

Innovación y Ciencia

Volumen xvi • Nº 3 • Tarifa postal reducida 2009-194 • Colombia \$ 15.000

EDICIÓN ESPECIAL

2009 AÑO
INTERNACIONAL
DE LA ASTRONOMÍA

Colombia \$12.000

Tarifa postal reducida 2009-194



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
AVANCE EN CIENCIA



[áce-áce]

Es una entidad sin ánimo de lucro,
fundada el 9 de octubre de 1970,
que trabaja por el fomento de la
Ciencia y la Tecnología como base
del desarrollo social.

ACAC desarrolla diversos programas
cuyos fines son

integrar a la comunidad científica

y reforzar su compromiso con el

estudio de los problemas del país,
difundir el conocimiento científico,

promover y apoyar la

investigación Científica y Tecnológica

e impulsar programas de apropiación social
de Ciencia y Tecnología.

Correo electrónico acac@acac.org.co

www.acac.org.co

Revista Innovación y Ciencia
Volumen XVI Nº 3

PUBLICACIÓN DE:

Asociación Colombiana para el Avance

de la Ciencia ACAC

JUNTA DIRECTIVA ACAC:

Eduardo Posada Fíñez

Raúl Joya O.

Rubén Arilla A.

Guillermo Hoyos V.

Carlos Corredor P.

Marcelo Rivera R.

Elena Stanoshenko

Horacio Torres S.

Helena Groot

Centro Internacional de Entrenamiento e

Investigaciones Médicas - CIDEIM

Academia Colombiana de Ciencias Exactas,

Físicas y Naturales - Acefyn

Centro Interactivo Maloka

PRESIDENTE

Eduardo Posada Fíñez

DIRECTORA EDUCATIVA

Carmen Helena Carvajal López

COORDINACIÓN EDITORIAL:

Germán Cubillos Alonso

ASISTENTE EDITORIAL

María Carolina Suárez S.

COMITÉ EDITORIAL

Eduardo Posada Fíñez

Carmen Helena Carvajal

Carlos Corredor P.

Guillermo Hoyos

Andrés Pérez

Horacio Torres S.

Elizabeth Castañeda

Marcelo Rivera

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL

León Lederman

Isabel Llano

Rodrigo Llínas

PRODUCCIÓN, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Susana Camiló M.

RETOGRAFÍA

Autores y Banco de imágenes

IMPRESIÓN

Nonos Impresores

COMERCIALIZACIÓN

Departamento de Mercadeo de ACAC

DISTRIBUCIÓN

Distribuidoras Unidas



CARÁTULA
Galileo visionario • Susana Camiló

Innovación y Ciencia es la revista de divulgación científica y tecnológica
de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC.

DERECHOS RESERVADOS

Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización expresa del
Comité Editorial. La publicación no es responsable legal del contenido de
la publicación de cada edición.
Los conceptos expresados en los artículos no reflejan necesariamente la
opinión de los editores.

Resolución Ministerio de Gobierno No. 5427 del 9 de octubre de 1992
ISSN 0929-5140

Tarifa postal reducida No. N° 2009-194 4 -72 La Red Postal de Colombia,
vence 31 de diciembre de 2009

ACAC Calle 44 N° 45-67, Unidad Camilo Torres Bloque C, Módulo 3

Teléfonos: 3150734 - 3155900

Fax: 2216950

Email: innovacionyciencia@acac.org.co

Bogotá, D.C. - Colombia

Precio de venta al público: \$15.000 • Edición especial
Suscripción (4 números al año): \$45.000 para Bogotá,
\$50.000 fuera de Bogotá

Sumario

Innovación y Ciencia • Volumen XVI • Nº 3 • Edición especial • 2008

Talentos

Colombianos en la agencia espacial europea
ESA

LUIS HENRIQUE GÓMEZ CASABIANCA



8

Exploración planetaria y astrofísica
Del alunizaje, al borde del universo

SERGIO TORRES ARZAYÚS



18

Astronomía y pedagogía
La importancia de la historia de la astronomía
como introducción al estudio de la física

GUILLERMO PINEDA



30

Ednoastronomía
Astronomía Indígena

GERMÁN PUERTA RESTREPO



42

Física, astronomía y cosmología
Paseo por el universo

JORDI CARRERAS



54

4

Investigación
¿Qué hacen los pastusos en un observatorio
astronómico?

POR: ALBERTO QUIJANO YODNIZA

74



Historia de la ciencia
Las mujeres y su aporte a la astronomía,
astronáutica y ciencias relacionadas

JOSÉ ANTONIO MESA REYES

82



Elementos de la Revolución Astronómica en Galileo

OMAR HUERTAS DÍAZ

90



Ficciones
De la Luna, sus habitantes y visitantes

GERMÁN CUBILLOS ALONSO

100



5

El año de la astronomía y el comienzo de una historia

El 2009 ha sido declarado el año Internacional de la Astronomía para conmemorar los 400 años de las observaciones astronómicas hechas por Galileo en noviembre de 1609. De todos es conocida la historia del invento del telescopio por parte de Janssen (o Lipenshey o Roger o...?), de sus primeras aplicaciones como curiosidad de salón y de las mejoras introducidas por Galileo que le permitieron, con un aparato que aumentaba veinte veces, descubrir que la luna no era tan perfecta como se aceptaba universalmente desde Aristóteles, casi 2000 años atrás.

Al año siguiente, Galileo realizó otro descubrimiento aún más importante: el de los satélites de Júpiter que, en su conjunto, se podían asimilar a un pequeño sistema solar. Eso lo llevó a afirmar que los planetas no giraban alrededor de la Tierra sino alrededor del sol y a convertirse en gran defensor de las ideas de Copérnico y Kepler y del modelo heliocéntrico, lo cual como bien sabemos, le acarrearía serias dificultades con la Inquisición.

Con anterioridad a esas observaciones, Galileo ya había hecho grandes aportes a la mecánica, especialmente al isocronismo del péndulo y a la caída de los cuerpos, que fueron fundamentales para que, años más tarde, Newton estableciera las leyes de la mecánica y de la gravitación universal.

No cabe la menor duda de que su obra, junto con la de Francis Bacon o René Descartes, sirvió de base para el nacimiento del método científico y por ello universalmente se reconoce a Galileo como el responsable del nacimiento de la ciencia moderna y de su papel fundamental en la construcción de la sociedad contemporánea.

Es por ello muy grato presentar a los lectores de Innovación y Ciencia este número especial dedicado a la astronomía, como un pequeño homenaje a una de las más importantes figuras de la historia.

EDUARDO POSADA FLÓREZ

Presidente

CARMEN MILENA CARYVAL LÓPEZ

Directora Ejecutiva

Especificaciones para la presentación de artículos a la revista

Innovación y Ciencia

TEMAS

Ciencias naturales, físicas y sociales, tecnología, política científica y tecnológica, historia de la ciencia.

LENQUAE

- Claro, ágil y de fácil comprensión para el lector no especializado. Es importante que el título sea atractivo además de significativo.
- Los términos técnicos deben ir seguidos de una definición sencilla entre paréntesis o entre comas; ejemplo: "... en general se registra taquipnea (respiración rápida), cianosis (coloración azulosa de mucosas y partes más claras de piel)..."
- Cuando se incluyan siglas o símbolos, la primera mención debe decodificarse; ejemplo: "En medicina humana se ha acuñado la expresión síndrome de dificultad respiratoria del adulto (SDRA)".
- Sólo deben usarse abreviaturas y expresiones matemáticas en casos estrictamente necesarios.

EXTENSIÓN

Máximo 10 páginas tamaño carta en letra Arial 12, a doble espacio (excluyendo ilustraciones y cuadros).

FORMATO

Texto impreso y copia en CD o disquete, preferiblemente en formato Word.

MATERIAL GRÁFICO

Es importante anexar el mayor número posible de ilustraciones, fotografías y diapositivas, acompañadas de notas explicativas (pie de foto) y sugerencias de ubicación dentro del texto. Este material puede incluir:

- Fotografías originales en papel fotográfico o diapositiva.
- Fotografías en versión digital de alta resolución (300 dpi) en formato .tif, .jpg o .eps.
- Esquemas gráficos explicativos (versión impresa o digital).
- Tablas o cuadros sin demasiadas columnas.
- El material fotográfico no debe ser tomado de libros, revistas o internet y debe indicarse su autoría o fuente, si es necesario.
- Del material recibido se seleccionará el de mayor calidad para su publicación y una vez editada la revista, el material será devuelto al autor.

REFERENCIAS

En el texto, las referencias se deben citar con el apellido del primer autor y la fecha de publicación. El listado de referencias se debe organizar en orden alfabético, con el siguiente formato:

1. Artículo de revista científica:

Lee, M. R.; Ho, D. D.; Gurney, M. E. (1987). Functional Interaction and Partial Homology Between Human Immunodeficiency Virus and Neurokinin, en *Science* 232, 1987, pp. 1047-1053.

2. Artículo de libro:

Day, R. A. (1990). *Cómo escribir y publicar trabajos científicos*. Washington, Organización Panamericana de la Salud.

RESUMEN

Descripción breve (5 oraciones cortas) del tópico central del artículo, para su inclusión en el índice de la revista.

IDENTIFICACIÓN DEL AUTOR

- Nombre
- Titulo
- Cargo actual
- Correo electrónico
- Dirección postal

RECOMENDACIONES

Los artículos que hayan aparecido en otras publicaciones, informes de investigación en curso y aquellos textos cuyos temas sean muy especializados y de interés exclusivamente local no serán considerados para publicación.

Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia -ACAC-
Calle 44 N° 45 - 67 Unidad Camilo Torres
Bloque C • Módulo 3

Fax: 2216950 • 2219953 • Tels: 3555898 • 3550734
Innovacionyciencia@acac.org.co
Bogotá, DC, Colombia



COLOMBIANOS
EN LA
AGENCIA
ESPACIAL
EUROPEA,
ESA

LUIS HENRIQUE GÓMEZ CASABIANCA
MIEMBRO DE LA ACADEMIA COLOMBIANA DE HISTORIA,
VICEPRESIDENTE DE LA ACADEMIA DE HISTORIA
DE CUNDINAMARCA Y PROFESOR-INVESTIGADOR
DE LA UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA.

luis.gomez@usa.edu.co

Figura 1.

El primer Ariane fue lanzado con éxito el 24 de diciembre de 1979 en el complejo ESA-1 en el puerto espacial europeo en Kourou, Guayana Francesa.



© ESA.



Para la realización de este artículo, el autor se basó en entrevistas y comunicaciones personales con Juan Rafael Martínez Galarrza y Julián Rodríguez Ferreira. Y para los casos de Rafael Lora Pit, Margarita Matiz y Juan Ramón Carrillo Restrepo, en la información disponible en Internet.

Circundado por la selva de la Guayana Francesa, en una planicie despejada a poca distancia del mar, se yergue un conjunto de modernas instalaciones que conforman el puerto espacial europeo en el continente americano. La estación de Kourou fue construida allí por tratarse de un paraje remoto, poco poblado, resguardado de los huracanes y muy adecuado por su situación ecuatorial para enviar satélites hacia órbitas geo-estacionarias.

Fue emplazada en 1964 y realizó su primer lanzamiento de un cohete sonda en 1968. Perteneció a la Agencia Espacial Europea (ESA), la cual tiene sus oficinas centrales en París e instalaciones técnicas en varios países.

Aunque más joven que la legendaria NASA y menos conocida, la ESA cuenta también con una brillante trayectoria científica y tecnológica. Entre sus logros más destacados están: el diseño y la construcción de los cohetes Ariane; la realización y puesta en órbita de satélites para transmisión de datos, para meteorología, observación astronómica, estudios solares e investigaciones oceanográficas. De igual modo, la ESA tiene la autoría de la sonda Giotto (enviada a estudiar el cometa Halley); y del sistema europeo de posicionamiento global y desempeña un papel de primera línea en los trabajos de la Estación Espacial Internacional.

En la ESA laboran científicos y técnicos europeos, así como de Canadá, gracias a un acuerdo de cooperación. De igual manera, participa un selecto grupo de colombianos que aporta su esfuerzo, su conocimiento y su talento a la magna tarea de la exploración espacial. Entre esos compatriotas se destacan:

Rafael Lorza Pitt



Nació en Zipaquirá en 1951. Luego de terminar su bachillerato en Colombia, viajó a Francia a estudiar física y después a España, donde realizó estudios de Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones, lo cual le permitió vincularse en 1986 a la Agencia Espacial Europea.

Desde entonces ha colaborado en proyectos científicos tan importantes como Eureka (una plataforma recuperable para el estudio de la microgravedad); Columbus (el laboratorio europeo para la Estación Espacial Internacional); Envisat (el satélite más grande construido hasta ahora para monitorear el medio ambiente; un monstruo de 8 toneladas de instrumental científico, que circunda la Tierra a 800 km de altura); y la Misión CRS (satélite europeo de percepción remota).

Actualmente se desempeña como ingeniero principal de operaciones de la Oficina de Apoyo a las Misiones de Observación de la Tierra de la ESA.

Para fomentar el interés por las ciencias en Colombia, ha establecido la Fundación Horizontes 2050, la cual desarrolla proyectos de simulación de misiones espaciales en tres colegios de su ciudad natal.

Margarita Matiz

Nació en 1973 en Bogotá. Tras graduarse como diseñadora industrial de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, trabajó en varias empresas de refrigeración y luego viajó a Suecia con el propósito de adelantar una maestría en diseño. Allí se radicó, contrajo matrimonio y estableció una empresa de diseño (Matiz Bergfeldt Design) en la cual —trabajando en equipo con la NASA y Electrolux— diseñó el primer módulo de refrigeración espacial, concebido para que los astronautas puedan disfrutar de alimentos en estado normal, en lugar de congelados y deshidratados.

Este modelo ha sido objeto de múltiples reconocimientos, exhibiciones y publicaciones alrededor del mundo, aunque aún no se ha llegado a implementar.

Sin embargo, atrajo la atención de la ESA que estableció contacto con ella para encargarle el diseño de envases y otros objetos para la Estación Espacial Internacional. Por sus innovadores trabajos ha recibido importantes galardones como el primer lugar en la séptima versión del Premio Lápis de Azero (Colombia, 2005) y la beca sueca Carpe Vitam (2006), con un premio de 500 mil coronas (unos 32 millones de pesos).



Figuras 2.
Objetos diseñados por Margarita Matiz para la Estación Espacial Internacional (foto de Camilla Matiz, Revista Anón, No. 119).

Juan Ramón Cantillo Restrepo:



Desde niño, diseñaba y fabricaba cohetes en miniatura, aviones y globos de papel, con los que hacía vuelos dirigidos y acrobacias. Tras graduarse de bachiller en el Liceo Francés de Bogotá, en 1998, solicitó y obtuvo una beca en Francia donde luego de una intensiva formación en matemáticas y física, tuvo la oportunidad de emprender estudios de Ingeniería aeroespacial en la ciudad de Toulouse.

En 2002, gracias a un convenio interinstitucional, fue enviado a Japón a hacer una pasantía en la JAXA, la agencia espacial de ese país, donde estudió y trabajó entre 2002 y 2003, distanciándose allí del tema de los cohetes e inclinándose hacia las telecomunicaciones. De regreso a Francia, obtuvo su grado de ingeniero al año siguiente. Interesado sobre todo en la electrónica, actualmente trabaja con la ESA en la optimización de sistemas satelitales de transmisión de datos.

Julián Rodríguez Ferreira:



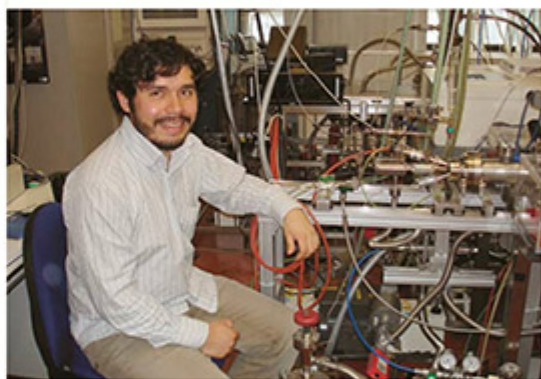
14

dad Industrial de Santander (UIS). Luego estudió Ingeniería Electrónica en la UIS y como tesis de grado —según refiere él mismo— “realicé un sistema para posicionar y controlar un telescopio, trabajo que recibió la mención de tesis laureada por parte de un jurado internacional experto en el tema”.

Luego empezó su proceso de especialización en astrofísica. Gracias a una beca del Ministerio de Educación español, durante el año 2008 estuvo en el Instituto de Astrofísica de Canarias, donde hizo una especialización en Instrumentación para Astronomía, la cual le permitió trabajar cerca de los nuevos instrumentos que se están desarrollando para el Gran Telescopio de Canarias (GTC).

De allí pasó a trabajar con una empresa contratista de la ESA, diseñando un sistema de software para la misión espacial SMOS de la ESA, un satélite climatológico que será lanzado al espacio este año. Julián actualmente termina una maestría en Astronomía y Astrofísica en el Observatorio de París.

Juan Rafael Martínez Galarza:



Nació en Bogotá en 1985. La astronomía fue para él una pasión desde la infancia. Tras completar su bachillerato, emprendió estudios de física en la Universidad Nacional, y cuando cursaba octavo semestre tuvo la idea de escribir una tesis sobre astrofísica, “sin embargo —como explica él mismo— las posibilidades eran pocas en una ciudad y en un país que habían perdido los ímpetus investigativos de Caldas y Garavito”. En esos días asistió a un evento relacionado con los 200 años del Observatorio Astronómico de Bogotá (2003) y allí entró en contacto con investigadores del Instituto Científico del Telescopio Espacial, en Baltimore, Maryland. Poco después fue escogido para adelantar allí una pasantía de investigación. En ese lugar realizó su tesis y luego tuvo la oportunidad de continuar sus investigaciones en la Universidad de Arizona, en Tucson, donde trabajó algunos meses bajo la supervisión de reconocidos astrofísicos. Más tarde, gracias a contactos entre instituciones, pudo viajar a la Universidad de Leiden, en los Países Bajos, donde cursó estudios de maestría, graduándose en noviembre de 2009.

Actualmente trabaja en el Telescopio Espacial James Webb, sucesor del Telescopio Espacial Hubble, que será lanzado al espacio en el año 2013, desde el puerto espacial europeo, en la Guayana Francesa, en una misión conjunta de la NASA y la ESA. Juan Rafael es responsable de la calibración de algunos instrumentos científicos que el telescopio llevará a bordo.

15

Con un grupo de colegas estableció Astrocol (red colombiana de astrónomos profesionales) e impulsó la idea de construir un radiotelescopio en Colombia y conectarlo con otros similares en varios lugares de Suramérica.

Todos estos colombianos trabajan en las fronteras de la ciencia y ponen muy en alto el nombre de nuestro país. Evidenciando, además, un reverdecer del espíritu que animara en otros tiempos a científicos como Mutis, Caldas y Garavito.

Figura 1.

La Agencia Espacial Europea (ESA) lanzó desde el cosmodromo de Baikonur la misión Fotón, el pasado 14 de Septiembre a bordo de una Soyuz-U.



ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

30 años

XI EXPOCIENCIA EXPOTECNOLOGÍA 2009
en el Año Internacional de la Astronomía.
Corferias, del 19 al 25 de Octubre

* **SEMINARIO TALLER ACTUALIZACIÓN EN FINANZAS PARA LA ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA Y TOMA DE DECISIONES EN LA EMPRESA**
Octubre 19 - Corferias

* **ENCUENTRO EMPRESARIAL**
Octubre 20 - Corferias

* **V FORO DE POLÍTICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA "Universidad - Empresa - Estado"**
Octubre 23 - Corferias

* **RUEDA DE NEGOCIOS**
Octubre 22, 23 - Corferias

* **ENCUENTRO: EXPEDICIÓN POR LA BIOLOGÍA Y LA BIOTECNOLOGÍA, UNA MIRADA FUTURISTA**
Octubre 21 y 22 - Corferias

* **X ENCUENTRO NACIONAL DE PROFESORES INVESTIGADORES E INNOVADORES EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS "Ciencia y Literatura"**
Octubre 22 y 23 - Corferias

* **ENCUENTRO NACIONAL DE CLUBES DE CIENCIAS: CURIOSIDAD, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN**
Octubre 20 y 21 - Corferias

* **TALLERES conCiencias PARA TODOS**

XIX PREMIO NACIONAL AL MÉRITO CIENTÍFICO 2009

Apertura Convocatoria: 18 de Mayo
Cierre convocatoria: 9 de Octubre
Ceremonia de Entrega: 25 de Noviembre

**DIPLOMADO EN COMUNICACIÓN DE LAS CIENCIAS EN LA EDUCACIÓN
DIPLOMADO EN INVESTIGACIÓN FORMULACIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS**

PROGRAMA ENCUENTRO CON EL FUTURO

Agosto 21 a Octubre 02 (II Semestre)
Viernes 9:00 a.m. Biblioteca Luis Ángel Arango, Entrada Libre

PROGRAMA ENCUENTRO CON LAS CIENCIAS

Primeros Martes de cada mes
6:00 pm. Entrada Libre

**VACACIONES conCiencia
CAMPAMENTOS CIENTÍFICOS**
Diciembre

MAYORES INF.
Calle 44 No 45 - 67 Bloq C, Módulo 3 Unidad Camilo.
Tel: 3155100 - 3150728 - 2279953 - 22
aca@acac
www.acac

Exploración planetaria y astrofísica

DEL ALUNIZAJE AL BORDE DEL UNIVERSO

SERGIO TORRES ARZAYÚS
INTERNATIONAL CENTER
FOR RELATIVISTIC ASTROPHYSICS,
UNIVERSIDAD DE ROMA
IS865, WASHINGTON
verada@earthlink.net

Fui uno de los 600 millones de espectadores que esa noche mágica del 20 de julio de 1969 vieron atónitos cuando una nave espacial con forma de sacudido gigante y con sus dos tripulantes, se posó sobre la superficie serénita en el Mar de la Tranquilidad. A eso de las ocho de la noche llegaron las señales de este monumental acontecimiento a nuestro televisor que mostraba en blanco y negro, y con mucho grano en pantalla, el suelo árido de la Luna en esa imagen que Aldrin llamaría "magrífica desolación". Seis horas más tarde, bien entrada la madrugada, mis padres nos concedieron la licencia para ver televisión a esas horas prohibidas. Fue así como presenciamos cuando Neil Armstrong descendió del módulo lunar en cámara lenta, dejó impresa la primera huella de un humano sobre el polvoriento regolito y proclamó la famosa declaración "un pequeño paso para un hombre, un salto gigante para la humanidad"¹.

No quisiera confiar de mi memoria para dar un recuento de lo que sentí en ese momento, pero sí me quedó claro que lo presenciado fue algo maravilloso y muy importante. Las imágenes del lanzamiento del Apolo, del alunizaje y de los primeros pasos aún evocan esa sensación sublime de presenciar un acontecimiento fundamental para la humanidad. Cuarenta años después de ese "gigante salto para la humanidad" surgen muchas preguntas: ¿Qué significó este evento para la sociedad? ¿Qué significado tiene para las nuevas generaciones? ¿Qué sucedió con la exploración espacial después del programa Apolo?

Una breve revisión de los avances y retrocesos que siguieron al proyecto Apolo nos servirá para proveer respuestas adecuadas. La visita de Armstrong, Aldrin y Collins a la Luna en julio de 1969 no fue la primera. Le siguieron seis misiones tripuladas que durante tres años repitieron la hazaña introduciendo operaciones cada vez más complicadas. Pero así como el programa espacial de los Estados Unidos se gestó bajo las presiones geopolíticas del momento, también cambió de rumbo después de los primeros doce años. El 7 de diciembre de 1972, el proyecto Apolo encontró su terminación ineludible y desde ese momento ningún astronauta ha pisado la Luna. Desde la sonda soviética Luna 1 y la sonda Pionero 4 de la NASA, lanzadas en 1959, se han enviado 114 misiones a la Luna de las cuales 9 han sido tripuladas, 24 hombres han hecho el viaje a la Luna, y 12 han caminado sobre su superficie². Estos proyectos han sido originados primordialmente por la NASA y la Unión Soviética, pero también han participado Japón, la Agencia Espacial Europea (ESA), India y China.

En la exploración espacial se distinguen dos grandes líneas de investigación. Una es la exploración planetaria que comprende visitas a los cuerpos celestes dentro del sistema solar, incluyendo la Luna, la Tierra, los otros siete planetas, cometas y asteroides. El segundo grupo comprende misiones astrofísicas que observan más allá del sistema solar.

Exploración planetaria

Con el programa de exploración planetaria hemos viajado a todos los planetas, ya sea con sondas que se acercan al planeta o con instrumentos robóticos que se posan y se desplazan sobre su superficie. Las superficies de los planetas se estudiaron con el detalle que se estudia la superficie de nuestro propio planeta. Con las 222 misiones planetarias, incluida la Luna, se han logrado perfeccionar las teorías planetarias y profundizar en el estudio de los mantos, los núcleos planetarios, sus atmósferas, campos magnéticos, propiedades geológicas, sísmicas, su formación y evolución. No todas las misiones planetarias fueron exitosas, de las 222 misiones planetarias 80 fracasaron (el 36%)³.

1. Wasa programa NBC de arribo del Apolo con videos de la misión en www.nbc.com/1/1/1969/07/19690720

2. Wise Lunar and Planetary Science at the NSSC (National Space Science Data Center), en <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/>, p. 104.

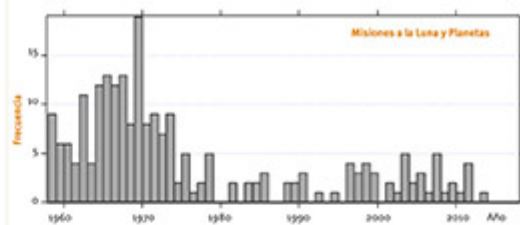


Figura 1.
Número de misiones planetarias por año, incluida la Luna.
Fuente: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/>

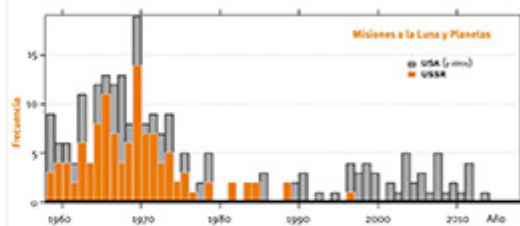


Figura 2.
Número de misiones planetarias por año que fallaron.
Fuente: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/>

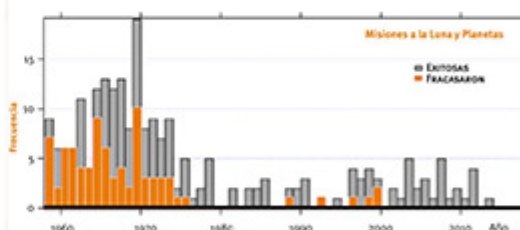
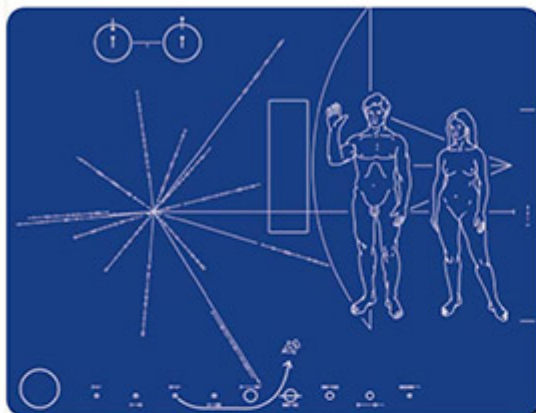


Figura 3.
Número de misiones planetarias por año originadas por la Unión Soviética.
Fuente: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/>

La serie de sondas Mariner y Vikingo nos entregaron valiosos datos científicos sobre Marte y removieron de manera definitiva la especulación de la existencia de canales en la superficie de Marte. La fascinación por contactar vecinos siderales se manifestó de manera explícita con los mensajes enviados en las sondas Pionero 10 (1972) y Pionero 11 (1973) donde se plasmaron en placas de aluminio las coordenadas de nuestro sistema solar en relación a 14 pulsares y el bosquejo de la figura humana en sus dos versiones: masculina y femenina, informando a los potenciales interlocutores galácticos que los humanos no habíamos descubierto el vestido. Las sondas Pionero visitaron a Júpiter y Saturno.

Figura 4.

Placa con mensaje de los humanos.



Las sondas Voyager lanzadas en 1977 enviaron exquisitas fotos de Júpiter y Saturno mostrando detalles de sus anillos y satélites. La órbita de la sonda interplanetaria Voyager 2 se diseñó para hacer uso de la gravedad de los planetas para su propulsión, y así visitarlos en el siguiente orden: Júpiter (julio 1979), Saturno (agosto 1981), Urano (enero 1986) y Neptuno (agosto 1989) para luego abandonar el sistema solar para siempre.

Proyectos espaciales en astrofísica

Mientras que las metas de la exploración planetaria se venían cumpliendo, aún quedaban muchas preguntas sobre el resto del universo: las estrellas, galaxias, cúmulos de galaxias y todos los objetos estelares exóticos predichos por la teoría como los agujeros negros, las estrellas de neutrones, las enanas blancas y las supernovas. Más de cincuenta misiones espaciales astrofísicas y de exploración del cosmos han contribuido con el avance del conocimiento sobre el universo de manera vertiginosa. Hace cuarenta años no sabíamos las respuestas a preguntas fundamentales como las siguientes: ¿Existen planetas fuera del sistema solar? ¿Existen agujeros negros? ¿Cómo nacen y evolucionan las estrellas? ¿Cómo y cuándo se forman las galaxias? ¿Cuál es la edad del universo? ¿Qué tan rápido se expande el universo? Una prueba impactante del avance que se ha logrado en los últimos cuarenta años, en el campo de la exploración del cosmos, es que todas estas preguntas han encontrado respuesta.

¿Por qué es necesario ir al espacio para explorar el universo? Cuando observamos el firmamento desde la superficie de la Tierra, incluso con la ayuda de potentes telescopios, apenas estamos recibiendo un pequeño porcentaje de la información y de los procesos que en realidad están ocurriendo. La razón de esta limitación es que la atmósfera absorbe la mayoría de la radiación del espectro electromagnético más allá del violeta y por debajo del infrarrojo. La ventaja de poner observatorios astronómicos en órbita es que podemos evadir los filtros y distorsiones que produce la atmósfera. En resumen, para tener acceso a los secretos del universo tenemos que poner observatorios astronómicos en el espacio.

En 1962 se lanzó el primer observatorio solar (OSO-1) para estudiar la actividad solar. El 12 de diciembre de 1970 se lanzó un satélite americano, desde Kenia, equipado con sensores para rayos, se le dio el nombre de Uhuru ("libertad" en swahili). Observó los primeros vestigios del agujero negro que merodea la vecindad de Cygnus X-1, un punto de intenso brillo en rayos X. Por su parte, el Satélite Astronómico para el Infrarrojo (IRAS) con un telescopio de 57 cm, enfriado a 270 °C por debajo de cero y lanzado en 1983 observó nubes en la galaxia y nubes planetarias donde se forman sistemas solares. Así, la astronomía se convirtió en una empresa internacional. En 1978 se lanzó el Explorador Internacional para el Ultravioleta (IUE) con un telescopio reflector de 45 cm, capaz de observar estrellas hasta de magnitud 15. Este proyecto ayudó a entender los mecanismos de pérdida de masa, evolución estelar y de estabilidad de las estrellas.

