

Las ciencias básicas y la tecn

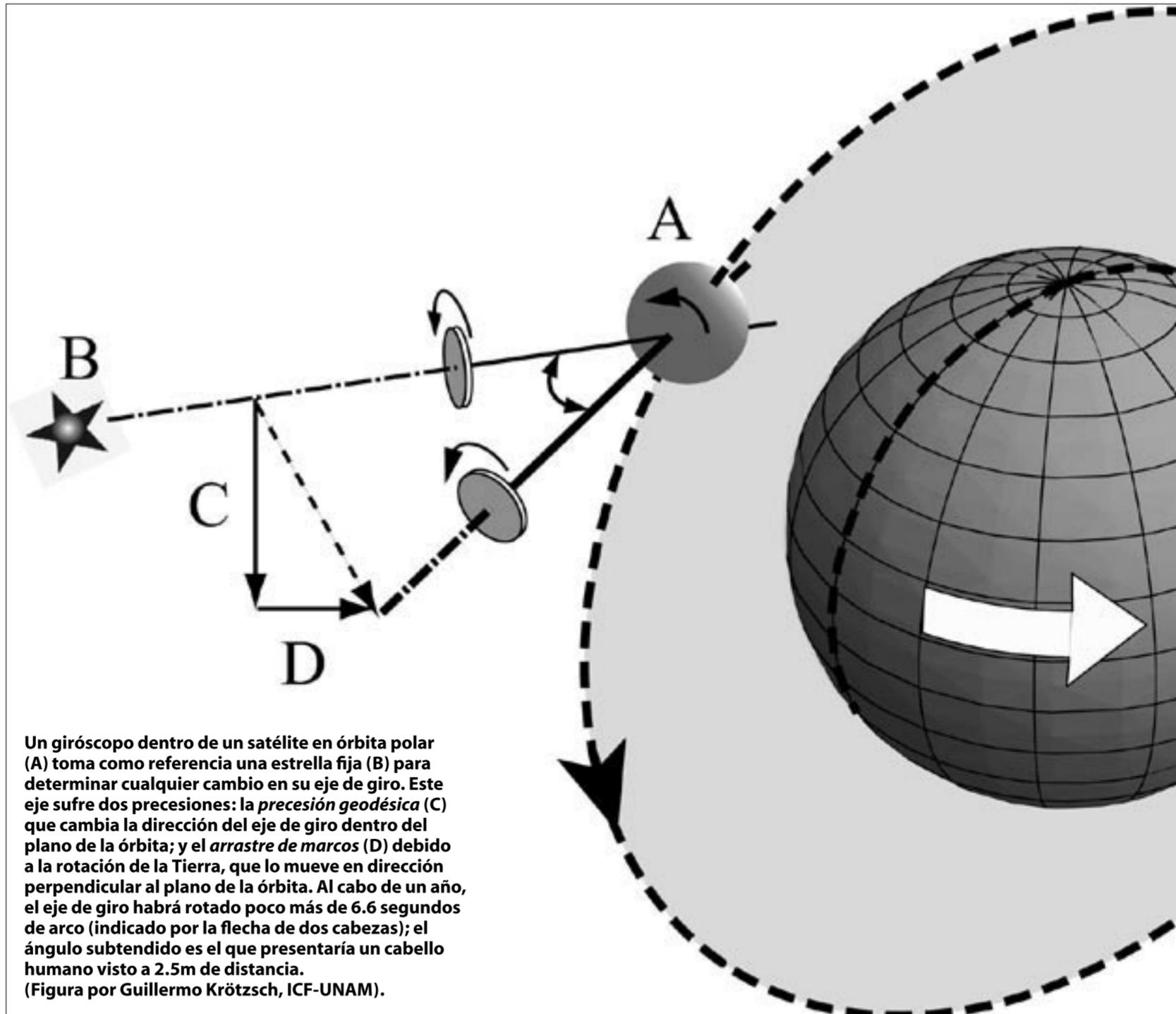
Kurt Bernardo Wolf

Instituto de Ciencias Físicas,
UNAM

Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

El pasado 31 de mayo, la revista científica *Physical Review Letters* publicó los resultados de un experimento de la NASA que duró casi cinco décadas, costó 750 millones de dólares, y cuyo objetivo fue verificar una de las predicciones más delicadas de la teoría de la relatividad [1]. Este experimento utilizó un satélite construido *ex profeso*, llamado *Gravity Probe B (GP-B)*, que el 20 de abril de 2004 fue colocado en una órbita que pasa sobre los polos de la Tierra, a 640 km de altura promedio, para una misión de 16 meses, y cuyos datos requirieron 5 años de análisis para extraer la información corroborando la predicción teórica del efecto buscado. Trataré de explicar brevemente de qué efecto se trata y, por si éste pareciera de poca trascendencia para los lectores no compenetrados con la física, comentaré la importancia del experimento en el desarrollo tecnológico y economía del país donde éste se realizó.

