

# Relatividad General

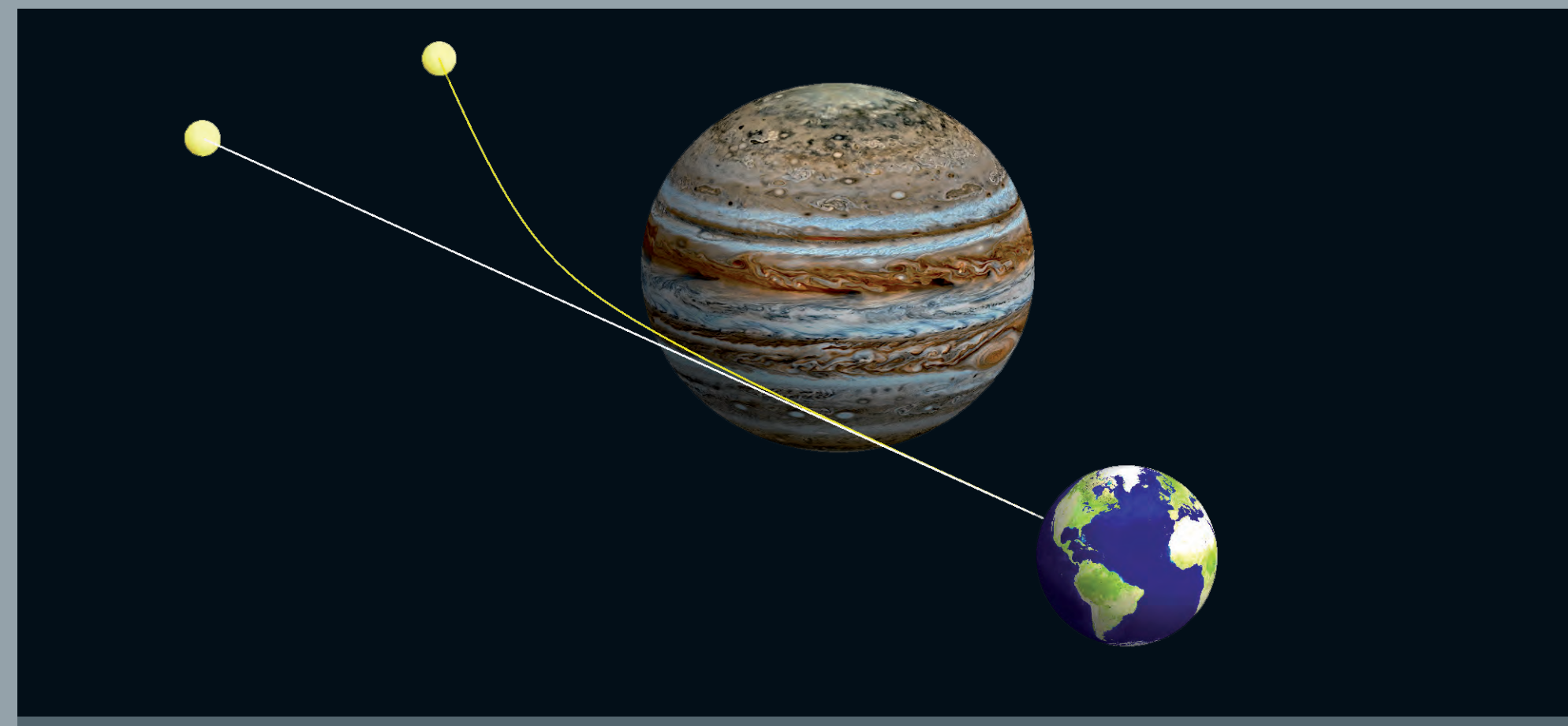