Las explosiones de rayos gamma son las explosiones más poderosas que se dan en el universo, y se producen por la colisión de dos estrellas de neutrones o por un agujero negro que gira a gran velocidad. Estas fueron descubiertas por satélites militares (Vela) diseñados para monitorear explosiones nucleares, pero no en el cielo sino en la Tierra. El satélite Cos-B llevó sensores de rayos gamma y observó la esfera celeste por siete años (desde 1973). Esta fue seguida por el observatorio de rayos gamma (GR0), un inmenso laboratorio de 17 toneladas en órbita de la Tierra, destinado a examinar fuentes emisoras de rayos gamma como supernovas, explosiones de rayos gamma, pulsares y núcleos galácticos activos. La Misión Hipparcos de 1989 completó un muestreo donde se hicieron mediciones de paralajes de 118.218 estrellas y se determinó la posición de 1.098.332 estrellas con alta precisión.

Figura 5.

El telescopio Galileo en Júpiter.



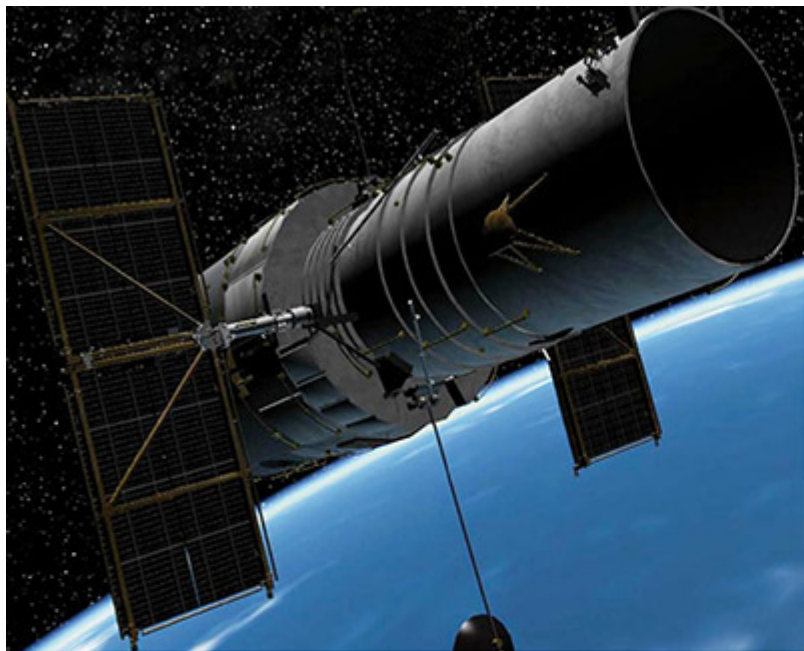


Figura 4.

Telescopio espacial Hubble.

Telescopio Espacial Hubble

Creo no equivocarme si afirmo que la misión astronómica espacial más popular de todos los tiempos ha sido el telescopio espacial Hubble (HST, por sus siglas en inglés), cuyo nombre rinde honores al astrónomo que expandió el universo: Edwin Hubble, un jugador de béisbol, boxeador y abogado que se interesó por los problemas cósmicos. Este prodigioso aparato lanzado al espacio en abril de 1990, ya casi completa 20 años de operaciones y acaba de recibir una visita de mantenimiento que lo mantendrá trabajando con buena salud por lo menos hasta el año 2014. A raíz del accidente del transbordador (Shuttle) a su regreso a la Tierra en 2003 (febrero 1), la NASA decidió desmantelar la misión de servicio al telescopio Hubble, pero tal fue la reacción del público a favor de la reparación del telescopio que la NASA tuvo que reconsiderar. La cuarta y última misión de servicio al Hubble fue lanzada el pasado 11 de mayo y gracias a la presión del público los científicos podremos continuar indagando sobre el universo remoto, y el público seguirá gozando de las maravillosas vistas del universo profundo y los enigmáticos cuerpos celestes que se esconden en el espacio infinito.

Sin miedo a excederme en superlativos diría que el Hubble ha sido, desde el punto de vista científico, la misión más exitosa en toda la historia de la era espacial. Las contribuciones del Hubble comprenden un vasto panorama de teorías y avances en astronomía. Ha generado 6,300 artículos científicos que van desde detalladas observaciones del impacto del cometa Shoemaker Levy con Júpiter, hasta

detailladas imágenes de galaxias recién formadas (Lívio, 2006). Se han descubierto más de 350 planetas fuera del sistema solar. Hubble observó el tránsito de un planeta extrasolar y midió su composición revelando una atmósfera de sodio, carbono y oxígeno. Analizó la onda expansiva de la supernova 1987A que explotó en la vecina galaxia Gran Nube de Magallanes. Produjo imágenes detalladas de nebulosas planetarias que han permitido profundizar los estudios de la etapa final y espasmódica de estrellas de tamaño comparable al Sol. Demostró que la mayoría de las estrellas están acompañadas de discos protoplanetarios, esas nubes donde se forman los planetas.

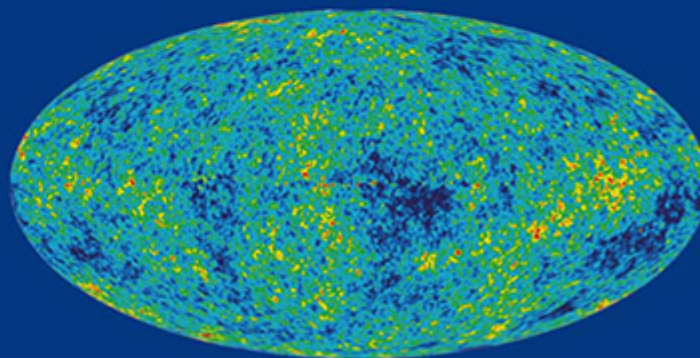
El Hubble también ha hecho posible estudiar cómo se formaron y evolucionaron las galaxias. Con imágenes de alta resolución de cuásares se ha podido establecer que la mayoría de las galaxias poseen un potente agujero negro en el centro con una masa proporcional a la masa del globo central de la galaxia. El Hubble ha realizado observaciones profundas del universo en el pasado, y ha logrado obtener imágenes de galaxias jóvenes, formadas cuando el universo apenas tenía pocos cientos de millones de años. Así mismo, se ha podido determinar la edad del universo y la rapidez de su expansión con precisión suficiente para dar fin a la controversia sobre su edad.

Cosmología

Una de las áreas de la astrofísica que más se ha beneficiado de los observatorios en el espacio es la cosmología. Gracias a los mapas detallados de la radiación del Big Bang obtenidos por el Explorador

Figura 5.

Mapa de las diferencias de temperatura en el fondo de la radiación proveniente del Big Bang (NASA, WMAP).



Legado

Dejando a un lado los avances tecnológicos y las aplicaciones prácticas que la tecnología espacial nos ha dejado, los cuales han sido ampliamente documentados y estudiados, es innegable el hecho de que el programa Apolo nos hizo crecer en muchas formas. Se demostró que una meta elevadísima, desde cualquier punto que la miremos, y acompañada de retos tecnológicos y científicos aparentemente inalcanzables se puede lograr si existe el liderazgo, la voluntad, el apoyo institucional y el tesón de un equipo bien motivado. Un mensaje muy apropiado para los jóvenes y los líderes de este mundo en que vivimos y donde afrontamos problemas globales.

La llegada del ser humano a la Luna encendió la chispa del interés por la ciencia en incontables niños y jóvenes en todo el mundo, una chispa que les impulsó a seguir carreras científicas. Esto de por sí representa un beneficio directo para la sociedad y para el desarrollo económico de un país. Las ciencias espaciales tienen un poder especial de capturar el interés de los chicos y de motivar a la juventud a seguir carreras científicas, no solamente en temas relacionados con astronomía, sino en todas las áreas científicas. Una encuesta reciente de la revista *Nature* indica que para un 50% de los científicos entrevistados la hazaña del alunizaje fue lo que los motivó a seguir carreras científicas no solo relacionadas con el espacio (Monastirsky, 2009). El reto para los padres y educadores de nuestra juventud es el de volver a encender esa chispa. Un reto formidable para una juventud para la cual el "moon-walk" es un paso de baile.

Tomado de www.nasa.gov



Figura 3

La Tierra vista desde la Luna.

Tomado de www.nasa.gov

de la Radiación Cómica de Fondo (COBE) y por la sonda Wilkinson-WMAP (ambos de la NASA), la cosmología pasó de ser una actividad especulativa a una ciencia de precisión.

Con los datos del WMAP hemos podido reconstruir los primeros instantes del universo y establecer que tiene una edad de 13,730 millones de años con un error de apenas 1%. WMAP también reveló que los átomos de los que estamos hechos nosotros los humanos y los planetas y las estrellas son apenas un 4,6% del universo, el resto del universo está hecho de energía oscura (72%) y materia oscura (23%).

4. WMAP Legacy Archive for Microwave Background Data en: <http://cmbdata.gsfc.nasa.gov/>



Para mí una de las lecciones más valiosas que nos dejó la llegada a la Luna es que ese día descubrimos la Tierra. Ese día aprendimos una valiosísima lección de humildad al ver a nuestro planeta Tierra desde la Luna, allí, solitario y pálido, frío y vulnerable, levantándose sobre el horizonte lunar como si fuera un punto más del firmamento. El mensaje es muy claro: la llegada a la Luna representó la culminación de un experimento que comenzó hace 3.000 millones de años con los primeros microorganismos que poblaban nuestro planeta. Visto desde lejos, se puede apreciar lo que realmente es el planeta Tierra: un puntito, como una diminuta nave espacial, moviéndose en el espacio con una tripulación de 6.600 millones de pequeños astronautas. Esta visión nos debería inspirar para cuidar mejor nuestra nave espacial y para dejar de darnos palo entre nosotros con tantas guerras.

Figura 8.

Bosquejo de la superficie lunar realizado por Galileo.



Reflexión

Los hechos históricos que conmemoramos hoy cobran un significado especial, justamente cuando también celebramos los 400 años de la primera observación astronómica realizada por un profesor de matemáticas desde el techo de su casa en Padua, con un novedoso instrumento: el telescopio, hasta el momento usado como juguete de feria pero perfeccionado y puesto a buen uso por el profesor.

Fue Galileo quien hace 400 años miró a la Luna de frente y observó las imperfecciones de su rostro. Reconoció protuberancias, valles y cráteres semejantes a nuestros propios paisajes. Armstrong y Aldrin pudieron confirmar directamente que esos cráteres corresponden a atributos reales de la Luna. Lástima que los críticos de Galileo, quienes ennegrecidos por sus ideologías se negaban a aceptar que los cuerpos celestes no son perfectos, no estuvieron presentes hace 40 años frente a su televisor.

5. En realidad la primera foto de la Tierra vista desde la Luna fue tomada por los astronautas de la misión Apollo 8.

"We choose to go to the moon in this decade and do the other things, not because they are easy, but because they are hard, because that goal will serve to organize and measure the best of our energies and skills, because that challenge is one that we are willing to accept, one we are unwilling to postpone and one which we intend to win".
J. F. Kennedy 1962.

Referencias

Livio, M. (2006, julio 6), "Hubble's Top 10", en *Scientific American*, disponible en: <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=hubbles-top-10>.

Monastersky, R. (2009, julio 16), "Shooting for the Moon", en *Nature*, vol. 460, p. 354.

6. "Nosotros escogimos ir a la Luna en esta década a hacer otras cosas, no porque eso fuera fácil — pues en realidad es una ardua tarea —, sino porque esta meta servirá para organizar y medir nuestras mejores energías y destrezas, ya que este es uno de los desafíos que estamos dispuestos a aceptar, que no estamos dispuestos a posponer y uno de los que queremos ganar".

Figura 9.

El Doctor Wernher Von Braun, explica al Presidente John F. Kennedy el sistema de lanzamiento del cohete Saturno en noviembre de 1963.



La importancia de la historia de la astronomía como introducción al estudio de la física

GUILLERMO PINEDA
Físico, M. Sc.
PROFESOR TITULAR INSTITUTO DE FÍSICA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, MEDELLÍN
gpineda@quimbaya.udea.edu.co



Resumen

Se plantea una reflexión sobre la estrecha relación existente entre los orígenes de la astronomía, la física y la ciencia moderna, conducente a la revisión de los contenidos y las metodologías de la enseñanza de las ciencias naturales en los niveles básicos de la educación, que favorezca su comprensión y la apropiación del conocimiento científico como factor de enriquecimiento cultural.

El calendario

La conmemoración del Año Internacional de la Astronomía es una buena oportunidad para reflexionar en torno al papel que esta disciplina ha desempeñado en el desarrollo del pensamiento científico, y el que podría cumplir en la enseñanza de la física y de las ciencias naturales en los niveles básicos de la educación.

Empecemos por remontarnos a los antecedentes más remotos del registro y de la sistematización del conocimiento del mundo de que se tenga noticia. Para lograrlo debemos retroceder en el tiempo unos siete mil años y viajar a la Mesopotamia donde, según indicios confiables, se inventó la escritura y se sentaron las bases de la civilización. Las primeras ciudades surgieron por el asentamiento de grupos de humanos que se habían convertido en agricultores y granjeros después de abandonar la caza y la recolección de frutos silvestres como fuente primordial de subsistencia. Pero la supervivencia y el bienestar de grandes comunidades demandan sistemas de administración, contabilidad y planeación, más sofisticados que los requeridos por un pequeño clan. Como respuesta a estas necesidades surgieron las primeras formas de escritura y de matemáticas con propósitos comerciales. Como sucede en toda región donde los ciclos estacionales están acompañados por cambios climáticos severos, la previsión del tiempo tiene una importancia vital, y es gracias a esta situación que la observación de los cielos deja de ser el pasatiempo de pastores que velaban en campo abierto al lado de sus ovejas, para convertirse en una actividad seria y con pleno reconocimiento social, de la cual dependía la elaboración del calendario, guía y referencia de algunas de las actividades de mayor trascendencia para la sociedad.

La observación desprevénida del cielo en una noche despejada revela al espectador el maravilloso espectáculo del movimiento coordinado de miles de estrellas que parecen girar alrededor de un punto fijo. La repetición sucesiva de esta experiencia conduce a la familiaridad y al reconocimiento de los grupos de estrellas, que luego fueron bautizados de acuerdo con las imágenes que evocaban en la mente de los primeros que observaron la constancia de sus posiciones relativas y la regularidad de sus movimientos. De esta manera el cielo se pobló con las representaciones de los objetos, los animales y los héroes que hacían parte del imaginario de las civilizaciones que iniciaron la observación sistemática de los astros y dejaron un registro de su actividad.

Tal vez lo primero que llama la atención a quien se inicia en la observación de los astros es la regularidad del movimiento estelar. Con invariable sincronía y sin perder ni el paso ni la posición, las estrellas giran una y otra vez alrededor de los polos, describiendo en la bóveda celeste círculos perfectos cuyos radios aumentan de manera paulatina a medida que la posición se aleja del Polo Norte, hasta alcanzar el máximo valor en el lugar que divide en dos partes iguales el mundo celeste y que, por esta razón, recibe el nombre de Ecuador. La subsiguiente reducción de los radios orbitales según la proximidad de las estrellas al Polo Sur sugiere casi imperativamente la forma de una esfera para el receptáculo de los cuerpos celestes, figura reiterada en la mayoría de los modelos astronómicos primitivos. En contraste con la uniformidad y la regularidad del movimiento de las estrellas, siete conspicuos objetos siderales navegan por el firmamento siguiendo sus propios caminos. El nombre de cada uno de los días de la semana es un homenaje a estos vagabundos que, para algunos, simbolizan los más altos ideales de

El nombre de cada uno de los días de la semana es un homenaje a estos vagabundos que, para algunos, simbolizan los más altos ideales de la humanidad:



la humanidad: la libertad absoluta y la omnipotencia. Fueron dioses creados a imagen y semejanza de quienes los concibieron, que adolecían por igual de las pasiones, las flaquezas y los defectos de sus progenitores.

La coincidencia entre el inicio y el final de los ciclos estacionales y la posición del Sol respecto a las estrellas fue advertida desde muy temprano, dando lugar a la determinación del gran ciclo de unos 365

Figura 1
Zodiaco
de Denderah.

Figura 2.
Tetraémblos.



días que define el año solar y constituye la base del calendario (Dampier, 1942). Otros optaron por los ciclos de la Luna para establecer la misma referencia. Unos y otros se preguntaban cómo es posible que el ritmo de los cielos se acerque tanto a la perfección del número mágico 360, múltiplo de 12 y de 30, sin llegar a realizarlo. No podía ser casual, se decían los astrónomos, que el gran ciclo del Sol se aproximara tanto a una docena de ciclos lunares, e insistían en hallar relaciones entre ellos. Pero los misterios del mundo celeste no se develaron fácilmente a los hombres, que creían percibir claves y sugerencias en los más mínimos indicios, y se afanaban por dilucidarlos. La sospecha de la existencia de un propósito en el movimiento de los astros y en la ocurrencia de los fenómenos celestes condujo a la búsqueda de regularidades ocultas a la mirada desprevenida. El logro de predecir eventos excepcionales como los eclipses y las conjunciones planetarias realimentó la confianza de los astrónomos en alcanzar una comprensión plena del comportamiento de los cielos, pero aumentó las expectativas sobre la posibilidad y la necesidad de anticipar nuevos sucesos.

Astronomía alternativa

No faltó quien pensara que la correlación entre la repetición cíclica de las configuraciones celestes y la sucesión de los eventos climáticos no podía ser casual, e interpretó este hecho como la manifestación de un poder divino que desde los cielos determinaba el acontecer terrenal. A partir de entonces, además de sus responsabilidades como contable y taxonomista de estrellas, el astrónomo se enfrentó a la necesidad de satisfacer la curiosidad de quienes no se contentaban con saber dónde y cuándo sucedería un evento astronómico, sino que querían saber por qué. Cuando la curiosidad provenía de las más altas

esferas del poder no existía la opción de admitir la ignorancia, y ante la imposibilidad de encontrar respuestas válidas a cuestiones tan trascendentes —tal como ha sucedido con gran frecuencia desde que se inventó el lenguaje—, la imaginación y la conveniencia proveyeron respuestas oportunas o, si se quiere, oportunistas, a menudo inverificables. Gracias a la credulidad de los poderosos astrónomos, que habían heredado de los pastores el conocimiento del discursar de los cielos, se vieron elevados a la dignidad de sacerdotes, responsables de actuar como intérpretes e intermediarios entre los seres humanos y las potencias celestiales, lo cual significó la fortuna para quienes supieron aprovechar la situación, y para otros la desgracia, según soplaran los vientos y las coincidencias entre eventos y predicciones según fueran favorables o no. Los actuales émulo de los primeros astrólogos, que no son pocos, aún amasan grandes fortunas explotando, al igual que sus antecesores, la ignorancia y la ambición de quienes creen que el destino se puede comprar y que si se dispone de suficiente poder o influencia, hasta las leyes de la naturaleza se pueden violar.

De Ptolomeo a Copérnico

Luego de alcanzar el clímax en la época alejandrina la astronomía antigua, convertida en una actividad más cercana a la matemática que a la física, transcurrió con pocas variaciones durante cerca de mil ochocientos años hasta el Renacimiento, cuando una serie de circunstancias muy particulares habría

Figura 3.
Representación
del sistema
de Ptolomeo.



de sacarla del letargo en el que había permanecido. El apreciable desfase entre solsticios y equinoccios con las efemerides del calendario juliano, vigente por más de mil quinientos años, llevó al papa Gregorio XIII a finales del siglo XVI a demandar de los astrónomos una revisión del mismo, que terminó por extenderse a los fundamentos de la astronomía. No menos importante que la comisión pontificia, el relativamente reciente descubrimiento de un nuevo continente, y la exigencia que implicaba para la astronomía la necesidad de orientación y ubicación de los barcos en alta mar mediante las estrellas, se constituyó en una gran oportunidad para considerar nuevas posibilidades, en materia de modelos astronómicos, y cuestionar la validez del modelo geocéntrico de Ptolomeo, y su abstruso sistema de epiciclos, equantes y deferentes. Las inmensas dificultades del cálculo astronómico hacían clamar a los astrónomos por modelos más sencillos y eficientes. Entonces surgió la propuesta heliocéntrica, de la mano del pitagorismo y del neoplatonismo, muy de moda entre los intelectuales y librepensadores de la época que no se plegaban al pensamiento escolástico cuyo referente principal era la filosofía de Aristóteles. El modelo de Copérnico plasmado en su *De las revoluciones de los orbes celestes* revolucionó la astronomía y conmocionó el mundo de las ideas, y si bien no aportó un alivio significativo a la complejidad de los cálculos astronómicos, por lo menos se planteó como una alternativa de mayor sencillez conceptual al modelo aceptado por las autoridades civiles y eclesásticas (Kuhn, 1997).

Como suele suceder cuando aparecen ideas novedosas que confrontan el pensamiento oficial, el heliocentrismo tuvo defensores y detractores, tanto en los aspectos técnicos como en los puramente doctrinarios, que elaboraron todo tipo de argumentos en defensa de su posición. Pero fueron los protestantes quienes en primer lugar dieron la alerta de herejía, a pesar de haber sido un astrónomo de esta confesión religiosa, Cornelio Rético, quien alentó a Copérnico a publicar su obra, e incluso se ocupó de los aspectos prácticos de la edición. La objeción de los protestantes se fundamentaba en un conocido pasaje bíblico donde se narra cómo —durante una de las tantas batallas que el pueblo elegido ha librado en su interminable lucha para tomar posesión de la tierra prometida, cuando estaba a punto de caer la noche— Josué, su capitán en aquel momento, mandó al Sol a detenerse hasta que sus gue-

rnos hubieran logrado la victoria. Para Lutero era muy claro que en el citado pasaje se aludía explícitamente al movimiento del Sol negando, implícitamente, cualquier movimiento de la Tierra. Por su parte el mundo católico no mostró animadversión alguna hacia la obra del astrónomo polaco durante unos setenta años, en parte, quizás, por la advertencia del prólogo apócrifo del que se valió el impresor protestante, Andreas Osiander, para salvar su inversión, luego de las críticas formuladas por los pastores de su iglesia. La obra de Copérnico fue presentada como una mera hipótesis de trabajo, cuya única finalidad sería la de facilitar la labor de los astrónomos, sin pretensión alguna de cuestionar la validez del modelo geocéntrico. Sin embargo, cualquier persona que se tomara el trabajo de leerla se daría cuenta de inmediato de que la intención del autor no era sólo heurística, sino que planteaba un cambio radical en la concepción del universo, una verdadera revolución en el sentido que desde entonces ha tomado la palabra. Pero, salvo algunos entendidos, muy pocos se tomaron el trabajo de leer la obra del astrónomo polaco, dada la aridez del texto y el carácter técnico de su contenido. No obstante, los vientos pronto habían de cambiar. La gran ductilidad ideológica del protestantismo, consecuente con la doctrina de la interpretación libre y personal de los textos sagrados, permitió que fuera un astrónomo de esta congregación, Johannes Kepler, quien se eligiera como el gran defensor del modelo copernicano, en armónico complemento —juntos, pero no revueltos— con el católico Galileo. Mientras Kepler se daba a la tarea de demostrar la validez de la obra de Copérnico mediante cálculos basados en las cuidadosas observaciones astronómicas de Tycho Brahe, Galileo, por medio de su telescopio, develaba un panorama astronómico que poco o nada tenía que ver con la divina perfección predicada por Aristóteles y sus seguidores escolásticos para los cuerpos celestes (Galileo, 1984).

Las inmensas dificultades del cálculo astronómico hacían clamar a los astrónomos por modelos más sencillos y eficientes. Entonces surgió la propuesta heliocéntrica.

El testigo de los cielos

La adhesión de Galileo al copernicanismo, fundamentada en sus extraordinarios descubrimientos telescópicos, le dio un sólido respaldo a esta propuesta de la astronomía, sobre todo por el inmenso prestigio y las poderosas relaciones de que gozaba el filósofo y matemático de la corte de los Medici. Pero enemigos no menos poderosos y bien relacionados estaban dispuestos a combatir unas ideas que suponían, en último término, un desafío para la autoridad y la credibilidad de la doctrina católica, estrechamente relacionada con el aristotelismo desde la promulgación de la *Suma Teológica* de Tomás de Aquino (De Santillana, 1967). La doctrina aristotélica del movimiento se erigió como el gran obstáculo a vencer para lograr el reconocimiento y la aceptación del sistema de Copérnico. Galileo se esforzó en elaborar finos razonamientos filosóficos en defensa del heliocentrismo, e incursionó peligrosamente en los terrenos de la teología al sostener que las afirmaciones de la Biblia no se debían tomar de manera literal, so pena de tener que conferirle a Dios atributos humanos (Galileo, 1994). En esto contó con el apoyo de importantes jerarcas de la Iglesia que suscribían la idea de que la Biblia nos dice cómo ir al cielo, no cómo va el cielo. Pero mientras Galileo filosofaba y hacía teología, los filósofos peripatéticos acudían al sentido común para cuestionar a los pitagóricos, defensores del movimiento de la Tierra, preguntándose cómo era posible que si tal movimiento existía, no se apreciaran los efectos que de él se debían derivar: vientos huracanados del este, y la desviación sistemática de los cuerpos que caen hacia el oeste.

No obstante su prestigio intelectual y sus sólidas demostraciones matemáticas y astronómicas, Galileo sucumbió ante la conspiración de sus enemigos dentro de la Iglesia, y se erigió en la víctima propiciatoria de una consulsionada situación política. Luego de haber publicado, con el beneplácito de la Sagrada Inquisición, sus *Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo* (Galileo, 1967), Galileo fue acusado de traicionar la confianza del Papa, y de violar una vieja intención por la que se le habría prohibido referirse de manera alguna a la obra de Copérnico.

Figura 4.
Niccolò
Copérnico
con su modelo
de las
revoluciones
de los orbes
celestes



Figura 5.
Galileo Galilei
frente a la
Inquisición
romana en
1633.
pintura
de Cristiano
Banti, 1857.



Eppur si muove

Condenado a prisión domiciliar a perpetuidad, y al silencio en todo lo referente a la astronomía, Galileo se dedicó a la, en apariencia, inocente labor de estudiar el movimiento de los proyectiles y la caída de los cuerpos, que dio lugar a la publicación subrepticia de sus *Discursos y demostraciones sobre dos nuevas ciencias* (Galileo, 1976), donde se dio el gusto de demoler de manera sistemática y definitiva la doctrina aristotélica de los movimientos naturales y violentos, que servía de fundamento a las objeciones que desde el sentido común hacían los escolásticos a la posibilidad del movimiento de la Tierra. De paso Galileo sentó las bases para la fundación de la física y de la ciencia moderna.

Ante el poderoso argumento contra el movimiento de la Tierra esgrimido por los peripatéticos, fundamentado en la ausencia de efectos sensibles debido a las supuestas rotación y traslación de la Tierra, Galileo respondió con la sencilla sentencia de que el movimiento no se siente. Contrariando la doctrina aristotélica que asume que el movimiento es un efecto que, como tal, siempre ha de tener una causa, bien en su naturaleza, o en un agente externo que violenta la misma, Galileo consideró que el movimiento es un estado en el que se puede encontrar un cuerpo y que dicho estado, de reposo o de movimiento uniforme, permanece invariante en tanto no actúan agentes externos sobre dicho cuerpo. De esta manera, y desde el principio, la física resulta ser una elaboración racional contraintuitiva que desafía la "sana lógica" del sentido común. En consecuencia, no es de extrañar que el gran público observe la física con desconfianza y la considere una actividad exótica e incomprensible para el común de los mortales. Me atrevo a afirmar que es en esta circunstancia de donde surge la gran resistencia, e incluso la hostilidad —manifestada por la mayoría de los estudiantes en los niveles medios y básicos hacia el estudio de la física—, actitud que, con demasiada frecuencia, habrá de acompañarnos por el resto de sus vidas. Una reflexión profunda sobre esta situación nos permitiría buscar correctivos y proponer estrategias pedagógicas más amables y eficaces.

Respuestas sin preguntas

La mecánica de Newton, y su teoría de la gravitación universal, síntesis de las obras de Kepler y Galileo, corregidas y aumentadas por el físico inglés, constituye el fundamento de la ciencia moderna. Pero, ante todo, es la respuesta mejor elaborada y más coherente al problema del movimiento astronómico y, de paso, es una primera aproximación eficaz al problema general del movimiento de los cuerpos. Sin embargo, el análisis de los contenidos y las metodologías corrientes en la enseñanza de la física en los niveles básicos e introductorios, nos muestra una presentación en sucesión aséptica, lógica y lineal de principios y teorías como si fueran respuestas a preguntas que nunca fueron formuladas. Y uno se pregunta: ¿cómo puede esperarse que un joven estudiante manifieste el más mínimo interés por las sutilezas matemáticas del movimiento uniformemente acelerado, o por los diferentes sistemas de pesos y medidas, si no tiene ni la más mínima referencia de las circunstancias que condujeron a su discusión y constitución? ¿En qué momento el estudio de la física dejó de ser —como sí lo fue para Kepler, Galileo y Newton, e incluso para Aristóteles— una reflexión sobre el mundo físico, para convertirse en la fría presentación de los contenidos de los libros de texto, cuya aparente única utilidad es la de poder resolver los problemas que aparecen al final de cada capítulo?

Es frecuente que la única ocasión en la que se menciona a los estudiantes la ley de gravitación es para exponerla como un ejemplo de la aplicación de la segunda ley de Newton, desconociendo el hecho de que fue el problema del movimiento planetario, genítilmente asociado al de la caída de las manzanas, el que condujo a Newton a plantear sus famosas tres leyes. Por otra parte, el énfasis desmesurado que se suele hacer en el formalismo matemático en los cursos regulares de física, en contraste con la escasa discusión conceptual, apunta en la dirección de capacitar al estudiante para algo que muy excepcionalmente llegará a hacer en su vida: un cálculo. Por el contrario, el bombardeo mediático de información sobre los últimos descubrimientos de la cosmología, difícilmente encuentra en la formación académica básica un referente o una orientación.

Ciencia global

La aparición de la ciencia moderna, como un suceso histórico y coyuntural en la Europa del Renacimiento, ha extendido su influencia a todos los ámbitos de la humanidad mediante la tecnología y la cultura, lo que ha conducido al establecimiento de una civilización que depende de manera cada vez más de todas las expresiones del conocimiento. Si bien las razones de supervivencia y las condiciones socioeconómicas de los países donde nació y se desarrolló el conocimiento científico son extrañas a nuestra realidad tropical, la globalización y el alto grado de interdependencia que se da en el mundo actual, hace de la

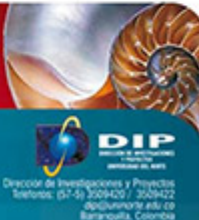
Las inmensas dificultades del cálculo astronómico hacían llamar a los astrónomos por modelos más sencillos y eficientes. Entonces surgió la propuesta heliocéntrica.