Hay dos estadios en la teoría de la relatividad de Albert Einstein: La primera, propuesta en 1905, se refiere a las transformaciones lineales del espacio-tiempo bajo velocidades constantes, la cual se denomina teoría *especial* de la relatividad. La segunda, llamada teoría *general*, data de 1917 y trata de fenómenos que aparecen cuando hay aceleraciones o rotaciones que *curvan* al espacio-



INVITACIÓN

Reunión del Club de Astronomía Amateur del ICF-UNAM
La reunión ordinaria del Club de Astronomía se llevará a cabo el MARTES 20 en el Auditorio del ICF-UNAM a las 7 PM.

La M. en C. Aurora Hernández Gómez nos platicará sobre

“El centro galactico”

Entrada libre. Habrá café y galletas.

Coordinadores del AstroClub-ICF: Remigio Cabrera, Luz Díaz, Ricardo Monroy, Gabriel Ophir y Jared Figueroa.

El club de Astronomía se reúne dos veces al mes; en una sesión de observación y en una sesión de noticias y conferencias astronómicas. Para mayores informes se puede consultar la página: <http://www.fis.unam.mx/~trujillo/ClubAstro/>

tiempo.

A partir de las ecuaciones de la relatividad general, los físicos austriacos Josef Lense y Hans Thirring predijeron en 1918 un efecto de “arrastre de marcos” (*frame drag*): un objeto masivo que rota, *arrastra* al espacio-tiempo de manera parecida a como una batidora mueve pasta a su alrededor. No fue sino hasta la década de los 60s que se pudo idear un experimento que corroborara éste y otros efectos relativistas cuyas magnitudes son extraordinariamente pequeñas. El proyecto GP-B inició en 1963 con la propuesta de investigar el efecto del arrastre de marcos mediante un giróscopo. Un giróscopo es como un trompo: un dispositivo simétrico que gira rápidamente y que por ello mantiene la dirección

de su eje de rotación fija –según la física pre-relativista; el efecto de la rotación de la Tierra sobre el giróscopo sería un “arrastre” que cambiaría su eje de giro. Se calculó que se requería observar cambios angulares (precesiones) del orden de 10 milisegundos de arco (m.a.s., por sus siglas en inglés) por año. Para dar una idea de la precisión requerida, anotamos que el pulgar sostenido a la distancia del brazo extendido subtiende aproximadamente un grado de arco; 1/3600 de éste es un segundo de arco, y la centésima parte de éste es el ángulo que subtiende el ancho de un cabello humano visto a 1600 metros de distancia. La tecnología necesaria para llevar a cabo el experimento no existía en los 60s, y una parte mayor del proyecto fue, precisamente, desarrollarla.

