvo marcada por tres cambios

genéticos: uno, en el surgimiento de los vertebrados; otro, cuando éstos desarrollaron mandíbulas, y un tercero que marcó la aparición de los teleosteos. La modificación de un genoma no crea por sí misma diversidad; el surgimiento de nuevas especies no ocurrió cuando los peces vertebrados evolucionaron por primera vez. Lo que hace diversas a las especies es la ampliación del lienzo genético en el cual las mutaciones pueden pintar sin afectar los genes que son necesarios para la supervivencia.

La clave para que los peces conquistaran los mares, según Nigel Finn y Borge Kristoffersen, de la Universidad de Bergen, de Noruega, fue la evolución de huevecillos flotantes que contenían suficiente agua no salada. Gracias a las corrientes oceánicas, estos

huevos se esparcieron en diferentes nichos. Con el tiempo, poblaciones separadas habrían evolucionado en nuevas especies. La idea es atractiva porque coincide con indicios fósiles de que efectivamente ocurrió dicha diversificación.

Esta alteración era necesaria para



que los huevecillos de los peces de agua dulce sobrevivieran travesías tan largas. Como sabe cualquier estudiante de educación básica, el agua pasa de una solución diluida a una concentrada a través de una membrana semipermeable en un proceso conocido como ósmosis. Un huevecillo de agua dulce flotando en el mar se habría secado y muerto, a menos que estuviera cubierto con una barre-

ra impenetrable y que contuviera agua con la concentración adecuada de sales para permitir el desarrollo de vida.

Un estudio de Finn y Kristoffersen publicado en el más reciente número de *Public Library of Science*, describe los

cambios genéticos de estos huevecillos. Mediante un programa de computadora, compararon secuencias de los genes encargados de formar proteínas de huevo. Los investigadores mostraron que los teleosteos que se reproducen por medio de huevecillos flotantes comparten un gen llamado *VtgAa*, el cual da instrucciones para producir en la yema una proteína que posteriormente será dividida por enzimas en la última fase del desarrollo del huevo, dentro del ovario del teleosteo.

A medida que la proteína se divide y acumula por la acción de las enzimas, genera una fuerza osmótica que obtiene agua de la sangre de la madre y la introduce al huevecillo, el cual queda protegido con suficiente líquido para el desarrollo del embrión. Poco después del desove, las membranas del huevo experimentan reacciones químicas que sellan los poros e impiden la entrada y la salida de agua, y los huevos flotan porque su interior es menos denso que el mar que los rodea.

Al parecer, así fue como los peces conquistaron los océanos.

FUENTE: EIU/Info-e