Ciencia y tecnología para el desarrollo y la transformación social



Los grupos de investigación UNORTE realizan y están en capacidad de ejecutar proyectos de investigación, desarrollo e innovación de tipo empresarial, social, ambiental y cultural, así como estudios e implementación de nuevas tecnologías en beneficio de la sociedad.

www.uninorte.edu.co



ciencia y la tecnología activos imprescindibles. No existe la opción de abstenerse de participar, de una u otra manera, en los procesos científicos y tecnológicos en curso, como mínimo en calidad de consumidores. Pero aun en esta condición, el conocimiento y la formación en ciencias constituyen un requisito insoslayable, lo cual nos lleva a plantear la necesidad de revisar los contenidos y las metodologías de la enseñanza de la ciencia, en general, y de la física, en particular, con el fin de capacitar de manera más efectiva a nuestra población para los retos que plantea la globalización.



Epílogo

Me atrevo a plantear la posibilidad de que la aproximación al pensamiento científico desde la historia de las ideas y, en particular, de la astronomía, como estrategia pedagógica, nos podría llevar, algún día, a ocupar un lugar digno en la futura historia de la ciencia.

Medellín, 18 de agosto de 2009.

Referencias

- Dampier, W.C. (1947). *A History of Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- De Santillana, G. (1967). *The Crime of Galileo*, Chicago, University of Chicago Press.
- Galilei, G. (1976). *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevos ciencias*, Madrid, Editorial Nacional.
- _____. (1967). *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*, Stillman Drake (trad.), California, University of California Press.
- _____. (1984). *El mensaje y el mensajero sideral*, Madrid, Alianza Editorial.
- _____. (1994). *Carta a Cristina de Lorena*, Madrid, Alianza Universidad.
- Kuhn, T. (1997). *La revolución copernicana*, Lima, Ariel Editores.



DOCTORADOS

- **Doctorado en Ciencias Biológicas**
SNIES No. 5331
- **Doctorado en Ciencias Jurídicas**
SNIES No. 53471
- **Doctorado en Ciencias Sociales y Humanas**
SNIES No. 54104
- **Doctorado en Derecho Canónico**
Únicamente otorga título eclesástico
- **Doctorado en Estudios Ambientales y Rurales**
SNIES No. 52283
- **Doctorado en Filosofía**
SNIES No. 1037
- **Doctorado en Ingeniería**
SNIES No. 53804
- **Doctorado en Teología**
SNIES No. 1038



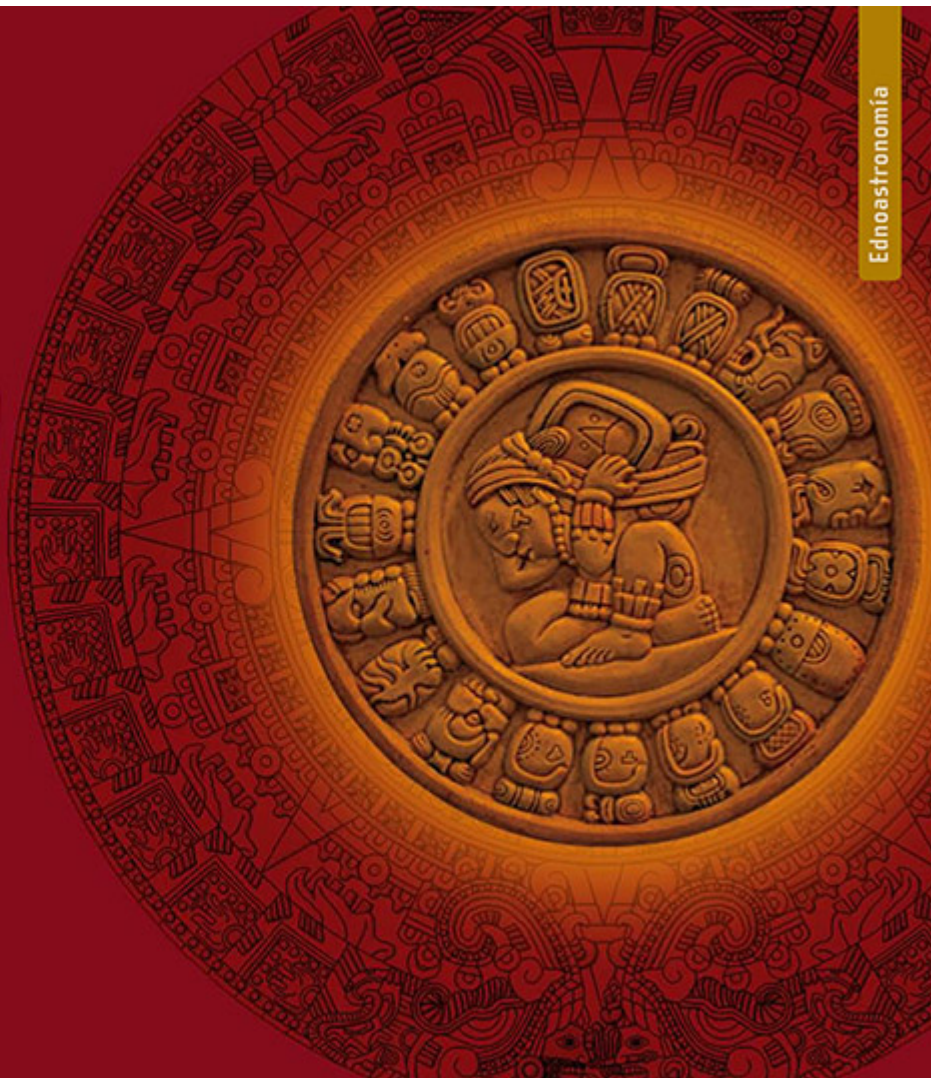
MAYORES INFORMES

PROGRAMA CONTACTO: Centro de Atención a Aspirantes

Dra. 7 No. 40-02, Edificio 19 - José Celestino Andrade, S.J. Bogotá - Colombia
 Cal Center: (57) 4262811 - Tel: (57) 3296020 Ext: 2556 - 2541 - 2542
programadoc@javeriana.edu.co
<http://www.programadoc@javeriana.edu.co>

ASTRONOMÍA INDÍGENA

GERMÁN PUERTA RESTREPO
ESPECIAL PARA INNOVACIÓN Y CIENCIA, ACAC
gpuerta@astropuerta.com.co



La historia de nuestra fascinación con el cielo es larga y compleja. No solamente nos maravillamos con los enigmas del firmamento, sino que también son el objeto de nuestros sueños, de nuestras nobles aspiraciones y la causa de nuestras más profundas preocupaciones. Como todas las ciencias, la astronomía ha nacido, seguramente, de las necesidades de la vida cotidiana y también de los temores e inquietudes del ser humano primitivo frente a los fenómenos naturales. Cada cultura tiene su historia arraigada en las más antiguas tradiciones de cómo la tierra, el cielo y la humanidad se formaron.

Así, en su intento por dar forma al cosmos, las metáforas derivadas de la observación crearon las más profundas y poéticas concepciones del universo. El Sol como fuente de luz y vida renueva su valor en el equinoccio de primavera, fecha especial en numerosas culturas de todo el mundo. La Luna, sus fases, y las curiosas manchas en su cara visible, también le otorgaron una amplia variedad de mitos, muchos de ellos como pareja o rival del Sol, por la extraordinaria circunstancia de que estos astros aparentan un mismo tamaño en la bóveda celeste.

Pero entre todos los mitos de los cuerpos celestes, sin duda, los más notables se refieren a las constelaciones, una compleja mezcla de aspiraciones humanas, religión, leyenda y poesía, un sistema de ordenamiento del caos estelar con formas de animales, dioses, y héroes eternizados en el firmamento. Para distinguir las estrellas en las diversas épocas del año, todas las culturas acostumbraron a agrupar las más brillantes en conjuntos geométricos, más o menos grandes, que primero se utilizan como referencias y luego fueron figurados y dramatizados con toda clase de historias y leyendas. Todas las culturas han delineado sus propias constelaciones proyectando en ellas sus mitos y leyendas.

La aplicación más práctica derivada de la observación del cielo es, además, una de las más antiguas, pues desde épocas remotas se hizo evidente que el día, la noche y las estaciones son pasajes de tiempo que se repiten con asombrosa regularidad y precisión. En casi todas las culturas, el ciclo anual del Sol y las fases de la Luna han sido la base del registro del tiempo, aun hasta nuestros días, mediante uno de los inventos más antiguos de la humanidad: la confección de relojes y calendarios en una gran variedad de formas y sistemas. Ningún pueblo hubiera podido progresar sin un calendario.

Junto a aquella aplicación surgió otra: la orientación. Los viajes y la navegación exigían también un conocimiento de los movimientos del Sol y las estrellas.

Como lo vemos en este artículo, gracias a la arqueoastronomía y a la etno-astronomía ahora conocemos cómo los pueblos antiguos y las comunidades actuales realizaban y realizan estas observaciones.

La astronomía en la América indígena

En América las ideas astronómicas se desarrollaron notablemente. Los pueblos maya, azteca e inca tenían conocimientos sobre las ciencias y las artes, y en algunos aspectos estaban más avanzados que las grandes civilizaciones de la antigüedad. Es común encontrar tanto en Mesoamérica como en el área andina, templos dedicados al Sol y a la Luna. Y en la pintura mural mexicana, almanaques llamados por los aztecas *tonaltematl*, con augurios y profecías para los recién nacidos, y con el día y el signo de su nacimiento.

La elaboración de calendarios y almanaques por mayas y aztecas estaba sustentada tanto en una rigurosa observación a lo largo de los siglos, como en los mitos relativos al cosmos y el registro del tiempo. Todo aquello era grabado en los extraordinarios monumentos, pirámides y estelas calendáricas.

En las grandes civilizaciones precolombinas, la astronomía logró niveles de desarrollo tanto o más impresionantes que en chinos, caldeos, griegos o árabes, como lo atestiguan los calendarios y los observatorios que encontramos a lo largo del continente. El cronista Felipe Guamán Poma de Ayala, entre 1584 y 1616, nos cuenta:



Los incas tenían un calendario elaborado y preciso, y un especialista en calendarios: Juan Yumpa, de Uchumarca, a quién llaman el astrólogo poeta, que sabe de las trayectorias del Sol y la Luna, de los eclipses, de las estrellas y de los cometas, de las horas, de los meses y años, y también de los cuatro vientos del mundo, para sembrar desde hace mucho (en Ibarra, 1982: 90).

El científico Jacob Bronowski nos ofrece su propia interpretación de unas figuras notables en el Altar Q del templo de Copán, en Honduras:

Los complejos de templos mayas albergaban el retrato de un grupo de astrónomos en un gran altar de piedra. Se conmemora un antiguo congreso astronómico que se celebró en el año 736 d. C. Diez-cinco matemáticos acudieron a la Ciudad Sagrada de Copán en Honduras para resolver las dificultades de los guardianes mayas del calendario. Llevaban dos calendarios, uno sagrado y uno profano, que nunca coincidían por problemas de cálculo astronómico. Eso fue todo lo que se resolvió en ese año. Luego los delegados pesaron orgullosos para sus retratos (en Krickberg, 1999: 243).

Así que la astronomía era una profesión importante, materia de especialistas y de radical importancia en el cálculo del tiempo y el pronóstico de las estaciones.

La creación del mundo, sobre la que para nada servían los cálculos matemáticos, era narrada entre los aztecas como obra de sus más grandes deidades:

Quetzalcóatl y Huitzilopochtli hicieron primero el fuego y luego medio sol, el cual por no ser eterno no rumbaba mucho sino poco. Luego hicieron a un hombre y una mujer. Luego hicieron los días y los partieron en meses. Luego crearon los cielos e hicieron el agua donde crearon un pez grande que llamaron Cipactli, y de este pez hicieron la tierra y ordenaron que de ella salieran todos los frutos necesarios para la vida de los hombres (Kluckhohn, 1999: 26).

El origen del mundo entre los indios pánones de Nebraska también fue producto de la poderosa magia de su supremo dios:

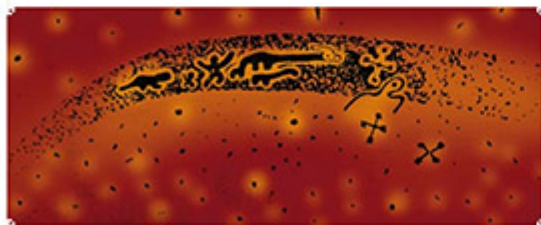
Al Norte colocó la Estrella Polar, e hizo de ella la primera estrella del cielo.
Al Sur situó la Estrella de los Espíritus.
Después puso cuatro estrellas, una al Nordeste, otra al Noroeste, otra al Sureste,
y otra al Suroeste y dijo: "¡Este oficio será sostener el cielo!" (Krupp, 1991: 203).

En la variada mitología del continente americano, el Sol es el corazón del universo, símbolo de vida y poder, inteligencia y honestidad, emblema de eminencia, honor y gloria. Para los incas también fue la suprema deidad, Inti, y lo representaban bajo forma humana, con tres rayos luminosos en la cabeza, serpientes enroscadas en los brazos y pumas de mirada vigilante sobre los hombros. Y para los aztecas fue Itzamal, venerado con sacrificios humanos en función de perpetuar la existencia.

Las estrellas también tienen su propia interpretación como la sencilla explicación que encontramos en la leyenda de los yukuna-matapí, indígenas de la amazonía colombiana: "Encima de esta tierra están las estrellas, que son los collares, las coronas de plumas y las lágrimas de nuestros ancestros" (Vries de Greff y Reichel, 1987: 63).

Entre todas las estrellas del firmamento, las más notables son las del grupo de las Pléyades, fantástica vidua que nos ofrece el cielo en vecindades de la constelación conocida como Tauro. De acuerdo con el cronista Fray Bernardino de Sahagún, a la llegada de los españoles los aztecas pensaban que el fin del mundo estaría ligado al tránsito de las Pléyades en el cielo de noviembre a la medianoche, en un ciclo de 52 años. Si nada pasaba, el Sol, en oposición a las Pléyades, emergía triunfante y listo para otro largo viaje.

Actualmente en muchos lugares de la América andina les llaman Las Cabrillas, y en el alto Perú aseguran—cuando las observar por vez primera en los cielos de agosto—que habrá buenas cosechas si son muy brillantes, o un mal año si se presentan muy pequeñas.



No menos ricas son las alegorías americanas sobre la Vía Láctea, y la más original de las interpretaciones se encuentra en América del Sur, en donde los antiguos incas observaban en las zonas oscuras de la Vía Láctea las denominadas constelaciones negras con formas de animales. Se conoce así a la Constelación de la Llama y su Condoro, formada con las manchas oscuras de la Vía Láctea en el hemisferio sur.



Los indios de Pacasmayo, en Perú, consideraban a la Luna más poderosa que el Sol porque éste no aparece de noche, en cambio, la Luna se deja ver tanto de noche como de día; además, la sabían causante de los alborotos del mar con rayos y truenos. Los aztecas aseguraban que la Luna creciente iba devorando a las estrellas.

La Luna es el único cuerpo celeste en el que se pueden observar detalles a simple vista, y el rasgo más obvio, en la cara visible, son las manchas oscuras que desde épocas remotas han intrigado a la humanidad. Las historias más comunes son las que mencionan la imagen de un conejo y es claro que no hay que tener demasiada imaginación para observar las marcas y figurar aquel animal.

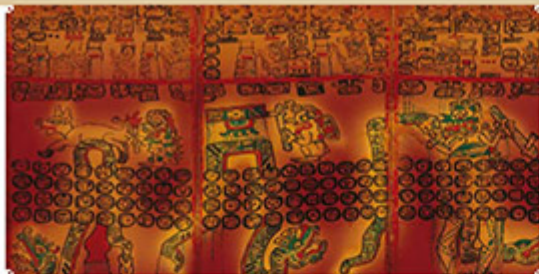
Entre los cakchiqueles de las montañas de Guatemala, el eclipse solar es mucho más peligroso que el lunar, porque en el primero espíritus diabólicos de toda clase salen de la profundidad de la tierra para atrapar a la gente. La primera obligación es dirigirse a las puntas de los cerros con todo tipo de anafecto capaz de producir ruido, desde tambores hasta cachamos golpeados con palos. El ruido ayuda al Sol o a la Luna a evadir la muerte que les amenaza. Esta creencia es seguramente una herencia del temor azteca a los eclipses como lo atestigua el cronista Bernardino de Sahagún:

Quando el Sol comenzaba a desaparecer: los débiles y los cautivos eran sacrificados para ofrecer su sangre, y en todos los templos había cantos y gritos de guerra. Se temía que el Sol desapareciera y el mundo quedara en tinieblas para siempre. Los demonios de la oscuridad vendrían y se comerían a los hombres. Cuando la Luna era eclipsada con su cara oscura y cenicienta las mujeres temían que sus hijos por nacer se convirtieran en ratones (en Areni, 1960: 26).

Así mismo, los eclipses son considerados a menudo como un mal augurio o causantes de enfermedades, esto ocurre en algunos lugares de América del Sur donde todavía se piensa que un eclipse de Sol es señal de una próxima epidemia de viruela.

Es interesante notar que en la mitología incaica el planeta Mercurio era llamado por mercaderes, caminantes y viajeros como Cótulla, que quiere decir Mercado Iluminado. Por la dificultad de su observación Mercurio siempre tuvo un papel secundario en la mitología americana. Para los indios skidi-pawnee de Nebraska era el hermano menor de la Estrella de la Mañana, y en otras culturas era el pequeño hijo del Sol y la Luna.

Por su brillo, la mitología planetaria más rica es la de Venus. En muchas culturas fue símbolo de dualidad, muerte y renacimiento; y por su forma de aparecer, a veces era considerada como estrella matutina y otras, como vespertina. Los mayas imaginaban a Venus como hermano mayor del Sol, puesto que siempre se encuentra cerca de él, precediéndole en su salida y en su puesta. Le temían como agente de peligro y malos presagios, llegando a encerrarse en sus viviendas para evitar su maligna influencia. Fue tal la veneración que la cultura maya le dedicó al planeta, que su ciclo es la base del denominado Calendario Maya, tan preciso que en 500 años apenas se equivoca en dos horas.



Venus es representado por el dios azteca Quetzalcóatl, la serpiente emplumada, la unión del águila y la serpiente, creador de la humanidad y máxima divinidad en la cosmología mesoamericana:

Luego que se atavó, él mismo se prendió fuego y se quemó.
Al acabarse sus cenizas, al momento fue al cielo.
Decían los viejos que se convirtió en la estrella que al alba sale.
Decían que cuando él murió en cuatro días no apareció.
Y en otros cuatro días se preveyó de fechas.
Por lo cual a los ocho días apareció la gran estrella que llaman
Quetzalcóatl (Veni, 1910b: 18).

La aparición de Marte en el firmamento, con su inquietante color rojo, generalmente fue asociada por los antiguos astrólogos con el desorden y la destrucción, según lo constatamos en muchas leyendas y mitologías. Entre los incas, Marte recibió el nombre de Aucycoc, protector de los soldados y encargado de las cosas de la guerra.

En cuanto a Júpiter, los incas le llamaron Pinu, Guardián del Imperio; y es curioso que a Saturno le designaron el nombre de Huchú, que significa "déspota", "cruel" y también responsable de la peste y las enfermedades, los rayos y los truenos.

La región de la bóveda celeste que comprende a Orión, Tauro, las Pléyades, el Can Mayor y la Estrella Sirio es muy rica en historias y mitos, tal vez por contener estrellas muy brillantes y figuras de constelaciones muy notorias. En algunas historias de la región Caribe, Orión era un joven pescador que estaba enamorado de una linda indígena, las Pléyades. Pero la joven era hija de una vieja llamada Bihí, la Suegra, que no quería ese marido para su hija, razón por la cual en las noches le robaba los peces de su cesta. Así Orión se mantenía muy pobre y esto era aprovechado por El Tapir, representado por el grupo de estrellas llamadas las Hyades, para cortejar a las Pléyades. Los kalifá, arawak y otras tribus de las Guayanas y del área amazónica cuentan que la joven representada por las Pléyades tenía un hermano, Aldebarán, que le corta una pierna a Orión, en este caso, cazador. Con su pierna mutilada el hombre sube al cielo y se convierte en la brillante constelación que se conoce como Káiyuú. Desde entonces a los cojos se les llama así.

Astronomía indígena colombiana

Las culturas populares, indígenas y campesinas continúan desarrollando sistemas astronómicos propios, basados en los conocimientos de sus ancestros, aparentemente ocultos pero latentes bajo la suplantación de la religión y la astronomía occidentales¹. Veamos algunos ejemplos interesantes.

¹ Véase El astrónomo indígena, Jorge Atlas de Greif, Elizabeth Reichel Dolmatoff, 1978.

Los indígenas cubos, del amazonas colombiano, ven en las Pléyades un avispero, Uchiaw, mientras que los kúikuru del amazonas brasileño aseguran que To tiene sus piernas cubiertas de miel de abejas y que al ser atacada por un enjambre, huye por un largo camino entre las constelaciones.

Entre los indígenas yukuna-matapi del amazonas colombiano, el Sol tiene un recorrido diurno de un ritmo desigual pues "sale rápido", "brincando", "para que los indios maku no lo maten", y al mediodía se detiene, se emboracha y manda a su mujer por comida. Y los meteoritos son espíritus y fuerzas que indican presagios sobre la intoxicación por picadura de insectos o víboras.

Para los tanimuka del noroeste amazónico, Tomoo (las Pléyades) representa unos grillos que aparecen en las playas de los ríos en verano y atacan a los nidos de las tortugas.

En el Alto Baudo, los embera aseguran que las estrellas son pájaros que no se caen por tener las alas extendidas y que mirar al cielo nocturno con detenimiento puede ocasionar enfermedades. Además, creen que ver una estrella fugaz es presagio de muerte próxima. Para los kogí, Forbí, la Culebra, es la misma constelación de Escorpión.

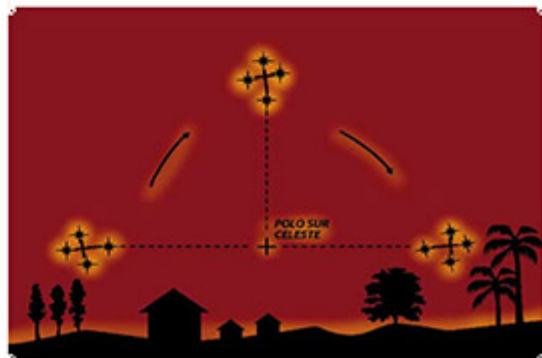
Los grupos arawak de los Llanos de Colombia piensan que las estrellas fugaces, si se observan al principio de la noche, representa a un enamorado que va hacia su amada. Si es antes del amanecer, es que viene de visitarla. Y piensan que los cometas son presagios de calamidades y guerras.

Tauro, para los piapoco, sikuaní y matapi, es una Quiljada de Caimán. Para los barasana el Cinturón de Orión representa a tres hombres de los cuales, el del centro, ha sido mordido por una serpiente.

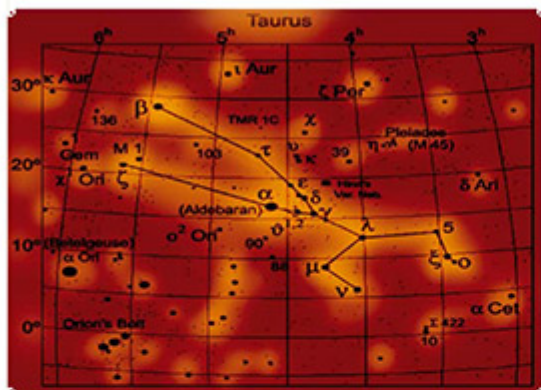
Los calendarios en la Colombia indígena

La elaboración de calendarios es una actividad esencial entre los pueblos indígenas de América, única forma de llevar un registro del tiempo para establecer las fechas de los eventos económicos, sociales, culturales y religiosos de los pueblos. Actividades como la cacería, la pesca, la recolección de frutos y la siembra se rigen a menudo por los cambios estacionales a lo largo del año.

La forma de elaborar los calendarios varía de una región a otra o entre los diversos pueblos, con mayor o menor grado de sofisticación. Sin embargo, de la cotidiana observación de los astros pueden deducirse relaciones más o menos aproximadas con eventos terrestres, lo que permite elaborar sistemas calendáricos rústicos pero todavía útiles para la planeación y la ejecución de las actividades más importantes. Veamos algunos ejemplos.



En el grupo Caribe, la salida heliacal² de las Pléyades, en junio, anuncia el fin de las lluvias; la puesta heliacal³ de las mismas, en diciembre, anuncia el comienzo de las lluvias. La salida heliacal de la estrella Sirio, en agosto, en la constelación de La Suegra (Can Mayor) anuncia el tiempo seco.



En el grupo arawak de los Llanos, la constelación de La Cruz es La Tortuga. Se observa durante las noches de invierno, cuando las tortugas de los Llanos ponen sus huevos así: cuando La Cruz se levanta en el horizonte señala que las tortugas están saliendo del agua. El momento en que La Cruz culmina indica que las tortugas están desovando en las playas. Y cuando, al final de la noche, La Cruz se inclina sobre el horizonte es señal de que las tortugas regresan al agua.

Para los cuberos y puñaves, tres estrellas —Sirio, Canopus y Procyon— que caen simultáneamente por el horizonte occidental y luego del atardecer, es anuncio de la inminente creciente del río.

En agosto, cuando los sikani observan a Tsamoni, la constelación de El Cisne, significa que baja el nivel de los ríos y es tiempo de maíz. En octubre cuando se observa a las Pléyades, se caen las hojas del árbol cangrío, y es tiempo de recoger yuca. En noviembre se observa a Iaxine Borijo, la constelación Taurus, y al mismo tiempo desova la iguana, florece el mastranto y es tiempo de maíz. En diciembre se observa a Kijuyoli, la constelación de Orión, y desova la tortuga terecay, y es tiempo de caza y pesca. En enero se observa a Ritsuni Borijo, Can Mayor, y quiere decir que es el pico del verano, se abandona el poblado y se recogen huevos de tortuga. En marzo se observa a Tsapanuli Matsobokoto, Cruz del Sur, entonces es el fin del verano, tiempo de quema y siembra y de criar loros. En abril se observa a Iboruovo, la constelación Bootes, momento en que el nivel del agua empieza a subir, vuela la hormiga bachaco y es tiempo de recoger palmas y frutos. Y en junio se observa a Lumenuwuo, la estrella Vega, que indica el máximo nivel de las aguas y el nacimiento del fruto del moriche.

A lo largo del año, de acuerdo con el movimiento estelar, los kogi de la Sierra Nevada organizan diversas ceremonias, unas para los antepasados, algunas para los cultivos, y otras para los animales o para las deidades del bien y del mal; así va transcurriendo el año y a todo se le hace una ofrenda, de esta forma las cosas seguirán su curso normal: "todo estará de acuerdo".

2. Salida heliacal: la primera observación de un astro en el horizonte de Oriente justo antes de la salida del Sol.

3. Puesta heliacal: la última observación de un astro sobre el horizonte de Occidente justo antes de la puesta del Sol.

4. Culminación: momento en el cual un astro alcanza el meridiano, el círculo imaginario que se da por el polo.

La maloca, el tiempo y el cosmos

Muchas tribus y pueblos como los cubero y los tanimuka en el Amazonas, construyen la maloca, la casa ceremonial, como un modelo del cosmos que les permite integrar tiempo y espacio y otros elementos de su cultura para manejarlos ritualmente. La maloca es el centro de la organización social de los cubero, y en su construcción permiten que la luz del Sol penetre por pequeños agujeros que se asemejan a las estrellas. El travesaño central orientado de este a oeste simula el camino del Sol.

Los tanimuka también orientan la maloca de este a oeste, y en la parte alta construyen dos ventanas triangulares en cada una de las direcciones anteriores para permitir el paso de la luz del Sol. En su recorrido diario, el Sol proyecta sus rayos a través de estas ventanas, en sentido inverso a su movimiento, iluminando la estructura interna, señalando así un momento preciso del día. El movimiento del Sol a lo largo del año y su desplazamiento entre los dos hemisferios, norte y sur, también se observa en el piso de la maloca, determinándose así los solsticios y los equinoccios. Por lo tanto, sirve como calendario para establecer fechas de rituales y eventos.

Finalmente una referencia sobre el Observatorio Musca en Villa de Leyva. Las columnas y monolitos encontrados en la región del Valle de Saquenzipa, pertenecen a la denominada cultura musca. El lugar más conocido, llamado en tiempos modernos El Infierno, contiene estructuras en piedra tallada y numerosos monolitos que se estima, tuvieron fines astronómicos, meteorológicos y religiosos. A juzgar por los restos de los asentamientos y las tumbas, se calcula en todo caso que una comunidad de unas 600 personas habitaban el sitio.

La orientación de los monumentos y los monolitos sugieren su uso astronómico con puntos naturales fijos, como la sagrada Laguna de Iguaque. Aquello indica que las actividades ceremoniales y rituales fueron muy intensas. En cualquier caso la presencia de estructuras precolombinas en piedra es rara en el altiplano cundiboyacense, lo cual denota la importancia del sitio.

5. La mayoría de los conceptos e ideas de esta sección son tomados del trabajo de Eliezer Silva Celis y de los estudios de Leonardo Bardenes.





Referencias

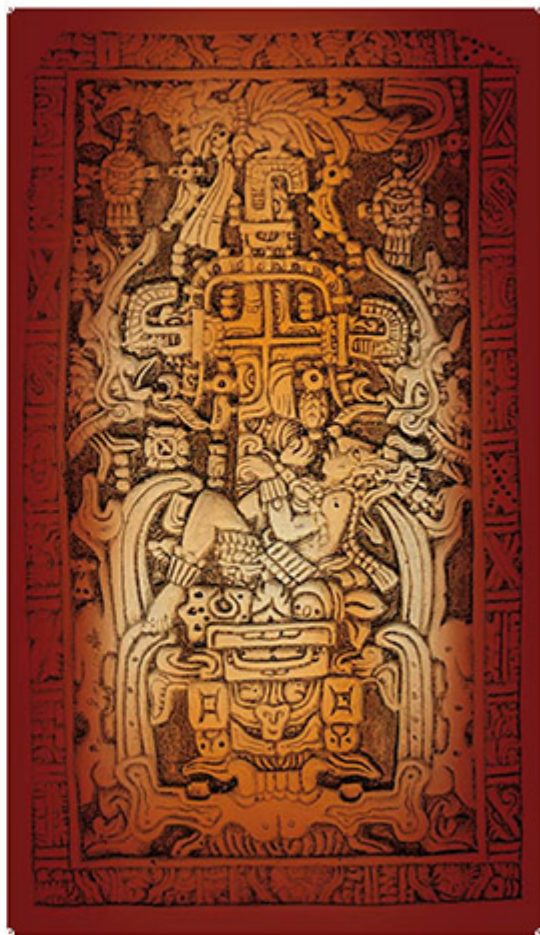
- Arias de Greiff, J. y Reichel Dolmatoff, E. (1987), *Etnoastronomías americanas*, 45 Congreso de Americanistas, Bogotá, Ediciones de la Universidad Nacional de Colombia.
- Aveni, A. F. (1980b), *Sky Watchers of Ancient Mexico*, Austin, University of Texas Press.
- Ibarra G., Dick Edgar (1982), *Ciencia astronómica y sociología incaica*, La Paz, Editorial los Amigos del Libro.
- Krickberg, W. (1995), *Mitos y leyendas de los aztecos, incas, mayas y muiscos*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Krupp, E. C. (1997), *Beyond the Blue Horizon: Myths and Legends of the Sun, Moon, Stars and Planets*, New York, Harper Collins.
- Silva Celis, E. (2005), *Investigaciones Arqueológicas en Villa de Leyva*, Bogotá, Biblioteca Luis Ángel Arango.
- Ronderos, L. (2009, marzo), "El Infermito", conferencia en UNIANQUINOS, Asociación de Exalumnos de la Universidad de Los Andes, Bogotá.

