

# SI MUOVE

NÚMERO 8 - OTOÑO 2014

# Cosmic (Colisiones Cósmicas) Collisions

Con la narración de Luis Brandoni

Dinámicas y deslumbrantes, las *Colisiones Cósmicas* son fuerzas universales tanto destructivas como creativas. Han cambiado el mapa del Cosmos y han dado nacimiento a nuevas estrellas y nuevos mundos por millones de años. Producido por el **Museo Americano de Historia Natural** (AMNH) con la colaboración de la **NASA**, este espectáculo se presenta ahora en el **Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei**. Se produjo un Universo digital con una base de datos sin precedentes con más de tres mil millones de estrellas y visualizaciones de astrofísica de las mejores instituciones del mundo. *Colisiones Cósmicas* proporciona una visión extraordinaria de estos eventos catastróficos y constructivos que han dado forma a nuestro mundo y al universo.

[www.planetario.gob.ar](http://www.planetario.gob.ar)  
[www.buenosaires.gob.ar/agendacultural](http://www.buenosaires.gob.ar/agendacultural)



Buenos Aires Ciudad

EN TODO ESTÁS VOS

# SI MUOVE

Revista de divulgación científica del Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei

NÚMERO 8 - OTOÑO 2014

## STAFF

**Editora Responsable / Directora**  
LIC. LUCÍA CRISTINA SENDÓN

**Director Periodístico**  
DIEGO LUIS HERNÁNDEZ

**Director de Arte / Diseño Gráfico**  
ALFREDO MAESTRONI

**Secretario de Redacción**  
MARIANO RIBAS

**Redactores de esta edición**  
JUAN CARLOS FORTE  
GUILLERMO ABRAMSON  
LEONARDO GONZÁLEZ GALLI  
AGUSTÍN ADÚRIZ-BRAVO  
ADRIANA RUIDÍAZ  
WALTER GERMANÁ  
MARCELA LEPERA

**Colaboradores**  
Carlos Di Nallo, Andrea Anfossi, Sergio Eguivar,  
Omar Mangini, Leonardo Julio, Ezequiel  
Bellochio, Víctor Bibé, Alejandro Tombolini,  
Ignacio Díaz Bobillo, Daniel Verschatse.

**Correctores**  
Walter Germaná, Natalia Jaoand.

**Agradecimientos**  
ESO, HST-IRAC/NASA, CSIRO/ATNF (Australia),  
Gianandrea Sandri, Roberto Cavallini.

**Administración**  
GRACIELA VÁZQUEZ - MARCELA BARBIERI

**Impresión**  
4 COLORES S.A. - PRINTERRA  
Santa Elena 938 - CABA / Tel. 4301-1139

Reservados todos los derechos. Está permitida la reproducción, distribución, comunicación pública y utilización, total o parcial, de los contenidos de esta revista, en cualquier forma o modalidad, con la condición de mencionar la fuente. Está prohibida toda reproducción, y/o puesta a disposición como resúmenes, reseñas o revistas de prensa con fines comerciales, directa o indirectamente lucrativos. Registro de la Propiedad Intelectual en trámite.



Ministerio de Cultura

Jefe de Gobierno - Ing. Mauricio Macri  
Ministro de Cultura - Ing. Hernán Lombardi  
Subsecretario de Gestión Cultural - Lic. Alejandro Gómez  
Directora del Planetario - Lic. Lucía C. Sendón



Alfredo Maestroni

## EDITORIAL

Bienvenidos a esta nueva edición de *Si Muove*. Nuestro octavo número, en poco más de dos años de vida, está dedicado, en buena medida, a desmitificar algunas falsas creencias ligadas a la Astronomía, sobre todo las de las pseudociencias como la astrología y la supuesta existencia de naves de otros mundos sobrevolando la Tierra. Si bien es cierto que muchos han visto objetos no identificados y creen que los extraterrestres están entre nosotros, lo único verdadero es que ningún centro de investigación científica lo ha comprobado. Si ello hubiera sucedido estaríamos ante el descubrimiento más importante de la historia de la humanidad. Por ello, sorprende ver cómo este tema se trata, en algunos ámbitos, con tanta ligereza, sin comprobación científica, y cómo tienen tanto espacio en los medios de comunicación. Por otro lado, en virtud de la enorme cantidad de exoplanetas que se han descubierto hasta ahora, existe una alta probabilidad de que, finalmente, se encuentre vida en alguno de ellos; incluso sorprende que todavía no se haya encontrado una "copia" de nuestro Sistema Solar. Pero hasta ahora, la existencia de otros mundos habitados es sólo pura especulación. También presentamos uno de los trabajos astronómicos más recientes acerca de los enigmáticos cúmulos globulares, desarrollado por el Dr. Juan Carlos Forte, investigador del CONICET, cuyo lugar de trabajo es, felizmente, en nuestra institución.

Y como siempre, nos proponemos hacerles conocer las renovadas actividades de este año: nuevas funciones para estudiantes y público en general, los cursos, la modernización en marcha del museo, la plaza astronómica, las conferencias, el Planetario para ciegos y para sordos, el Planetario Itinerante y las actividades culturales del Ministerio de Cultura, como BAFICI en el mes de abril, son algunas de las propuestas que, durante este año, ofrece el Planetario Galileo Galilei.

### Lic. Lucía Cristina Sendón

Directora Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei



**Foto de tapa:**  
Galaxia NGC 5128, Centaurus A.  
ESO - European Southern Observatory.

**CÓDIGO QR**  
Página web / Correo electrónico  
www.planetario.gob.ar  
revistaplanetario@buenosaires.gob.ar

## SUMARIO

4 /// La escuela va al Planetario. 5-8 /// Galaxia Centaurus A. 9-12 /// Superstición y pseudociencia. 13-18 /// Guía práctica de falsos ovnis. 19-26 /// Por qué la astrología no es una ciencia. 24-25 /// Foto central. 27-32 /// Astrofísica: cúmulos globulares. 33-36 /// Sistemas estelares dobles, triples y múltiples. 37-41 /// Oblicuidad de la eclíptica. 42-45 /// Galería astronómica.



ACTIVIDADES

# La escuela va al Planetario

Por Marcela Lepera, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

A lo largo de más de cuatro décadas de trayectoria, los espectáculos para estudiantes han ocupado un lugar de relevancia en nuestra tarea. En el imaginario popular, el Planetario es un lugar “escolar”. Muchos descubren este sitio único en una salida educativa que, quizás, despertó curiosidad, interés por la Astronomía, fascinación por el cielo estrellado y, por qué no, alguna vocación.

**C**reemos que la tradicional visita al Planetario es una **experiencia didáctica que todos los alumnos merecen vivir**.

Por eso, año tras año, el Planetario brinda, de martes a viernes, cinco funciones diarias para estudiantes desde Nivel Inicial a Nivel Universitario, y recibe alrededor de 4000 niños y adolescentes por semana.

Sabemos que no son los mismos contenidos y recursos los que cautivan a un alumno de Jardín de Infantes que a un adolescente o a un estudiante universitario. Por eso, en 2014 presentamos cuatro espectáculos didácticos diferentes que abordan los contenidos astronómicos que cada nivel de enseñanza trabaja en el aula.

Nuestros visitantes más pequeños (alumnos de sala de cinco años de Nivel Inicial a tercer grado de la Escuela Primaria) viven una verdadera aventura de la mano de un simpático pirata que, cansado de recorrer los mares del planeta Tierra, se anima a viajar por el universo. A bordo de un pequeño barco de papel, descubren planetas, estrellas, cúmulos, constelaciones y otras maravillas del cielo. **Una de Piratas\*** es una producción del Planetario que se estrenó con mucho éxito durante las vacaciones de invierno de 2013. Este año, la propuesta también se presenta los fines de semana para disfrutar en familia.

Los alumnos de cuarto grado de Escuela Primaria a segundo año del Nivel Secundario podrán disfrutar de **Vida en el Universo\***, un nuevo espectáculo didáctico, también producido en nuestra institución, que presenta e intenta responder algunos interrogantes. ¿Por qué hay vida en la Tierra? ¿Hay vida en otros mundos? ¿Qué condiciones astronómicas son necesarias para que exista

vida? ¿Hay otros mundos con condiciones similares a las de la Tierra?

Para los alumnos de los años superiores de Nivel Secundario se presenta una detallada descripción del cielo observable desde Buenos Aires en la fecha en la que se realiza la visita, y se proyecta **Colisiones Cósmicas\***, una función que describe explosivos encuentros que dieron forma a nuestro Sistema Solar, que cambiaron el curso de la vida en la Tierra y que seguirán transformando, en el futuro, a nuestra galaxia y al universo.



Alumnos de la Escuela N° 11 D. E. 7 saliendo del Planetario.

**Astronomía de Posición\*** propone a los alumnos de Nivel Terciario y Universitario experimentar la esfera celeste: conocer los conceptos relacionados con sus elementos matemáticos, las coordenadas esféricas que permiten localizar los astros, el aspecto del cielo desde diferentes latitudes, algunos movimientos de la Tierra y sus consecuencias, y la magnitud tiempo dentro de la Astronomía. La propuesta invita a aplicar estos conceptos a la navegación astronómica para, finalmente, salir a viajar por el espacio profundo.

Para completar la oferta de divulgación cultural en sus diferentes dimensiones, invitamos al público estudiantil a disfrutar de un

espectáculo artístico, **El Principito\***, que recrea el clásico de la literatura representado por actores en vivo bajo el cielo estrellado del Planetario.

## Educación permanente

Pero la vocación docente del Planetario no se limita a colaborar con la educación de niños y adolescentes. Creemos que nadie es demasiado grande para descubrir cómo es el universo que lo rodea. Para jóvenes y adultos se presentó durante el mes de

marzo **Estructuras Cósmicas: de los sistemas planetarios a los cúmulos galácticos**, un ciclo de tres charlas audiovisuales correlativas, libres y gratuitas.

Como cada año, en abril comienzan las clases de **Descubrir, Observar y Disfrutar el Cielo\*** y **Astronomía General\***, dos cursos cuatrimestrales y gratuitos que no requieren conocimientos previos, pero sí una inscripción, dada la gran convocatoria que tienen cada vez que se dictan.

Para finalizar, se suma una propuesta destinada a los docentes, quienes también podrán ampliar su capacitación asistiendo al curso **El desafío de enseñar Astronomía\***, a cargo del Dr. en Astronomía Juan C. Forte.

Al revisar esta lista de ofertas resulta evidente que nuestra institución pretende brindar oportunidades de aprendizaje a visitantes de todas las edades y procedencias. Podríamos afirmar que el Planetario es un verdadero “espacio” en el que todos podemos aprender. ■

\*Para averiguar cómo reservar turnos y vacantes, los invitamos a recorrer nuestra web institucional [http://www.planetario.gov.ar/esp\\_estudiantes.html](http://www.planetario.gov.ar/esp_estudiantes.html)

## CENTAURUS A

## Peculiar

Por Dr. Guillermo Abramson, División Física Estadística e Interdisciplinaria, Centro Atómico Bariloche, CONICET e Instituto Balseiro. [guillermoabramson.blogspot.com](http://guillermoabramson.blogspot.com)



Guillermo Abramson.