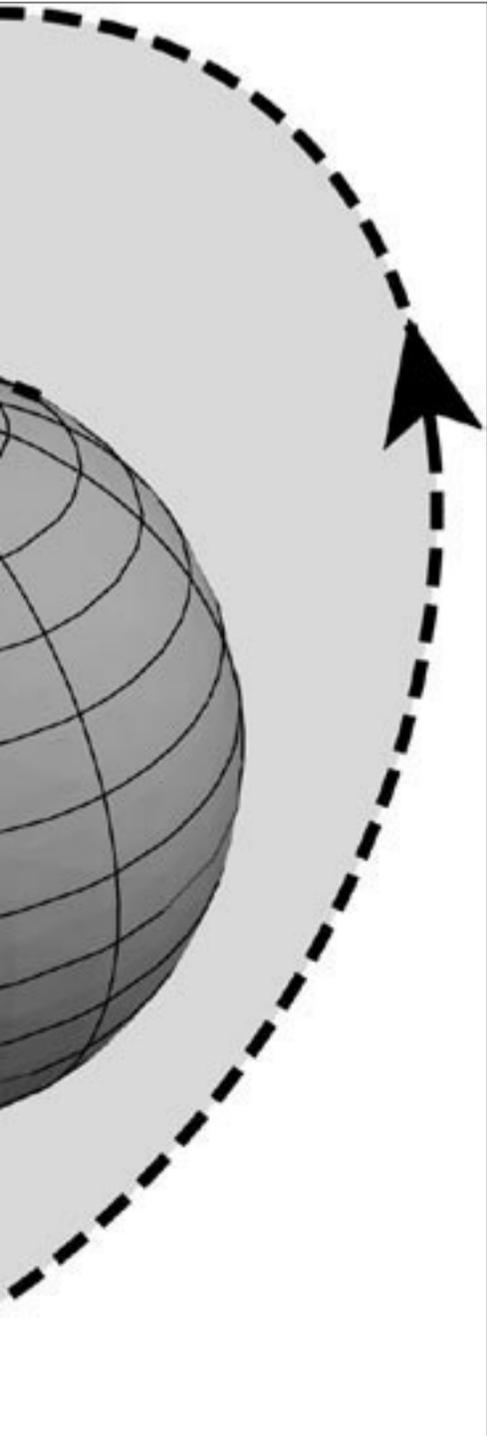
El satélite estaría afectado por dos efectos relativistas: el más grande es la llamada *precesión geodésica* por la contracción de la longitud de su órbita debida a su velocidad, la cual quedaría acortada en 27.5 milímetros en cada vuelta, cambiando la orientación del eje de rotación del giróscopo dentro del plano de la órbita, como se ilustra en la figura, en 6606 m.a.s./año. El segundo efecto, mucho más pequeño, era la buscada precesión de *arrastre de marcos* debida a la rotación de la Tierra; ésta movería el eje del giróscopo en dirección perpendicular al plano de su órbita, como también se indica en la figura, calculada en 39.2 m.a.s./año.

Para lograr esta exquisita precisión, se diseñaron cuatro giróscopos esféricos de silicio fundido



¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS:
edacmor@ibt.unam.mx

ología



irregularidades deberían ser menores a 3 metros. Aun así, era de esperarse que quedaran algunas cargas eléctricas fijas, entre otras fuentes de ruido en los datos que los investigadores tendrían que identificar y eliminar mediante protocolos de calibración, con maniobras periódicas para reposicionar su eje respecto a la estrella fija llamada IM Pegasi. Se tuvieron que introducir correcciones adicionales debidas a que la Tierra no es esférica ni su composición homogénea, pues océanos, glaciares y tierra firme tienen densidades diversas.

Entendidos, estimados y corregidos, al cabo de cinco años de análisis de datos, los resultados medidos fueron: 6602 m.a.s. más/menos 18 m.a.s./año (vs. 6606 predichos) para la precesión geodésica; la precesión de arrastre de marcos medida fue 37.2 m.a.s. más/menos 7.2 m.a.s./año (vs. 39.2 predichos). El primer resultado corresponde a un efecto que había sido verificado con otros experimentos en satélites, mientras que el segundo confirmó por primera vez el arrastre de marcos, ambos contenidos en la teoría general de Albert Einstein. Es importante señalar que un experimento no *demuestra* que la teoría sea la correcta, pues en el futuro algu-

no de sus otros efectos pudiera llegar a ser negado experimentalmente; en ese caso la teoría tendría que replantearse.

Y ahora nos preguntamos: La demostración de la veracidad o falsedad de un aspecto de la teoría de la relatividad general con efectos tan minúsculos ¿vale los 750 millones de dólares gastados en el experimento? ¿No hubiera sido mejor usarlos para paliar el hambre de los niños de Somalia? La disyuntiva está mal formulada: como fue enfatizado durante la conferencia de prensa donde se presentaron los resultados [2], los beneficios que generó el proyecto GP-B están en el centenar de tesis doctorales desarrolladas por estudiantes graduados asociados al proyecto: ingenieros, físicos, y matemáticos; están en la experiencia ganada por más de 700 estudiantes de licenciatura y maestría que de una forma u otra participaron en él. Los beneficios persisten en los 15 campos tecnológicos creados durante el desarrollo del satélite, muchos de ellos patentados por la compañía Lockheed Martin, incluidos sistemas de posicionamiento global (en inglés: GPS), de criogenia, de superconductividad, y métodos de fabricación con estándares de precisión inéditos. No es casualidad que los Estados Unidos de América sigan siendo referente

mundial en ciencia y tecnología, y que buena parte de su poderío y riqueza deriven de sus empresas de ingeniería y consorcios tecnológicos.