472 LA RED POSTAL DE COLOMBIA

www.4-7-2.com.co

472 LA RED POSTAL DE COLOMBIA

► Línea de Atención al Cliente Nacional 01 8000 111210 ◀



Paseo por el universo



JORDI CARRERAS
FÍSICO Y DOCTOR EN
CIENCIAS BIOLÓGICAS
PROFESOR JUBILADO DE LA
FACULTAD DE MEDICINA DE GINEBRA

jfe.carreras@gmail.com

"Todo lo que ocurre, y ha ocurrido, en el universo está relacionado con nosotros mismos [...] Los astrónomos son de hecho los prehistoriadores de la epopeya humana".

Hubert Reeves

Resumen

Los ojos sólo nos permiten ver una pequeñísima parte del universo. La mayoría de los objetos astronómicos están demasiado lejos para ser vistos y emiten radiaciones que no percibimos. En este paseo se destaca el papel central de las ondas electromagnéticas como fuentes de conocimiento del universo, antes de considerar más de cerca la naturaleza y la evolución de las estrellas, astros que nos acompañan cada noche. Entonces abriremos la puerta hacia la cosmología, e intentaremos presentar una visión global del universo y de su evolución. El paseo, sin duda, sugiere preguntas esenciales sobre las perspectivas de la humanidad en esta inmensidad que se nos escapa.

El universo es grande, se transforma, está en movimiento, se nos escapa y ... nos contiene. Nos sugiere preguntas esenciales, con su inmensidad y sus llamas de energía, al lado de las cuales nuestros más grandes fuegos de artificio (a veces los más trágicos) parecen sólo minúsculos sobresaltos. Nos queda sumergirnos, con nuestros instrumentos, en aquellos espacios a los cuales nunca tendremos acceso y que, sin embargo, nos dieron nacimiento.

Por otra parte, el suelo mismo bajo nuestros pies, estas piedritas y esta tierra, y toda la materia del planeta, los organismos vivos y el Sol mismo, provienen de átomos y de moléculas generadas por las estrellas. Mientras exploramos lo que son aquellos, descubrimos también la existencia de otros objetos astronómicos cuyas señales, por su naturaleza o su distancia, escapan a nuestra vista en ausencia de una instrumentación adecuada.

En las páginas siguientes, vamos a recorrer, como observadores ingeniosos pero curiosos, algunos de los itinerarios que conducen a la visión que hoy en día podemos contemplar del universo y de su historia.

1) Ver el universo con los ojos y los pies

Aquí estamos mirando el cielo en una hermosa noche estrellada, viendo quizás un millar de estrellas. Éstas son los astros más comunes del universo observable; nacen a partir de inmensas nubes de gas y de polvo que se contraen despacio bajo el efecto de su propia gravedad, hasta llegar en ciertos lugares a temperaturas suficientemente elevadas para iniciar reacciones nucleares, las cuales mantienen altas temperaturas, produciendo mucha radiación. Ésta es cualitativamente vecina de la incandescencia, y en parte visible para nuestros ojos.

Se puede estimar que hay en el universo observable unas cien mil millones (10^{11}) de galaxias y, usualmente, de diez a más de cien mil millones de estrellas en cada una. De eso resulta que existen posiblemente en el universo unas 10^{22} estrellas, o más, son realmente astros frecuentes. Podemos imaginar la distancia de las estrellas que vemos con los ojos, "alejando" el Sol hasta que nos parezca como uno de

1. "Tous les événements qui se passent, et se sont passés, dans l'Univers ont un rapport avec nous [...] Les astronomes sont en fait des préhistoriens de l'épopée humaine".

estos puntos. Para eso tendríamos que aumentar al menos un millón de veces su distancia a la Tierra.

En una galaxia la distancia media que separa las estrellas, comparada a sus diámetros, es considerable. Una manera de evidenciarlo es reducir el tamaño de la Galaxia (100.000 A.L.^2) de un factor de 10^4 , lo que la hace igual a dos veces media la distancia de la Tierra a la Luna. Entonces, las estrellas como el Sol serían puntos del orden del milímetro, separados en promedio por 100 km , o sea 10^7 diámetros solares. Así hay mucho espacio entre las estrellas, lo que explica que cuando dos galaxias se encuentran y se deforman por interacción gravitacional, la probabilidad de que las estrellas choquen es pequeña.

Las distancias entre las galaxias, por su parte, son solamente del orden de algunas decenas a centenas de veces su diámetro. Por ejemplo, nuestro "grupo local" de galaxias contiene unas 50 galaxias en un radio de 3 millones de A.L. Eso sería como repartir 50 platos de 5 a 10 centímetros en una esfera de 6 metros de diámetro.

El observador representado en la figura 1 (Dibujo estilo infantil, o quizás un dibujo existente; el personaje muestra el cielo, con luna y estrellas, con una mano, y la Tierra con la otra, con algunos símbolos de ésta), no solamente mira el cielo, también el suelo del planeta, la materia que le dio su origen. Siente el peso de su cuerpo generado por la masa de la Tierra. Todas las masas se atraen. Entre más grandes y más cercanas estén, mayor será la fuerza de atracción. Esta es la "ley de la gravitación universal" (véase cuadro "Gravitación"), cuya influencia también se ve en la Tierra y la Luna, las estrellas de la Galaxia, el Sol y los planetas, y estos últimos entre sí, al igual que las galaxias. La gravitación entiza al universo y subyace a su evolución. Así, sentir el peso con los pies, especialmente cuando uno mira el cielo estre-

2. Para hablar de distancias, introducimos el término "luz-año" (A.L.), la distancia recorrida por la luz en un año, o sea 94608 km en cifras redondas. Generalizando, se puede también utilizar por ejemplo la hora-luz, o el minuto-luz. El Sol está a 8 minutos-luz de la Tierra.



Figura 1.

lado, también es tomar conciencia de la ubi-cuidad y la importancia de la gravedad en el universo. Por eso nos gusta decir lo bueno que es mirar el cielo... con los pies.

Resulta útil referirse a cuatro tipos de regiones en el universo que sirven como referencias para contenidos y tamaños:

1. Los sistemas planetarios, conformados por uno a varios planetas y otras diversas masas "fijas" que orbitan generalmente alrededor de una o dos estrellas. Dado que no conocemos todavía bien los otros sistemas planetarios tomaremos por su tamaño-tipo el del sistema solar: unos 50⁶ km, o 10 horas-luz (en cifras redondas). Los sistemas planetarios extrasolares son probablemente numerosos, pero no es fácil detectarlos. Sin embargo, conocemos más de 350 estrellas acompañadas por, al menos, un planeta.
2. Las galaxias, grandes cúmulos de estrellas, cuyo diámetro, generalmente, es 100.000 A.L. (10¹⁷ km), o sea cien millones de veces más que el sistema solar. Las galaxias a menudo tienen una forma de espiral aplastada, pero también existen cúmulos de estrellas más pequeños, de forma más o menos esférica, y se conocen como cúmulos globulares. El sistema solar se encuentra aproximadamente a media distancia del centro de la Galaxia. La mayor parte de las estrellas que vemos con los ojos se encuentran a menos de 1.500 A.L.; es decir que nuestro "radio de visibilidad" para las estrellas es de 1 a 2% el tamaño de la Galaxia. El resto se nos aparece como una nube difusa: la Vía Láctea.
3. Los cúmulos de galaxias, enlazados por la gravitación, como el grupo local o el cúmulo de la Virgen³, situado a 50 millones de A.L., compuesto de algunos millares de galaxias.
4. El universo en su conjunto, del cual no conocemos bien el tamaño. Se puede definir el tamaño observable como la distancia más grande conocida entre dos galaxias, pero sólo podemos ver una parte del universo. Los astros más lejanos conocidos, según una estimación, se encuentran a unos 46 mil millones de A.L.

Mencionar el tamaño del universo nos hace pensar en su forma, que nos es difícil representar. En la vida cotidiana, aprendemos que los objetos tienen un "límite", un "adentro" y un "afuera". Si pudiéramos

³ Las constelaciones, en este caso la constelación de la Virgen, sirven para indicar una línea del cielo donde se encuentra un objeto, como en un mapa. No se debe olvidar que el objeto puede estar mucho más lejos o más cerca, como en el caso de un cometa que las estrellas que conforman nuestra Galaxia.

Figura 2.
Impresionante imagen tomada por el Telescopio Espacial Hubble, en donde se muestran varios centenares de galaxias.



mos 100 manzanas en una bolsa, habría el "adentro" de la bolsa con sus 100 manzanas, y el "afuera" de la bolsa, con el resto del mundo, incluso nosotros mismos mirando la bolsa. En el caso del universo, las cosas son menos sencillas: hay manzanas (las galaxias), pero no hay bolsa. No hay un "afuera" del universo, sino no sería todo el universo. Y sólo podemos mirar el universo por "adentro". Este hecho no es intuitivo.

2) Las señales electromagnéticas del universo y lo que nos revelan

¿Qué son las ondas electromagnéticas?

Los ojos (y los pies) no son suficientes para conocer el universo. Una gran parte de lo que sabemos sobre éste nos viene de la observación de las ondas electromagnéticas que nos llegan continuamente. Por eso vamos a considerarlas más de cerca, aunque existen otras señales y fuentes de información sobre el universo: los rayos cósmicos y otras partículas, los meteoritos caídos en la Tierra, el análisis físico-químico de planetas, cometas o asteroides vistos por sondas automáticas, y posiblemente las ondas gravitacionales, todavía no captadas, que nos informan sobre procesos gravitacionales cataclísmicos.

Las ondas electromagnéticas son extremadamente comunes. Incluyen las ondas de radio, las radiaciones infrarrojas, la luz visible, la radiación ultra-violeta, los rayos X y los rayos gamma. Nuestros ojos sólo nos permiten ver una ínfima parte de todas estas ondas, aquellas cuyas longitudes de onda están situadas entre 0,4 y 0,7 micras, aproximadamente (véase figura 2 espectro electromagnético). La detección de las otras necesita instrumentos apropiados.

¿Cómo podemos representar las ondas electromagnéticas? Quizás, lo más intuitivo es ver cómo interactúan con la materia. Una onda puede imaginarse como un flujo de energía que se ejerce sobre las cargas eléctricas que encuentra una fuerza oscilante a la frecuencia de la onda. Esta fuerza resulta del campo eléctrico transversal oscilante que constituye la onda. Así, por ejemplo, las ondas radio hacen oscilar los electrones del metal de la antena receptora, produciendo corrientes variables, posteriormente amplificadas y traducidas en señales utilizables. De manera general, las ondas electromagnéticas pueden liberar parte de su energía cuando interactúan con la materia, o en condiciones particulares (como cuando un fotón se convierte en un par electro-positón).

Con longitudes de onda más cortas que las ondas radio, el efecto de la onda se representa de manera más fácil al hacer uso del concepto de "fotón", o "paquete de ondas electromagnéticas". En sus interacciones con la materia, los fotones se comportan casi como partículas: aunque sin masa, poseen una energía y una cantidad de movimiento, y pueden generar choques con partículas, desviarlas y transferirles energía; también pueden ser absorbidos por átomos o sus núcleos. Se detectan, entre otros modos, por los cambios de niveles energéticos que inducen en los átomos o moléculas que los absorben; por las corrientes que induce en semi-conductores; por ionización directa; por la producción de electrones energéticos (efecto Compton) capaces de ionizar átomos vecinos (ionización secundaria), o por la liberación de electrones en la superficie de metales. La energía E de un fotón está dada por la relación

$$E = h \times \text{frecuencia} = h \times c / \text{longitud de onda}^*$$

Las ondas continuas y los fotones constituyen esencialmente dos aspectos del mismo fenómeno. Como otras ondas, las ondas electromagnéticas pueden ser refractadas, difractadas o reflectadas por una interfaz; y así mismo, pueden interferir con ondas de la misma naturaleza, ser absorbidas y poseer una polarización.

Figura 3.

Formación de ondas electromagnéticas al llegar el viento solar a la atmósfera terrestre.



Un flujo de ondas electromagnéticas se caracteriza por las longitudes de onda (o las frecuencias) y las intensidades de sus componentes. Las fuentes de ondas poseen de pocos a muchos componentes, representados por un "espectro". El espectro más común es el de la luz blanca, cuyos componentes familiares son los colores del arco-íris. De hecho, hay en este caso una infinidad de colores y, como consecuencia, una infinidad de componentes, por eso se habla de un espectro "continuo". Por el contrario, si se pueden contar los componentes, el espectro es "discreto".

¿Cómo se producen?

Consideraremos tres procesos básicos de producción de ondas electromagnéticas, que nos permitirán reconocerlos en varias fuentes astronómicas.

1. Un proceso clásico de emisión resulta de la aceleración de cargas eléctricas. Ésta puede ser una desviación por un campo magnético (se habla entonces de radiación sincrotrón), una absorción, o cualquier otra aceleración (como la aceleración de materia ionizada por el campo gravitacional de astros superdensos).
2. Otro proceso es la transición energética, donde los átomos pasan a un nivel energético más bajo, emitiendo entonces fotones cuya energía corresponde a esta diferencia energética. Es el proceso básico de emisión en las atmósferas estelares. Estas transiciones se caracterizan por estar acompañadas de energías muy bien conocidas, cuya medición permite identificar la composición de la fuente. Otros ejemplos: fluorescencia en el infra-rojo de gases calentados por estrellas cercanas, gases en alta temperatura y rayos ultravioleta producidos por la corona solar.

3. Los núcleos de los átomos poseen también niveles energéticos (mucho más elevados que los de los átomos). La creación simultánea de una partícula y de su anti-partícula puede ocurrir a partir de un fotón. De manera simétrica, la aniquilación de este par de partículas da lugar a un par de fotones.

3. Un tercer tipo de proceso podría ser llamado incandescencia. Cuando la materia está en equilibrio térmico en una temperatura dada T , emite un espectro electromagnético continuo, completamente determinado por esa temperatura. Esta radiación se llama "radiación de cuerpo negro" y su intensidad aumenta fuertemente con la temperatura.

La ley está muy bien verificada por las observaciones. Por ejemplo, el perfil del espectro solar corresponde a una incandescencia de unos 5.800 grados K. La "radiación de cuerpo negro" contiene todas las longitudes de onda. Así, el Sol emite no solamente en el rango del espectro visible, sino también en el de las ondas radio y los rayos X. Con bajas temperaturas, el cuerpo negro emite casi solamente en el ámbito radio e infra-rojo, mientras que en temperaturas muy elevadas, la mayor parte de la radiación se encuentra en el UV, rayos X y gamma. Ejemplos: el UV de las estrellas calientes, la incandescencia de rayos X en nubes de gas de muy altas temperaturas.

La figura 3 (La Nebulosa del Cangrejo en varias longitudes de onda) ilustra la variedad, y la repartición espacial de las intensidades de fuentes electromagnéticas en un mismo astro. Podemos considerarnos felices de que nuestros ojos no perciban todas estas ondas: el cielo no tendría el aspecto sereno con que lo conocemos, ya que ciertas fuentes son muy potentes y variables.

5. La descripción térmica del cuerpo negro necesita la noción de "fotón", la cual constituyó un paso decisivo en el desarrollo de la mecánica cuántica.

6. El color de los varios incandescentes percibido por los ojos siempre resulta de una mezcla de muchos componentes, cuyas longitudes de onda se encuentran en el espectro visible. Por eso, la sensación no puede ser monocromática: es blanca a la temperatura del Sol, naranja a temperaturas más bajas (ventales calentados "al rojo"), o blanco-azul a más altas temperaturas.

INSTITUTO ALBERTO MERANI

Donde se desarrolla el pensamiento y la ética florecen las ciencias y las artes.

Instituto Alberto Merani, innovación pedagógica abierta a niñas y niños de todas las capacidades intelectuales.

www.institutomerani.edu.co
AK 72 No. 133-50 - San José de Boyacá
T. 674 7100 Fax 674 3483
Bogotá - Colombia

¿Qué información nos aporta

Una información físico-química: las ondas llevan a menudo la "firma" de sus fuentes, como ya hemos mencionado. Puede verificarse que hasta en lugares remotos, los espectros característicos de átomos y moléculas son los mismos que sobre la Tierra. Así, su observación nos indica la composición de las atmósferas estelares y de cualquier otra fuente, así como de las nubes de gases que absorben la luz de las estrellas.

Por otra parte, cuando se hace coincidir (variando la temperatura) el espectro de emisión del cuerpo negro teórico con el perfil global del espectro de una estrella, se puede deducir su temperatura superficial.

Una información cinética: los espectros nos revelan la velocidad radial del astro-fuente, es decir, el componente de su velocidad sobre la línea que une la fuente al observador. Cuando una fuente se acerca o se aleja del observador, su espectro es modificado de una manera característica prevista por la teoría (efecto Doppler): las longitudes de onda son aumentadas cuando la fuente se aleja y disminuidas cuando la fuente se acerca; se dice que hay respectivamente un desplazamiento hacia el rojo, o hacia el azul. Estas variaciones pueden ser medidas y por comparación con espectros de referencia en reposo, indican la velocidad de la fuente. Así podemos conocer, entre otros, el movimiento de las estrellas relativo a nosotros, la velocidad de recesión (o sea de alejamiento) y las distancias de las galaxias. Algo esencial desde el punto de vista cosmológico.

Este método también permite medir los muy pequeños movimientos periódicos que hace una estrella que posee un planeta macizo (movimientos debidos al hecho de que el centro de gravedad común no coincide con aquel de la estrella). Así fue detectado el primer planeta extrasolar (Mayor y Quelzo, 1995). Los investigadores midieron las pequeñas variaciones cíclicas de la velocidad radial de la estrella que indican la presencia de un planeta, su período de revolución y su distancia de la estrella, así como su masa. La sensibilidad del método se mejoró desde entonces, y actualmente es posible detectar velocidades radiales del orden de un metro/segundo, o sea del orden del caminar humano⁷.

⁷ Hay que recordar que en este caso, otras velocidades mucho más grandes se superponen a la velocidad que se quiere medir, y tienden a ocultarla: movimientos de la Tierra, movimientos de las estrellas (incluyendo la rotación sobre sí misma). Estas velocidades se manifiestan también en el efecto Doppler, y deben ser eliminadas para extraer la velocidad radial que se busca.



Figura 4.
En primer plano,
Representación
artística del
planeta
extrasolar
Gliese
581 E.

Una información sobre las condiciones físicas que prevalecen en fuentes particulares y en su entorno

En su fase final, las estrellas se convierten en astros de densidad muy grande, así ocurre con las estrellas "enanas blancas", las estrellas "de neutrones" (donde el tamaño de los átomos está prácticamente reducido al tamaño de sus núcleos), y los "agujeros negros" (véase apartado "La vida de las estrellas"). Estos astros dan lugar a campos gravitacionales enormes y su materia se encuentra en un estado completamente desconocido sobre la Tierra. Así, nos ofrecen la posibilidad de verificar efectos previstos por la física, pero imposibles de verificar en los laboratorios. Uno de estos efectos es la desviación de la luz por un campo gravitacional intenso, previsto por Einstein y verificado por primera vez en 1919; este efecto se ha vuelto común y permite detectar la presencia de astros superdensos (no siempre visibles ópticamente). Otro fenómeno es aquel de la rotación rápida de las estrellas de neutrones, que emiten pulsos electromagnéticos a la frecuencia de rotación, que pueden llegar a 30/segundo, o más. Se le llamó "pulsares", de pulsating stars. Así, el universo produce astros que van más allá de nuestra intuición terrestre, pero cuyas características pueden ser conocidas, o mejor, entendidas por las señales que emiten.

Los rayos X y gamma aparecen en procesos extremadamente energéticos, cuyo origen no conocemos bien. Estas radiaciones revelan, entre otras, la existencia de campos magnéticos (radiación sincrotrón), y de aceleraciones violentas de materia ionizada cuando se precipita hacia el núcleo residual extremadamente denso de las estrellas, en el final de su vida. Este último proceso podría explicar, en parte, los "brotes gamma", cuya potencia puede superar miles de veces la de una supernova.

3) El ojo y los telescopios

El ojo es una interfaz privilegiada entre el mundo y nosotros. Originalmente, los humanos empezamos a ver el cielo con nuestros ojos, luego con telescopios de reflexión que amplifican la imagen, y más adelante con instrumentos cada vez de mayor tamaño, como los telescopios de reflexión, donde la imagen no es captada por el ojo, sino inicialmente por una placa fotográfica y posteriormente por dispositivos electrónicos.

El sistema dióptrico del ojo produce una imagen sobre la retina, imagen que activa los fotorreceptores; es analizada por la red nerviosa subyacente, luego transmitida a varias partes del cerebro y finalmente analizada por la corteza visual. Por eso podemos ver colores, formas, movimientos e interpretar todo ello. Este conjunto anatómico-funcional constituye el sistema visual. Funciona también con muy poca luz, gracias a los receptores retinianos extremadamente sensibles y a los bastones que intervienen cuando los niveles de iluminación se encuentran debajo de un nivel crítico. En visión diurna, las longitudes de onda percibidas por los ojos se encuentran entre 0,4 y 0,7 micras, aproximadamente. En visión nocturna, no coloreada, el ojo es más sensible, percibe cerca de 0,33 micras (verde-azul). La figura 4 (sensibilidad espectral del ojo) permite comparar la sensibilidad espectral del ojo y la transparencia espectral de la atmósfera.

El telescopio también forma en su foco una imagen gracias a una lente, o más frecuentemente a un espejo parabólico convergente que actúa como una lente. El tamaño de los espejos puede llegar a unos 30 metros de diámetro, mucho más que las lentes, y no padecen como ellos de la aberración cromática cuya corrección es delicada. Además, el espejo está soportado por un lado con mucha rigidez (una lente sólo puede serlo por los bordes). La imagen puede ser mirada por el ojo utilizando un ocular (una lupa), pero también puede ser conservada, analizada, amplificada, y aumentada su sensibilidad, por la instrumentación adaptada a su foco. La información recogida en forma digital, puede ser fácilmente transferida a investigadores del mundo entero, y el telescopio, controlado a distancia.

Así, tanto ojo como telescopio analizan una imagen primaria. Difieren en que el sistema visual analiza esta imagen de manera muy sutil y flexible, y el telescopio hace el análisis mucho más específico y cuantitativo, y capta mucha más luz.

Es interesante considerar un telescopio como una lente fotográfica de gran tamaño. Siguiendo la óptica geométrica, el aumento de tamaño de la lente nos procura una imagen más grande, pero si mantenemos constante el cociente de distancia focal/diámetro, la luminosidad fotográfica del objetivo no cambia a pesar de su gran diámetro, para las fuentes no puntuales. Para fuentes puntuales como las estrellas (cuyo tamaño aparente resulta sólo de la difracción), el objetivo concentra en su foco, para una estrella dada, una cantidad de luz que depende sólo de su apertura (diámetro) y no de la distancia focal. Por otra parte, la óptica ondulatoria nos dice que la resolución angular es del orden del cociente longitud de onda/diámetro del lente. Así, la resolución angular es mucho mejor (el ángulo más pequeño) para un instrumento de gran diámetro. En resumen, la imagen primaria de un telescopio dirigido a las estrellas es más detallada, en proporción al diámetro del instrumento, y las estrellas más luminosas.

Mencionemos que la construcción de un telescopio implica una estructura muy rígida y precisa. Un sistema guiador es necesario para mantener fija la imagen a pesar de la rotación de la Tierra, o del movimiento propio de los objetos observados. Este sistema debe mover la masa considerable del telescopio, con un error angular más pequeño que la resolución angular de la óptica.

Aunque la resolución teórica de un telescopio alcance en millares de veces a la del ojo, y permita leer un diario a unos 10 kilómetros, o ver sobre la Luna detalles del orden de algunas decenas de metros, su resolución efectiva desde tierra es muy inferior. Las inhomogeneidades de la atmósfera disminuyen considerablemente la calidad de las imágenes, y los observatorios deben ser construidos en lugares altos, donde el aire esté especialmente seco, calmado y transparente (como en las montañas de Chile), o puestos como satélites (como Hubble, que nos transmite desde hace casi 20 años imágenes de calidad excepcional). Hay varios tipos de telescopios satelitizados, diseñados según las longitudes de onda que deben ser captadas.

Una solución destacable al problema de la resolución de los telescopios terrestres consiste en controlar individualmente los espejos del "mosaico" que constituyen juntos el espejo principal. Basándose en la luz de un rayo láser reflejada por la atmósfera, la cual indica en cada momento las perturbaciones, es posible ajustar muy finamente, en tiempo real, la orientación de cada espejo parcial, de manera que, en cierta medida, se puedan compensar. Otra solución es analizar simultáneamente las imágenes de varios telescopios que miran un mismo objeto (interferometría). La resolución es entonces equivalente a la de un telescopio de gran tamaño, en el cual se habrían "cortado" dos (o más) espejos pequeños, quitando el resto del espejo grande.

Dentro de los telescopios clásicos, se debe mencionar el telescopio de Schmidt, inventado por Bernhard Schmidt en los años veinte. Contrastando con los otros instrumentos, éste procura una gran nitidez y un campo angular extenso, gracias a una lente correctora delgada, colocada en la entrada de la luz. Este telescopio, de tamaño comparativamente pequeño, menos costoso y más manejable, permitió disminuir el número de fotografías necesarias para cubrir el cielo entero y revolucionó la astronomía.

Los "telescopios" diseñados para "ver" fuentes de radio toman otras formas. Los radiotelescopios son antenas que poseen, como los telescopios ópticos, una superficie reflectiva parabólica metálica (sólo el metal refleja bien las ondas, excepto las X y gamma), cuyo diámetro es generalmente de algunas decenas de metros (aunque llega a 300 metros para la antena fija horizontal de Arecibo). Este "espejo" concentra las ondas sobre una antena más pequeña situada en el foco. La resolución y la sensibilidad de estos telescopios también dependen de su diámetro y de la longitud de onda.

Los rayos X no se dejan reflejar por una superficie parabólica tradicional. Entonces, se deben usar sub-refugios, como al reflejar en incidencia baja. Para los rayos gamma, que atraviesan fácilmente la materia, la dificultad es todavía más grande. En general, los fotones gamma se detectan por semi-conductores, por la producción de pares electrón-positrón, y por los electrones difundidos por efecto Compton (un fotón choca a un electrón, el cual se detecta por la ionización secundaria que produce). La dificultad es llegar a una resolución angular que permita obtener imágenes suficientemente detalladas. Estos instrumentos no tienen más el aspecto de los telescopios tradicionales y no los vemos, pues son satelitizados para evitar la fuerte absorción de estas radiaciones por la atmósfera.

8. What's the Telescope's F1 number, disponible en www.astronomy.net

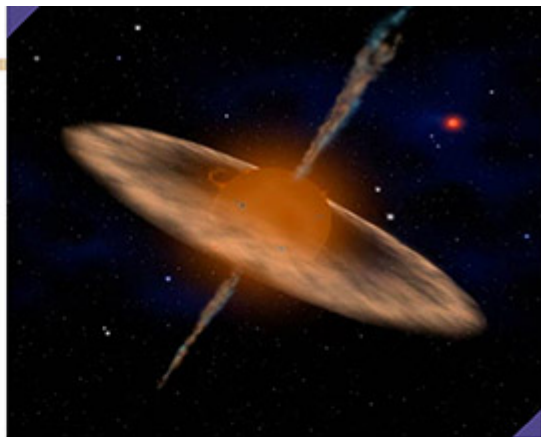


Figura 5.
Representación
artística de una
estrella morena.

4)

La vida de las estrellas

Hay buenas razones para evocar la vida de las estrellas: son los astros visibles más numerosos, pero también, su fase inicial y su fase final implican procesos no siempre bien conocidos y a veces sorprendentes.

Como lo mencionamos inicialmente, las estrellas se forman a partir de grandes nubes de gases y polvos que se contraen por el efecto de su propia gravedad, convirtiéndose en calor la energía liberada. Si las temperaturas así obtenidas son suficientes, se desencadenan reacciones nucleares de fusión, lo que lleva ulteriormente las estrellas a un régimen de funcionamiento estable, en el cual las fuerzas de la gravedad se oponen a la presión elevada de los gases incandescentes. Por esta razón, se dice que una estrella es un reactor de fusión autocontenido por la gravedad. Se debe notar que el 20% de las estrellas de la Galaxia no lograron alcanzar estas temperaturas y brillan por el sólo efecto de la contracción gravitacional; son las "enanas morenas" (Baran, 2009). La mayor parte de las estrellas tienen diámetros de 0,5 a 10 veces el diámetro del Sol (1.400.000 km), y masas de 0,2 a 50 veces la del Sol. Las estrellas están frecuentemente acompañadas de planetas.

Las primeras estrellas estaban constituidas esencialmente de hidrógeno (mayoritario) y helio, dado que estos átomos fueron los primeros (y los más ligeros) en ser formados en la historia del universo. La fusión nuclear de estos elementos da lugar, poco a poco, a elementos más pesados, lo que hace que la composición de las estrellas cambie progresivamente en el curso de su vida. En su fase final, estos componentes son dispersados en el espacio y podrán quizás contribuir ulteriormente a formar nuevas estrellas, llamadas "de segunda generación" (como el Sol). Como lo dice poéticamente Hubert Reeves, provenimos de "polvo de estrellas".

Para las estrellas más masivas (varias veces la masa del Sol) la dispersión ocurre por la explosión de la estrella; entonces se llama "supernova". El agotamiento del combustible nuclear da lugar a un violento desequilibrio entre las fuerzas de cohesión gravitacionales y el efecto dilatador de la radiación de la estrella, que va debilitándose. Entonces la estrella "cae" sobre sí misma, produciendo una subida brutal de temperatura, la cual da lugar a las últimas fusiones; luego la estrella eyecta la mayor parte de

9. Faltan cuando dos núcleos ligeros se encuentran con una energía suficiente (debida a la temperatura elevada), pueden "fusionarse" a constituir un núcleo más pesado. Así, dos hidrógenos pueden formar un helio en varias etapas. Nótese que la fusión sólo produce energía si llega a un elemento que no sea más pesado que el helio.

su masa. En esta fase puede llegar, en algunos días o semanas, a una luminosidad del orden de una galaxia entera, lo que la hace visible desde lejos. Después, la luminosidad baja durante meses y el astro llega finalmente a volverse una estrella de neutrones. La luz así emitida sólo constituye una pequeña fracción (algo como 0,1%) de la energía liberada. La mayor parte se va por los neutrinos (99%) y la energía cinética de la materia eyectada (1%). Los neutrinos interactúan muy poco con la materia, lo que hace difícil detectarlos. Por suerte para la astrofísica, son producidos en tal abundancia durante una supernova, que logramos detectar una pequeñísima parte de ellos, lo que nos permite correlacionar la emisión de neutrinos con el aumento de la luminosidad que sucede algunas horas más tarde.