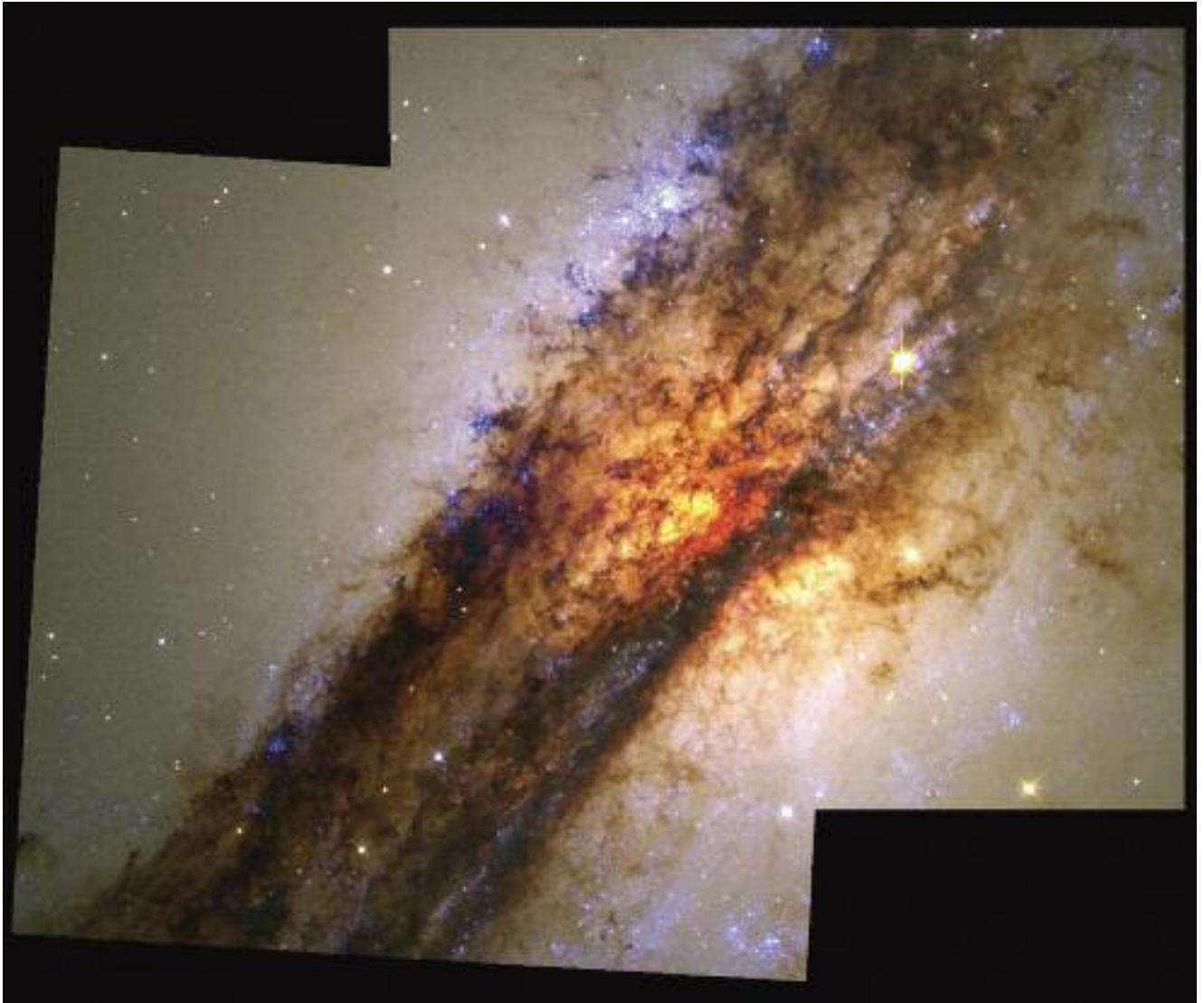
*Galaxia NGC 5128 (Centaurus A). Exposición de 90 minutos a través de un telescopio Meade LX10 (20 cm de apertura, F/6.3). La imagen abarca aproximadamente 1 grado (dos lunas).*

He aquí Centaurus A, también conocida como NGC 5128. Es una de las galaxias más brillantes, una de las joyitas del cielo austral. Los astrónomos clasifican a esta galaxia como “peculiar”. Aun para un ocasional astrónomo aficionado, una foto como ésta no deja lugar a dudas: es peculiar.

¿Por qué peculiar? Por un lado, Centaurus A (Cen A, para los iniciados) tiene una forma elipsoidal y suave, característica de las galaxias elípticas. Pero por otro lado tiene una tremenda herida abierta que la cruza por

completo. En medio y en el borde de la masa de polvo oscuro y frío vemos grandes cúmulos de estrellas nuevas, azules y brillantes. Con mayor detalle vemos esta región en la fotografía tomada por el Telescopio Espacial

Hubble (no comparen con la mía, las comparaciones son siempre odiosas). Esto es característico de las galaxias espirales, cuyo disco polvoriento aloja la formación de nuevas estrellas. ¿Qué está pasando aquí?



Telescopio Espacial Hubble - E. Schreier (ST ScI) - NASA - Mayo de 1996.

*Región central de Centaurus A en la que se observan cúmulos de estrellas jóvenes, producto de una intensa formación estelar, más mucho polvo frío y oscuro.*

Todo parece indicar que Cen A “se comió” a otra galaxia, probablemente, una espiral o irregular, cuyo disco con rastros de espiral retorcida todavía podemos ver en imágenes infrarrojas, como la tomada por el Telescopio Espacial Spitzer (página 7). El halo elíptico de estrellas viejas es prácticamente invisible en esta longitud de onda. El evento parece haber tenido lugar hace unos 300 millones de años, mientras por acá disfrutábamos de los calorcitos del período Carbonífero.

Cen A es una galaxia extraordinaria desde muchos puntos de vista, y su relativa proximidad (12,4 millones de años luz) hace que sea uno de los objetos

favoritos de los astrónomos, quienes la han escudriñado en todas las longitudes de onda. La designación “Centaurus A” se refiere a su rol como intensa fuente de ondas de radio. De hecho, es el objeto más intenso en ondas de radio fuera de la Vía Láctea. Los radiotelescopios muestran que esta radiación viene de dos chorros de materia moviéndose casi a la velocidad de la luz, que surgen simétricos del centro de la galaxia en direcciones opuestas, y que se extienden y retuercen por cientos de miles de años luz e interactúan con el gas intergaláctico. La parte visible de la galaxia, la que se ve en mi foto de la página 5, es algo menor que nuestra Luna en el cielo (medio grado). En un montaje hecho

“**Centaurus A es uno de los objetos más lejanos que podemos observar con binoculares. Es probable que haya “devorado” a otra galaxia, una espiral o una irregular, hace 300 millones de años.**”

por el observatorio del CSIRO en Australia vemos el cielo tal como si pudiéramos ver las ondas de radio. Las antenas del complejo figuran en primer plano. Los puntitos que se ven en el cielo no son estrellas, sino también fuentes de radio. El objeto brillante es la Luna. El fantasma rosado es el resplandor de Centarus A. Necesitaríamos ojos más bien grandes para verla así, pero es lindo imaginarlo, ¿no?

Sabemos que en el centro de Centaurus A hay un monstruoso agujero negro, aun más grande que el que vive en el centro de la Vía Láctea. A diferencia del nuestro, que es más bien mansito, este dragón todavía está digiriendo su cena, lo que ocasiona los chorros relativistas<sup>1</sup> y los fuegos artificiales que vemos en rayos X y en radio. Es lo que se llama un **núcleo galáctico activo**. Nuestros colegas del Observatorio Auger de rayos cósmicos, en Mendoza, han detectado que



*El disco sesgado rojo es la imagen invisible (infrarroja) de la posible galaxia espiral devorada por Cen A. La radiación infrarroja penetra el polvo interestelar y permite ver el interior de la galaxia.*

Telescopio Especial Spitzer - IRAC - NASA.

Ilana Feain, Tim Cornwell, Ron Ekers, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO/ATNF).



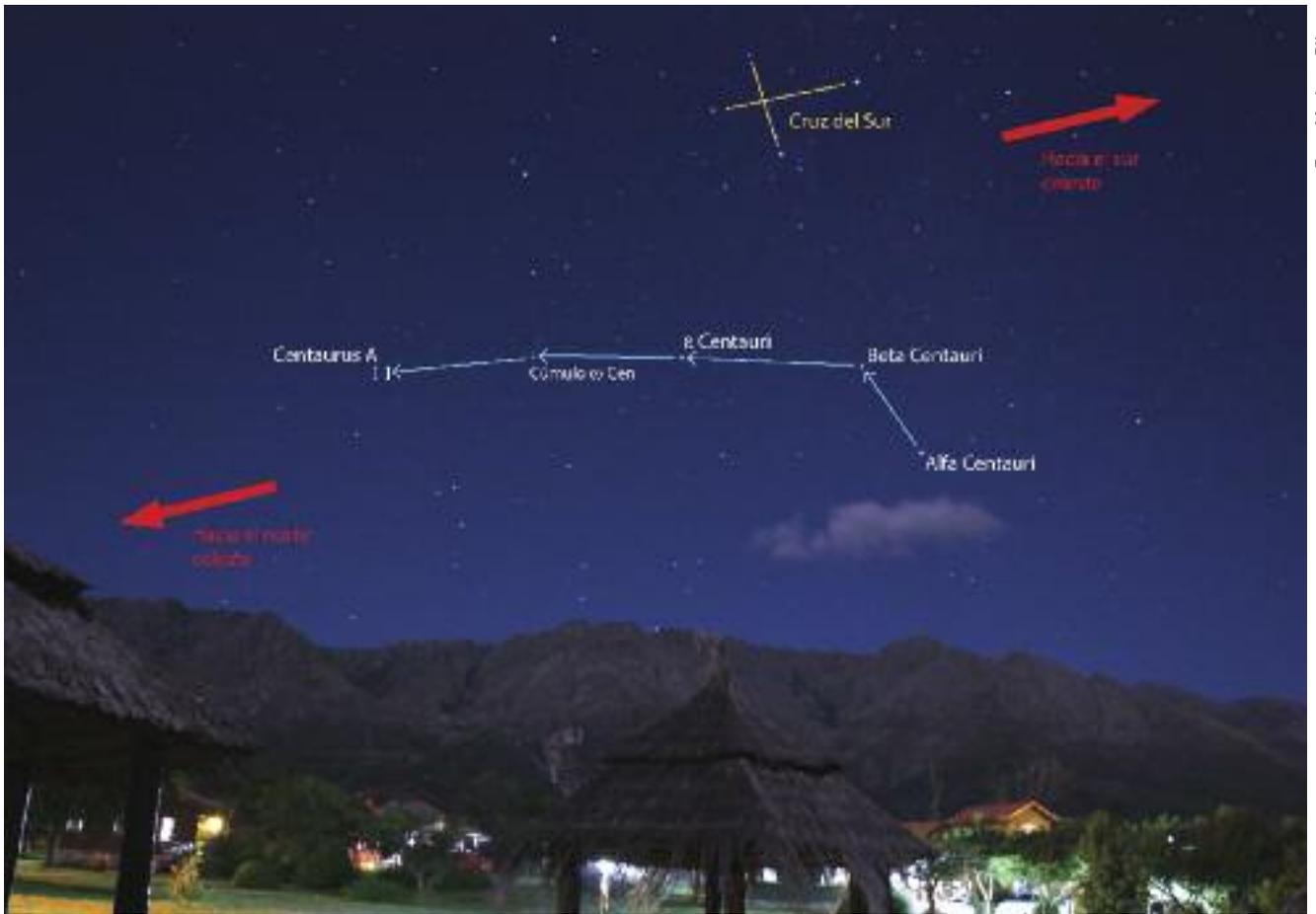
*Una composición en la que se muestra cómo se vería el cielo si pudiéramos ver las ondas de radio, realizada por el observatorio CSIRO en Australia.*

unos cuantos de los raros rayos cósmicos de ultra alta energía que llegan a la Tierra parecen provenir de allí. Es un resultado preliminar todavía, pero podría acabar siendo el comienzo de una astronomía de partículas subatómicas.

Habría muchas más cosas interesantes para contar sobre esta galaxia. Pueden *googlearla* y leer sobre ella hasta el cansancio. Pero mejor es salir y verla. Centaurus A es MUY fácil de observar con cualquier instrumento. Está en la constelación del Centauro, por si a alguno le quedaban dudas. Si saben encontrar los Punteros de la Cruz, de allí es fácil llegar al cúmulo globular Omega Centauri (otra vista imperdible, sobre todo

en telescopios medianos). Centaurus A está 4 grados casi exactamente al norte de Omega Centauri. Ojo: al norte en el cielo, que puede ser arriba, abajo, a la izquierda o a la derecha, según la época del año y la hora de la noche. Guíense con una carta como la de la página 8 para llegar la primera vez, y después lo harán de memoria. Cuatro grados es aproximadamente el campo visual de unos binoculares 10x50, así que es fácil llegar desde Omega Centauri. Cuanto más oscuro esté el cielo, mejor. ¿Pueden distinguir la franja oscura? Un telescopio de 10 cm de apertura debería ser suficiente si el cielo está oscuro. ■

<sup>1</sup> Estos chorros de materia surgen del núcleo de la galaxia a velocidades cercanas a la de la luz. Son tan energéticos que vemos el resultado de su impacto contra el súper tenue gas intergaláctico, brillando intensamente en todo el espectro electromagnético, desde los rayos gamma y X hasta las ondas de radio. Se los observa en muchas galaxias activas y especialmente en los quásares. Se cree que intensos campos magnéticos en el núcleo de la galaxia son responsables de colimar estos chorros haciéndolos delgados y larguísimos (a veces, de cientos de miles de años luz), pero el mecanismo exacto de su producción se desconoce.