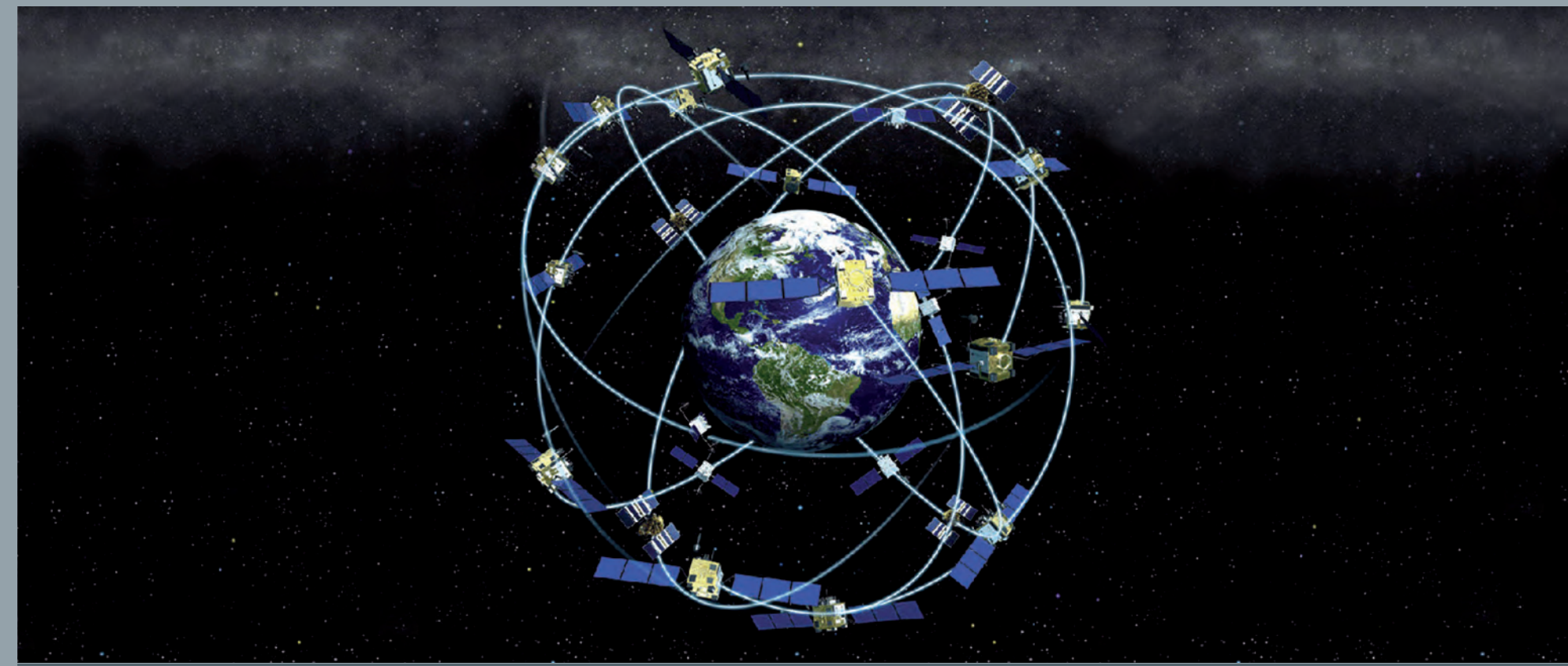