Las supernovas parecen ocurrir de 1 a 3 veces por siglo y por galaxia, en promedio. Parece poco, pero no olvidemos que hay muchas galaxias, y que la frecuencia de las supernovas en el universo es probablemente de varias por segundo. Algunas de las más famosas fueron: en el año 185, primera observación en China y en Roma, identificada posteriormente por sus restos, entre otros, por rayos X. En 1054, en la Nebulosa del Cangrejo, muy brillante, observada en varios lugares de Europa y China, y posiblemente por los nativos americanos. En 1572, en Casiopea, observada por Tycho Brahe y Jerónimo Muñoz. Y en 1604, en Ophiuchus, observada por Johannes Kepler, la última supernova vista en la Vía Láctea. En 1987 la Gran Nube de Magallanes (una pequeña galaxia satélite de la Vía Láctea), significó la primera oportunidad de poner a prueba, a través de observaciones directas, las teorías modernas sobre la formación de las supernovas.

Para las estrellas menos macizas, que son la mayoría, la dispersión de su materia es progresiva y forma una nebulosa planetaria. La estrella se vuelve una "enana blanca", un astro pequeño (del tamaño de la Tierra) y muy denso (Blaz, 2002). Las "enanas blancas" tienen densidades vecinas de 10 toneladas/cm³, y su masa es suficiente, evolucionan en estrellas de neutrones, cuyas densidades son del orden de diez millones de toneladas/cm³ (lo que se lograría si la masa del Sol fuera concentrada en una bola de unos 80 km de diámetro). Estas densidades extremas resultan del hecho de que los átomos se han vuelto prácticamente reducidos, por el efecto de la presión, casi al tamaño de sus núcleos, y los electrones y protones se recombinan en neutrones. Ceta de estos astros extraños, la gravedad puede llegar a valores enormes (más de mil millones de veces la de la Tierra). Es difícil imaginarse estos astros y estos valores, pero se puede intuir que tienen efectos gravitacionales marcados sobre su entorno. De hecho, los fotones emitidos por el astro pierden casi toda su energía al alejarse (de manera análoga, una piedra lanzada hacia arriba pierde su energía cinética inicial, y por eso sus longitudes de onda aumentan en tal proporción que el astro se vuelve invisible: un "agujero negro". El 1% de los astros de la Galaxia son estrellas de neutrones o agujeros negros (Binney, 2009).

Por otra parte, cuando una estrella superdensa tiene un enlace gravitacional con una estrella-compañera (parte de las estrellas forman pares, una gravitando alrededor de la otra), la estrella densa atrae la materia de su compañera y la absorbe. Las aceleraciones violentas que acompañan estos flujos muy energéticos pueden producir emisiones X y gamma.

Según su masa, las estrellas viven sólo entre algunos millones de años, las más macizas (que son también las más luminosas), hasta algo más de 10 mil millones de años, una mayoría de masas más modestas, como nuestro Sol. En el transcurso de su vida, la estrella pasa por varios estados de equilibrio. Por ejemplo, el Sol se volverá, en un futuro lejano, una "gigante roja", antes de terminar calmadamente su vida como una "enana blanca". De manera muy global y aproximativa, se forman y mueren el mismo número de estrellas: una por año y por galaxia.

Parece sorprendente que se pueda anticipar la evolución de las estrellas, cuya vida es tanto más larga que nuestros pocos siglos de observación. Una de las razones es que se pudo establecer con buena precisión, para una mayoría de las estrellas, una relación masa-luminosidad: la luminosidad aumenta con la masa. La masa da una idea de la reserva de energía de la estrella, y su luminosidad (absoluta) cuánta energía pierde por unidad de tiempo; estos datos permiten una primera estimación de la duración de vida de las estrellas. Se puede saber más con el diagrama bidimensional de Hertzsprung-Russell (Hertzsprung, 1909), una herramienta clásica del estudio de las estrellas que las clasifica por su luminosidad y temperatura. Sobre la base de la observación de muchas estrellas, cada una puede ser situada en el diagrama, y se puede saber cómo se mueve en él a medida que transcurre el tiempo, o sea, conocer su futuro.

5) ¿La Tierra en el centro del mundo?

Estamos tan acostumbrados a la concepción actual del universo, apoyada por tantas observaciones coherentes entre sí, y con los conocimientos reconocidos de la física y de la química, que probablemente perdemos de vista las dificultades que hubo para adquirirlas. De hecho, nada es más natural, y confortable, que considerarse inmóviles en el centro del mundo, y todavía más por el hecho de que no percibimos directamente nuestro movimiento orbital, ni nuestra rotación en 24 horas³³.

¿No giran el Sol, la Luna, las estrellas regularmente alrededor de nosotros, aparte de algunas pequeñas excepciones, como el movimiento por momentos retrógrado de los planetas, o aquel de los cometas? Por otra parte, esta opción hace muy difícil integrar numerosas observaciones muy bien establecidas.

Si la concepción geocéntrica del universo prevaleció por mucho tiempo, eso no debe ocultar el hecho de que hubo también, dentro de los astrónomos y filósofos griegos, luego árabes, la intuición del heliocentrismo y hasta —suprema libertad del espíritu— la idea de que el universo no tenía centro. Fue un largo camino para las mentes, y un cambio radical de la mirada sobre la naturaleza. Aunque hubo muchos actores en estos avances que merecían nuestro respeto, nos acordemos especialmente de Giordano Bruno y de su concepción adelantada del universo; de Copérnico con la propuesta del sistema heliocéntrico y de Tycho Brahe, quien observó un cometa que debía "atravesar" la esfera celeste, y cuyas numerosas observaciones sirvieron a Kepler y a Newton; de Galileo, observando con su telescopio primitivo las sombras cambiantes de las montañas lunares (lo que le sugería una similitud con las montañas terrestres), las fases de Venus (parecidas a las de la Luna, y que indicaban el movimiento de un planeta alrededor del Sol), los 4 satélites mayores de Júpiter (que cambian de posición hora por hora, sugiriendo la posibilidad de un cuerpo central alrededor del cual orbitan otros más pequeños), y las manchas solares; Kepler, quien llegó a leyes empíricas precisas del movimiento

33. Una de las primeras experiencias que demostró directamente la rotación de la Tierra fue la del péndulo de Foucault, en 1851, en la cual se verificó que el plano de oscilación de un péndulo giraba dependiendo de la latitud, de manera conforme a las leyes de la mecánica.

PREMIOS ALEJANDRO ÁNGEL ESCOBAR 2009

Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Madrón in vitro e in vivo de estrós oxidativos en la enfermedad de Parkinson y Alzheimer. Aplicaciones terapéuticas, de MARLENE JIMÉNEZ DEL RÍO y CARLOS VÉLEZ PARRIS, investigadores y profesores asociados de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia, Medellín.

Ciencias Sociales y Humanas

Los fenómenos del pasado: indagación y pensamiento crítico en Colombia y Venezuela, de CAROL HENRIK LANGEBÆK RUGDA, docente de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de los Andes, Bogotá D.C.

Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Resquear los protones HCO₃⁻, Adrenérol, y PDFA en vesículas membranosas a través de canales iónicos con la Acetilcolina inhibe la epilepsia del Astaxari, de CARLOS JAFURO GUERRERO FONSECA, profesor asociado de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.; ANA YOLGA SANDOZ GONZALEZ, bacterióloga de la Fundación Santa Fe, Bogotá D.C.; NINA VIVIANE PARRIS GÓMEZ, bióloga encargada de la descripción genética de la flora y fauna del proyecto de la Hidroeléctrica Rio Aguila - Rio Arzobispo, Guantánamo - Antioquia, y MARA ANDREA MURILLO GALLO, investigadora del Laboratorio de Biología Molecular de Vial de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

Ciencias Sociales y Humanas

Un Amor Nuevo: geografía política, económica y diplomática durante el interregno en el Alto Cauca (1808-1820) de DANIEL OYERZANZOLA, docente investigador del Centro de Estudios en Historia de la Universidad Establecida de Colombia, Bogotá D.C.

Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Diseño de la colecta: instituciones, políticas y cooperación en el mundo local de los recursos de uso común, de JUAN CARLOS CARDENAL, profesor titular de la Facultad de Economía de la Universidad de los Andes, Bogotá D.C.

Salud Pública

FUNDACIÓN JUAN FELIPE GÓMEZ ESCOBAR, Cartagena (Bolívar); FUNDACIÓN PARA LA CULTURA Y LA PAZ SOCIAL - FPMAS, Quibdó (Bolívar), Bogotá D.C.

MENTIONES DE HONOR

Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Resquear los protones HCO₃⁻, Adrenérol, y PDFA en vesículas membranosas a través de canales iónicos con la Acetilcolina inhibe la epilepsia del Astaxari, de CARLOS JAFURO GUERRERO FONSECA, profesor asociado de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.; ANA YOLGA SANDOZ GONZALEZ, bacterióloga de la Fundación Santa Fe, Bogotá D.C.; NINA VIVIANE PARRIS GÓMEZ, bióloga encargada de la descripción genética de la flora y fauna del proyecto de la Hidroeléctrica Rio Aguila - Rio Arzobispo, Guantánamo - Antioquia, y MARA ANDREA MURILLO GALLO, investigadora del Laboratorio de Biología Molecular de Vial de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.

Ciencias Sociales y Humanas

Un Amor Nuevo: geografía política, económica y diplomática durante el interregno en el Alto Cauca (1808-1820) de DANIEL OYERZANZOLA, docente investigador del Centro de Estudios en Historia de la Universidad Establecida de Colombia, Bogotá D.C.

Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Diseño de la colecta: instituciones, políticas y cooperación en el mundo local de los recursos de uso común, de JUAN CARLOS CARDENAL, profesor titular de la Facultad de Economía de la Universidad de los Andes, Bogotá D.C.

Salud Pública

FUNDACIÓN JUAN FELIPE GÓMEZ ESCOBAR, Cartagena (Bolívar); FUNDACIÓN PARA LA CULTURA Y LA PAZ SOCIAL - FPMAS, Quibdó (Bolívar), Bogotá D.C.

JURADOS

Ciencias

MARIA MARGARITA BOTEÑO DE MEZA, ANDRÉS ETHER ROTHLIENBERG, CLEMENTE FERRER PINEDA, JORGE ORLANDO MELD y ALBERTO VÉLEZ VAN MIERBEEK.

Salud Pública

MARIA CRISTINA TRUJILLO MONZUELA, JORGE HERNÁN GARDENAS SANTA MARÍA y ANDRÉS PEÑATE GONZALEZ.

Figura 6.
Sistema
de Ptolomeo.



de los planetas alrededor del Sol, y Newton, quien descubrió y formuló las leyes de la mecánica y de la gravitación, y confirmó las leyes de Kepler.

En pocos siglos, la concepción del mundo cambió. La naturaleza se extendió hasta los planetas, luego a las estrellas, cuyas distancias y movimientos fueron medidos, y después hasta la Galaxia entera, con su lenta rotación sobre sí misma, y su posición lejos del centro. La naturaleza se extendió por fin hasta las otras galaxias y a todo el universo observable, el cual se revela mucho más grande que lo anteriormente imaginado, en expansión y sin centro.

El geocentrismo y la Biblia

La interpretación literal del Antiguo Testamento, ya se trate del Génesis o de partes menos conocidas, puede conducir a pensar que la Tierra es inmóvil. Hoy en día hay todavía personas que defienden esta opinión¹⁵, lo que puede parecer sorprendente. Según esta actitud bíblica estricta, Dios inspiró directamente los textos de la Biblia, así todo lo que está escrito en ella constituye una verdad absoluta, y en ese orden de ideas, las observaciones científicas al ser humanas, sólo pueden ser superficiales, y la objetividad de la razón, una trampa. De ahí resulta una verdadera ruptura entre la verdad experimental y observacional, nunca definitiva, y la verdad "absoluta" de las Escrituras.

El geocentrismo da lugar naturalmente a tantas contradicciones con la realidad (o lo que llamamos la realidad), que parece inútil intentar convencer, o argumentar (aunque siempre es interesante intentar captar las ideas de otros). Un ejemplo sencillo de contradicción: si la Tierra fuera fija, el resto del universo (no solamente el Sol) giraría alrededor de ella en 24 horas, y las estrellas más cercanas tendrían una velocidad vecina de 10.000 veces la velocidad de la luz.

Lo interesante es que experimentos científicos confirmados pueden a veces ser interpretados "en contravía". En 1887, Michelson y Morley demostraron experimentalmente que no existe un medio de

15. Véase <http://www.geocentricity.com/faq/faq1.html>

propagación de la luz, pues no se detectan diferencias de velocidad debidas al movimiento de la Tierra en este supuesto medio, llamado "éter". Este experimento decisivo, que apoyó ulteriormente la Relatividad especial de Einstein (Tejerno, 2007), podría también ser interpretado de otra manera: la Tierra podría ser inmóvil relativamente a un éter que llenaría todo el universo (el Sol girando alrededor de la Tierra), en conformidad con el experimento de Michelson y Morley. El experimento proveería entonces un argumento "científico" a los seguidores del geocentrismo y del "inmovilismo" terrestre.

¿Cómo situarse frente a estas interpretaciones y evitar una argumentación punto por punto? Una manera, hay muchas otras, es tener en mente el número inmenso, y la coherencia, de observaciones que resultan directamente del movimiento de la Tierra y, para comenzar, toda la mecánica celeste (cuanto hay en estas pocas palabras): las órbitas de los satélites artificiales; el efecto de la fuerza de Coriolis sobre la dirección de los vientos y de las corrientes marinas, y sobre la forma de los conjuntos de nubes; el lanzamiento de las naves espaciales; la rotación de la Galaxia... (dejamos al lector continuar esta lista). Y mencionemos la liberación que aportaron los postulados de la Relatividad, brevemente: no hay observador privilegiado y la velocidad de la luz es la misma para todos los observadores inerciales. No hay dónde colocar el "inmovilismo" (siempre relativo), ni existe un experimento que lo demuestre. Cuando se sitúa el experimento de Michelson y Morley en el conjunto de los datos conocidos, revela su coherencia con la Relatividad y sus consecuencias. Es un hecho bien conocido que aislar una observación de todas las otras permite interpretarla a su gusto.

Pero sobre todo cabe mencionar, más allá de lo particular, que las teorías elaboradas y verificadas con tantos experimentos reproducibles revelan una visión del mundo mucho más coherente y de validez muy general, y permiten hacer previsiones con gran precisión.

Aquí, parece más sencillo admitir que no estamos "fijos", y que no podemos ocupar un lugar central en el universo. Eso no le quita nada al sentido profundo de las Escrituras, que merecen algo mejor que una interpretación difícil de sostener. Y finalmente: ¿no parece más satisfactorio situarnos libremente frente al universo, por el esfuerzo de nuestra mente? (¿o no nos aleja en nada de Dios.

Una pequeña historia del universo

6) No es posible describir el universo tal como es "ahora", pues las distancias en juego y la finitud de la velocidad de la luz nos lo muestran como era en el pasado. Entre más lejos miramos con nuestros telescopios, más miramos hacia el pasado. Así, no parece adecuado decir: en este momento el universo está de una u otra manera. Sin embargo, el lenguaje (cuyo uso seguiremos) admite que se diga que tal galaxia se aleja de nosotros con tal velocidad, mientras que de hecho, lo hacía hace millones, o miles de millones de años, y continuaríamos viéndola como si no existiera más. Si todas las estrellas se apagan (que nos sea permitido esta "Gedankenexperiment"), para nosotros el cielo no cambiaría en nada durante varios años, puesto que las estrellas que vemos tomarían unos 1.500 años para desaparecer, y deberíamos esperar cerca de 20.000 años para que toda la Vía Láctea haya desaparecido. No hay un "ahora" válido para todo el universo, un tiempo universal; sólo hay "ahoras" locales, relacionados por la velocidad de la luz.

A esta dificultad de representación se añade otra: el universo es posiblemente "finito" aunque no limitado, y no está estacionario: podemos ver que en el pasado, no era el mismo.

Nebulosas, galaxias, expansión del universo

Las nebulosas, observadas inicialmente como "nubes" en el ocular de los telescopios, se volvieron, gracias a los instrumentos de gran tamaño y a la fotografía (que acumula la luz recibida), inmensos cúmulos de estrellas, galaxias como la Vía Láctea. Luego se empezó a estimar sus distancias. Y, continuando el trabajo, se descubrió que el universo está lleno de galaxias.

El pionero de estas investigaciones fue Edwin Hubble, en los años veinte. Él y sus sucesores acumularon observaciones, estimando las distancias de las galaxias y midiendo su velocidad por el efecto Doppler. Llegaron poco a poco a esta conclusión esencial: las galaxias se alejan de nosotros (y entre

ellas) con una velocidad proporcional a su distancia. Este hecho se encuentra expresado en una ley empírica: la velocidad de recesión aumenta de 15 a 30 km/segundo para cada aumento de distancia de un millón de años luz. Así, por ejemplo, una galaxia que se encuentra a mil millones de A.L. de nosotros se aleja con una velocidad de 15.000 a 30.000 km/segundo. Recíprocamente, esta ley permite estimar la distancia cuando se conoce la velocidad. Y, según el principio de que el universo aparece el mismo, a gran escala, en cualquier lugar donde esté el observador (principio cosmológico), la ley de Hubble debería aplicarse a cualquier par de galaxias espaciadas por más de 100 millones de A.L. (las galaxias más cercanas interactúan gravitacionalmente y tienen movimientos propios que ocultan, en parte, la expansión general). En otras palabras, el universo está en expansión¹¹.

La constatación del aumento de volumen del universo con el tiempo, conduce naturalmente a preguntarnos que ocurrió en el pasado. Si miráramos "al revés" la película de la expansión, las galaxias se acercan cada vez más, hasta un punto donde la materia y la energía se encontrarían en un pequeño volumen, con una densidad y una temperatura extremadamente elevadas. De ahí la idea de una "explosión inicial", a partir de la cual la materia se habría dispersado, creando a medida que se expandía el espacio. Esta manera de ver las cosas no fue admitida sin reservas. El astrónomo inglés Fred Hoyle pensaba que el universo debía ser considerado como estacionario, y que la materia nueva aparecía a medida que desaparecía en otros lugares. Burlándose de la idea de un "momento inicial", lo llamó el "Big Bang", el momento de la gran explosión. La palabra peruó.

El Big Bang y sus huellas

¿Cómo considerar este Big Bang? ¿Es una fantasía de físicos-teóricos preocupándose de lo inverificable? Pues bien, no estábamos allí, en el momento del Big Bang. El hecho es que esta teoría es la que mejor satisface los datos observacionales. Hasta de manera inesperada. Uno se puede chocar por el título del libro de Steven Weinberg (1977): *Los tres primeros minutos del universo*, pero se debe reconocer que no solamente se pudo establecer con cierta precisión la cronología de los eventos que siguieron inmediatamente al Big Bang, así como la evolución ulterior del universo, sino también que ésta fue confirmada notablemente en varios puntos por lo que se refiere a la composición química del universo, y la existencia del "fondo cósmico de radiaciones de radio".

Cuando se reconstituye, desde las leyes de la física, lo que fue probablemente la evolución inicial del universo, uno asiste a un enfriamiento progresivo, debido a la expansión, que influye directamente sobre el estado de la materia. Se pueden distinguir tres fases principales en este enfriamiento, las cuales permiten también comprender mejor el origen del "fondo radio cosmológico" (Weinberg, 1978).

En la fase inicial, las temperaturas son extremadamente elevadas, sólo hay un "plasma" compuesto entre otros de electrones, positrones, y una radiación intensa. En una segunda etapa, la temperatura ha bajado lo suficiente como para que las fuerzas nucleares se manifiesten, y permitan la constitución de los primeros núcleos atómicos. Los electrones y los positrones empiezan a aniquilarse produciendo mucha radiación, y ésta no puede propagarse libremente, pues es continuamente difundida por las partículas presentes.

La tercera fase interviene solamente unos 380.000 años después del Big Bang, cuando la temperatura se encuentra a unos 3.000 grados K. Bajo estas condiciones, los protones pueden captar los electrones y constituir átomos. Es el comienzo de la fase "química" del universo. Los fotones pueden entonces propagarse, pues los átomos dejan pasar los fotones (a menos que éstos tengan precisamente la energía que separa dos niveles energéticos de los átomos, en cuyo caso serán absorbidos, luego reemitidos). Se dice a veces que el espacio se volvió transparente, y los fotones correspondientes a una radiación de cuerpo negro del orden de 3.000 grados K invadieron el espacio.

¿Qué pasó con esta radiación? Con el tiempo, sus longitudes de onda aumentaron en proporción de la expansión del universo, hasta llegar a algunos centímetros, lo que corresponde a una "incandescencia" de sólo 2,7 grados K. Esta radiación, también llamada "radiación fósil", dada su antigüedad, fue prevista

11. Una manera de representar la expansión es imaginarse que el volumen del universo se encuentra transformado en la superficie de un globo, y que el globo se está dilatando. Se podrá constatar que este modelo satisface la ley cosmológica de Hubble entre más separados estén dos puntos, más rápidamente se alejan. La "trampa" con este modelo es que se mira el globo desde "afuera" mientras un observador realista puede estar sobre el globo (o hay "afuera"), y sólo recibe la luz que viaja, a su velocidad limitada, que sólo le da sobre el globo.

por Gamow, Alpher y Herman en 1948, pero curiosamente (debido a la importancia que tiene en cosmología), fue observada por primera vez sólo hasta 1964 por Penzias y Wilson, quienes no la buscaban. Tiene la misma intensidad en todas las direcciones y es independiente de las condiciones de observación. Esta radiación, la más antigua que se pueda observar en el universo, confirma la hipótesis del Big Bang y permite establecer cuándo ocurrió: hace 13,7 mil millones de años (Arzayú, 2006).

Una visión general

Consideremos, para terminar esta pequeña historia, algunos procesos esenciales que gobiernan el universo a gran escala. La explosión inicial proyecta la materia que toma cada vez más extensión, creando, a medida que se expande, el espacio y el tiempo. Inicialmente homogéneo, el universo toma entonces la forma de grandes filamentos que darán lugar a los cúmulos de galaxias y a las estrellas.

Sin embargo, este ímpetu inicial debería perder poco a poco su velocidad por el efecto general de la gravitación. Si el ímpetu fuera grande, el universo debería crecer indefinidamente, a pesar del "freno" gravitacional. Si el ímpetu fuera débil, el universo debería crecer, inicialmente, hasta un punto donde empezaría a contraerse, para llegar a un estado de condensación extrema de materia y energía, simétrico en cierta manera al Big Bang, y popularmente llamado "Big Crunch", o implosión extrema. ¿Qué ocurre en realidad? Mediciones recientes, comparando velocidades de recesión (antiguas) de objetos lejanos y la velocidad (más reciente) de objetos más cercanos, parecen indicar una cierta aceleración de la expansión. No se sabe a qué fuerza atribuir este fenómeno, y se está especulando, por el momento, sobre la existencia de una "energía oscura" (invisible) que tendría un efecto de "repulsión" (porque las masas visibles sólo pueden atraerse).

Las masas iniciales, dispersas a gran escala por la expansión, tienden, a más pequeña escala, a reunirse (proto-galaxias, proto-estrellas, estrellas), y uno puede preguntarse por qué la energía gravitacional no se libera más rápidamente o, en otras palabras, por qué el universo es tan estable, y por esta razón, nuestra situación es más bien "segura". Freeman Dyson (1994) menciona factores inhibidores que nos protegen de una liberación excesivamente rápida de energía gravitacional en el universo:

Tomado de www.astro.uva.es



Figura 7.
Representación
artística del
Big Bang.

- Las grandes distancias entre estrellas, y entre galaxias, que vuelvan débil la interacción gravitacional, e improbable en la Galaxia, entre posibles incidentes, la llegada de una estrella cerca del sistema solar
- Las rotaciones (las estrellas de una galaxia giran lentamente alrededor de su centro, dos estrellas o dos galaxias cercanas giran una alrededor de la otra, los planetas giran alrededor de su estrella, etc.) que compensan la atracción gravitacional y vuelvan más lenta su liberación; es interesante notar que si esta inhibición no existiera, el tiempo necesario para que una galaxia "caiga" sobre sí misma por su propia gravedad, sería extremadamente largo
- La fusión nuclear en los estrellas. La liberación de energía gravitacional durante la contracción de la estrella estimula las reacciones nucleares, cuyo exceso de calor se opone entonces a la contracción. Así, las reacciones nucleares en una estrella pueden también considerarse como estabilizadoras de la liberación de energía gravitacional
- La interacción nuclear débil. El Sol funciona con hidrógeno ordinario (interacción débil), mientras las bombas funcionan con hidrógeno pesado, cuya velocidad de reacción es mucho más rápida (10¹⁰ veces, interacción fuerte). Las ventajas de esta situación son múltiples: el Sol es estable y dura mucho tiempo; si las bombas funcionaran con hidrógeno normal, los océanos serían una tentación continua para los fabricantes de bombas; y finalmente, sin la interacción débil, casi toda la materia del universo se habría convertido en helio, y habría muy poca agua.

De esta manera, a gran escala, el universo es el lugar de la conversión, continua y lenta, de energía gravitacional en energía térmica, la cual libera energía nuclear por la formación de elementos pesados. Una conversión regulada entre otros por los "puntos calientes" que son las estrellas, una conversión que se "desboca" de vez en cuando, sembrando en el espacio materia que, vuelta estrellas, continuará la tarea de sus progenitores. Una de ellas mantiene nuestro planeta a una distancia adecuada y constante de su radiación, un factor necesario para la aparición y la continuación de la vida.

7)

¿Cómo va a continuar esta historia?

Nuestro paseo muestra al espíritu humano actuando en una búsqueda de la comprensión del universo, que le permita situarse en su pequeñez, en esta inmensidad.

Venimos de muy lejos, en el espacio y en el tiempo, y la serie de las contingencias que condujeron a nuestra existencia a la existencia de este planeta, sus paisajes, los objetos que nos rodean, las diferentes culturas, es impresionante y se nos escapa en gran parte. Estamos embarcados en un viaje cuyo sentido no conocemos, pero desarrollamos conocimientos y una conciencia, lo que nos permite actuar sobre nuestro mundo y admitir nuestra situación en el universo. Esta es una forma de superioridad, más allá de los progresos materiales, distribuidos inequitativamente y no siempre esenciales.

Por lo que concierne a la biosfera y al sistema solar, la extrapolación hacia el futuro es incierta, dado el carácter caótico de estos sistemas. La complejidad por se de la biosfera, acentuada por las acciones humanas (guerras, perturbaciones del entorno), y factores aleatorios (epidemias, cataclismos a varias escalas), vuelven su evolución poco predecible. Un conocimiento "completo" del estado actual del planeta no permitiría prever, con cierto detalle, lo que va a ocurrir dentro de algunas semanas, meses o décadas. Por lo que se refiere al sistema solar (como sistema mecánico "a varios cuerpos"), la situación es igualmente impredecible, a la escala de tiempos astronómicos. No se puede excluir, en efecto, que las órbitas de algunos planetas "sufran", dentro de un futuro indefinido, alteraciones radicales, aunque lentas en la escala humana, así como es posible que tales cambios se hayan producido en el pasado.

Los futurólogos nos inundan con anticipaciones a las cuales deberíamos, según ellos, adaptarnos, como si fuéramos cautivos de un esquema evolutivo que no controlamos. Sin duda, el mundo, nuestras culturas, cambian; pero no debemos olvidar nuestras raíces, y no todo desarrollo tecnológico es

indispensable. ¿Es esencial leer el diario sobre una pantalla flexible, como las cortinas de su cuarto? ¿Es esencial para el espíritu humano vivir en una casa enteramente "informalizada", donde todo, o casi todo, ocurre sin nuestra intervención? No, sin duda. Lo que es cierto es que debemos enfrentar verdaderos problemas, como el de la paz (hay decenas de conflictos abiertos en el mundo), el del hambre, el del derecho para todas las personas a tener una vida decente. Algunos (Dyson, 1994) ven en el futuro la conquista de espacios extraterrestres, donde nuestra cultura (¿cuál?) podría extenderse. Pero esta obsesión de ganar territorios podría ser una trampa, sin muchos efectos, excepto aquellos, infelices, de los conflictos que acompañan a las conquistas.

Por su lado, el universo no se preocupa mucho de nuestras realidades, ni de nuestras ficciones. No tenemos el más mínimo poder sobre su evolución. Nos lleva consigo y no sabemos lo que seremos dentro de algunos miles de años, ni lo que quedará de nosotros dentro de algunos otros millones, o cuándo encontraremos la galaxia Andrómeda, o cuándo el Sol, habiendo aumentado su volumen, haya pulverizado a la Tierra. Mucho más tarde, cuando los astros se hayan enfriado, alguien —¿pero quién?— quizás se preguntará: ¿pero en qué se convirtieron aquellos que estaban allí, en ese planeta raro, donde se inventaron la guerra, el arte y la filosofía?

Llegados a este punto, parece adecuado recordar las últimas frases del libro de S. Weinberg:

Es casi imposible para los humanos no creer que exista un enlace particular entre ellos y el universo, que la vida no sea solamente el resultado grotesco de una serie de accidentes ocurridos desde el pasado y desde los tres primeros minutos, pero que, de cierta manera, fuimos concebidos desde el comienzo [...]. El esfuerzo realizado para comprender el universo es una de las pocas cosas que elevan la vida humana más allá del nivel de la farsa, y le confieren algo de la dignidad de la tragedia (Weinberg, 1978).

Entonces, para terminar ligeros, como empezamos, miremos el cielo una vez más y mantengamos los pies sobre la Tierra.
Villa de Leyva, junio de 2009.

Referencias

- Arzayús T., S. (2006), "El Nobel de Física y el universo", en *Innovación y Ciencia*, Vol. XII, No. 4.
- Brunier, S. (2009, agosto), "Voie Lactée : son recensement est enfin terminé", en *Science et Vie*, No 1103.
- Díaz Óchoa, J. G. (2002), "La muerte de las estrellas", en *Innovación y Ciencia*, Vol. X, No. 1.
- Dyson, F. (1994), *De Eros a Golo*, Barcelona, Tusquets, colección "Metatemas", No 35; cuadro "Acreción", disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Formaci%C3%B3n_de_estructuras
- Higuera G., M. A. (1999), "Astrofísica: una herramienta para conocer el universo", en *Innovación y Ciencia*, Vol. VIII, No. 2.
- Mayor, M. y Queloz, D. (1995), "A Jupiter-mass companion to a solar-type star", en *Nature* 378, pp. 355-359.
- Tejero S., J. M. (2005), *Sobre la teoría especial de la Relatividad*, Bogotá, Observatorio Astronómico Nacional, Universidad Nacional de Colombia.
- Weinberg, S. (1978), *Les trois premières minutes de l'Univers*, Paris, Editions du Seuil.

Complemento:

- <http://curious.astro.com.edu/> : en este sitio se encuentran respuestas a muchas preguntas específicas sobre astronomía y astrofísica. El visitante también tiene la posibilidad de hacer nuevas preguntas, a las cuales los astrónomos responden.
- La edición especial de la revista francesa *Science et avenir*, mayo-junio 2009, contiene datos interesantes y muchas imágenes del universo.

Qué hacen los pastusos en un observatorio astronómico?

ALBERTO QUIJANO VODNIZA
MÁSTER EN FÍSICA, UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
FUNDADOR Y DIRECTOR DEL OBSERVATORIO ASTRONÓMICO
DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO

aquijanov@gmail.com

Resumen

En el presente artículo se describe la actividad investigativa más sobresaliente del Observatorio Astronómico de la Universidad de Nariño. Los resultados de los trabajos están publicados en revistas internacionales y páginas web de la NASA.