Localización de Centaurus A. Partimos desde los Punteros de la Cruz del Sur (Alfa y Beta Centauri), pasamos por la estrella ε (épsilon), por el cúmulo globular ω (Omega Centauri) y, 4º al norte, está la galaxia Centaurus A. Con binoculares ya resulta visible bajo cielos oscuros.



M 83, una clásica galaxia espiral vista de frente. Crédito: Ezequiel Bellocchio.



Andrómeda (M 31), otra espiral, vista de perfil. M 32 y M 110 son sus satélites, dos galaxias elípticas. Crédito: Leonardo Julio.



NGC 253, otra galaxia espiral, pero vista de canto. Crédito: Sergio Eguivar.



AM 0644-741, Ring Galaxy, una galaxia anular producto de una colisión. Crédito: Telescopio Espacial Hubble/NASA.



NGC 5866, una galaxia lenticular. Crédito: Telescopio Espacial Hubble/NASA.



Una galaxia irregular, la Nube Menor de Magallanes. Crédito: Sergio Eguivar.



Varias galaxias espirales y, principalmente, dos grandes elípticas: M 84 y M 86. Crédito: Ignacio Díaz Bobillo.



La galaxia enana de Fornax. Crédito: Ezequiel Bellocchio.

## Clasificación

Las galaxias se clasifican en tres tipos principales: **elípticas**, **espirales** e **irregulares**. Las galaxias elípticas son elipsoidales, de manera que tienen aspecto elíptico independientemente del ángulo desde el que las observamos. Tienen poca estructura, poca materia interestelar y un lento ritmo de formación estelar y una población de estrellas de edad avanzada. Pueden ser inmensas, y se cree que se forman como resultado de la fusión de galaxias menores. Las galaxias **espirales** (como la Vía Láctea) tienen un disco donde se encuentra la mayoría de las estrellas, en general estructurado en forma de brazos espirales. Estos brazos pueden ser más o menos difíciles de observar, dependiendo del ángulo bajo el cual vemos el disco. Tienen abundante materia interestelar, en forma de gas y polvo, en la cual se observa una intensa (hasta frenética, en el caso de las galaxias llamadas *starburst*) formación de nuevas estrellas. Otras morfologías incluyen las galaxias **peculiares** (como Centaurus A), las **lenticulares**, las **irregulares** (como las Nubes de Magallanes), las **anulares** y las **enanas**.

## SUPERSTICIÓN Y PSEUDOCIENCIA

## Pueden fallar

Por Diego Luis Hernández, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



Mariano Ribes.

*“Confusión a la memoria de Newton, que destruyó la poesía del arco iris al reducirlo a un prisma”.*

*John Keats, poeta inglés (1817)\*.*

La Astronomía y toda la ciencia en general nos produce una fascinación inigualable gracias a nuestra capacidad de asombrarnos. Cuando miramos a través de un telescopio, nos maravillamos. Pero también lo hacemos si observamos con un microscopio la increíble variedad de vida que hay en una gota de agua sacada de un florero, si seguimos el crecimiento de una planta, cuando estudiamos la evolución, si investigamos las formas de vida del pasado o los cambios en la posición de los continentes.

En otra categoría, la ficción atrae a los fanáticos de la ciencia mediante libros, revistas, películas y series de TV, a través de la ciencia

ficción. Muchas veces, el poder de nuestros sentidos nos sugestionan y nos lleva a ver aquello en lo que queremos creer. La credulidad y la superstición son más fáciles de explotar que el escepticismo. Hubo una época en la que los llamados a los centros astronómicos de gente que suponía haber visto “algo raro” en el cielo, crecían considerablemente al día siguiente de que en televisión dieran una película de extraterrestres.

En el nivel más bajo de todos, ese poder de sorprendernos que tiene la ciencia es utilizado con propósitos lucrativos por los generadores de supersticiones y sobreestimadas fantasías románticas: astrólogas, avistadores de ovnis y mentalistas mediáticos. En todos

esos casos, la ciencia es deshonestamente abusada, malinterpretada y sustituida por lo paranormal, que ofrece un camino fácil sin la necesidad de pensar ni investigar debidamente.

Cada vez que sucede algo mínimamente extraño, mucha gente supersticiosa adjudica los fenómenos de la naturaleza a misterios sobrenaturales, o mezcla historias de fantasmas, extraterrestres y milagros. El poder de la mente de hacernos creer algunas cosas (que, en realidad, queremos creer, más allá de toda lógica) es tan fuerte que mucha gente se siente estafada y ofendida cuando se le dice que los supuestos fenómenos paranormales tienen una ex-



*Algunas de las imágenes de supuestos ovnis encontradas en Internet. Siempre son borrosas, en contraste con la fotografía astronómica actual.*

plicación natural y lógica.

Un ejemplo clásico para apoyar estas ideas es el del arco iris. Durante siglos fue explicado como el símbolo de una promesa de Dios a los hombres luego del “diluvio universal”. Cuando Isaac Newton (entre otros) estudió el comportamiento de la luz, en el siglo XVII, descubrió que el arco iris es un efecto producido por millones de pequeñas gotitas de agua que quedan flotando en el aire después de una tormenta. Si un rato después aparece el Sol, su luz se refractará en esas gotitas y producirá el efecto del arco iris. Un supuesto fenómeno sobrenatural, bastante simple, fue explicado a través de la ciencia y la observación, y “devuelto” al ámbito de lo natural. Como éste, hay miles de ejemplos.

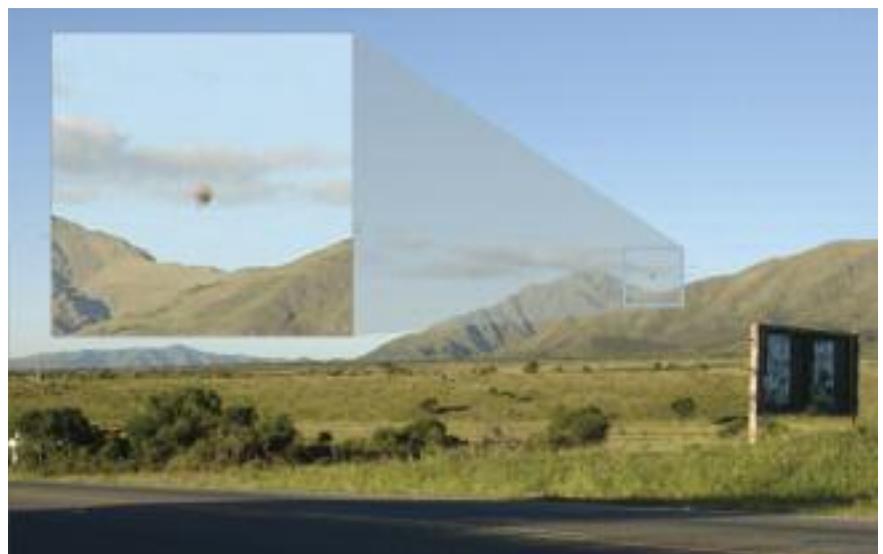
Tampoco existen razones, ni mecanismos físicos y naturales conocidos, que permitan aceptar hoy la relación entre la posición de los astros distantes y nuestro destino o nuestra personalidad. Son los genes y el ambiente en el que nos desarrollamos los que influyen en los seres vivos. Cuatrocientos años de ciencia moderna han desterrado aquellos mitos. Existen cientos de argumentos científicos y racionales, empíricos, teóricos y observacionales, que demuestran la falsedad de las creencias astrológicas. Sin embargo, las predicciones y los horóscopos tienen más repercusión mediática que la divulgación científica.

La TV es otro caldo de cultivo de chantas, estafadores y mentirosos, con periodistas y

productores cómplices. Supuestos paranormalistas, ocultistas, videntes, futurólogos y adivinos desfilan por los canales, mezclados con astrólogas y ufólogos. Las palabras “energía”, “nueva era”, “vibraciones”, “más allá”, “portal”, rellenan todo tipo de argumento vacío de contenido, y pretenden otorgarle un falso contenido científico. Algunos programas como los que habitualmente salen al aire en TV abierta o por Cable, acostumbran llevar ese tipo de bufones. Si alguno de ellos efectuara una demostración que pudiera ser contrastada a través de los métodos científicos, sería el descubridor de un principio totalmente nuevo para

la ciencia. Esa persona merecería un premio Nobel, como mínimo. ¿Por qué, entonces, malgastarlo en programas de segunda categoría? Lo hacen ahí porque son farsantes. Y gracias a los productores de TV, dispuestos a colaborar con el engaño, son farsantes que viven de esa estafa porque hacen pasar sus trucos y mentiras como fenómenos sobrenaturales. Un buen mago puede animar un cumpleaños durante una media hora. Pero si en lugar de asumir sus trucos intenta hacerlos pasar como prodigios paranormales o telepáticos, podrá llegar a aparecer, quizás, en los programas más populares aunque menos prestigiosos.

Cuando se le intenta dar algún tinte serio a esas supersticiones y trampas, lo mejor es recordar el proceder científico, que utiliza diversas metodologías que implican obtener datos empíricos mediante observaciones, experimentos, análisis comparativos, simulaciones de computación, etc., para poner a prueba los modelos teóricos que pretenden dar cuenta de algún aspecto del mundo y su naturaleza. Los descubrimientos deben ser comunicados a la comunidad científica a través de un trabajo, comúnmente llamado *paper*, y las pruebas deberán estar al alcance de cualquier científico que desee experimentar para confirmarlas o refutarlas a través de otras experiencias. La comunidad científica es muy dura, y así debe serlo. Ante cada descubrimiento, hay un sinnúmero de colegas deseosos de refutarlo. Sólo cuando la evidencia es abrumadora, se quedan tranquilos y permiten su libre circulación y su divulga-



*Generalmente, los medios publican estos errores y fraudes sin chequear la información.*

ción. Cualquier actividad que se presume de científica, deberá reunir y aprobar estos requisitos. La astrología, la adivinación, la búsqueda de supuestos ovnis y otras pseudociencias no reúnen ni el 1% de estas características, no utilizan los procedimientos científicos y son poco serias. Ninguna conjetura de este tipo ha resistido nunca una investigación científica adecuada.

### Fotografía astronómica vs fotografía de ovnis

En los últimos años la fotografía astronómica ha avanzado hasta alcanzar niveles cercanos a la perfección. Nos referimos a las imágenes que suelen tomar los aficionados y que, comúnmente, entre otras cosas, ilustran nuestras páginas. Existen miles de aficionados a la astrofotografía, que con sus blogs y páginas de Internet nos dejan disfrutar de sus excelentes trabajos. La mayoría de ellos se dedica a otra cosa (como tantos aficionados a la Astronomía) y en sus ratos libres fotografían el cielo desde distintos lugares y con diferentes métodos y equipos. No son fotógrafos profesionales, y sin embargo, las imágenes que logran de la Luna, planetas, nebulosas, cúmulos o galaxias lejanas son difíciles de diferenciar de las que publican los grandes observatorios.

Una buena parte del mérito se la debemos a la gran proliferación y al desarrollo de las cámaras actuales y a los programas de procesado de imágenes. Una buena cámara ya no resulta inaccesible, y la tecnología digital permite realizar innumerables pruebas. Si comparamos las imágenes actuales de los



Otro "ovni" reportado en Internet: una mancha en el vidrio del auto o un ave lejana.

aficionados con las que podían realizarse hace apenas unos años, la diferencia es sencillamente increíble.

Sin embargo, la fotografía de supuestos ovnis y algunos otros engendros paranormales parece no haber avanzado absolutamente nada. Así, las imágenes de platos voladores, naves extraterrestres del más allá y encuentros cercanos del tercer tipo (?) siguen siendo iguales que las de hace 60 años (cuando el auge de la ciencia ficción disparó la imaginación y la sugestión; no hay informes de ovnis anteriores a la masificación de la ciencia ficción): manchas borrosas, objetos fuera de foco y filmaciones demasiado lejanas y temblorosas. Jamás una imagen de un supuesto ovni resulta clara y contundente. Es llamativo que habiendo mejorado tanto la astrofotografía (a tal punto que resulta de mucha utilidad no sólo para la divulgación científica sino también para la investigación), las imágenes de supuestos ovnis sigan estancadas y no hayan avanzado nada en lo que va del siglo XXI. La razón por la cual ocurre eso es que si afináramos el foco, la precisión y la pericia, descubriríamos que TODAS las imágenes de supuestos ovnis resultan objetos identificados como aviones o satélites, insectos posados en el objetivo de la cámara, aves, luciérnagas, globos meteorológicos, meteoros, etc.