Es necesario que en México aprendamos a desarrollar proyectos ambiciosos, bien planteados y de largo aliento, tanto en ciencias básicas, aplicadas, y en su tecnología, para generar beneficios que trasciendan al coroplacismo consistente en "detonar" cosas, sea turismo, comercio o maquila. Nuestras empresas y autoridades generalmente prefieren comprar tecnología "llave en mano" por ser marginalmente más barata y segura, antes que generar la propia. Así, hemos visto dismantelar el Instituto Mexicano del Petróleo para después comprar gasolina extranjera, antes que elaborar el petróleo crudo en plásticos especializados; preferimos comprar maíz, trigo y arroz subsidiado del extranjero antes que vitalizar nuestro campo; permitimos que megatendencias se apropien del comercio de alimentos y mercancías en vez de apoyar la correcta operación de las centrales de abasto, los mercados y tiendas familiares dentro de los cascos urbanos —como se hace en la Unión Europea.

A partir de la relativa fortaleza que tenemos en ramas de la

biotecnología y la física, hay algunos indicios que los consejos de ciencia y tecnología estatal y nacional, pudieran apoyar proyectos significativos, como lo es el Gran Telescopio Milimétrico operado por el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica en la Sierra Negra de Puebla, la investigación y las patentes en antídotos al veneno del alacrán, el genoma de la taenia, y otros proyectos desarrollados en el Instituto de Biotecnología de la UNAM; la recién creada Agencia Espacial Mexicana y el proyecto de construir el Laboratorio de Diseño y Evaluación de Prototipos para un Síncrotrón Mexicano propuesto por investigadores del Instituto de Física de la UNAM y del CINVESTAV-IPN; sin olvidar que la ciencias experimentales requieren de una sólida base teórica. Para que estos proyectos prosperen es indispensable que la cúpula decisoria esté formada por personas con entrenamiento y sensibilidad científica. Tanto en éste como en otros muchos quehaceres nacionales.

[1] C.W.F. Everitt et al., Phys. Rev. Lett. 106, art. #221101 (5 págs., 3 de junio 2011). Véase <http://prl.aps.org/abstract/PRL/v106/i22/e221101>.

[2] <http://www.youtube.com/watch?v=SBiY0Fn1ze4>.

ultra puro, del tamaño de pelotas de ping-pong recubiertas de niobio sólido, el cual es superconductor a una temperatura de $-271.35\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1.8 grados sobre el cero absoluto). Esta temperatura sería mantenida mediante 2440 litros de helio líquido que se evaporaría lentamente durante los 16 meses de la misión. El eje de rotación de cada esfera sería detectado por un magnetómetro de interferencia cuántica (SQUID) extremadamente sensible. La perfección de las esferas era crucial: si éstas fuesen del tamaño de la Tierra, sus

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar:
www.acmor.org.mx

Instituto Nacional de Antropología e Historia
Coordinación Nacional de Arqueología

LOS CAMINOS DEL CIELO

2011
Noche de Observación Astronómica

Zona Arqueológica de Chalcatzingo
23 de septiembre

Delegación INAH Morelos
Tel. 01 777 314 4048

A partir de las 16 horas, el público podrá ingresar de manera gratuita a la Zona Arqueológica, para ser partícipe de las actividades académicas que se han programado para ese día:
De las 17 a 19 horas. Visitas guiadas, para conocer los últimos hallazgos encontrados en esta zona.
20 horas. Conferencia: "UN PASEO POR EL UNIVERSO DESDE EL PATIO" por LFM. Carlos Jared Figueroa Cervantes del Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM y miembro del Club de Astronomía del estado de Morelos.
De las 21 a las 23 horas. Observación con telescopios que se colocarán en la explanada central de la Zona Arqueológica de Chalcatzingo. Estará prohibido introducir alimentos, bebidas, mochilas, armas y cualquier tipo de narcótico o elemento que pueda atentar contra la seguridad. La observación astronómica dependerá de las condiciones climatológicas, sin embargo, esperamos sean las adecuadas para que todo se desarrolle de la mejor manera, para observar el cielo.