Proyecto Deep Impact

Participamos activamente en el proyecto Deep Impact de la NASA, el cual tuvo como objetivo hacer colisionar el 4 de julio de 2005 una bala robótica con el cometa Tempel 1, para estudiar la composición interna del cometa. El Observatorio Astronómico de la Universidad de Nariño participó en el "Small Telescope Science Program", asociado al proyecto Deep Impact y socializamos nuestros resultados durante el mes de agosto de 2006 en Bruselas, Bélgica, en el evento denominado "Deep Impact as a World Observatory Event: Synergies in Space, Time and Wavelength". En el contexto de la Misión Espacial Deep Impact de la NASA, el cometa 9P/Tempel 1 constituyó el foco de una campaña observacional en múltiples longitudes de onda, sin precedentes a lo largo del mundo entero. El cometa también fue estudiado en su paso por el perihelio mediante varias fuentes, incluyendo la sonda Deep Impact, el telescopio espacial Hubble, el telescopio espacial Spitzer, la sonda Rosetta, los grandes observatorios del mundo y los telescopios universitarios que hicieron parte del programa "Small Telescopes Science Program-STEP". Durante medio año se capturaron imágenes del cometa Tempel 1, antes y después del impacto, que ocurrió al amanecer del 4 de julio de 2005. Cada noche se adquirieron aproximadamente 500 imágenes, que luego de ser procesadas digitalmente (reducción del ruido electrónico) y analizadas matemáticamente se enviaron a la página web de Deep Impact. Se hizo fotometría únicamente en las fotografías que poseían alto factor de "Señal a Ruido" (gran factor de calidad) y para ello fue necesario identificar en cada imagen las estrellas, seleccionar varias de ellas como "referencia" (estrellas patrones con magnitud de brillantez conocida) y realizar "fotometría diferencial" mediante el software MaxIm DL-5. La fotometría diferencial consiste en obtener la brillantez del cometa o de un asteroide, en función de la brillantez de las estrellas de referencia. Este tipo de fotometría proporciona una gran exactitud en los datos porque todos los objetos sufren la misma distorsión, ocasionada por la atmósfera y los dispositivos ópticos y digitales. Con los datos obtenidos se construyó la curva de brillantez del Cometa Tempel 1 que indica, día a día, cómo varía la brillantez del objeto celeste debido a su acercamiento al sistema Sol-Tierra, por la generación eventual de explosiones de polvo y, finalmente, debido a la colisión de la bala con el cometa. Todos los observadores del mundo —en los grandes telescopios y en los universitarios— realizaron estudios similares al alcance de su instrumentación. La ponencia que presentamos en ese importante evento del año 2006 fue publicada en octubre de 2008, en Alemania, por la mundialmente conocida editorial Springer-Verlag, en el libro que lleva el mismo nombre del congreso: *Deep Impact as a World Observatory Event: Synergies in Space, Time and Wavelength*. Nuestro trabajo aparece bajo el título "The Deep Impact Event as Seen from the University of Nariño Observatory" (Quijano, 2009) y fue posible gracias a la instrumentación del observatorio y a la buena calidad del cielo que nos acompañó durante todo el evento.

El asteroide potencialmente peligroso 2009 DD45

Nuestro Observatorio Astronómico se ha destacado por haber fotografiado gran cantidad de asteroides, muchos de ellos supremamente débiles en brillantez. En el año 2008 el observatorio recibió el Código Internacional "1198" del Minor Planet Center de Estados Unidos por suministrar a esta institución datos

1. Véase <http://www.mpc.mtl.it/1198/>

científicos de astrometría de gran calidad, tanto de asteroides como de cometas, y somos el único observatorio colombiano que posee este tipo de código. El asteroide denominado como 2009 DD45 hizo su máxima aproximación a la Tierra el pasado 2 de marzo a las 8:40 de la mañana, hora local colombiana. Este cuerpo celeste pasó a una distancia muy pequeña de la Tierra, a tan sólo 73.000 kilómetros, un poco menos del doble de la distancia que nos separa de los satélites de comunicaciones geoestacionarios. Este asteroide posee un diámetro de 35 metros y es uno de los que más se han acercado a nuestro planeta; por ese motivo, es catalogado como potencialmente peligroso por la NASA. El asteroide fue descubierto el 27 de febrero del presente año y a pocos días hizo su encuentro más cercano con la Tierra. Fue descubierto por el gran buscador de asteroides Robert McNaught en el Siding Spring Observatory, en Australia, con los grandes telescopios de ese laboratorio. Durante el descubrimiento del 2009 DD45, éste se hallaba a una distancia de 2.414.056 kilómetros. El Observatorio Astronómico de la Universidad de Nariño, después del descubrimiento en Australia, reportó imágenes y videos de este asteroide muchas horas antes de que ocurriera el máximo acercamiento a nuestro planeta. Por este motivo fue publicada en la página web de SpaceWeather-NASA la noticia de nuestro avistamiento¹. La primera fotografía del 2009 DD45 fue capturada en nuestro observatorio a las 00:34:17 horas en tiempo internacional, del 2 de marzo, o sea a las 19:34:17 horas del 1 de marzo, tiempo de Colombia. Es complicado registrar un asteroide veloz de brillantez débil (magnitud 15). En el trabajo de astrometría se utilizan las coordenadas de estrellas patrones para encontrar las coordenadas del cometa o asteroide. Evidentemente entre más estrellas de referencia se utilicen, mayor es la exactitud de la medida.

2. Véase <http://www.spaceweather.com/tech/ast/ast09dd45.html>

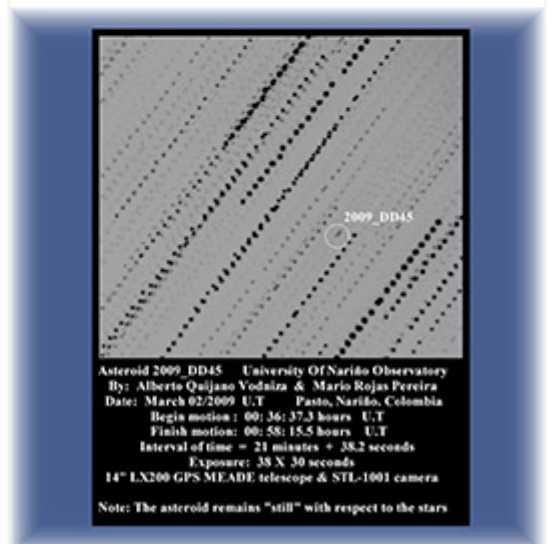


Figura 5.

Asteroide 2009 DD45. Imagen capturada en el Observatorio Astronómico de la Universidad de Nariño el 2 de marzo 2009 (tiempo internacional).

Grandes asteroides

El Observatorio Astronómico de la Universidad de Nariño también ha capturado fotografías de dos asteroides bastante grandes, uno de ellos catalogado como potencialmente peligroso por la NASA. Los asteroides se denominan en el argot astronómico 2003 Q0104¹ y 1994 CC. La NASA considera potencialmente peligrosos aquellos cuerpos superiores a 100 metros de tamaño y que se aproximan a la Tierra a una distancia menor a 7500.000 kilómetros. El 2003 Q0104 de 2,9 kilómetros de tamaño (la tercera parte del tamaño del asteroide que ocasionó la desaparición de los dinosaurios), pasó el 9 de junio a 14.145.957 kilómetros. Este asteroide fue descubierto el 31 de agosto de 2003 por el sistema robótico JPL- NEAT y gira alrededor del Sol en 3 años, 1 mes y 13 días, aproximadamente. El 1994 CC tiene un tamaño de 1,2 kilómetros y pasó al día siguiente, junio 10, a una distancia de nuestro planeta de 2.537.047 kilómetros. El asteroide gira alrededor del Sol en 2 años, 1 mes y 6 días aproximadamente y fue descubierto por el sistema Spacewatch del gigantesco telescopio Kitt Peak. En el observatorio estamos monitoreando estos asteroides para realizar mediciones fotométricas, astrométricas y estimar su curva de luz y órbita. Ya se han enviado datos de astrometría (datos de posición) del asteroide 2003 Q0104 al Minor Planet Center (MPC) de Estados Unidos y fueron aceptados por su precisión. También hemos realizado un cálculo de varios parámetros físicos de la órbita del asteroide, que será presentado en el División Planetary Science 41 Meeting organizado por la American Astronomical Society (AAS) de Estados Unidos y el Radiotelescopio de Arecibo, Puerto Rico (octubre 4-9 de 2009). Actualmente estudiamos dos asteroides gigantes: el 2000 LC16 que tiene un tamaño de aproximadamente 2 kilómetros de diámetro y pasó en agosto 17 de este año a 25,6 distancias lunares, y el 2006 SV19 que tiene un tamaño de 1,3 kilómetros de diámetro y pasó en agosto 21 del presente año a 59,2 distancias lunares.

Colisión sobre Júpiter

El Observatorio Astronómico de la Universidad de Nariño se apuntó un gran logro al fotografiar la huella del impacto que dejó la colisión de un cuerpo sobre el gigante planeta Júpiter. Hasta el momento no existen suficientes datos para saber si el cuerpo fue un asteroide o un cometa, pero se estima que su tamaño era similar al de uno o dos estadios de fútbol, y que poseía bastante energía para producir una huella gigante en el planeta gaseoso del tamaño de la Tierra, huella que se ha observado durante varios días. Actualmente los grandes observatorios están realizando estudios de espectrometría para buscar vestigios de agua en la huella dejada en el gigante planeta; de ser así, el cuerpo que colisionó sería un cometa, pues estos poseen trozos de hielo de agua y otros materiales exóticos. Sin embargo, hasta la fecha no hay resultados definitivos. Hace precisamente 15 años, en julio de 1994, el cometa Shoemaker-Levy 9 se estrelló contra Júpiter y debido a la gran fuerza gravitacional joviana, el cometa se fracturó en más de 20 fragmentos. Pero en esa oportunidad el cometa había sido descubierto con bastante anticipación y así se pudo predecir correctamente su impacto en Júpiter. En este caso, el cuerpo nunca fue objeto de observación y la huella fue descubierta el 19 de julio por el astrónomo australiano Anthony Wesley, quien estimó que la colisión se producía entre el 17 y el 19 de julio. El impacto fue ratificado luego por observaciones en el infrarrojo del telescopio de la NASA instalado en Hawái. Desde nuestro observatorio capturamos muchísimas imágenes en la noche del 20 y durante el amanecer del 21 de julio. Utilizamos la presencia de la mancha roja para calcular las coordenadas de la huella del impacto. Para observar la huella de la colisión fue necesario hacer el procesamiento digital de las imágenes y aplicar varios filtros con software adecuado. Empezamos a fotografiar a Júpiter a las 9 de la noche del 20 de julio y la zona del impacto fue fotografiada alrededor de las 2:30 de la mañana del 21 de julio (hora de Colombia). Debimos esperar bastante tiempo para mirar la zona del impacto, pues Júpiter tiene un

¹ Véase <http://www.spaceweather.com/> Seleccione con el botón de la derecha denominado "ARCHIVES" la fecha JUN 9 - 2009 y oprime el botón "VIEW".

período de rotación de 9 horas, 50 minutos y 28 segundos en su zona ecuatorial. También diseñamos, con las mejores imágenes, un vídeo donde se aprecia claramente la rotación de Júpiter, al observar el cambio de posición de la gigante mancha roja que es dos veces y media más grande que la Tierra. Esta nueva colisión de un cuerpo sobre Júpiter es un indicador claro de que la probabilidad de colisión entre un asteroide o un cometa y la Tierra no es pequeña.

Detección de exoplanetas

Hay una correspondencia muy estrecha entre las estrellas variables por eclipse y los exoplanetas. En el primer caso, los eclipses que resultan se deben a la rotación de por lo menos dos estrellas alrededor de su centro de masa y son relativamente fáciles de detectar por el tamaño de los cuerpos celestes que están involucrados en el fenómeno. En el segundo caso, los exoplanetas, al pasar al frente de una estrella, producen un pequeño eclipse que se traduce en una disminución muy pequeña de la luz de la estrella-centro solar a la cual pertenecen. Esa variación de la intensidad luminosa generalmente es muy pequeña y difícil de medir, aunque con técnicas fotométricas de alta precisión es posible medir la fluctuación luminosa. No obstante, las estrellas, aun con los mayores telescopios del mundo, se siguen



Figura 2.
En la foto se mira una mancha (indicada por la flecha), resultado del impacto de un cuerpo sobre el planeta Júpiter. La imagen fue capturada en el Observatorio Astronómico de la Universidad de Nariño a las 7:35 horas de Colombia el día 21 de julio del 2009.

Figura 3.

Fotografía de la nebulosa Trífida (M20) capturada en el Observatorio Astronómico de la Universidad de Nariño. Tiempo de exposición: 16 minutos. La nebulosa está a 5200 años luz.



observando como simples puntos luminosos. Entonces, si los planetas son mucho más pequeños que las estrellas, ¿cómo es posible determinar que una estrella particular posee planetas a su alrededor si no se pueden visualizar? El método que empleamos en nuestro observatorio y que se adapta más a nuestra instrumentación y capacidad es el método fotométrico. Mediante fotometría diferencial, con el equipo que poseemos en el Observatorio Astronómico de la Universidad de Nariño, se han analizado, en primer lugar, estrellas variables más débiles que décima magnitud para adquirir experiencia suficiente en la determinación de tránsitos estelares. En la segunda etapa de nuestra investigación se emprendió la investigación con exoplanetas, mediante la cámara CCD STL-001E SBIG. La obtención de la curva luminosa de las estrellas variables y de las estrellas con presencia de planetas, nos permitirá determinar, entre otras cosas, la masa de los acompañantes y la dinámica de rotación. Durante el año

2008 pudimos detectar desde nuestro observatorio tres exoplanetas: El HAT-P-5b en Lyra, el TrES-3 en Hércules, y el WASP-1 en Pegaso (WASP = Wide Angle Search for Planets). El primero está a una distancia de 1.500 años luz, el segundo a 1.200 años luz y el último a 1.234 años luz. Durante la noche del 8 de diciembre de 2008 pudimos obtener gran cantidad de datos que nos permitieron encontrar la curva de luz del tercer exoplaneta. En la curva de luz se aprecia claramente el eclipse que se origina cuando el exoplaneta transita su sol. El radio del último exoplaneta es 1,4 veces más grande que el planeta Júpiter y está situado a 5,670.000 kms, una distancia relativamente pequeña. Por consiguiente la temperatura en su superficie debe ser bastante elevada. El exoplaneta WASP-1 se tarda 2,52 días en dar una vuelta alrededor de su sol, esto corresponde a 60,5 horas, aproximadamente.

Logros del observatorio

Como resultado de nuestras investigaciones, hemos publicado varios libros: *Obtención de la curva luminosa del Cometa Hale-Bopp y medición del período de rotación mediante la cámara CCD* (Quijano, 2003); *Astronomía digital* (Quijano, 2002); *Diseño de un método experimental para medir temperaturas estelares mediante la cámara CCD y espectrometría* (Quijano, 2007); *Obtención de la curva luminosa de los cometas C/2002T₇ Linear, C/2001Q₄ Neat y espectrometría de C/2001Q₄ Neat* (Quijano, 2007). Hemos participado en varios congresos internacionales como ponentes y, recientemente, estuvimos en el evento internacional denominado *Division Planetary Science 40 Meeting* organizado por la American Astronomical Society (AAS) de Estados Unidos y la Universidad de Cornell en Ithaca, New York (octubre 30-15 de 2008). La ponencia presentada en ese evento se denominó: "Search of Exoplanets-Phase I" (Quijano, 2008). También estuvimos presentes en el evento *Division Planetary Science 39 Meeting* organizado por la American Astronomical Society (AAS) de Estados Unidos y la Universidad Central de Florida (octubre 7-12 de 2007). Las ponencias presentadas en ese evento fueron: "Exoplanets Search Plan" (Quijano, 2007) y "Study of the 4179 Toutatis Asteroid" (Quijano, 2007).

Referencias

- Quijano, V.A. (2002). *Astronomía digital*, libro virtual en CD publicado por la Oficina de Acreditación, Pasto, Universidad de Nariño.
- _____. (2003). *Obtención de la curva luminosa del Cometa Hale-Bopp y medición del período de rotación mediante la cámara CCD*, Michigan, University Microfilms (UM).
- _____. (2007). *Diseño de un método experimental para medir temperaturas estelares mediante la cámara CCD y espectrometría*, Pasto, Editorial Universidad de Nariño.
- _____. (2007). "Exoplanets Search Plan", en *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 39, No. 3, p. 2.
- _____. (2007). *Obtención de la curva luminosa de los cometas C/2002T₇ Linear, C/2001Q₄ Neat y espectrometría de C/2001Q₄ Neat*, Pasto, Editorial Universidad de Nariño.
- _____. (2007). "Study of the 4179 Toutatis Asteroid", en *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 39, No. 3, pp. 448-449.
- _____. (2008). "Search of Exoplanets-Phase I", en *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 40, No. 3, p. 403.
- _____. (2009). "The Deep Impact Event as Seen from the University of Nariño Observatory" en *Deep Impact as a World Observatory Event: Synergies in Space, Time and Wavelength*, series: ESO astrophysics symposia, Kaufl, Hans Ulrich, Sterken, Christiaan (eds.), Berlin, Springer-Verlag.

LAS MUJERES Y SU APOORTE A LA ASTRONOMÍA, A LA ASTRONÁUTICA Y A LAS CIENCIAS RELACIONADAS

JOSÉ ANTONIO MESA REYES
Astrónomo aficionado
PRESIDENTE DE LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ESTUDIOS
ASTRONÓMICOS ACDA (www.ACDA.info)
PROFESOR DE HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA ASTRONOMÍA
Asesor del Jardín Botánico de Bogotá
JoseMesa@hotmail.com

La astronomía y sus ciencias relacionadas conforman un vasto sistema de conocimientos que ha sido construido a lo largo de los siglos por los aportes de hombres y mujeres. Sin embargo, es poco común (como en otros campos de la ciencia y la tecnología) escuchar el reconocimiento explícito de los aportes de cientos de mujeres que, ya sea directamente o en colaboración con otros científicos, redibujaron nuestro universo con sus hallazgos.

El Año Internacional de la Astronomía (IYA2009, por sus siglas en inglés) ha permitido que los conocimientos en este campo se hayan difundido a millones de personas, gracias a la coordinación internacional de la UNESCO y el liderazgo nacional en Colombia de la Red de Astronomía Colombiana. En esta oportunidad se hace un reconocimiento expreso mediante el programa: "Ella es una astrónoma".

Este programa no sólo muestra que un cuarto (o apenas un cuarto) de los astrónomos son mujeres, sino que el número de ellas en niveles directivos en la ciencia es desproporcionadamente bajo; por eso busca recoger estadísticas e historias de mujeres en la astronomía y establecer las bases para una participación equitativa en el futuro.

En esa dirección, en el seno de la Asociación Colombiana de Estudios Astronómicos, ACDA, se ha desarrollado una investigación que pretende indagar por la presencia de las mujeres en la historia de la astronomía y por la participación de las colombianas en la misma.

Así, el surgimiento del programa "Ella es una astrónoma" se establece como el intento de reconocer el trabajo de la mujer en la astronomía a lo largo de la historia y develar cómo se ha ignorado sistemáticamente su potencial científico.

Desde la antigüedad la mujer realizó aportes a la astronomía, pero muchos debieron ser difundidos usando una falsa identidad masculina; por ejemplo **Enheduanna**, nacida en Babilonia quien, en el año 4000 a. C., calculó calendarios, o **Trotula Pitagórica**, siglos XIII-XIV, pionera de la dermatología y la ginecología con su libro *Enfermedades de la mujer*, profesora de la Escuela de Medicina de Salerno, de quien dijeron "que no podía haber existido o que era un hombre". Otras fueron perseguidas a muerte como **Hipatia**, 355 a. C., Alejandría, quien, entre muchos aportes, desarrolló el astrolabio plano, un instrumento en el que se representaba la esfera celeste para observar y determinar la posición y movimiento de los astros.

Durante años hemos aprendido temas sencillos y complejos sobre astronomía y exploración planetaria, pero la mayoría propuestos por hombres. Durante siglos, las mujeres estuvieron en desventaja en cuanto al acceso a la educación y a la investigación, como fue el caso de **María Mitchell**, estadounidense, descubridora de un cometa en 1847, profesora de astronomía en el Vassar College desde 1865 y posteriormente directora de su observatorio. A Mitchell le impidieron, en cierto momento, entrar al Observatorio Vaticano por ser mujer y cuando se lo permitieron no le dejaron ver los telescopios. Muchos de nosotros no sabemos los aportes importantes realizados por mujeres y tampoco nos imaginamos que cada día esas contribuciones siguen creciendo.

Por ello, a continuación referenciamos un conjunto —necesariamente incompleto— de mujeres astrónomas y sus aportes, con el fin de evidenciar su esfuerzo en la construcción de nuestro sistema de conocimiento y simultáneamente rendir homenaje a todo el género femenino.

Nuestro recorrido formal comienza con **Thales**, griego, esposa de Pitágoras, quien junto con sus dos hijas mantuvo la escuela

pitagórica después de la muerte de su creador y escribió tratados de matemáticas, física, psicología infantil y medicina. O **Apolonia** de Tesalía, Grecia, quien en el año 200 a. C., se convirtió en la primera mujer en predecir eclipses, lo cual, además del conocimiento de que la Tierra gira en torno al Sol, y la Luna en torno a la Tierra, le valió un cuerpo de cálculos matemáticos y geométricos que fundamentaron la mecánica planetaria.

Algunos aportes importantes realizados por las mujeres a la astronomía

Sophia Brahe (1556-1643), danesa, *sib* Brahe, la hermana de Tycho, se encargó por años del registro y la revisión de las observaciones de su hermano, que sirvieron a Johannes Kepler para encontrar la lógica de las órbitas planetarias.

Marie Curie (1867-1934), polaca, a quien llamaban con el mismo nombre de su libro más famoso en Europa, *Uranio Propicio*, o la amiga de la musa de la astronomía. Dejó como parte de su legado la traducción de la obra de Kepler al lenguaje popular (hasta ese momento el latín fue el idioma de la ciencia), y lo simplificó al omitir el "complicado uso de logaritmos".

Nicholas-Reine Lepaute (1732-1788), francesa, predijo el retorno del cometa Halley en 1759, lo que requirió gran cantidad de cálculos por la influencia de Júpiter y Saturno en la órbita. También realizó los cálculos para un eclipse de sol visible en Francia, con una carta que mostraba los tiempos y porcentajes de parcialidad para cada 15 minutos, y para varias ciudades de Europa junto con Joseph Lalande (*Connaissance des temps*). En su honor se nombró el Asteroide 2720 Lepaute, en 1960.

Catharine Sedgwick (1789-1867), estadounidense, se destacó en la divulgación de la astronomía —no menos importante que la investigación— con su libro para niños *Arcturus or The Bright Star in Bootes. An Easy Guide to Science*. Allí escribió: "El objeto de las siguientes conversaciones es animar al joven escolar a sobrelevar las dificultades que se atraviesan en su búsqueda de la ciencia. Muchas de esas dificultades son imaginarias y ocultas, en esos jóvenes hay cualidades que nos sorprenden" (Sedgwick, 1865).

Caroline Herschel (1750-1848), inglesa, descubrió varias nebulosas y cometas con un telescopio pequeño, editó un catálogo de nebulosas y publicó un libro de las matemáticas necesarias para cálculos astronómicos; como dato curioso, siempre llevaba consigo las tablas de multiplicar. Durante un viaje en que acompañó a su hermano William (descubridor de Urano) a entregar como regalo un gigantesco telescopio a la Universidad de Göttingen en nombre del rey, Caroline halló otro cometa durante la instalación. Posteriormente descubrió siete cometas antes de la muerte de su hermano, momento en el que terminó su carrera como astrónoma de observación y regresó a Hanover con su otro hermano, Dietrich. Allí se dedicó a la catalogación de los descubrimientos de su hermano y al enviarlos a Inglaterra, la convirtieron en socia honoraria de la Royal Astronomical Society y de la Royal Irish Academy. También recibió honores en Alemania y el rey de Prusia le dio la Gold Medal of Science por sus descubrimientos científicos.

Figura 1.
Hipatia,
Alejandría
335 a.C.



84



Figura 2.
Sophia Brahe,
Dinamarca,
1556-1643.

85

El harem



Figura 3.
Henrietta
Swan Leavitt,
Estados
Unidos,
(1868-1921).

Edward Pickering llegó en 1877 a la dirección del Observatorio de Harvard, ubicado en Cambridge, Massachusetts. El observatorio había recibido una donación de 400.000 dólares de la viuda de Henry Draper, con el objeto de completar su catálogo. Para tal efecto Pickering se valió de la fotografía, la espectrografía y la luminosidad. Descontento con el desempeño de sus empleados hombres en la tediosa tarea de hacer cálculos astronómicos, contrató alrededor de ochenta mujeres. En consideración a que las mujeres habían ya ganado algunos derechos y alcanzado algún grado de instrucción, contratarlas por un cuarto de dólar la hora —la mitad del salario de los calculistas hombres y similar al de un obrero a pesar de que algunas eran profesionales universitarias— le permitió a Pickering doblar su equipo de trabajo con una mayor productividad, al trabajar seis días a la semana por siete horas diarias. Ese grupo fue desde entonces conocido como el harem de Pickering, del cual cuatro de sus integrantes sobresalieron en astronomía, probando que eran capaces de hacer ciencia: Williamina Paton Stevens Fleming, Antonia Maury, Henrietta

Swan Leavitt y Annie Jump Cannon.

Williamina Paton Stevens Fleming (1857-1911), escocesa, es un caso admirable de perseverancia de una persona sin estudios. Fue profesora de escuela de los 14 a los 20 años, se casó con James Fleming, quien la abandonó con un bebé al llegar a Boston. Allí se hizo sirvienta del profesor Edward Pickering y estableció un sistema de clasificación de las estrellas de acuerdo a su espectro (5 clases y 10.000 estrellas en 9 años); en 1906 fue la primera mujer miembro de la Royal Astronomical Society; en 1907 publicó un estudio de las 222 estrellas variables descubiertas por ella, y finalmente, en 1910, hizo público su descubrimiento de las enanas blancas, estrellas menores que el Sol, muy densas y calientes, que tienden a generar agujeros negros, pues ni la luz puede escapar de ellas.

Henrietta Swan Leavitt (1868-1921), estadounidense, determinó por primera vez, de manera exacta las distancias extragalácticas. Catalogó estrellas variables cefeidas, y en el curso de este proceso, en 1912, descubrió que las cefeidas que tienen mayor luminosidad promedio tienen los más largos periodos de variación. Y además, en 1913, cuando el astrónomo danés Ejnar Hertzsprung estimó con exactitud las distancias de unas pocas cefeidas, ella pudo calcular el resto de las distancias con su fórmula de correlación periodo-luminosidad de Leavitt.

Antonia Maury (1864-1952), estadounidense, discípula de Maria Mitchell, se le asignó el cálculo y la catalogación de estrellas del hemisferio norte; se interesó en trabajos teóricos, lo cual desagradaba a Pickering y la llevó a trabajar en la Gilman School. Su aporte inicial fue complementar el modelo de Fleming para reflejar la temperatura de las estrellas y posteriormente, con la descripción de las líneas espectrales, de acuerdo con su nivel de definición, ancho y luminosidad. Los resultados fueron coherentes con los hallazgos de Ejnar Hertzsprung, por lo cual se le reconoce por sus aportes a la astrofísica estelar.

Annie Jump Cannon (1863-1941), estadounidense, fue la primera mujer en clasificar sistemáticamente los cielos. Comenzó en 1884 ordenando las estrellas de acuerdo al método espectral de Williamina Fleming; en 1897 recibió el título de "asistente", en 1911 se hizo curadora de fotografías y en 1914 se convirtió en miembro honorario de la Royal Astronomical Society. Entre 1918 y 1924 publicó nueve volúmenes con información de 225.000 estrellas, dentro del Henry Draper Catalog (Catálogo estándar

internacional). En 1925 fue la primera mujer en recibir un doctorado honorario de Oxford University y una de las pocas de la American Philosophical Society. Entre 1925 y 1942 publicó *The Henry Draper Extension* completando 350.000 estrellas clasificadas. Además, descubrió cinco novas y 300 estrellas variables de periodo largo.

Saliendo del talentoso equipo de Harvard, continuamos nuestro recorrido con **Charlotte Emma Moore Sitterly (1898-1990)**, estadounidense, matemática, quien trabajó desde 1920 en Princeton University. Fue coautora de documentos sobre la masa de las estrellas y las estrellas binarias, y a finales de la década de 1930 trabajó en el estudio del espectro solar. Se doctoró en Berkeley con un estudio del espectro de las manchas solares y trabajó en el Naval Research Laboratory donde publicó libros base para la espectroscopía. A finales de su vida complementó su obra con datos provenientes de satélites y de instrumentos enviados en cohetes. En su honor se bautizó el planeta menor #2110 Moore-Sitterly.

Cecilia Payne Gaposchkin (1900-1980), británica, fue astrónoma y astrofísica. Su motivación comenzó con la observación de un meteorito a sus 10 años de edad y antes de los 30, había publicado ya dos libros. Estudió ciencias naturales en 1919 en el Newnham College, Cambridge University y llegó al Harvard Observatory en 1923, donde se convirtió en la primera persona en tener un Ph.D. con su tesis sobre atmósferas estelares. En ella describió la sorprendente teoría acerca de que las estrellas estaban compuestas principalmente por helio e hidrógeno con trazas de otros elementos y, contrario a lo que se creía, eran similares a la Tierra. La sustentación de la tesis tuvo que realizarse en la universidad de Radcliffe, pues Harvard era sólo para hombres.

Marie Paris Pismis de Reillas (1911-1999), nacida turca, pero de nacionalidad mejicana fue la primera mujer en obtener un doctorado en la Universidad de Estambul y, así mismo, la primera astrónoma profesional en México (en donde se cree, hay el mayor número de astrónomas). Trabajó por más de 50 años en la UNAM y estudió la cinemática de las galaxias, la nebulosa H II, la estructura de cúmulos globulares y las nebulosas planetarias. Compiló el catálogo Pismis de 22 cúmulos abiertos y 2 cúmulos globulares en el hemisferio sur.

Vera Rubin (1928), estadounidense, midió mediante las curvas la rotación de las galaxias y encontró una discrepancia entre lo calculado y lo observado, lo llamó el "problema de rotación de las galaxias" (la respuesta más plausible al problema es la existencia de grandes cantidades de Materia Oscura). Intentó estudiar en Princeton University, pero allí recibieron mujeres sólo a partir de 1975.

Carolyn Shoemaker (1929), estadounidense, astrónoma aficionada, descubrió 27 cometas, 300 asteroides, ha recogido meteoritos y es la persona con más cometas descubiertos, entre ellos el Shoemaker Levy 9.

Algunos aportes importantes realizados por las mujeres a la astronáutica

Valentina Tereshkova (1927), soviética, fue la primera mujer en el espacio, voló en el Vostok 6 el 16 de junio de 1963, permaneció tres días en el espacio y completó 48 órbitas a la Tierra.

Eileen Collins (1956), estadounidense, varias veces comandante del transbordador espacial, completó 38 días, 10 horas y 50 minutos en el espacio exterior. Pilotó el Discovery en la misión STS-63 en 1995, en la cual se acopló a la estación espacial MIR y pilotó la STS-84 en 1997. Fue la primera comandante de un transbordador en la STS-93 en 1999, en la cual se desplegó el Observatorio de



Figura 4.
Valentina
Tereshkova,
Unión Soviética,
(1927).