No tenemos en cuenta a la hora de hacer

este análisis la enorme y habitual cantidad de fraudes, donde en nuestra charlatanería vernácula yace impune José de Zer, un "periodista" de la década del '80, y su infame compañero camarógrafo, el Chango. Ambos, junto a la producción de su noticiero, son los responsables directos del invento de todo tipo de creencia esotérica en torno al cerro Uritorco de Córdoba. Tampoco tenemos en cuenta los casos comprobados de irregularidades mentales (aunque opinamos que en la mayoría de los casos, algo de esto último puede haber), ni los de actores de tercera categoría devenidos ufólogos famosos, habituales invitados de los canales de TV, responsables de infinitos inventos y fantasías nunca comprobadas, y de la venta de miles de libros sobre el tema.

La palabra ovni (UFO, en inglés) lleva implícita una trampa. Invita a que cualquier persona suponga que, porque no sabe qué es lo que está viendo, pueda resultar "algo extraño". Finalmente, la excusa será: "es un 'objeto no identificado', al menos, por mí"; y así todo vale, menos razonar.

Si cualquiera de estos supuestos "avistamientos" fuera cierto, estaríamos ante el descubrimiento más espectacular de toda la historia de la ciencia, y todo el mundo científico estaría investigándolo. Pero nada de eso ocurre, simplemente, porque son men-

“La educación científica es una vacuna contra los charlatanes que quieren explotar tu ignorancia acerca de la naturaleza”. Neil deGrasse Tyson, astrofísico, escritor y divulgador científico, director del Planetario Hayden de Nueva York.

tiras, fraudes y errores producidos por la imaginación, la sugestión y el desconocimiento. ■

\* La frase fue publicada en *Autobiografía y Memorias* del pintor y crítico inglés Benjamin Haydon, en referencia a una frase de Keats durante un brindis repetido y alegre; y recordada en *Destejiendo el Arco Iris*, del biólogo evolucionista Richard Dawkins (autor de *El Gen Egoísta*).

**Estación Espacial Internacional**

Mariano Ribas.



**Por qué se puede fotografiar claramente un satélite y no un ovni**

Entre los miles de satélites que existen girando alrededor de la Tierra, hay uno que ha despertado el interés de muchos astrofotógrafos. Desde hace algún tiempo, un gran desafío es el de obtener imágenes cada vez más nítidas de la Estación Espacial Internacional, el más grande de los satélites y uno de los más fáciles de observar (ver *Guía práctica de falsos ovnis*). A pesar de estar moviéndose en torno a la Tierra, de dar una vuelta cada 90 minutos a 420 km de altura, los astrofotógrafos han pasado de tomar a la Estación como un puntito brillante movedizo o un trazo en el cielo, a lograr imágenes en las que se revelan su forma y sus paneles. Incluso hay fotos en las que se la ve “pasando” por delante del Sol o de la Luna, de la misma forma en que si le tomáramos una foto al Sol o a la Luna y un avión pasara por delante en ese momento. Una vez más, las maravillas de la astrofotografía contrastan con el estancamiento y la pobreza de las fotos de supuestos ovnis. Por algo será.

Omega Centauri, 2009



2013



Fotos: Carlos Di Nallo.

Nebulosa de Orión, 2000



2010



Fotos: Omar Mangini.

Saturno, 2010



2013



Fotos: Carlos Di Nallo.

Nebulosa del Águila (M 16), 2000



2010



Fotos: Omar Mangini.

Nebulosa Tarántula, 2009



2013



Fotos: Carlos Di Nallo.

*En pocos años, la calidad de las fotos de los mismos aficionados creció increíblemente gracias a su perfeccionamiento, a su pericia y al avance de las cámaras y de los programas de procesado. Sin embargo, otros rubros no han avanzado nada en 60 años.*

GUÍA PRÁCTICA DE FALSOS OVNIS

# Nada del otro mundo

Por Mariano Ribas, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

*Venus, el Lucero, en el cielo de Yamay*



Andrea Anfossi.

En la Tierra, no todo lo que brilla es oro. Y en el cielo, no todo lo que brilla es un ovni. Al menos, un ovni en el sentido más extendido (y erróneo) del término. Léase, lisa y llanamente, una nave extraterrestre. Ovni significa Objeto Volador No Identificado. Algo que vuela y el observador *no puede* identificar. Simplemente eso. Por eso, antes de echarle la culpa a supuestas naves alienígenas, vamos a recorrer esta guía de falsos ovnis, fenómenos que pueden sorprendernos en cualquier momento.

**P**uede resultar paradójico, pero las personas que más tiempo dedican a observar, las que más y mejor conocen el cielo, nunca han visto ni reportado nada especialmente raro “allí arriba”. Los astrónomos, y muy especialmente los amateurs, disfrutan del cielo noche a noche, y muchas veces, también de día. Lo conocen a fondo, palmo

a palmo. Sus telescopios y sus ojos entrenados escrutan cada grado cuadrado de la bóveda celeste. Observan una y otra vez planetas, cometas, asteroides, estrellas dobles y variables, nebulosas, cúmulos estelares y hasta lejanísimas galaxias. Pero ningún astrónomo (profesional o amateur) ha visto ni fotografiado jamás un “plato volador”. Y eso que hoy en día (en

realidad, desde hace años) logran imágenes increíblemente detalladas de todo tipo de astros; e incluso, hasta de una verdadera y muy lejana nave: la Estación Espacial Internacional.

Sin embargo, también es muy cierto que mucha gente ve cosas “raras” en el cielo. O al menos, cosas que, de buena fe, consideran “raras”. (Aquí optamos por dejar

de lado a testigos con alteraciones mentales o perceptivas, incontables fraudes intencionales y a los espectaculares anuncios de “expertos” en la materia, que podrían dar lugar a otro artículo).

Objetos muy brillantes que tiemblan y cambian de color, flashes que se encienden y se apagan lentamente, destellos veloces que cruzan todo el firmamento en un parpadeo, “fogonazos” multicolores y chispeantes que dejan estelas humeantes durante minutos, o enormes “discos” plateados o rojizos que flotan en el aire en zonas montañosas.

Este tipo de fenómenos son reportados cotidianamente aquí, allá y en todas partes del mundo, de día y de noche. Lamentablemente, ante el desconocimiento, la explicación más habitual, incluso desde los medios de comunicación, suele ser la misma: ovnis, naves extraterrestres o fenómenos inexplicables. Es la respuesta más fácil, la más rápida y la más vendible. Mientras paseamos al aire libre, en el

campo, el mar o la montaña; o cuando oteamos el horizonte desde un balcón en la ciudad, o nos recostamos en el pasto o en la arena para disfrutar de una noche oscura y estrellada, pueden sorprendernos algunos de estos fenómenos que no debemos confundir con nada sobrenatural.

### Planetas y estrellas

Hay un “ovni” por excelencia: el planeta Venus. Cada vez que el famoso lucero aparece en el cielo bien separado del Sol, tanto en las primeras horas de la noche o en las altas madrugadas, los reportes de ovnis aumentan considerablemente. En parte es entendible: Venus es el tercer astro más brillante del cielo, después del Sol y la Luna; un verdadero farol blanco que llama la atención de hasta el más desprevenido de los observadores. Es tan luminoso que en lugares oscuros llega a proyectar sombra. Pero eso no es todo: cuando Venus aparece a baja altura sobre el

horizonte (a menos de 10°), su aspecto cambia dramáticamente, porque su luz debe atravesar una mayor parte de la atmósfera, y se hace más sensible a la absorción y a la turbulencia del aire. Resultado: Venus parece temblar y cambiar de color continuamente, pasando del blanco al amarillo, al naranja o al rojo en fracción de segundo. Por momentos, hasta parece moverse de un lado a otro. No es raro, entonces, que sea confundido con algo “raro” por observadores inexpertos. Hay otros “luceros” no tan brillantes como Venus, pero que también, por las mismas razones (parpadeo, cambio de color, movimiento aparente), suelen generar cierta confusión. El más notable es

*Muchas veces, Venus es reportado como un ovni.*



Mariano Ribas.



*Venus de día, cerca de la Luna.*

Júpiter, que resulta muy llamativo por su brillo. Otro planeta que a veces se disfraza de ovni es Marte. En sus mejores acercamientos a la Tierra llega a una magnitud similar a la de Júpiter, lo que sumado a su intenso color anaranjado lo convierte en otro objeto destacado.

La lista de astros circunstancialmente de-venidos en falsos ovnis se completa con las estrellas más brillantes del cielo: Sirio, Canopus, Alfa del Centauro, la rojiza Arturo y algunas más. Distintas investigaciones a nivel mundial, como las realizadas desde hace décadas por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos en base a decenas de miles de reportes, demuestran que cerca del 30% de los ovnis son simples confusiones con planetas y estrellas brillantes. Un porcentaje muy similar corresponde a meteoros y satélites: vamos directamente a eso.

### “Bolas de fuego”

Muchos reportes locales y mundiales de ovnis hablan de “objetos muy veloces que cambian de color y dejan estelas”. Incluso, dan cuenta de “objetos en fila” y hasta de “flotas de naves”. Lógicamente, en estos casos ya no podemos pensar en planetas o estrellas. Aquí entramos al terreno de las “cosas que caen del espacio”.

Veamos primero las de origen natural: todos los días y todas las noches la Tierra es bombardeada por cientos de toneladas de polvo y fragmentos de roca, hierro y hasta hielo interplanetario. La mayor parte de ese material cae sobre los océanos por una obvia cuestión de probabilidad, dado que el mar cubre el 75% de la superficie terrestre. Pero a veces, esa escoria cósmica cae sobre zonas pobladas. Generalmente, se trata de partículas del tamaño de un grano de arena o menos. Pero como vienen a velocidades de 100 a 200 mil kilómetros por hora, al cruzar nuestra atmósfera entran en fricción con el aire, se calientan, se desintegran y electrifican el aire. Por eso brillan y forman una larga traza luminosa. Son los meteoros, también conocidos como estrellas fugaces, aunque de estrellas no tengan nada.

Mucho más esporádicos, pero a la vez mucho más espectaculares, y en clara sintonía con los reportes de “flotas de ovnis”, son los llamados bólidos o “bolas de fuego”. Ya no se trata de meras partículas espacia-



*Destello de magnitud -5,2 del satélite Iridium 86 junto a la Cruz del Sur, sobre Bariloche.*

les, sino de grandes meteoros —rocosos, metálicos o helados, del tamaño de una moneda, una fruta o una pelota—, que arden furiosamente en el cielo, se fragmentan en varios pedazos con estallidos multicolores y dejan estelas que pueden durar varios minutos. Cada vez que una “bola de fuego” cruza los cielos de la Tierra, los observatorios e instituciones astronómicas reciben avalanchas de llamadas telefónicas y correos electrónicos de ocasionales testigos que cuentan haber visto “rayos de colores”, “luces voladoras”, “chispas en el cielo” y, por supuesto, “una flota de ovnis”. Éstas son citas textuales que hemos recuperado de algunos de los tantísimos reportes que, a lo largo de los años, hemos recibido en nuestro trabajo cotidiano en el Planetario de Buenos Aires.

Algunas veces, las “bolas de fuego” no son de origen natural (meteoros), sino artificial. La *Era Espacial*, que ya lleva más de medio siglo, ha dejado un tendal de cientos de toneladas de “chatarra” dando vueltas alrededor de la Tierra. Satélites abandonados, fragmentos de cohetes, herramientas perdidas por los astronautas, bulones, tornillos, tuercas y hasta lamini-

tas de pintura; verdadera basura espacial en órbita que, tarde o temprano, cae hacia la atmósfera y da lugar a brillantísimos meteoros y, en consecuencia, también a falsos ovnis.

### Flashes en el cielo: los Iridium

Y hablando de aparatos en órbita, hay cosas que no caen (afortunadamente), pero que también pueden tomarnos por sorpresa al mirar el cielo nocturno: los satélites artificiales. La gran mayoría se ve como simples puntitos de luz (similares en aspecto a las estrellas) que se mueven lentamente por el firmamento. Es muy difícil que en forma aislada un simple satélite sea visto o interpretado como un ovni. Sin embargo, algunos satélites viajan en grupos de tres o más, siguiendo una misma trayectoria en el cielo, y en esos casos pueden producirse algunas confusiones.

Los que sí son verdaderamente espectaculares son los satélites *Iridium*: una verdadera flota de 66 aparatos en órbita terrestre, destinados a telefonía móvil internacional. Desde fines de los años '90, los *Iridium* suelen sorprender (y hasta atemorizar) a incontables y desprevenidos

Guillermo Abramson.

Andrea Anfossi.