Ilustración de la desviación de la luz de las estrellas debido a la presencia de planetas (ICCUB)

## Desviación de la luz

Según la Relatividad General, la luz se desvía cuando se propaga en un espaciotiempo deformado por la presencia de cuerpos muy masivos, como estrellas, planetas o galaxias. Este fenómeno provoca distorsiones ópticas extrañas.

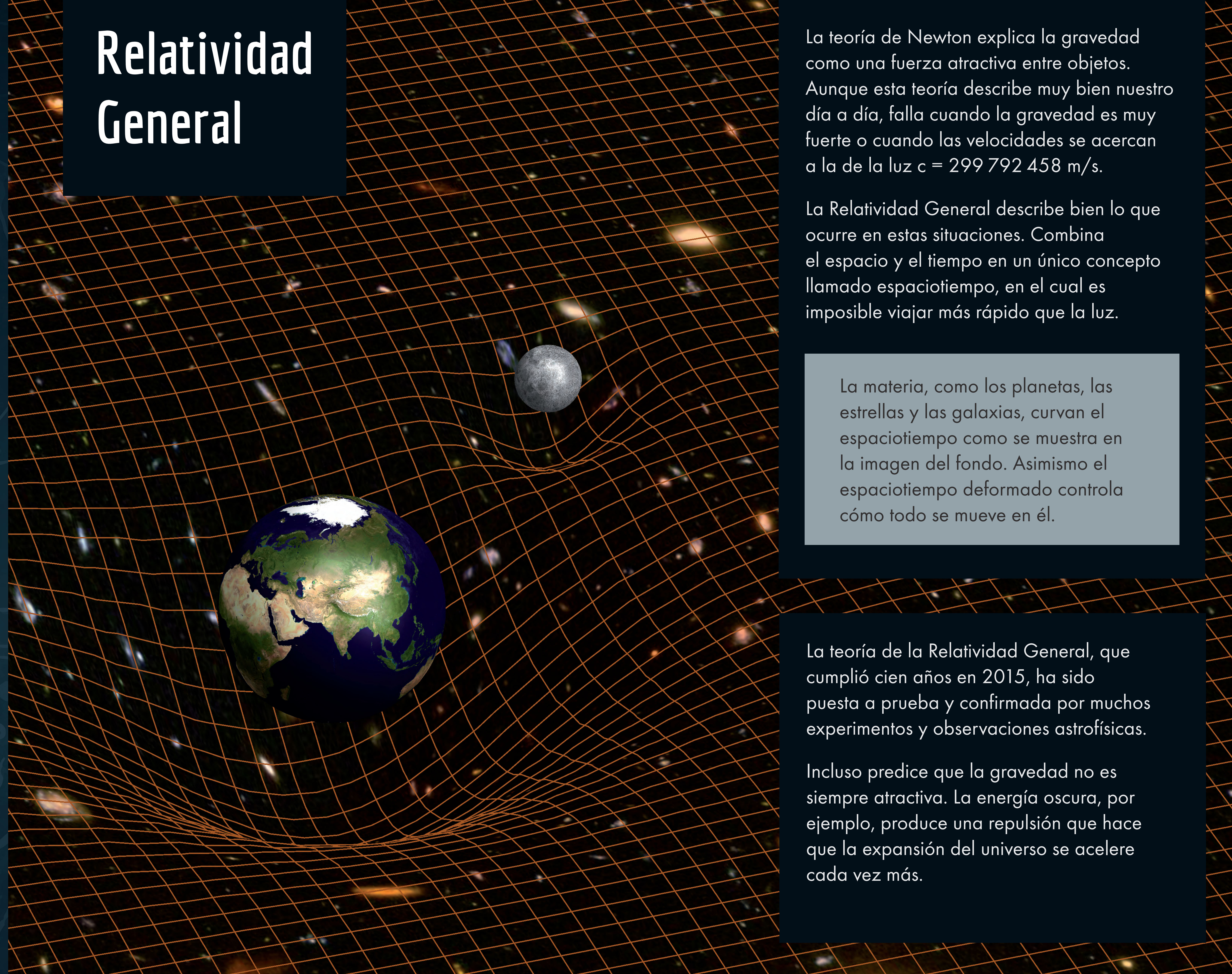


Órbitas de los satélites GPS (NOAA)

## Aplicaciones a la vida cotidiana

El sistema GPS se emplea para determinar nuestra posición. Se basa en el intercambio de señales entre satélites que orbitan la Tierra y un receptor (p. ej. teléfono móvil).

La Relatividad General predice que los relojes de los satélites van más rápido que los relojes en la tierra – se adelantan unos 25 nanosegundos cada minuto. Si no lo tuviésemos en cuenta, al cabo de sólo dos horas el GPS nos daría nuestra posición con un error de un kilómetro.



La teoría de Newton explica la gravedad como una fuerza atractiva entre objetos. Aunque esta teoría describe muy bien nuestro día a día, falla cuando la gravedad es muy fuerte o cuando las velocidades se acercan a la de la luz  $c = 299\,792\,458$  m/s.

La Relatividad General describe bien lo que ocurre en estas situaciones. Combina el espacio y el tiempo en un único concepto llamado espaciotiempo, en el cual es imposible viajar más rápido que la luz.

La materia, como los planetas, las estrellas y las galaxias, curvan el espaciotiempo como se muestra en la imagen del fondo. Asimismo el espaciotiempo deformado controla cómo todo se mueve en él.

La teoría de la Relatividad General, que cumplió cien años en 2015, ha sido puesta a prueba y confirmada por muchos experimentos y observaciones astrofísicas.

Incluso predice que la gravedad no es siempre atractiva. La energía oscura, por ejemplo, produce una repulsión que hace que la expansión del universo se acelere cada vez más.

Efectos de la gravedad en el espaciotiempo (ICCUB, imagen de fondo (NASA, ESA, G. Illingworth, D. Magee, y P. Oesch (California U., Santa Cruz), R. Bouwens (Leiden U.), y el equipo HUDF09), planetas [CC])

1915

Einstein publica la teoría General de la Relatividad.

1919

Durante un eclipse solar, Eddington confirma que la luz se desvía tal y como lo predijo Einstein.

1959

Pound y Rebka confirman que la gravedad estira las ondas de la luz, haciéndola más rojiza.

1968

Shapiro envía ondas de radio que rebotan en Mercurio y Venus. Confirma que las ondas se retrasan al pasar cerca de objetos muy masivos.

1973

Nace el proyecto GPS en los Estados Unidos.

1976

La *Gravity Probe A* de la NASA confirma que el tiempo va más despacio allí donde la gravedad es más fuerte.

2011

La *Gravity Probe B* confirma que la rotación de la Tierra arrastra consigo el espaciotiempo a su alrededor.