Figura 5.

Ellen Ochoa, estadounidense de origen hispano, (1998).



rayos X Chandra. Además, fue la encargada de reiniciar las misiones espaciales interrumpidas por el accidente del Columbia como comandante de la misión STS-114 en 2005.

Svetlana Yevgenyevna Savitskaya (1948), soviética, fue la primera en hacer una caminata espacial con una duración de 4 horas. Segunda mujer en el espacio, piloto, paracaidista, ingeniera aeronáutica y comandante de la primera misión Soyuz de sólo mujeres, con una duración de 19 días, durante los cuales hicieron 126 órbitas.

En 1996, la doctora **Shannon Lucid (1943)**, estadounidense, rompió todos los récords de permanencia en el espacio al estar seis meses en la estación espacial MIR.

De la misma manera, cuatro mujeres entregaron su vida en el logro de objetivos científicos en el espacio: las estadounidenses **Christa McAuliffe (1948-1986)** y **Judith Resnik (1949-1986)** en la explosión del transbordador espacial Challenger en 1986, y la india **Kalpana Chawla (1965-2003)** y **Laurel Clark (1965-2003)**, estadounidense, en la desintegración del transbordador espacial Columbia en febrero de 2003.

Ellen Ochoa (1958), es la primera hispana en llegar al espacio en la STS-53 como especialista de misión. Terminó su maestría y un doctorado en ingeniería eléctrica de la Universidad de Stanford. Investigó en sistemas ópticos, fue co-inventora de un sistema de inspección óptica de patrones de repetición usado en el espacio. Fue seleccionada por la NASA para el programa de astronautas en enero de 1990 y se hizo astronauta en 1991.

La doctora Ochoa ha viajado al espacio, supervisó equipos de 35 ingenieros y científicos en investigaciones y desarrollos de sistemas de computadoras para misiones aeroespaciales; ha ganado premios que incluyen la medalla de Servicio Excepcional (1997), medallas de Vuelos Espaciales (1994, 1993) y el Premio de Jefatura de Herencia Hispánica. Es miembro de la Sociedad Óptica de América (Optical Society of America) y del Instituto Americano de Aeronáutica y Astronáutica.

La odisea espacial continuó en 2001 con la llegada de la primera mujer a la Estación Espacial Internacional, **Susan Jane Helms (1958)**, estadounidense, quien permaneció en el espacio por 165 días.

Para finalizar esta lista, no se puede desconocer el papel que el planeta Venus ha desempeñado. Por su relación con las formas y expresiones femeninas, todos sus accidentes han recibido nombres femeninos de la mitología y la historia. Por ejemplo, al occidente de hábitar Terra, se encuentra en una región llamada Metis, una "corona" que recibió el nombre de "Bachul" (Latitud +73°, longitud 258°), en honor a la deidad precolombina muisca.

Adriana Ocampo: una astrónoma colombiana

La presencia de la mujer colombiana en la astronomía en el ámbito mundial, está a cargo de la doctora Adriana Ocampo. Nació en Barranquilla y estudió ciencias con énfasis en ciencias planetarias en California; su tesis de maestría versó sobre el cráter que hoy conocemos como el producido por el meteorito que extinguió a los dinosaurios; fue investigadora del Jet Propulsion Laboratory desde 1973 (equipo de imágenes de la sonda Viking), en el que planeó la observación de los satélites de Marte. Participó en el planeamiento de la misión "Viajero", coordinó el equipo del espectrómetro infrarrojo de la sonda Galileo y el espectrómetro térmico de la sonda Mars Observer. Actualmente, y desde 1998, trabaja en los cuarteles principales de la NASA, Office of Space Science and Office of External Relations.

Epílogo

Con este artículo pretendemos generar un espacio de reflexión en el lector para que desarrolle acciones positivas, incorpore el conocimiento de la mujer y genere nuevo conocimiento para que lo divulgue, no desde el punto de vista feminista, sino desde el reconocimiento de la capacidad creadora del género femenino.

De la misma manera, hemos querido motivar al lector a generar espacios que originen la investigación en niñas y jóvenes que sustenten la ciencia y la tecnología del futuro, en Colombia y no en el extranjero, en una igualdad de condiciones, ganada y no impuesta por una política de equilibrio entre géneros.

Referencias

Sedgwick, C. (1863). *Arcturus or The Bright Star in Bootes. An Easy Guide to Science*, Montana, Kessinger Publishing.



Figura 5.

Adriana Ocampo, Colombia.

Universidad
Externado
de Colombia

FACULTAD CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

MAESTRÍA EN Educación

Con énfasis en:

- Desarrollo humano y valores
- Aprendizaje de lectoescritura y matemáticas
- Gestión y evaluación educativa
- Didáctica del inglés

Reg. C. MEN 12033
Acreditación previa hasta
2010

www.uexternado.edu.co

Elementos de la revolución astronómica en Galileo

OMAR HUERTAS DÍAZ

PROFESOR E INVESTIGADOR UNIVERSITARIO
GRUPO MARAT DE DERECHOS HUMANOS,
CATEGORÍA A COLCIENCIAS,
ABOGADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL,
DOCTORANDO DE LA UNIVERSIDAD ABIERTA
DE CATALUÑA

paldeiao4@hotmail.com





Johannes Kepler
geb. am 27. Dezember 1571 in Weil der Stadt - gest. am 15. November 1630 in Regensburg
Charaktere und genialer Blick, Kraft und Ausdauer der Forschung,
haben ihm die Größe der Naturwissenschaften erschlossen.

Resumen

El presente artículo versa sobre el descubrimiento de Galileo Galilei a partir de sus observaciones por telescopio. Para tal fin, se explicará, en primer lugar, el por qué la importancia de hacer un estudio sobre su obra. Después se contextualizará la época en la que vivió, para luego abordar su hallazgo sobre la naturaleza del sistema solar, su método científico y las consecuencias de haber mostrado a la humanidad "la verdadera naturaleza del sistema solar y el lugar de la tierra en el universo" (Strathern, 1999).

Introducción

El 2009 fue declarado Año Internacional de la Astronomía por iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas para la educación, la ciencia y la cultura, UNESCO, y ratificación de la Organización de las Naciones Unidas, ONU, en conmemoración de las primeras observaciones astronómicas realizadas con telescopio por Galileo Galilei; la publicación de la *Astronomía nova* (Anónimo, 2009a) por Johannes Kepler, y el nacimiento de Charles Darwin, "científico que transformó el pensamiento de su época con la teoría de la evolución".

Este artículo tiene por objeto, aumentar el conocimiento científico de la sociedad a partir de la comunicación de resultados en astronomía y ciencias afines, así como del proceso de investigación y de pensamiento crítico que ha llevado a tal resultado; promover el acceso al conocimiento universal de las ciencias fundamentales por medio de la emoción que produce la observación y el descubrimiento del cosmos; apoyar y mejorar la educación en ciencias tanto en las escuelas como en los centros de investigación, planetarios y museos y fomentar el crecimiento de comunidades astronómicas en países en vías de desarrollo mediante la estimulación de colaboraciones internacionales (Anónimo, 2009b).

Del Renacimiento a la era científica

Galileo vivió en los años que separan el Renacimiento de Leonardo Da Vinci de la era científica de Newton (Strathern, 1999), motivo por el cual, a continuación se hará una breve exposición de cada periodo, con el fin de contextualizar la obra de Galileo.

En este orden de ideas, se debe precisar que el Renacimiento es, sin duda, una época crucial e importante para comprender el desarrollo del pensamiento moderno. Su acento sobre el humanismo, el papel de la imprenta, la reconquista de las fuentes antiguas en ciencia y filosofía, el interés por el estudio de la naturaleza, las inquietudes y preguntas que despertó la reforma protestante, junto con el debilitamiento del sistema feudal, hacen del Renacimiento un periodo enciclopédico muy fecundo para la preparación de los espíritus hacia la búsqueda de nuevas explicaciones y respuestas, para las grandes incógnitas del universo.

Las universidades son jóvenes todavía y muchas están en periodo de formación. Sin embargo, se revalúa la dignidad y el tratamiento que se les daba a los maestros de retórica, para poner más énfasis en otras ciencias, abriéndose cátedras de astronomía y matemáticas en casi todas las instituciones (Prada, 2002).

Ahora bien, los científicos renacentistas buscan una ciencia de la totalidad, y tienen un gusto exagerado por la subdivisión, de la cual resulta la concepción del hombre como microcosmos y la convicción de que no hay ninguna distinción impenetrable entre lo natural y lo sobrenatural. Dios no se concibe fuera del cosmos, sino que se presenta en todas las expresiones de este. La ciencia es universal, puesto que todo se sostiene en la idea de la creación, pero ella debe ser además una obra individual porque está llamada a descubrir la clave de la creación.

Así pues, luego de esa larga etapa tan rica en matices, donde Occidente logra entrar en un estrecho contacto con la ciencia antigua —no para copiar y reproducir sus conquistas intelectuales, sino con verdadera capacidad imaginativa, crítica y creativa en muchos de sus pensadores—, Europa entra en el siglo XVII, periodo en que sí se dará nacimiento a una nueva ciencia, la cual va a exigir una revolución profunda de los espíritus y de los métodos empleados en el estudio de la naturaleza, inspirada "probablemente en el espíritu renacentista, curioso y emprendedor" (Caima, 2006).

Por consiguiente, este conocimiento se desarrollará rápidamente en los siglos siguientes y lo difundirán poco a poco por el mundo entero sabios desde Gilbert, Kepler y Galileo hasta Huygens, Malebranche, Leibniz y Newton, pasando por Bacon, Harvey y Descartes, quienes en verdad fueron los creadores de la ciencia y la filosofía moderna, al proporcionar las bases fundamentales para su desarrollo (Prada, 2002).

Naturaleza del sistema solar

Galileo (1564-1642) se destacó en muchos campos de la ciencia, particularmente en la astronomía, pese a la época en que vivió.

La antigua cosmología geocéntrica se basaba en que la Tierra estaba en el centro del universo y los planetas (incluidos el Sol y la Luna) giraban en círculos alrededor de ella. Esta idea tan sencilla fue complicándose mucho más con el transcurso de los siglos, pues las esferas homocéntricas no eran capaces de explicar que los planetas brillasen unas veces más y otras veces menos; por tanto, se observaron y analizaron otros elementos para que las teorías fueran avanzando cada vez más hacia la precisión (Vaquero, 2003).

Desde esta perspectiva, según el sistema de Copérnico (1473-1543), en el centro del universo se encontraba el Sol, inmóvil en el espacio. En cuanto a las órbitas circulares que estaban en torno, no eran recorridas por los planetas mismos sino por el centro de una pequeña circunferencia a lo largo de la cual se movían, animados por un movimiento uniforme.

No obstante, a pesar de la imprecisión del planteamiento de Copérnico, el hecho de que haya establecido la doctrina del movimiento de la Tierra, constituyó un notable progreso en la vida del conocimiento exacto del sistema planetario.

De esta forma, una vez definido que la Tierra es esférica y que el movimiento de todos los cuerpos es necesariamente circular, Copérnico pasa al examen de los movimientos de la Tierra, aunque en su época parecían escandalosos y ofrecían las peores resistencias; en el primero, la Tierra toma sobre ella en veinticuatro horas de Oeste a Este llevando consigo la atmósfera y el agua que la rodea. En el segundo, la Tierra toma alrededor del Sol en un año (Prada, 2002).

Más tarde, tras buscar una explicación al fenómeno observado, Kepler introdujo fuerzas en el cielo e intentó explicar las variaciones en la velocidad de los planetas por la acción que el Sol ejercía sobre los mismos; de estas consideraciones causales consiguió la ley de áreas o segunda ley del movimiento de los planetas, que además resultó ser una guía hacia la forma elíptica de las órbitas (Arango, 1993).

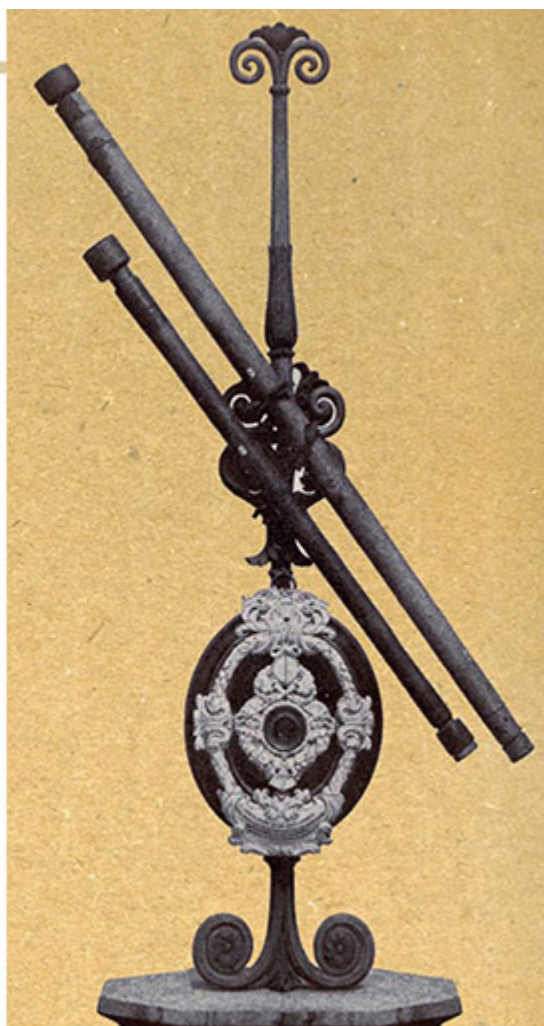
En este contexto, con la escasa información de que disponía y con un trabajo concienzudo de ensayo y error, Galileo reinventó el telescopio, convirtiéndolo en un instrumento científico útil para sus investigaciones.

Cuando Galileo llegó a la ciudad de Venecia en julio de 1609 para pasar un fin de semana estival, llegó a sus oídos el rumor que recorría la ciudad. Un fabricante de lentes holandés había inventado un instrumento que hacía parecer cercanos los objetos distantes. Consistía en dos lentes alineadas dentro de un tubo, y era capaz de hacer que una torre de iglesia situada a muchos kilómetros de distancia se viera como si estuviera a un tiro de piedra. El manejo de una de estas maravillas, conocidas como *perspicillum*, ya se había demostrado en Milán.

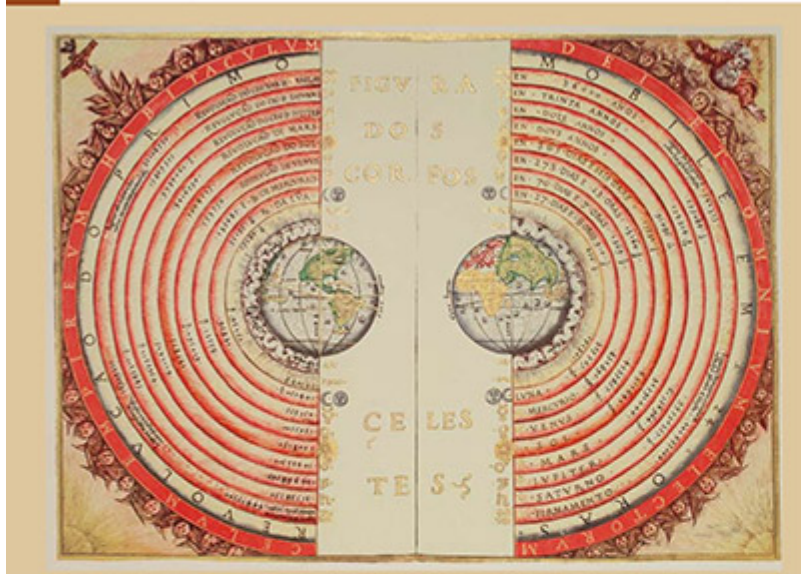
En menos de dos semanas construyó un instrumento con capacidad para tres aumentos, que rápidamente perfeccionó a diez, y luego a treinta y dos, por lo que Galileo decidió rebautizar este nuevo instrumento y reclamarlo como suyo. Rápidamente se corrió la voz del maravilloso nuevo instrumento de Galileo, al que llamó "telescopio", un compuesto de los vocablos "tejos" y "ver" en griego. Al igual que el invento, tampoco el nombre fue idea de Galileo (Stratton, 1999 *falla página*).

Luego, observó que la Luna estaba lejos de ser una esfera perfecta, compuesta por una sustancia etérea especialmente pura, pues, al contrario, su superficie era tan irregular, escabrosa y llena de cavidades como la de la Tierra, e incluso tenía montañas mucho más altas que las del globo terrestre. Estos problemas habían suscitado interminables discusiones, como la naturaleza de la Vía Láctea; al respecto, Galileo exhortaba orgulloso a dejar los altercados puramente verbales que durante tantos siglos habían tenido los filósofos (ahora estas cuestiones "se dirimen con la certeza que dan los ojos").

La Vía Láctea y las nebulosas no eran sino cúmulos de innumerables estrellas, como las que el telescopio descubría en número incontable y que a simple vista no se veían.



• Telescopio de Galileo. Museo de Padua, Italia.



• Figuras de los
Mundos Crísticos.

Pero el descubrimiento más sorprendente fue el de los satélites de Júpiter. Galileo tardó tres días en verlos como tales. En un primer momento, creyó que eran estrellas fijas en una curiosa alineación con el plano de la eclíptica, pero al tercer día, su cambio de posición en torno a Júpiter eliminó sus dudas y reticencias: eran satélites jovianos. Los llamó "planetas mediceos" en honor a la casa de los Medici, con lo cual los críticos del descubrimiento deberían cuidar de no ofender a la poderosa familia.

Tanto los satélites de Júpiter como las fases de Venus, que observó posteriormente, sirvieron como prueba incontrovertible de que Venus giraba alrededor del Sol (y confirmó de paso que la Tierra hacía lo mismo).

Así pues, estos planteamientos le eran asumibles al sistema de Tycho Brahe que, en principio, establecía que la Luna y el Sol rotaban alrededor de la Tierra central e inmóvil, mientras los planetas giraban alrededor del Sol.

Sin embargo, en un segundo momento, el propio Brahe había descubierto que la órbita del cometa de 1577 cruzaba la de algunos planetas. Eso significaba que no existían las esferas sólidas que la cosmología tradicional hacía responsables del movimiento de los planetas. Además, Brahe había determinado que la nueva estrella aparecida en 1572 estaba sin duda en el mundo celeste, con lo que el dogma de la inmutabilidad de los cielos también se había venido abajo. Es decir que, aunque el sistema de Tycho Brahe constituyó un refugio temporal para los anticopernicanos, históricamente contribuyó a la erosión de la cosmología tradicional geocéntrica (Beltrán, 2001).

En conclusión, el interés de Galileo por el movimiento de los cuerpos, por el movimiento en general y por la caída de los cuerpos en particular, no puede comprenderse sino como la redefinición de los conceptos dirigidos a aprehender los hechos más próximos de la naturaleza en una perspectiva diferente, a partir de un método experimental (Araujo, 1993).

Método científico de Galileo

Galileo concebía las ciencias naturales como un medio al servicio del hombre para lograr el bienestar material, que le permitiría el desarrollo de la técnica y lo ayudaría a instalarse mejor en este mundo. En este sentido, estas ciencias adquieren una dimensión histórica, pues las propiedades de los fenómenos serían demostradas dentro de un cuadro de hipótesis establecidas por los hombres, no por Dios.

Las preguntas, respuestas y determinaciones no podían seguirse sólo en función de principios metafísicos, teológicos o de orden general, sino que estas debían delimitarse con mucha modestia por el análisis matemático, la observación y la experimentación, en tanto los fenómenos no son eternos, cambian constantemente.

Asimismo, renunciaría a la empresa de buscar la esencia de los fenómenos y pensaría que la ciencia, al contrario de la filosofía, debía contentarse con un objetivo limitado, pero abordable: conocer lo que él llamó "algunas afecciones de los entes naturales". En otras palabras, Galileo pretendía obtener el conocimiento lo más exacto posible de las circunstancias en que se desarrollan determinados fenómenos de la naturaleza.

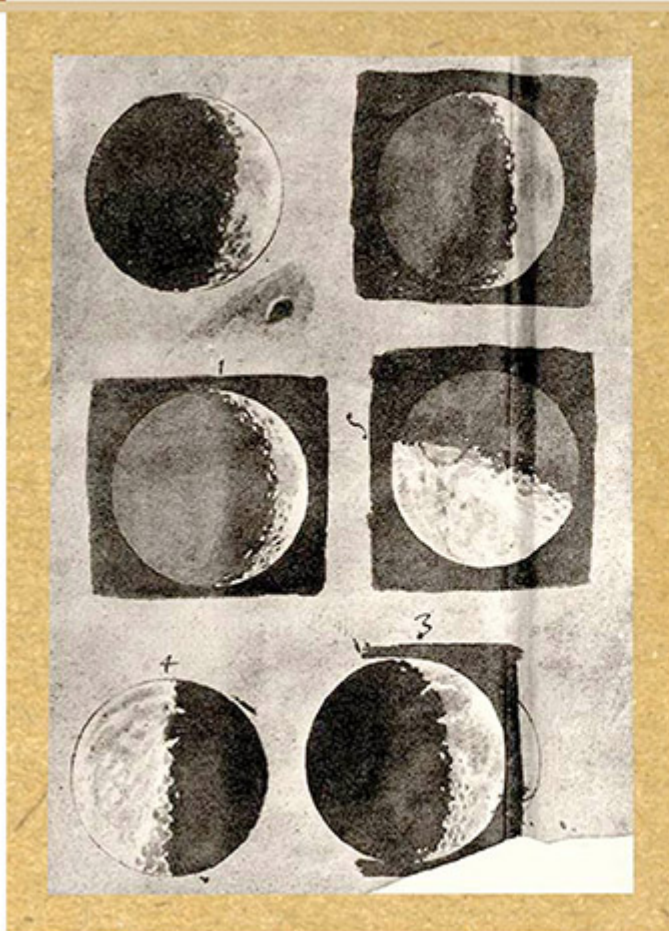
Por tanto, Galileo es considerado como el precursor de la ciencia moderna. El cambio no consiste en el simple perfeccionamiento del método experimental y la integración del mismo a una componente matemática para obtener así un método científico eficaz; la nueva perspectiva introducida por Galileo consistió esencialmente en la comprensión de que un conocimiento adecuado de la naturaleza no podía obtenerse únicamente introduciendo algunos cambios en la filosofía, sino recurriendo a investigaciones de otro tipo. Su característica más importante está en que la nueva ciencia abandona la búsqueda de la esencia de las cosas, lo que había constituido desde la edad clásica el móvil de toda la filosofía (Prada, 2002).

Galileo y la Iglesia

Galileo fue incansablemente perseguido por la Iglesia y su entorno. En 1992 se descubrió que ya en 1616 fue denunciado por determinismo astrológico y por vivir heréticamente. Luego sucedieron denuncias de distinto tipo. En 1612 el padre Lorini, un dominico, lo acusó desde el púlpito de defender la teoría copernicana contraria a las Escrituras, y el arte diabólico de las matemáticas. No era la iniciativa personal de un clérigo ignorante, que para referirse a Copérnico hablaba de "un tal Iopérnico, o como se llame". Lorini no era sino el instrumento dócil de un poderoso grupo que se autodenominaba "La liga", organizado en defensa de la tradición y del aristotelismo más amigable, que persiguió a Galileo con saña.

Pertenecían al grupo el cardenal Boscardi, G. Coresio, F. Sizzi, A. Magini y L. delle Colombe, el Vicer. Un año después, en la sobremesa de palacio, el padre Castelli, discípulo de Galileo, defendió los descubrimientos telescópicos del maestro. Pero el cardenal Boscardi susurró al oído de la Gran Duquesa Cristina de Lorena que el problema estaba en la afirmación del movimiento de la Tierra porque contradecía las Escrituras. Este es el origen de la Carta a Costelli de 1613 que, más adelante, se ampliaría en la Carta a la Gran Duquesa Cristina de Lorena de 1615. En ellas, Galileo defendió la autonomía de la ciencia respecto del texto bíblico que no pretende entrar en cuestiones naturales. Por otra parte, insinuó que las teorías científicas pueden ayudar a esclarecer el verdadero sentido de las afirmaciones de la Biblia que se refieren a cuestiones naturales, cosmológicas; por ejemplo, si es el Sol o la Tierra la que gira. No obstante, en su amplio desarrollo del tema, no dejó de introducir cierta ambigüedad al diferenciar las tesis científicas estrictamente demostradas de las meramente probables.

Luego, en 1632, Galileo escribió Diálogo, una obra maestra que tocaba todos los campos, pues no sólo era un trabajo científico revolucionario, sino una obra profundamente filosófica y literaria. Sin embargo, los jesuitas se opusieron a su publicación, por cuanto el Papa ordenó el encarcelamiento de Galileo, lo cual no fue posible toda vez que el libro había recibido las licencias de las propias autoridades pontificias.



• Fases de la luna según Galileo.

922
 io accaduto in qualche parte come se gli due pendi mettessero
 insieme con una forza aggiunta del giro. Et se si vuol veder
 meno vortice di acqua sopra del mare. Et allora quale si
 produce una copia di mia mano. Del rimanente mi ricordo in
 tutto e per tutto alle stelle fisse e a quella di quello che si
 et habbiamo e subvigliano fortissimi ad alcuni luoghi.
 Et se si ha l'occhio modo et formazione e v'è notifica.
 Jo Galileo Galilei messer.

• Retrato de Galileo ante la Iglesia Católica.

No obstante, Galileo pasó los últimos ocho años de su vida bajo virtual arresto domiciliario impuesto por la presión que siguieron ejerciendo los jesuitas, pero en esta oportunidad sobre la Inquisición. Galileo siguió con su labor investigadora pese a su edad y declinante salud, y murió el 8 de enero de 1642 (Strathern, 1999).

Referencias

- Anónimo (2009a). Año Internacional de la Astronomía, disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/A%C3%B1o_Internacional_de_la_Astronom%C3%ADa, recuperado el 20 de agosto de 2009.
- Anónimo (2009b). Sobre el AIA-IA 2009, disponible en: http://astronomia2009.es/Sobre_el_AIA-IA2009.html, recuperado el 14 de agosto de 2009.
- Arango, I. D. (1993). La reconstrucción clásica del saber, Medellín, Editorial Universidad de Antioquia Coroparte.
- Beltón, M. A. (2001). Galileo, ciencia y religión, Barcelona, Paidós.
- Calms, I. (2006). Renacimiento y reforma, Madrid, Akal.
- Prada, B. I. (2002). Galileo, Kepler, Descartes. Creadores del pensamiento moderno, Bucaramanga, Sic.
- Strathern, P. (1999). Galileo y el sistema solar, Madrid, Siglo XXI de España Editores.
- Vaquero, J. M. (2003). La nueva física. Galileo, Madrid, Nivola Ediciones y Libros.

- Gobierno en línea y democracia electrónica
- Políticas de tecnologías de información y comunicación (TIC)
- Promoción de la participación ciudadana en el uso y apropiación de TIC
- Investigación, desarrollo y gestión del conocimiento en TIC
- Fortalecimiento institucional

Colnodo
 Una estrategia de Internet para el desarrollo

www.colnodo.org
info@colnodo.org

Tel: (57) + 1 222 4246
 Fax: (57) + 1 338 0264
 Móvil: (57) 318 488 8531
 Dg. 49 A No. 14-79
 Bogotá, Colombia

Ficciones

The book cover features a central illustration of a man in a golden, ornate Elizabethan-style outfit standing on a grey, cratered lunar surface. He is holding a small globe of the Earth in his left hand and gesturing with his right hand towards a stream of white particles that appear to be flying out from him. In the background, a large, detailed Earth with its rings is visible against a dark, starry sky filled with various star patterns. The overall theme is space exploration and science fiction.

De la Luna, sus habitantes y visitantes

GERMÁN CUBILLOS ALONSO
QUÍMICO UNIVERSIDAD NACIONAL
COORDINADOR EDITORIAL, INNOVACIÓN Y CIENCIA
gercubillos@hotmail.com

En alguna época de mi larga existencia en la Universidad Nacional como profesor en la Facultad de Ciencias, me entró la curiosidad por la astronomía, área de la ciencia en la que realmente me sentía muy ignorante. Posiblemente tuvo alguna culpa de ese interés Carl Sagan cuando, alguna noche, después del noticiero y la telenovela, apareció con su sonrisa permanente contando la historia de los elementos químicos y su proceso de elaboración en las profundidades de las estrellas.

Decidí entonces pasar al día siguiente por las librerías y escuchar los anaqueles en busca de algunos libros incógnitos en la milenaria ciencia.

Naturalmente el primero que creí que debía comprar era *Cosmos*, pues Sagan me había convencido de que él era ameno en la descripción de asuntos tan conspicuos y evanescentes como los de las profundidades del cosmos y la materia oscura. Seguidamente tomé *Astronomía a simple vista* de Ramón M. Aller, pues me pareció que aún no debería comprar telescopio, sino utilizar los ojos desnudos y completé mi primer menú sideral con *Astronomía, guía del cielo nocturno*, de Robert Burnham, ya que estaba dispuesto a sacrificar algunas de mis acostumbradas rondas por las tabernas y dedicarme en algún paraje de la amplia sabana de Bogotá, alejado de las luces de la ciudad, a tratar de reconocer estrellas y constelaciones que tan generosamente se nos brindan gratis al caer la noche.

Entre lectura y paseo nocturno fui conociendo algo sobre las enanas blancas y los agujeros negros, las novias y las supernovas, los cuázares y los vientos siderales; sin embargo, simultáneamente fui creciendo en mí, de forma subrepticia, una angustia, al principio indetectable, que aumentaba a medida que se repetían las cifras con las cuales los astrónomos describían el gran monumento: aquella estrella está a 50 millones de años luz y la luz que se detectó en el observatorio de Monte Palomar en tal fecha corresponde a una enana blanca que explotó hace 250 millones de años luz y así sucesivamente, un dato sobre otro, en millones de años luz.

Alguna noche en la que decidí que no salía a contemplar el cielo, intenté hacer un cálculo juicioso de alguna de estas distancias o de su equivalente en tiempo, o de los dos, pero el sueño me venció antes de que yo pudiera tener siquiera la sospecha de lo que las cifras significaban. Y ahí ocurrió la catástrofe, o más bien la salvación, pues el indisciplinado subconsciente me dió una pesadilla cósmica en la cual un agujero negro me iba succionado con una lentitud miserable, mientras esbozaba una maléfica y negra sonrisa y, simultáneamente, unos cuázares expandían mi carne y mi esqueleto hasta el borde del infinito, o un poco más allá, donde ya se escucha el sonido de fondo del universo. Cuando me desperté, envuelto en polvo cósmico o, mejor dicho, en sudor pegajoso, decidí que era necesario dejar de estudiar astronomía.

Necesariamente esto me produjo cierta frustración pues, si uno se dedica a las ciencias, uno espera que todas le produzcan el placer de conocer, así a veces cueste. Para paliar la situación, me fui de comería por la Feria del Libro, que justamente entró en funcionamiento pocos días después de aquella experiencia onírica-astronómica y me topé así, de manos a boca con Italo Calvino y su libro: *Historia del mundo y otros cosmiócosmos*. ¡Qué maravilla!, inmediatamente me acordé que en alguna de sus obras él decía que ante la imposibilidad de entender la ciencia contemporánea, sólo le había quedado el camino del humor para acercarse a ella y por eso había escrito ese libro.