*El trazo que deja la Estación Espacial Internacional en una fotografía con 25 segundos de exposición. El punto más brillante abajo es el planeta Venus. Se ven las constelaciones de Escorpio, Sagitario, la Corona Austral, el Altar y el Telescopio.*

testigos en el campo, en la ruta, en la montaña, en el mar y hasta en plena ciudad. Casi siempre, de noche, y en casos muy puntuales y excepcionales, también de día. Visualmente, los *Iridium* siempre se comportan de manera similar: aparecen en el cielo como simples puntitos de luz en movimiento, como cualquier otro satélite, pero en cierto momento empiezan a aumentar de brillo, hasta que durante unos pocos segundos producen un flash. En algunos casos, son verdaderos fogonazos de magnitud visual -7, -8 y hasta -9, o sea, hasta 40 veces más brillantes que Venus. Pasado el breve flash, empiezan a perder luminosidad gradualmente, hasta

desaparecer tras haber recorrido 20 a 30 grados en el cielo. Todo en cuestión de un minuto o menos.

Como todo “truco”, los flashes de los *Iridium* tienen una explicación: cada uno de estos satélites lleva dos paneles solares plateados del tamaño de una puerta. Al recibir la luz solar directa, esos paneles actúan como grandes espejos. Cuando el ángulo entre el Sol, el satélite y el observador es óptimo, se produce el flash luminoso en el cielo.

### La Estación Espacial Internacional

Otro de los “ovnis” bastante habitual suele ser la Estación Espacial Internacional

(ISS): una enorme base orbital tripulada, formada por varios módulos interconectados y enormes paneles solares. La ISS es un emprendimiento científico de la NASA, la Agencia Espacial Rusa, la Agencia Espacial Europea y otros socios menores. El primer módulo fue puesto en órbita a fines de los años '90, y con el correr del tiempo, fue ganando tamaño y complejidad gracias a sucesivas misiones tripuladas de transbordadores espaciales (ya fuera de servicio) y naves rusas. Actualmente, es una mole de más de 100 metros de largo y unas 400 toneladas de peso. Una suerte de súper satélite que en el cielo se ve casi tan brillante como Venus.

Las “pasadas” de la ISS son un verdadero espectáculo, especialmente cuando la nave alcanza una gran altura sobre el horizonte local y, al mismo tiempo, se ubica a menor distancia del observador: unos 420 kilómetros de altura. Como decíamos al comienzo de este artículo y del anterior, esta base orbital es frecuentemente observada y fotografiada por aficionados y astrónomos amateurs. Sin embargo, suele generar sorpresa y confusión a los observadores casuales.

### La Luna y exóticas nubes

Créase o no, la Luna también puede convertirse en un falso ovni. Bajo ciertas condiciones de nubosidad, nuestro satélite puede aparecer como una mancha borrosa, con marcadas variaciones de brillo y color. Otras veces, cuando está apenas asomada por el horizonte, la absorción y refracción atmosférica alteran dramáticamente su aspecto, haciéndola aparecer muy deformada (ovalada, generalmente) y de color amarillo, anaranjado o amarroado. Bajo estas condiciones, algunos testigos desprevenidos dicen haber visto, por ejemplo, “*un disco ovalado y dorado*” sobre el horizonte, e incluso, “*un triángulo*”. En este caso, la explicación tampoco es nada espectacular: el “triángulo” no es más que uno de los “cuernos” de una fina Luna menguante o creciente, apenas asomando sobre el horizonte.

Otras veces, los ovnis son fenómenos puramente meteorológicos, visualmente impactantes. Buena parte de los testimonios, fotografías y videos de supuestas naves extraterrestres corresponden, en realidad, a

nubes lenticulares, tan exóticas como bonitas. Son nubes que se forman a grandes alturas (entre 5 y 10 mil metros) por encima de las montañas. Generalmente aparecen aisladas, lo que acentúa su fantástico aspecto. Según la hora del día y la incidencia de luz solar, las nubes lenticulares parecen enormes discos blancos, rojos, naranjas y hasta plateados. Cuando vemos una nube lenticular (especialmente “en vivo”, aunque también al mirar sus fotografías) podemos entender por qué, a veces, se las confunde con supuestos ovnis.

Finalmente, nos quedan los casos que, en primera instancia, parecerían poco probables de ser confundidos con fenómenos “extraños” y que, sin embargo, lo son: aviones (ver recuadro: *La gran confusión*, página 18), helicópteros, globos meteorológicos, potentes reflectores y rayos láser que iluminan el cielo y las nubes. Ante la mirada casual, inexperta o fuertemente condicionada por creencias afines, este tipo de cosas también da lugar a reportes que resultan poco verosímiles ante la mirada y el oído crítico del observador más experto.

**Hablando en serio**

Hasta aquí esta *Guía práctica de falsos ovnis*. Hemos repasado una serie de fenómenos sumamente variados que pueden desafiar nuestra percepción y cotidianidad. Raros, curiosos, sorprendentes y, muchas veces, de gran belleza. Pero también fenómenos que nos invitan a descubrirlos en su verdadera naturaleza, con ojo crítico, evitando la trampa de las explicaciones fáciles, espectaculares o decididamente “vendibles”.

A esta altura vale la pena insistir en un punto crucial: mirar el cielo con criterio, racionalidad y conocimiento de causa en absoluto implica desestimar el tema de la posible vida extraterrestre. Por el contrario: implica tomar ese tema tan fascinante como complejo a la vez con el respeto debido. Es probable que la vida sea un fenómeno no tan raro en el cosmos. Los “ladrillos” químicos y los escenarios necesarios (mundos en zonas habitables y/o con agua y otras condiciones favorables para la biología) parecen abundar por todas partes. Incluso,

no muy lejos de la Tierra: hay buenas razones para pensar que la vida podría tener su chance en mundos vecinos, como Marte, Europa o Encelado. De ser así, se trataría probablemente de organismos muy rudimentarios. En cuanto a seres más sofisticados (capaces, por ejemplo, de hacer viajes interestelares), hasta ahora no hay absolutamente ningún indicio. Al menos, desde el lado del *único* programa científico, serio y

sistemático que lo intenta desde hace décadas: el famoso SETI (sigla de Búsqueda de Inteligencia Extraterrestre). No existe ninguna prueba clara, contundente, seria y científicamente verificable que demuestre que hay naves extraterrestres visitando nuestro planeta. Ninguna. Por eso, al menos hasta el día de hoy, los ovnis siguen siendo lo que siempre fueron: nada del otro mundo. ■



Alejandro Tombolini.

*Las nubes iluminadas por la Luna dan pie a todo tipo de supersticiones.*



Gianandrea Sandri y Roberto Cavallini (en Damasco, Siria).

*Las nubes lenticulares, en regiones montañosas, son muy parecidas a las naves extraterrestres de Hollywood.*

**La gran confusión: aviones y estelas de condensación**



Mariano Ribas.

Durante los últimos años y en buena medida gracias a la extrema facilidad y velocidad con que se obtienen y circulan imágenes y contenidos (más allá de su calidad y veracidad), hay una clase de falsos ovnis que ha ganado especial protagonismo: los aviones que producen largas estelas de condensación. Probablemente a causa de las distancias, la perspectiva, el color de las estelas (muchas veces dorado, por la ilumi-

nación solar en los amaneceres y anochece- res) y la inexperiencia de los ocasionales ob- servadores, algo tan cotidiano como un avión suele ser confundido con meteoros, cometas y hasta supuestas naves extraterrestres. Lógicamente, la confusión no es lo criticable: a primera vista y desde lejos, estas cosas lucen realmente "raras". Lo criticable no es que una persona confunda inocentemente un avión con un meteoro o con un cometa. Lo criticable es que muchos medios de comunica- ción (audiovisuales y gráficos) siguen publica- do cotidianamente simples fotos y videos de aviones con estelas de condensación (a veces de muy mala calidad), presentándolos con frases como "un extraño objeto se vio en...", "un fenómeno inexplicable sorprendió a los vecinos de...", "impresionante registro de un ovni...", y cosas por el estilo. Rara vez se analizan. Rara vez se toma una pos- tura crítica. Rara vez se consulta a un experto. Parecería, en definitiva, que poco importa la ver- dad, quizás, porque no es lo espectacular que se busca. Así, la confusión crece y se multiplica. En ciencia y divulgación científica la idea es jus- tamente la inversa: contar la realidad de los he- chos como son. Sean o no espectaculares. Sin estridencias, y sin falsedades.



**Días de campo,  
eventos, estadias,  
visitas guiadas.  
Observación de aves  
y estrellas.**

Talleres y charlas:  
construcción natural,  
permacultura, techos vivos,  
huerta orgánica, tecnologías  
apropiadas, astronomía.



Consultas por e-mail a: [info@yamay.com.ar](mailto:info@yamay.com.ar) o más información en: [www.yamay.com.ar](http://www.yamay.com.ar)



# Por qué la astrología no es una ciencia

Por Dr. Leonardo González Galli y Dr. Agustín Adúriz-Bravo, CONICET/CeFIEC-Instituto de Investigaciones Centro de Formación e Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Teniendo en cuenta nuestra valoración de la ciencia cabe preguntarse: ¿Qué determina si un sistema de conocimientos es o no científico? Esta determinación, ¿se revisa a lo largo del tiempo? La mayoría de la gente asume que los descubrimientos científicos son indiscutibles. Pero esta percepción es superficial y no se corresponde con la realidad de la empresa científica. ¿Puede la astrología ser considerada una ciencia? Aquí veremos por qué la astrología no es una ciencia, ya que está en conflicto con las finalidades, los enfoques, los criterios, los métodos y los valores sostenidos desde las disciplinas científicas.

Es evidente que el saber científico goza de un estatus “superior” en las sociedades desarrolladas de Occidente. En este sentido, el filósofo de la ciencia británico-australiano Alan Chalmers señala que numerosas empresas humanas se apropian del rótulo de “ciencia” para prestigiarse:

“Muchos campos de estudio son descritos por quienes los practican como ciencias, *presumiblemente en un intento de hacer creer que los métodos que usan están tan firmemente basados y son potencialmente tan fructíferos como una ciencia tradicional* como la física o la biología”. (Chalmers, 2000; las cursivas son nuestras).

Ahora bien, ¿de dónde proviene esta valoración de lo científico entre la ciudadanía?



Euclides y Hermannus de Bernard Silvestre (S. XII, Oxford, Inglaterra).

Si bien existen voces críticas en torno a diversos aspectos nocivos, elitistas o autoritarios de la ciencia, la mayoría de las personas parece asumir—de un modo más bien ingenuo— que la actividad científica consiste en descubrir verdades preexistentes sobre el mundo que una vez descubiertas quedan “científicamente comprobadas” y se tornan indiscutibles.

En los últimos cincuenta años se ha venido señalando, desde diversos campos académicos, que esta “*opinión de sentido común ampliamente compartida sobre la ciencia*” (Chalmers, 2000) es errada y perniciosa, por ser fuertemente acrítica y estar apoyada en características superficiales o inexistentes de la actividad en cuestión, tales como la presencia de un método sistemático y “paso a paso”, o el peso irrefutable de las “pruebas”. La actividad científica, según las visiones epistemológicas más modernas y potentes, consiste más bien en construir *modelos*

sobre el mundo, es decir, en elaborar modos teóricos de representar e interpretar la realidad física o cultural con el fin de comprenderla, controlarla y transformarla. Así, los modelos que se construyen no son verdades inmutables, sino formas de ver la realidad que van cambiando según las evidencias disponibles y según las ideas e intereses de los científicos y, más en general, de la sociedad toda en la que la ciencia se desarrolla. Sin embargo, estas formas de ver el mundo, provisionales, cargadas de inventiva y culturalmente situadas, no son arbitrarias; surgen de una interacción muy afinada con las observaciones y con los resultados de la experimentación y de otras intervenciones sobre los fenómenos.

Ahora bien, llevando a un extremo esta visión menos dogmática y “endiosadora” de la ciencia, algunos autores sostienen que, entonces, el conocimiento científico es sólo un modo más de ver el mundo, como la filoso-



*El Sol recorre 13 constelaciones durante el año: las 12 tradicionales del zodiaco más Ofioco, por donde pasa entre el 29/30 de noviembre y el 17 de diciembre.*

fía, la poesía, la tradición oral o la intuición; uno de entre muchos modos de “apropiarse” de la realidad y, más aún, un modo que no resulta especialmente más válido o más riguroso que los demás. Se llega a sostener incluso que, tal vez, ni siquiera existe una realidad independiente de nuestras interpretaciones o que, en caso de existir, no tenemos un acceso confiable a ella. Desde estas perspectivas “relativistas”, el discurso científico no sería más cercano a la realidad que, por ejemplo, el sentido común, los mitos, las leyendas, las prácticas rituales o las religiones. La mirada relativista sobre la ciencia, más allá de aportar elementos de crítica valiosos al cientificismo dominante, falla al no poder dar cuenta de los éxitos interventivos y transformadores de la actividad científica, que, como dijimos, están firmemente apoyados en la relación sustantiva entre el discurso teórico y la realidad empírica. Yendo ya al ejemplo que tomaremos en este artículo para analizar y discutir el estatus de la ciencia frente a otras visiones del mundo, no falta quien dice que la astrología es una disciplina tan válida como la astronomía.