A la vuelta de la esquina de ese stand tuve otro encuentro excepcional que me ayudó a salir de mi frustración y a dedicarme, ya no a la astronomía, sino a la historia de los sueños y las fantasías que en todas las épocas de la historia la especie humana ha construido en relación con el cielo y sus objetos luminosos. Fue el encuentro con Stanislav Lem y sus *Crónicas de viajes a los estrellas*. Lo excepcional de este título es que no son cuentos sino crónicas, es decir, sucesos narrados por alguien que estuvo presente en los eventos y que los rescató para que sus congéneres puedan enterarse sobre aquellos, de primera mano. Ese personaje que nos pone en contacto con todo lo que ni los astrónomos han logrado saber es Igon Tichy, el viajero de las estrellas.

Ya instalado en mi nueva indagación, descubrí qué era lo que sí podía hacer con cierta suficiencia: dedicarme a los habitantes y visitantes de la Luna, como cualquier lunático empedernido. Este pedacito de cosmos se nos presenta en creciente y en menguante, como luna llena o como luna nueva y ha sido la inspiración de muchos fabuladores y constructores de utopías, que debemos rescatar para poder admirarla y conocer las quimeras que ha producido y los seres que la habitan desde tiempos inmemoriales.

Como todas las cosmiócosmos de Calvino, "La distancia a la Luna", se inicia con una cita de un libro de alguna época de la historia de la ciencia moderna y contemporánea. En este caso se trata de una cita de Sir George Howard Darwin (1845-1912) astrónomo destacado, segundo hijo de Charles Darwin. El texto inicial dice:

Hubo un tiempo, según Sir George H. Darwin, en que la Luna estaba muy cerca de la Tierra. Las mareas fueron poco a poco empujándola lejos, esas mareas que ella, la Luna, provoca en las aguas terrestres y en las cuales la Tierra pierde lentamente energía (Darwin, citado por Calvino, 2009: 1).

A partir de esta cita, Calvino pone a su nadador a que nos cuente sobre la época en la cual la Luna estaba más cerca de la Tierra, y cómo la forma de su órbita era naturalmente elíptica, había ocasiones donde casi se podía tocar con la mano. Dice el nadador:

...por momentos se nos echaba encima, por momentos remontaba vuelo. Las mareas, cuando la Luna estaba más baja, subían que no había quien las sujetara. Era noche de plenilunio bajo y de marea alta y si la Luna no se mojaba en el mar era por un pelo, digamos, por pocos metros. ¿Si nunca habíamos tratado de subirlas? ¡Cómo no! Bastaba Bregar justo debajo con la barca, apoyar una escalera y arriba (Calvino, 2009: 1).

Y ¿quienes eran esos personajes que están incluidos en el plural de este texto? Los principales, cuenta el nadador, el viejo Q'wefo: "Éramos varios: yo, el capitán Vhd Vhd, su mujer, mi primo el sordo y a veces la pequeña Xithó, que entonces tendría doce años" (Ibidem). Este era un grupo numeroso que





• Ilustración para *De rerum natura* de Lucrecio.

Iba a un lugar preciso de mar adentro y gozaba poniendo la escalera y haciendo algo parecido a una pirámide humana como lo hacen los piratas, hasta tocar la superficie de la luna que es áspera, con escamas, de las cuales se agarraban para finalmente dar una voltereta y caer parados en la superficie.

Lo que me interesa de esta historia es que en ella conocí mis primeros dos habitantes de la Luna. El episodio corresponde al momento en que la esposa del capitán y el nadador —quien estaba enamorado de ella, pero ella lo estaba del primo sordo del narrador— se quedan en la Luna pues su alejamiento

de la Tierra les impide regresar como siempre lo hacían: antes de que las condiciones de distancia y de atracción de la gravedad de la Luna y la Tierra se lo impidieran.

Comenzó un largo mes. La Luna giraba lenta en torno a la Tierra. En el gisbo suspendido velamos no ya nuestra orilla familiar, sino el transcurrir de océanos profundos como abismos, y desiertos de lapilli incandescentes, y continentes de hielo, y selvas euforiantes de reptiles, y las paredes de roca de las cadenas montañosas cortadas por el filo de los ríos impetuosos, y ciudades palustres, y neópolis de tosca, y reinos de arcilla y fango. La lejanía untaba todas las cosas del mismo color; manadas de elefantes y mangas de langosta recorían las llanuras tan igualmente vastas y densas y tupidas que no se diferenciaban (Calvino, 2009: 6).

Pero lo que allí en la Luna pudiera haber pasado si la historia hubiera seguido los caminos románticos que el lugar y la situación hacían prever, no pasó. Alimentados con la especie de leche que se producía en la corteza del satélite, no entraron en una relación amorosa, no entraron en una relación. Por lo menos el nadador entró en una profunda nostalgia por su planeta de origen:

No pensaba más que en la Tierra. La Tierra era la que hacía que cada uno fuera él y no otro; aquí arriba, amercado de la Tierra, era como si yo no fuese yo, ni ella para mí. Estaba ansioso por volver a la Tierra, y temblaba de miedo de haberla perdido. El cumplimiento de mi sueño de amor había durado sólo el instante en que nos habíamos unido rodando entre Tierra y Luna; privado de su suelo terrestre, mi enamoramiento sólo conocía ahora la nostalgia desgarradora de aquello que nos faltaba: un dónde, un alrededor, un antes, un después (Calvino, 2009: 7).

La historia continuó pero no tengo un episodio tan maligno como para contarles el final y dañarles la lectura. Seguramente me odiarían por siempre.

III

Pero mientras estaba sumergido en esta historia de Calvino, ocurrió que me encontré con una cuerda amiga que no por querida puedo decir que esté muy cuerda. Nunca entendí por qué le había dado por estudiar *Lenguas Clásicas* en la Universidad Nacional y después lenguas muertas en Grecia. De todas maneras, desde el principio sí me di cuenta de que para mí era un gran ventaja su locura, ya que tuve el placer de escucharla, leerme los pocos fragmentos escritos de Demócrito y Heráclito y leer críticamente la traducción que yo tenía de *De rerum natura* de Lucrecio, tan necesarios para mi curso de Historia de la Ciencia. Cuando le conté la historia de "La distancia de la Luna" me dijo: "En realidad no es una historia tan novedosa, pues fíjate que un filósofo griego del siglo II de nuestra era ya escribió sobre los habitantes de la Luna".

De Luciano de Samosata, que así se llamaba el fulano, no es fácil saber si los datos que se han rescatado sobre su biografía son ciertos o no. Sí parece cierto que vivió en el siglo segundo de nuestra era, que fue un sofista y escritor prolífico y que enseñó retórica en alguna época de su vida en algún territorio del imperio romano. De todas maneras, lo importante es que se conocen sus obras y una de ellas es reconocida como la primera en la que se cuenta un viaje a la Luna. Al leerlo es claro que si se quiere datar el inicio del género de ciencia ficción, necesariamente habría que ubicarlo con él.

Tan precisa como era ella me dejó ubicado en la senda directa para continuar mi búsqueda de los habitantes de la Luna; sin embargo, ella no tenía el libro, aunque lo había leído cuando hizo su doctorado en Grecia. De todas maneras, abrió su computador portátil y entró a Google y en par minutos me presentó un blog de un licenciado español de lenguas clásicas, donde estaba una reseña de la obra. Se trata de "La Grecia clásica y su legado". Blog de recursos para filohelenistas, helenofílicos y amantes del mundo antiguo en general.

Historia verdadera de Luciano de Samosata (125 - 180) es una verdadera joya literaria, una lectura deliciosa. Para algunos especialistas en ciencia ficción esta obra es considerada como la primera en su género y, salvando las distancias, se podría decir que esta novela imaginativa y satírica es una combinación de *Star Wars*, *Flash Gordon* y películas de ciencia ficción clase B de los cincuenta.

Luciano narra la historia en primera persona, aclarando que todo lo que va a decir nunca ocurrió, de ahí que el título es una ironía deliberada. Todo comienza con una travesía en barco, que se convierte

en una "odisea espacial". Después de varias peripecias, Luciano y el resto de los acompañantes llegan a la Luna ("...volvamos por los aires siete días y sus noches y al octavo vislumbramos una gran tierra en el aire, como una gran isla, brillante y redonda... al resaca descubrimos que estaba habitada y cultivada... al llegar la noche vimos debajo de nosotros otra tierra, con ciudades, ríos, mares, selvas y montañas, conjeturamos que era la Tierra...").

Luciano y sus compañeros de viaje quedan involucrados en la guerra que sostienen los habitantes de la Luna y los habitantes del Sol. El motivo de la disputa fue el intento del rey de la Luna de fundar una colonia en el Lucero del Alba (Venus), que estaba desierto y deshabitado, pero el rey del Sol se lo impidió. A la llegada de Luciano se inician los combates. Aquí Luciano hace una detallada descripción de los ejércitos de ambos bandos. Entre las filas del Sol, por ejemplo hay 5.000 habitantes venidos de Sirio más los honderos enviados desde la Vía Láctea. También estaban los Nefelocentaurios, que tenían como jefe al Arquero del Zodíaco.

Finalmente la guerra termina y se firma la paz. Entonces los habitantes del Sol y de la Luna deciden fundar en común una colonia en Venus, invitando a participar en ella a quienes lo deseen de otros astros.

En su regreso a la Tierra, ya iniciada la navegación descendente, se detuvieron en la ciudad de las Lámparas, "situada entre la zona de las Pléyades y la de las Híadas y mucho más baja que el Zodiaco. El resto de la historia transcurre en el mar y en la Tierra. (Cabañero, 2009).

Realmente es deliciosa y sorprendente esta historia, que se puede considerar fundacional de la ciencia ficción. Este aporte de mi amiga me llenó de optimismo pues ya consideraba un éxito el haber descubierto a estos visitantes de la Luna, los de Calvino y los de Samosata, separados por veinte siglos. Ahora me propuse ser metódico y decidí continuar la búsqueda avanzando cronológicamente desde el siglo segundo hasta nuestros días.

IV

Nuevamente vino en mi auxilio Carl Sagan, pues en uno de los capítulos de la serie de televisión titulado "La armonía de los mundos", describe parte de los trabajos astronómicos de Johannes Kepler; sin



• Carl Sagan

embargo, me interesé más por los datos que me permitían continuar con mi nueva investigación. En un momento de la película asegura que la madre de Kepler había sido detenida en la pequeña ciudad de Weil der Stadt, acusada de brujería; ante aquello, Kepler se sentía en parte culpable pues había escrito un libro —considerado entre los primeros de ciencia ficción—, Somnium, El sueño (1632), que podía haber sido el causante de la desgracia de la madre.

De alguna manera, Kepler tenía razón en pensarlo así, ya que en realidad su madre era conocida por sus escándalos y disputas con la gente adinerada y, además, vendía soporíferos y alucinógenos, por lo tanto, se sospechaba que era bruja, y a él se le ocurrió relatar en su novela que el personaje central, un joven irlandés, había emprendido un viaje onírico a la Luna gracias a un conjunto mágico de su madre. Realmente era casi una denuncia.

"En el Somnium describía la Luna llena de montañas y de valles, y tan 'porosa' como si la hubieran excavado totalmente con cavidades y cavernas continuas", una referencia a los cráteres lunares que Galileo había descubierto recientemente con el primer telescopio astronómico" (Sagan, 1980: 62). Imaginé que la Luna tenía habitantes, y a partir de la observación de los cráteres de la misma, y de lo que él interpretaba como de una elevada perfección en las formas circulares deduje "la existencia de alguna raza racional capaz de construir más cavidades en la superficie de la Luna. Esta raza debe contar con muchos individuos, para que un grupo pueda hacer uso de una cavidad mientras otro grupo está construyendo otra" (Sagan, 1980: 62).

Cuenta Kepler en un pasaje del Somnium, que leyó el libro de Luciano de Samosata y otras obras que estaban disponibles en ese momento, como las historias de San Brandán, un navegante irlandés que junto a 14 monjes emprendió un viaje en busca del Paraíso Terrenal; y la historia del purgatorio de San Patricio en los suburbios del Hekla, el volcán de Islandia. Acota más adelante que, según la teología pagana, el purgatorio estaba situado en la Luna y entonces ésta comienza a poblarse no sólo de razas de humanos, sino también de almas de terribles suspensos entre la salvación y la condenación.

V

Ya la Luna se me estaba superpoblando, pero continué el camino investigativo y a partir de una reseña de Orlando Furioso de Ariosto (1532), supe que allí el autor enviaba a uno de sus personajes, Astolfo, a la Luna. Busqué ávidamente la obra en Internet pues ni la conocía, ni por equivocación la había adquirido y sí, allí estaba. En el Canto XXXIV, Astolfo sube al Paraíso Terrenal y encuentra en él a San Juan Evangelista, quien lo hace subir a la Luna. Este episodio no es menos fascinante que los que ya les he contado. ¡¡¡¿quién ustedes?

Durante el resto del día traté Juan de esta materia y de otras muchas. Apenas se hubo sepultado el Sol en el seno de los mares, dejando brillar la Luna, cuando mandó el santo preparar un camino que estaba destinado hacía mucho tiempo a los que hablan de subir al cielo. SINO para llevar a Elias a las montañas de Judá; estaba tirado por cuatro corceles que amojaban lomos resplandecientes. Colocase el santo al lado de Astolfo, empuja las riendas, y se lanza al cielo. Pronto se halla el camino en medio de la región del fuego eterno. Pero la presencia del santo amortigua su ardor. Después de haber atravesado aquel espacio abrasador, llegan al reino de la Luna, cuya superficie brilla cual el más brillante acero. Este planeta, contando en su tamaño los vapores que le rodean, parece de igual grandor que el globo terrestre. Ve el paladín con sorpresa que aquel astro considerado desde cerca, es inmenso, mientras que nos parece muy pequeño cuando lo examinamos desde aquí abajo. Apenas puede el duque distinguir la tierra que está sepultada en las tinieblas y completamente privada de claridad; descubre en la luna ríos, campos, lagos, valles, montañas, ciudades y palacios muy diferentes de los nuestros. Las casas parecen de un tamaño desmesurado; divisa extensos bosques en los cuales persiguen diariamente las rinfas a los animales salvajes. Astolfo, que se propone otro objeto, no se detiene a considerar aquellos objetos tan variados, y se deja guiar a un valle rodeado de colinas. Allí se hallan recogidas todas las cosas que perdemos por nuestra culpa, por las injurias del tiempo o por los efectos de la casualidad; no se trata de los imperios y tesoros que prodiga la caprichosa fortuna, sino de lo que ésta no puede dar ni quitar. Quiero hablar de las repulaciones que el tiempo, cual gusano roedor, come y concluye por destruir. Allí se hallan todas

las oraciones y ruegos que los desdichados pecadores dirigen al cielo; las lágrimas y suspiros de los amantes, el tiempo perdido en el juego y la ociosidad, los proyectos inútiles que no llegan a ejecutarse, los deseos fútiles cuyo número inmenso llena cuasi el valle. En fin, allí se ve todo lo que se ha perdido en la Tierra (Aristo, 1893: 130-131).

Qué maravilla, por fin iba encontrando el sentido de la palabra "lunático", y también la importancia de ir planeando mi viaje a la Luna. Pero no, no hay que forzar los acontecimientos. Todavía falta mucha literatura por recoger.

VI

La siguiente obra que encontré, tal vez más conocida, es la *Historia cómica o viaje a la Luna* de Bergerac (1657). El Cyrano de verdad, no el de literatura, tan romántico como narión y que siempre que lo oye uno nombrar en realidad piensa en Gérard Depardieu, el de la película francesa. En realidad, su escrito es un ensayo humorístico en el cual toca temas de filosofía, ciencia e historia y hace un despliegue de imaginación entre surrealista y dada, tomando como pretexto la pregunta: ¿qué es en realidad la Luna?

En los primeros párrafos dice Cyrano:

De los múltiples pensamientos que esa bola de azufre nos sugirió fue divirtiéndonos durante nuestro caminar, porque con los ojos anegados en ese gran astro, ya lo consideraba alguien como una buhardilla del cielo, ya otros aseguraban que era la plancha con que Diane saca brillo a la pechera de Apolo, y otros creían que bien podría ser el Sol, que habiéndose despojado de sus rayos por la tarde miraba por un agujero lo que pasaba en el mundo cuando él no estaba alumbrándolo. "Ya mí, les dije yo, que me complace unir mis entusiasmos con los vuestros, me parece, sin que me seduzcan vuestras agudas hipótesis, con las que pretendéis distorsionar el tiempo para que pase más de prisa, me parece, os digo, que la Luna es un mundo como este nuestro, y que a su vez la Tierra sirve de Luna a esa que más vosotros" (De Bergerac, 2009: 11).

Y Cyrano también emprende el viaje a la Luna estimulado por la lectura de un libro que mágicamente encontró abierto sobre su escritorio, en el cual el escritor contaba que estando en su estudio con todas las puertas cerradas habían entrado atravesándolas dos ancianos muy grandes que le dijeron eran habitantes de la Luna y habían desaparecido. La primera prueba, para elevarse hasta el plateado satélite, es más chanza poética que un intento por proponer una vía técnicamente posible por el tipo de recursos energéticos utilizados:

En torno a mí cuerpo me había atado bastantes frascos llenos de rocío, sobre los cuales el Sol proyectaba tan ardientemente sus rayos que su calor, que los abría como hace con las más grandes nubes, me levantó a tan grande altura, que por fin llegué a encontrarme por encima de la primera región. Pero como esa atracción me elevaba demasiado rápidamente, y como en vez de aproximarme a la Luna, como era mi deseo, todavía me parecía estar más lejos de ella que al principio, fui rompiendo algunos de mis frascos hasta que observé que mi peso sobrepasaba la atracción del calor e iba descendiendo sobre la tierra. No fue falsa mi opinión, puesto que en aquella me encontré poco tiempo después (De Bergerac, 2009: 12).

El siguiente intento lo describe de una manera un tanto vaga; habla de una máquina capaz de elevarlo hasta la Luna sin describir su constitución, pero nuevamente el intento es fallido y desde la montaña escogida como lugar de despegue ruda por la ladera terminando un tanto aporreado en mitad del valle.

Como la máquina es rescatada por los soldados, quienes quieren quemarla porque no entienden de qué se trata, él sale en defensa de su invención mecánica y por accidente, enciende los cohetes, por el incendio resulta cayendo en la Luna. Después viene la descripción de las cosas fantásticas que encontró en ellas: para empezar rejuveneció por lo menos 14 años, los hombres que vio caminaban en cuatro patas, se alimentaban solamente con el olor de los exquisitos manjares que sus cocineros



• Ilustración para *Historia cómica o viaje a la Luna* de Cyrano de Bergerac.

preparaban y hablaban dos idiomas, el de la grandeza y el del pueblo llano. El primero es música sin letra y el segundo una forma de comunicación por medio del estremecimiento de todas las partes del cuerpo. Así, la agitación de una mano o de un brazo o de una oreja constituye palabras, oraciones o párrafos completos. Duermen sobre colchones de flores y se iluminan con lámparas que no son más que frascos llenos de gusanos luminosos. Y como rúbrica temprana para cerrar este viaje, lo que me pareció más fascinante de esta obra fue el papel moneda que ellos usan: versos, sí, versos.

Cuando el autor ha compuesto sus versos los lleva a la Casa de Moneda, donde los portas jurados celebran su Consejo; y allí, los verificadores oficiales someten a su juicio las composiciones, y

si son juzgadas como buenas se las tasan, no según su precio —es decir, que un soneto no vale siempre lo mismo que otro soneto—, sino por el mérito que en sí tiene; así es que cuando alguien muere de hambre prueba es de su majadería, porque las gentes de espíritu siempre pueden hacer fortuna (De Bergam, 2009: 26).

Es curioso que finalmente Cyrano regrese a la Tierra porque también le entra la nostalgia y la necesidad de su planeta, como le ocurrió al personaje de "La distancia de la Luna".

VII

Si bien esta búsqueda de los habitantes y visitantes de la Luna no es infinita, sí es por lo menos muy amplia, por lo tanto debo acotar el territorio narrativo y finalizar este primer recuento de mis investigaciones lunáticas con dos reseñas de obras definitivamente obligadas, resignándose a no llegar al siglo XX. Las dos están ubicadas en el siglo XIX, el siglo del romanticismo socialista y del positivismo concreto, siglo que en distintos momentos de mis especulaciones históricas he recorrido, analizando los procesos de constitución de la física, la química y la biología. A pesar de mis incursiones en la cultura científica de esa época, hasta ahora estoy ahondando seriamente en la literatura de la segunda mitad de ese siglo. La primera referencia tiene que ver con Edgar Allan Poe, a quien lei con cierta fascinación durante algunos años y la segunda, que debo declarar, casi con pena, que apenas estoy conociendo en esta época de mi vida, es Julio Verne.

Sin lugar a dudas, Edgar Allan Poe está en el origen de la revolución de la literatura y de la cultura en general, producida en la segunda mitad del siglo XIX. Uno de sus cuentos se relaciona directamente con mi indagación sobre los habitantes y visitantes de la Luna. Se trata de "La incomparable aventura de un tal Hans Pfaall" (1844). La historia ocurre en Rotterdam, en un día común y corriente en que sus habitantes ven aparecer entre las nubes un extraño objeto de una forma tan irregular, que no se parece a nada. Al cabo del tiempo, el objeto se acerca suficientemente a la superficie de la Tierra, de tal manera que la población logra identificar que es un globo construido de papel periódico viejo, en él descubren a un personaje bastante pequeño, sin orejas y vestido como un personaje de circo o, por lo menos, con un gusto un tanto extraño. El personaje deja caer entre los curiosos que lo observan una carta y rápidamente se deshace de los lastres de arena para emprender su regreso al cielo. La carta, dirigida al presidente y al vicepresidente del Colegio de Astronomía de la ciudad, cuenta detalladamente la historia de Hans Pfaall.

La cuestión es que Pfaall era un remendón de fuelles de la ciudad, pero según el relato, sus servicios fueron cada día menos solicitados hasta que se vio en la ruina y lleno de deudas. Algún día llegó a una librería y se sentó a leer un libro de astronomía especulativa, escrito por un profesor alemán, y las ideas



• Ilustración para la incomparable aventura de un tal Hans Pfaall de Edgar Allan Poe.

que allí encontró le fueron prendiendo la imaginación. Invisió en otros libros de artes relacionados con la construcción de globos, fue vendiendo sus muebles y las pocas pertenencias que le quedaban, imaginó el diseño de un globo especial y para la construcción contó con la decidida ayuda de su esposa.

Para el gas que llenaría el globo iba a utilizar:

...una cantidad de cierta sustancia metálica, o semimetálica, que no nómbraré, y una docena de damajuanas de un ácido sumamente común. El gas producido por estas sustancias no ha sido logrado por nadie más que yo, por lo menos, no ha sido aplicado nunca a propósitos similares. Sólo puedo decir aquí que es uno de los constituyentes del aire, tanto tiempo considerado como ineluctable, y que tiene una densidad 314 veces menor que la del hidrógeno (Poe, 1970: 297).

Finalmente, disponiendo de los aparatos necesarios y con la ayuda que logró mediante ciertos engorros a sus tres más grandes acreedores, se elevó por los aires con destino a la Luna, mientras los tres pobres acreedores quedaron muertos en el estado de la pólvora que también había dispuesto para lograr la elevación suficiente. Describe Poe todas las peripecias y dificultades que tuvo que sortear Pfaall en el viaje y los inventos que usó para ello, demostrando su conocimiento de las ciencias físicas, las químicas y las fisiológicas. El personaje llega a la Luna. Dice entonces Pfaall en su carta:

Tengo muchas, muchísimas cosas que daría a conocer con el mayor gusto; mucho que decir del clima del planeta, de sus maravillosas alternancias de frío y calor, de la ardiente y despiadada luz solar que dura una quincena, y la frialdad más que polar que domina en la siguiente; del constante traspaso de humedad, por la destilación semejante a la que se practica al vacío, desde el punto situado debajo del Sol al punto más alejado del mismo; de una zona variable de agua corriente, de las gentes en sí, de sus maneras, costumbres e instituciones políticas; de su peculiar constitución física; de su fealdad, de su falta de orejas, apéndices inútiles en una atmósfera a tal punto modificada; de su consiguiente ignorancia del uso y las propiedades del lenguaje; de sus ingeniosos medios de intercomunicación que lo reemplazan; de la incomparable conexión entre cada individuo de la Luna con algún individuo de la Tierra, conexión análoga y sometida a la de las esferas de los planetas y el satélite, por medio de la cual la vida y los destinos de los habitantes de uno están entrelazados con la vida y los destinos de los habitantes del otro... todo esto y más me sería gusto detallar (Poe, 1970: 317).

El personaje finalmente expresa que quiere volver a la Tierra y ofrecer todo su nuevo conocimiento para el desarrollo de las ciencias solamente con la condición de que jurídicamente lo perdonen por haber sido el culpable de la muerte de sus acreedores.

La segunda reseña es de la obra *De la Tierra a la Luna* de Julio Verne (1865). Contrario a lo que piensan quienes no han leído a Verne, y también a muchos de los que lo han leído, no me encontré con una obra de literatura fantástica sino con una que más parecía de divulgación de la ciencia. Y es que lo más importante en la obra es la descripción rigurosa de cada una de las actividades en que incursionaron los protagonistas cuando se preparan para enviar una bala a la Luna. Este proyecto surge en el seno del Gun Club, cuya fundación en Baltimore, describe Verne así:

Y cuando a un estadounidense se le mete una idea entre ceja y ceja, nunca falta otro coterráneo que le ayude a realizarla. En cuanto consiguen juntarse tres personas, eligen un presidente y dos secretarios. Esto mismo sucedió en Baltimore. El primero que inventó un nuevo cañón se asoció con el primero que lo fundió y el primero que lo taladró. Tal fue el núcleo del Gun Club. Un mes después de su formación se componía de 2.833 miembros efectivos y 30.525 correspondientes (Verne, 1999: 10).

Pero los miembros de ese club estaban sin ocio y apesadumbrados, pues la guerra se había terminado y no tenían nada que hacer. En esta lamentable situación para gentes dedicadas a la fabricación y uso de armas, el presidente, después de profundas meditaciones, hizo la propuesta que haría retomar la alegría a todos los miembros del club. Argumentando que, si bien se conocían todos los datos científicos que se podían conocer de la Luna —incluido peso, volumen, constitución, distancia y demás— nunca se había establecido comunicación directa con ella, por eso proponía enviar una bala a la Luna.



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

Publicación trimestral
que informa sobre los
últimos avances en
Ciencia y Tecnología
realizados en Colombia
y el mundo

**Revista Innovación
y Ciencia**
Un paso adelante en Ciencia y Tecnología

Cupón de suscripción

Suscripción anual para Bogotá \$45.000 • Precio número regular \$12.000 • Precio edición especial \$15.000 • Suscripción gratuita para asociados

AÑO		AÑO	
NOMBRE			
DIRECCIÓN			
TELÉFONO	CELULAR	DE	Nº
CORREO	ELECTRÓNICO		
FORMA DE PAGO		ACEPTO RENOVACIÓN AUTOMÁTICA	
CHEQUE	CREDITO	MASTERCARD	AMERICAN EXPRESS

Consignación a nombre de «Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia» en Banco de Occidente, cuenta de ahorros Nº 26882924-5 • Banco Agrario, cuenta de ahorros Nº 0230-002930-5 • Banco Popular, cuenta corriente Nº 160-20159
Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax 2216950 y 2219953 o por correo a la sede de ACAC en Bogotá: Calle 44 Nº 45-67 Unidad Camilo Torres • Bloque C • Módulo INNOVACIÓN Y CIENCIA @ ACAC.ORG.CO
Bogotá, Colombia • Más \$5.000, costo de envío fuera de Bogotá

ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

PROGRAMACIÓN ACADÉMICA

Un componente muy importante en el marco de la XI Exposición Expotecnología 2009 en el Año Internacional de la Astronomía la programación académica dentro de la cual se realizarán encuentros, seminarios y talleres a cargo de importantes especialistas nacionales e internacionales que tratarán diferentes temas afines a la feria tales como ciencia y literatura, curiosidad, creatividad, innovación, astronomía, biotecnología, políticas de ciencia y tecnología, entre otros.

ENCUENTRO/EXPOSICIÓN POR LA BIOLOGÍA Y LA BIOTECNOLOGÍA, "Una mirada futura"

OBJETIVO: Proporcionar un espacio para que los diferentes actores sociales puedan discutir acerca de la relación entre biotecnología, medio ambiente y sociedad, así como mostrar el impacto por la ciencia y la tecnología e impulsar la innovación y el desarrollo social integral.

Capacidad: 300 asistentes, Duración: 2 días
Fecha: Octubre 21 y 22 de 2009
Precio inscripción:
Asociado: \$90.000
Particular: \$120.000
Estudiantes: \$60.000

ENCUENTRO NACIONAL DE CLUBES DE CIENCIA "Cualidad, Cantidad e Impacto"

OBJETIVO: Incentivar el trabajo de los clubes de ciencia para promover y crear iniciativas que involucran procesos de participación social con el objetivo de contribuir al desarrollo de la ciencia y la innovación en sus diferentes niveles.

Capacidad: 500 niños y jóvenes / Duración:
Precio inscripción: \$7.000 por persona
Fecha: Octubre 20 y 21

ENCUENTRO EMPRESARIAL

OBJETIVO: Dar la oportunidad a los empresarios de actualizar sus conocimientos con el desarrollo empresarial, científico, tecnológico, a cargo de grandes empresarios, académicos y científicos que expongan y compartan sus experiencias.

Precio inscripción:
Fecha: 20 y 21 de octubre

ENCUENTRO NACIONAL DE PROFESORES INVESTIGADORES, INNOVADORES EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS "Ciencia y Literatura"

OBJETIVO: Dar a conocer a los docentes del país, una nueva perspectiva y avances de la relación ciencia/literatura y su importancia en el aprendizaje y la investigación en el aula.

Capacidad: 100 docentes del país
Duración: 2 días
Fecha: Octubre 22 y 23 de 2009
Precio inscripción:
Asociado: \$80.000
Particular: \$100.000

FORO DE POLÍTICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA UNIVERSIDAD, EMPRESA Y ESTADOS

Agenda de trabajo sobre políticas públicas científicas y tecnológicas, en donde a través de un intercambio se fortalecerá una cooperación entre la ciencia y el empresario. Un día de la actividad académica presentará y promoverá de investigación científica y tecnológica.

Precio inscripción:
Fecha: 22 de octubre

TALLERES Y ENCUENTROS CIENTÍFICOS

OBJETIVO: Promover el acercamiento de estudiantes, docentes y público en general a la ciencia y a la tecnología a través de talleres sobre temáticas de interés y encuentros con otros grupos de investigación, donde se socialicen los resultados de los trabajos de investigación.

Para público en general y grupos de instituciones:
\$3.000
Precio inscripción:
Costo por persona: \$3.000



**XI EXPOSICIÓN
EXPOTECNOLOGÍA
2009 EN EL AÑO INTERNACIONAL DE LA ASTRONOMÍA**

ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA
Calle 44 No. 45-67, Unidad Camilo Torres, Bogotá C. M. B
Teléfono: 2216950 / 2219953 • Fax: 2216950
CORREO ELECTRÓNICO: INNOVACIONYCIENCIA@ACAC.ORG.CO
WWW.ACAC.ORG.CO