Dado que, como ya comentamos, decir que un conocimiento es “científico” equivale —para la mayoría de las personas— a decir que es verdadero, instituido y “a prueba de fallas”, entonces, quienes buscan validar la astrología muchas veces lo hacen sosteniendo que es una ciencia en tanto que posee unas características “necesarias y suficientes” para constituirse como tal. Asumiendo que sí existe una realidad física exterior e independiente de los observadores, y que dicha realidad es cognoscible (aunque de un modo siempre provisorio y mediado), surgen al menos dos grandes cuestiones:

1. ¿Es el conocimiento científico más válido que otros tipos de conocimiento para acceder a esa realidad? ¿En qué aspectos sería más válido? ¿Y para qué finalidades perseguidas?
2. ¿Qué determina si un sistema de conocimientos establecido socialmente es o no científico? Esta determinación, ¿se revisa a lo largo del tiempo?

Especificando estas cuestiones en el ejemplo

que nos ocupa aquí, podemos entonces preguntarnos si la astronomía es más válida que la astrología como forma de conocimiento, y en qué sentido(s), y si la astrología puede ser considerada una ciencia de pleno derecho. Comenzaremos discutiendo de lleno la segunda pregunta, referida a lo que los epistemólogos tradicionalmente han denominado el problema de la “demarcación” entre ciencia y no-ciencia.

### El problema de demarcación

Además del interés teórico que puede tener para los epistemólogos el distinguir de manera conceptualmente rigurosa la ciencia de las demás actividades humanas que no lo son, esta cuestión tiene diversas aristas prácticas importantes (ver Mahner, 2007). Dado que el estatus privilegiado del conocimiento científico se traduce en beneficios económicos, de poder, de visibilidad y prestigio social o de apoyo gubernamental, muchas formas de conocimiento aspiran al título de “científicas” para gozar de esos beneficios. Ésta es una razón de peso, socialmente muy relevante, para intentar distinguir qué es ciencia y qué no lo es. Por ejemplo, los gobiernos autorizan, apoyan y financian prácticas médicas que se cree que están científicamente avaladas. ¿Cómo decidimos cuáles deben ser incluidas entre esas prácticas?

El término “ciencia” —con indudables connotaciones positivas— se ha usado en general para referirse a las ciencias naturales y a otras disciplinas que se les parecen lo suficiente (como algunas de las ciencias sociales más “maduras”). En general se ha excluido de este rótulo a las humanidades y a otras actividades “disciplinadas” que también tienen respaldo académico. Para la discusión que aquí nos ocupa, consideraremos que tanto las ciencias naturales (biología, química, astronomía, etc.) como las ciencias sociales (sociología, psicología, lingüística, etc.) y las humanidades (derecho, crítica literaria, filosofía, etc.) son parte de lo que el filósofo sueco Sven Hansson llama la “comunidad de disciplinas del conocimiento” (2007); esto es, **constituyen un conjunto de investigaciones críticas y sistemáticas orientadas a adquirir la mejor comprensión posible sobre el funcionamiento de la naturaleza, los seres humanos y la sociedad.** Es esta concepción amplia de “ciencia” la que tendremos en mente para analizar el llamado “problema de las pseudociencias” y

discutir sobre la naturaleza de la astrología. Así, de un lado tendremos todas las disciplinas que se considera integran esa comunidad de disciplinas del conocimiento; y del otro, un conjunto de doctrinas tales como la astrología, la homeopatía, la parapsicología o la ufología, que entran en abierto conflicto con las finalidades, enfoques, criterios, métodos y valores sostenidos desde las primeras.

### No-ciencia, anticiencia y pseudociencia

Desde un punto de vista lógico, todo discurso y actividad fuera del ámbito de las ciencias aceptadas como tales contaría como “no-ciencia”. Sin embargo, esta categorización es poco útil porque unifica producciones humanas muy diferentes en sus estilos, tradiciones, comunidades, propósitos y relaciones con el “*establishment*”. Así, al interior de la “no-ciencia” hay: disciplinas y saberes socialmente aceptados y rigurosos, como las tecnologías, las artes y los deportes; actividades humanas tradicionales y de prestigio, como la gastronomía o la joyería; prácticas sociales antiguas y compartidas, como las religiones; y los casos más particulares y espinosos de las “anticiencias” y las “pseudociencias”.

La categoría de saber “anticientífico” constituiría un caso particular de no-ciencia, señalando prácticas que no sólo no son científicas, sino que también, en muchos de sus aspectos, entran en contradicción manifiesta con la ciencia instituida. Aquí surge la problemática de las religiones y su relación con el saber científico establecido, problemática que no será objeto de este artículo. A su vez, la “pseudociencia” sería un caso aún más restringido de anticiencia, porque efectivamente está en contradicción (al menos parcial) con la ciencia, pero además se presenta *ilegítima* y *engañosamente* como tal. De ahí el uso del prefijo griego “pseu-”, con la idea de falso. Así, muchas prácticas instituidas, e incluso respetadas mayoritariamente, pueden ser anticientíficas por contradecir los principios y criterios de la ciencia de su época, sin por ello ser pseudocientíficas, al no pretender “apropiarse” del estatus de ciencia.

En el caso de la pseudociencia, conviene agregar un componente “doctrinario” que usualmente las caracteriza. En este tipo de actividades aparece claramente la intención de propagar o legitimar *doctrinas*—esto es,

cuerpos dogmáticos y clausurados de conocimiento—por fuera del campo de la ciencia hegemónica. Así, podríamos decir que tenemos tres condiciones para que una práctica sea considerada pseudocientífica:

1. Que esté en contradicción con (aspectos de) la ciencia establecida.
2. Que se la presente como pretendidamente científica.
3. Que constituya una doctrina no-científica o forme parte de una doctrina no-científica más amplia.

Por último, conviene señalar que en algunas ocasiones el término “pseudociencia” se aplica a “saberes” que no cargan demasiado las tintas en presentarse como científicos, pero cuyos principales exponentes tratan de dar la impresión de que representan el conocimiento más válido y confiable en torno a alguna materia. Podrían ser ejemplos de esto la “upirología” (estudio de los vampiros) o la investigación sobre algunos fenómenos calificados como “paranormales”.

En la vida real, las categorías que hemos intentado definir más arriba y los criterios que las sustentan pueden ser difíciles de aplicar de manera unívoca y terminante. Por ejemplo, en el caso tan analizado y discutido de la homeopatía, sus defensores suelen ser ambiguos en relación con su oposición a la medicina alopática<sup>1</sup>, y también aparecen muy matizadas sus afirmaciones de que ellos han alcanzado la mejor forma de tratamiento de las enfermedades. Todas las disquisiciones que anteceden, hacen que cualquier discusión acerca del carácter “pseudocientífico” de un cuerpo de conocimientos tenga que ser abordada con cuidado y utilizando diversas herramientas intelectuales complementarias.

### Algunos criterios para la demarcación

Muchas escuelas epistemológicas se han ocupado del problema de demarcación y han propuesto diversas soluciones, de complejidad y sofisticación crecientes y, al mismo tiempo, cada vez menos dicotómicas o estereotipadas. Podemos decir que actualmente se ha renunciado a suponer la existencia de un conjunto pequeño y bien caracterizado de criterios “necesarios y suficientes” para definir unívocamente a algo como ciencia (Laudan, 1983). Sin embargo, la epistemología ha progresado hacia discu-

siones más potentes, que llaman la atención sobre determinados aspectos insuficientes, inconsistentes o fraudulentos de las actividades pseudocientíficas. La idea de esta sección es revisar rápidamente algunos de los marcos teóricos construidos en los últimos cien años para demarcar entre ciencia y pseudociencia<sup>2</sup>, aplicándolos al binomio astronomía-astrología.

### El positivismo lógico y su mirada “analítica”

Para esta primera escuela profesional de la epistemología, las afirmaciones científicas, a diferencia de las metafísicas, no deben ser vagas ni ambiguas y deben tener contenido empírico reconocible (es decir, hablar del “mundo real”). Como consecuencia de los dos requisitos anteriores, las proposiciones que constituyen el conocimiento científico se pueden *verificar*, es decir, es posible determinar sin lugar a dudas si son o no verdaderas. Aunque este criterio se ha utilizado clásicamente para distinguir ciencia de pseudociencia, tiene dos problemas importantes. En primer lugar, desde el punto de vista histórico no resulta “justo” usarlo, dado que fue concebido para distinguir la ciencia “positiva” de la metafísica y de otro tipo de *relatos* más narrativos o argumentativos sobre asuntos que trascienden lo empírico. En segundo lugar, su aplicación ingenua conduce a problemas importantes cuando se están examinando afirmaciones de carácter altamente teórico, o de naturaleza probabilística, o que caen por fuera de las capacidades técnicas disponibles en un determinado momento histórico.

El requisito lógico y el requisito semántico que subyacen a la condición de verificabilidad se han usado, a menudo de manera demasiado simplista y directa, para decir que las afirmaciones de la astrología son “fórmulas mal formadas” carentes de científicidad: hacen generalizaciones apresuradas o superficiales sobre ciertas propensiones de la personalidad o el carácter de los sujetos con base en la configuración del cielo en el día de su nacimiento, o realizan predicciones vagas e imprecisas, de vidriosa comprobación, apoyadas en la pretendida “influencia” de los cuerpos celestes sobre las vidas humanas. Efectivamente, éste es un problema muy señalado de la astrología como doctrina, pero muchos de sus representantes se defienden señalando que existen dentro de



**El hecho de que los saberes de la astrología se presenten ilegítima y engañosamente como científicos constituye, más allá de las cuestiones conceptuales, una forma más del engaño y la mentira.**



ella afirmaciones muy precisas o, recíprocamente, que la astronomía también realiza aseveraciones que no admiten verificación empírica (ejemplo de ello serían los modelos astrofísicos—por ejemplo, el de la estructura interna del Sol—, modelos que nadie ha podido “comprobar” de primera mano).

Es justamente la debilidad metodológica de los procesos de verificación directa la que lleva al filósofo y teórico de la ciencia austriaco Karl Popper (1902-1994) a formular una serie de críticas tempranas al positivismo lógico y a proponer un nuevo criterio de demarcación, que exponemos en el siguiente apartado.

### El falsacionismo

Para Popper, un enunciado o un sistema de enunciados, para ser considerados científicos, deben poder ser puestos en conflicto explícito con observaciones existentes o concebibles. A esta capacidad que tiene el saber científico de ser refutado por las evidencias se la conoce como “falsabilidad”. Sin embargo, un uso estrecho de este criterio puede dejar fuera algunas teorías muy aceptadas (por ejemplo, el psicoanálisis freudiano, según algunos críticos) e incluir algunas fabricaciones pseudocientíficas (como las “mancias” que realizan predicciones muy concretas).

La astrología, en muchos aspectos, no resulta “falsable”, sobre todo por la vaguedad y la generalidad de sus aserciones, que la blindan frente a la crítica y a la posibilidad de revisión. Pero algunas hipótesis astronómicas—en particular, las de carácter cosmológico, que “historizan” el surgimiento,

evolución y muerte de los cuerpos celestes—también pueden salvarse de la falsación ajustando ciertas condiciones y suposiciones utilizadas para derivarlas. Parece entonces ser más una cuestión cuantitativa que cualitativa: el excesivo grado de “acomodación” de las afirmaciones astrológicas para poder sobrevivir a las contrapruebas y objeciones que se les van presentando.

Algunos intérpretes de la obra de Popper añaden a la falsabilidad otro criterio de demarcación que tiene que ver más con la “actitud” de una disciplina—o más bien, de quienes la llevan adelante— de someterse a la vigilancia epistemológica a través de la crítica de los pares. Según esta visión, es condición necesaria de las ciencias que realicen intentos activos y sostenidos de someter a prueba sus teorías, buscando refutarlas, abandonarlas y sustituirlas para así progresar. Si bien este retrato popperiano de la “honestidad intelectual” de la empresa científica resulta excesivamente ingenuo, no cuesta ver que las disciplinas genuinamente científicas aceptan revisar en profundidad sus fundamentos teóricos con mucha más rapidez y de forma mucho más eficiente que las pseudociencias, cuyos cuerpos doctrinarios permanecen inmutables por largos períodos de tiempo. Desde este punto de vista, el carácter “milenario” del saber astrológico, a menudo mencionado para realzar el prestigio de esta práctica, sería precisamente una de sus grandes falencias: los epistemólogos ponen bajo sospecha un conjunto de ideas y técnicas que logran sobrevivir inmutables a los progresos técnicos y a las revisiones conceptuales. Un ejemplo contundente del carácter “clausurado” del conocimiento astrológico aparece en la polémica en torno a la inclusión (o más bien, a la no inclusión) del “nuevo” signo zodiacal de Ofiuco (imagen de la página 20).

### La imagen de ciencia como empresa de resolución de problemas

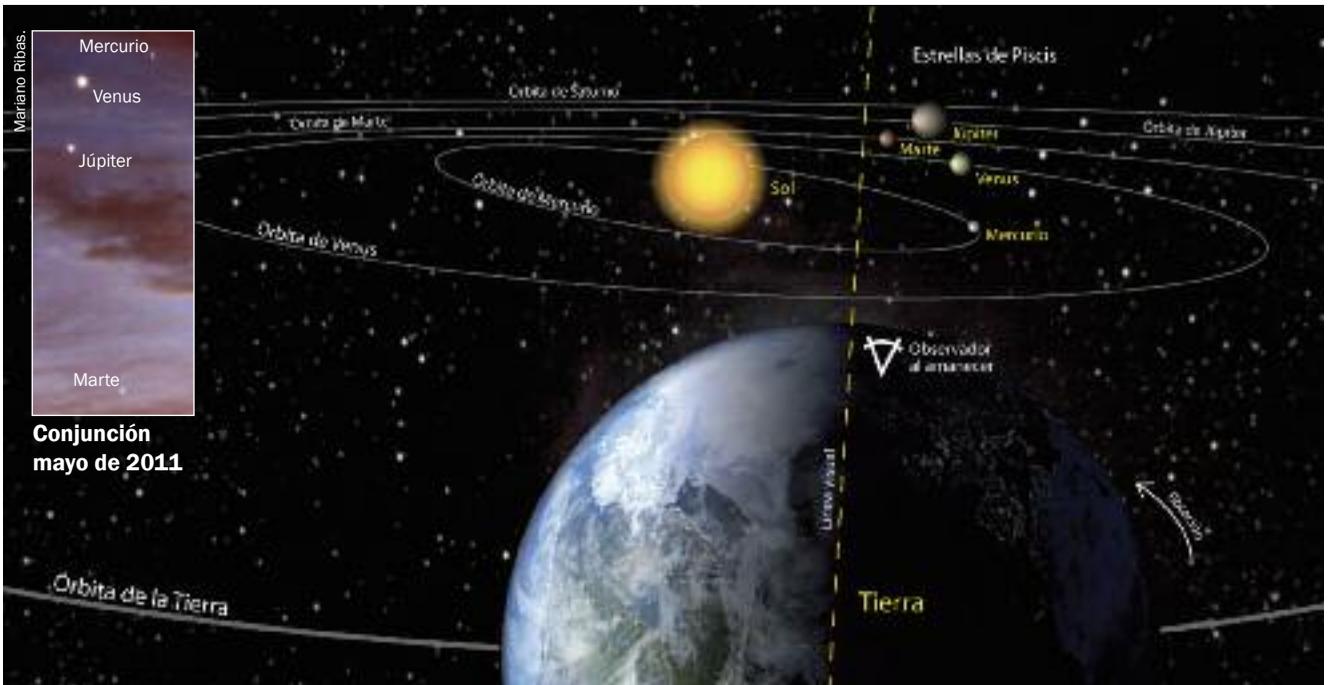
Para el filósofo de la ciencia e historiador estadounidense Thomas Kuhn, la “ciencia normal” se dirige, más que a probar hipótesis (*verificacionismo*) o refutarlas (*falsacionismo*) de forma unívoca, a solucionar lo que él llama “enigmas”, bajo la guía de unas formas de hacer compartidas (los famosos “paradigmas”). Por tanto, esta capacidad de resolver problemas sería el criterio de demarcación privilegiado tanto para Kuhn como

para otros “nuevos filósofos de la ciencia” de las décadas del ’50 y ’60.

Siguiendo el análisis kuhniano clásico del caso que nos convoca, tanto en el pasado como en el presente la astronomía cumplió y sigue cumpliendo con este criterio, y por tanto era y sigue siendo una ciencia, caracterizada por una clase de preguntas y sus respectivas respuestas, “atravesadas” por un utillaje teórico y metodológico reconocible. En opinión de Kuhn, la astrología nunca funcionó de este modo, dada su falta de respuestas a problemas prácticos y técnicos bien delimitados y, fundamentalmente, por el hecho de que sus errores y fallas no daban surgimiento a nuevos enigmas para ser resueltos. Por ello, debería ser excluida del conjunto de las ciencias. Popper no estuvo muy de acuerdo con este análisis y polemizó con Kuhn: para él la astrología sí resolvía, en otras épocas históricas, un conjunto de problemas (aunque menores) de interés humano (nosotros podríamos vincular esos problemas “astrológicos”, por ejemplo, a la agricultura, la preparación de la guerra o el culto religioso). Para Popper, entonces, este criterio kuhniano mostraba ser falible para demarcar adecuadamente.

### La recuperación de la idea de progreso científico

Imre Lakatos, discípulo de Popper, propuso una alternativa novedosa al problema de demarcación. Según él, el carácter científico o no científico de una teoría puede establecerse con relativa independencia de los hechos, en el sentido de que una ciencia puede tener aserciones teóricas con escaso apoyo empírico en un determinado momento (míticamente, sería el caso de la relatividad de Einstein), o una pseudociencia puede estar de acuerdo con las evidencias disponibles (como en el caso del creacionismo, que “lee” los hechos empíricos de manera acrítica y literal para acomodarlos a sus afirmaciones). Lo que demarcaría entre unas y otras, entonces, sería la “progresividad” o “degeneratividad” de sus programas de investigación. En los programas degenerativos, propios de las pseudociencias, los marcos teóricos se van creando “a medida” para acomodar la evidencia conocida y establecida, pero hay poca o ninguna capacidad de hacer predicciones sorprendentes que encuentren *a posteriori* apoyo empírico y permitan avanzar en la investigación. En



Planetario Galileo Galilei.

*Las conjunciones planetarias tienen una simbología mítica para la astrología, pero resultan de posiciones fortuitas y relativas, vistas desde nuestra perspectiva en la Tierra.*

este sentido, se podría argumentar que la astrología se fabrica unos “tipos ideales” vinculados a la mitología grecorromana, pero no propone hipótesis novedosas que rompan con las creencias enquistadas.

En la misma línea conceptual, el filósofo canadiense Paul Thagard describe otras dos características usuales de las pseudociencias: (1) sus practicantes no hacen intentos de desarrollar o expandir la teoría hacia la solución de nuevos problemas y de evaluar esa teoría en relación con otras ya establecidas, y (2) se muestran particularmente selectivos a la hora de considerar las confirmaciones y refutaciones “pertinentes” para su cuerpo de conocimiento. Así, la astrología se nos presenta como un saber exageradamente respetuoso de la tradición “heredada”, que además mira sólo determinados hechos que ajustan a sus propias expectativas.

### Las normas epistémicas al interior de las comunidades científicas

En los inicios de la sociología de la ciencia como disciplina (mediados del siglo XX), autores como Robert Merton (sociólogo estadounidense) caracterizaron la ciencia, y la distinguieron de otras prácticas, por medio de un “ethos” –esto es, una forma de presentarse a la opinión pública–. Este ethos suponía una serie de imperativos, tales como la naturaleza universal, comunitaria

y pública del conocimiento científico, el desinterés y la neutralidad de la investigación, y el “escepticismo organizado”, es decir, la capacidad crítica y autocorrectiva de la actividad.

El incumplimiento de estos y otros imperativos ha sido usado como argumento contundente en contra de la científicidad de la astrología y otros saberes pseudocientíficos. Sin embargo, la aplicación de estas ideas teóricas debe realizarse con extremo cuidado. Tomemos como ejemplo el carácter institucional, escrito, público, comunicado y “enseñable” del conocimiento científico. Muchas pseudociencias, a lo largo de su devenir histórico, fueron desarrollando maneras cada vez más “formalizadas” de hacer circular sus saberes. Estos cuerpos de conocimiento, incluso, se pueden “estudiar” en instituciones y cuentan con maestros y libros. Inversamente, parte del saber usualmente considerado como científico tiene una circulación muy restringida, por ejemplo, en el caso de las patentes industriales o los secretos militares.

### Hacia un enfoque “multicriterial”

Numerosos autores inscritos en corrientes epistemológicas recientes y actuales (entre ellos, el argentino Mario Bunge [1982]) han propuesto utilizar un conjunto de criterios articulados para identificar la pseudociencia.

La propuesta multicriterial del citado Hansson señala siete características que cabe esperar encontrar en las pseudociencias:

#### 1. Creencia exagerada en la autoridad, mayormente fundada en la tradición.

Así, en la astrología se invoca a los “clásicos” como fuente del saber fundamental de la disciplina, sin esgrimir razones ulteriores como la formación, institución de procedencia, publicaciones o logros evaluables de estos personajes.

#### 2. Experimentos y observaciones no repetibles, casos únicos.

Si bien la astronomía se ocupa de muchos fenómenos únicos e irrepetibles, sobre los cuales además es imposible realizar “experimentos” en sentido estricto, estos casos son evaluados contra el telón de fondo de las reglas generales, que tienen carácter teórico y están fundamentadas en entidades y mecanismos bien definidos. En la astrología, en cambio, los casos únicos y las excepciones abundan, y las generalizaciones tienen a menudo un carácter anecdótico, accidental o arbitrario, basado por ejemplo en la descripción clásica del dios griego que da nombre al planeta involucrado.

#### 3. Selección intencionada de ejemplos y 4. Evitación de los mecanismos de prueba rigurosos.

Éstas son dos características clásicas de las pseudociencias, consignadas en los apartados de más arriba, que restringen





Las Pléyades (M 45) son un cúmulo estelar abierto que se encuentra a 450 años luz, contiene estrellas relativamente jóvenes, de alrededor de 50 millones de años, y es observable a simple vista. Se pueden contar allí hasta siete estrellas pero, en realidad, son más de 400. A través de la fotografía astronómica se descubre ese gas y polvo azul, producto de la reflexión de la luz de las estrellas muy masivas y calientes, cuya radiación dispersa el polvo de la nebulosa que las rodea, en algunos casos, en forma de filamentos. Se supone que el encuentro es casual y que no se trata de la nebulosa que le diera origen a este cúmulo de estrellas, sino de una nube tenue de materia interestelar que está “pasando” entre las Pléyades. Dentro de unos 250 millones de años, el cúmulo no existirá más, ya que se habrá dispersado debido al movimiento propio de cada componente. Foto: Ezequiel Bellocchio.

el alcance y la validez de la “verificación” propuesta por los neopositivistas. La astrología apoya sus aserciones en un surtido restrictivo de casos, leídos a menudo de manera literal (lo que muestra una concepción no científica de la idea de evidencia). Además, evita las situaciones que sirvan para poner genuinamente a prueba sus explicaciones y predicciones.

**5. Desatención a la información contradictoria y 6. Subterfugios de blindaje.**

Estas otras dos características, también discutidas parcialmente en el análisis precedente, son las que reducen la potencia de la “falsación”. Las refutaciones que la astrología va encontrando en su camino son consistentemente minimizadas. Además, la propia construcción de las predicciones astrológicas, con su lenguaje ambiguo y su escasa precisión (por ejemplo, en tiempo y en espacio) protege los “fundamentos” de ser puestos en cuestión, a la vez que da la sensación de que estos consiguen éxitos predictivos. En este sentido, los “horóscopos” serían el ejemplo más paradigmático de este proceder pseudocientífico, con afirmaciones del estilo de “*Podrá desarrollar su visión creadora siempre y cuando lo que usted desee sea lo suficientemente fuerte*”. En esta instancia (típica), no se dan detalles de cuándo sucederá lo predicho (“podrá desarrollar”), se habla de situaciones de gran vaguedad semántica (“visión creadora”) y se ponen cláusulas de restricción del alcance de la predicción (“siempre y cuando”).

**7. Abandono de explicaciones sin replazo.** En las pseudociencias sucede a menudo que aquellos elementos francamente contradichos o problematizados son abandonados sin más, con escasos intentos de proveer explicaciones alternativas o conceptualizaciones superadoras.

**Conclusión**

A lo largo de este artículo nos hemos hecho eco de diversos argumentos que se han esgrimido para “demostrar” que la astrología no es una ciencia ni tiene el mismo grado de validez que la astronomía. Resulta interesante destacar una conclusión que emerge tras el análisis: ninguno de los argumentos es de por sí contundente y terminal, sino que más bien funcionan “por acumulación”. Así, aunque ningún criterio aislado alcanza para diferenciar ciencia de pseudociencia, de la consideración conjunta de los diversos criterios emergen profundas diferencias.

Señalábamos al comienzo de este artículo que la ciencia es considerada por la mayoría de las personas como una forma superior de conocimiento. Más allá de que en su forma extrema y acrítica esta percepción es perniciosa, es necesario reconocer que la ciencia ha mostrado una extraordinaria progresividad en su intento de comprender el mundo y, notablemente, de controlarlo y manipularlo (para bien y para mal, según los casos y los gustos). **Sería deseable entonces que todas las personas tuvieran una actitud crítica y fundamentada frente al conocimiento científico y frente a cualquier otro sistema de pensamiento.** Del mismo modo sería deseable que todo ciudadano fuera capaz de reconocer aquellas formas del saber que –para su suerte o su desgracia, según quién lo analice– no se corresponden con los cánones de la empresa científica. Esta capacidad se vuelve especialmente importante cuando, como es frecuentemente el caso de la astrología, estos saberes se presentan ilegítimamente como científicos, ya que, más allá de las cuestiones conceptuales aquí discutidas, se trata entonces de una forma más del engaño y la mentira. ■

**Los autores**

**Leonardo González Galli** es Doctor en Ciencias Biológicas (FCEN-UBA) y Profesor de Enseñanza Media Superior en Biología (FCEN-UBA). Es investigador del CONICET y profesor adjunto en el Profesorado de Biología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. También se desempeña como director y docente de la Escuela Argentina de Naturalistas (Aves Argentinas - Asociación Ornitológica del Plata).

**Agustín Aduriz-Bravo** estudió física, epistemología y didáctica de las ciencias naturales en la Universidad de Buenos Aires (Argentina), la Universitat Autònoma de Barcelona (España) y el King's College London (Reino Unido). Actualmente es Docente-Investigador del Instituto CeFIEC de la Universidad de Buenos Aires.

**1** “Medicina alopática” es la expresión con la cual los homeópatas se refieren a la medicina convencional, ortodoxa y de base científica occidental.

**2** Esta sección sigue de cerca la exhaustiva revisión conceptual que se hace en el artículo de la *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.

**Referencias**

Bunge, M. (1982). *Demarcating science from pseudoscience. Fundamenta Scientiae*, 3, 369-388.  
 Chalmers, A.F. (2000). ¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Madrid: Siglo XXI Editores. 3ª edición revisada y ampliada; original en inglés de 1999.  
 Hansson, S.O. (2007). *Values in pure and applied science. Foundations of Science*, 12, 257-268.  
 Laudan, L. (1983). *The demise of the demarcation problem*, en R.S. Cohan y L. Laudan (eds.). *Physics, philosophy, and psychoanalysis*, pp. 111-127. Dordrecht: Reidel.  
 Mahner, M. (2007). *Demarcating science from non-science*, en Theo Kuipers (ed.). *Handbook of the philosophy of science: General philosophy of science: Focal issues*, pp. 515-575. Amsterdam: Elsevier.

**Lectura sugerida**

Bunge, M. (2010). *Las pseudociencias, ¡vaya timo!* Pamplona: Laetoli.



EN INTERNET

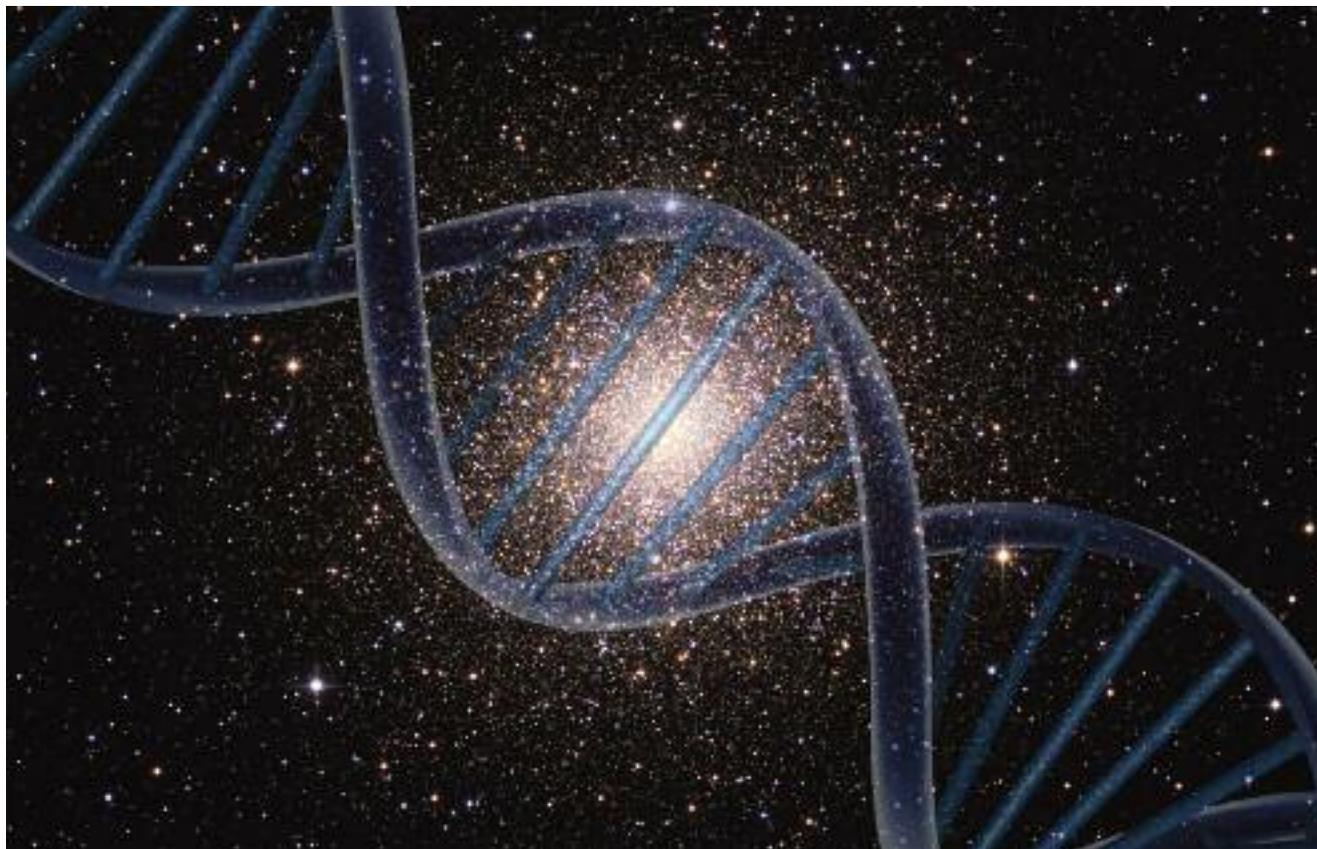
<http://www.planetario.gob.ar/revista.html>

[revistaplanetario@buenosaires.gob.ar](mailto:revistaplanetario@buenosaires.gob.ar)

## CÚMULOS GLOBULARES

## ¿El ADN de las galaxias tempranas?

Por Dr. Juan C. Forte, CONICET - Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.



CG 47 Tucanae. Foto: Sergio Eguívar.

Confundidos entre las estrellas observables a simple vista, y a veces catalogados como tales, existen algunos objetos cuya real naturaleza se manifiesta a través de pequeños telescopios: los cúmulos globulares. Aquí intentaremos integrar estos objetos a los fenómenos globales de formación estelar y de galaxias, para sacarlos de la categoría de “simples y antiguos”, como comúnmente se los menciona. Además, los cúmulos globulares parecen contener “información genética” que permite reconstruir las características globales de algunas galaxias a gran escala.

### I) La “simple” naturaleza de los cúmulos globulares (CGs)

Frecuentemente, se puede leer que “*los CGs son poblaciones estelares simples y antiguas, dispuestas en una configuración esferoidal, lo cual les da su nombre. Sus estrellas están sujetas al campo gravitatorio que originan en conjunto*”. Efectivamente, los estudios dinámicos (basados en el movimiento de las estrellas de esos cúmulos) indican un rango de 10.000 a 2 millones de masas solares (Mo, en lo que sigue) en los CGs, con un promedio de 250.000 Mo para los de la Vía Láctea, que posee unos 150 cúmulos de

ese tipo. Sus regiones centrales tienen tamaños que varían entre 1 y 15 años luz, mientras que sus periferias pueden extenderse hasta varias decenas de años luz.

Cuenta la anécdota, con algunas variantes, que durante una conferencia un astrónomo teórico se refirió a las estrellas como “*estructuras relativamente simples*”. Llegado el momento de las preguntas, otro astrónomo (pero observacional) le comentó humorísticamente: “*Permítame decirle que usted también se vería bastante simple a 30 años luz de distancia*”.

Aquella historia sirve para definir algunos

perfiles profesionales, pero además es útil para describir la situación de los CGs durante décadas. Dado que son objetos lejanos, nuestro entendimiento de sus características ha estado fuertemente limitado por las capacidades instrumentales para observarlos. Nótese que los CGs son mucho más masivos que la otra categoría de cúmulos que hay en nuestra galaxia, los “abiertos”, con los que no mantienen ninguna relación “genética”. Mientras actualmente vemos la formación de sistemas que evolucionarán como cúmulos abiertos (o “galácticos”, como se los llama a veces en forma algo inapropiada), ello no

ocurre con los CGs. Este hecho es muy curioso, pues la Vía Láctea aún posee suficiente material nebuloso para formar CGs. El hecho de que esto no ocurra hoy día sugiere fuertemente que algunas condiciones que se dieron en el pasado para formarlos, no se replican en la actualidad.

**Su importancia histórica**

Durante el siglo XX los CGs jugaron un papel crucial en un par de aspectos. El primero, al ayudar a situar el centro de la Vía Láctea y permitir calcular su distancia al Sol, trabajo hecho por Harlow Shapley alrededor de 1915. Y luego, a fines de la década de los '50, al guiar los primeros trabajos teóricos sobre la evolución de estrellas comparables al Sol.

En esos momentos el dilema era: una vez generado el helio a partir de cuatro átomos de hidrógeno, ¿que pasaría con ese helio? ¿Se difundiría por toda la estrella? ¿Quedaría inerte en sus regiones centrales? Este último resultó ser el caso, tal como sugería la distribución de brillos y temperaturas de las estrellas de los CGs.

Las estrellas más brillantes de los CGs tienen masas comparables a la del Sol, pero en algunas se ha iniciado un camino que las llevará a convertirse en sub-gigantes y, luego, en gigantes. Las regiones centrales de esas estrellas alcanzan temperaturas suficientes como para producir el llamado “flash de helio”. Esta “ignición” ocurre de manera muy violenta cuando el centro de la estrella llega a unos 100 millones de grados Kelvin y el helio empieza a transformarse en carbono.

Ese fenómeno es una especie de límite que separa la evolución estelar en dos grupos bien definidos. En las estrellas más masivas, el helio nunca queda inerte (no hay tal flash), crea carbono y, sucesivamente, aparecerán otros elementos químicos más complejos en forma continua y en distintas capas. En las estrellas similares al Sol o menos masivas, el flash de helio desencadena una serie de episodios evolutivos bastante complejos. Por un lado, la estrella, luego de convertirse en gigante, perderá una fracción importante de su masa, que será eyectada al espacio, mientras se convierte en un objeto de mayor temperatura y color más azulado. Luego, el flash de helio ocurre nuevamente (en una capa que rodea al núcleo), una vez que esas estrellas vuelven a convertirse en gigantes rojas y repiten otro episodio de pérdida de masa, más importante que el primero. Es un prolegómeno al acto final, que las llevará a transformarse en “enanas blancas”, con enormes estructuras cristalinas en su interior.

El calificativo de “antiguos” que se daba a los CGs empezaría a recibir más atención luego del desarrollo de aquellos modelos teóricos; más aún cuando las edades de los CGs resultaron próximas a los 12 mil millones de años. Si se consideran los errores, esas edades no están lejos de la edad del universo. El hecho de que los CGs tuvieran su origen poco después del Big Bang reavivó el interés cosmológico en esos sistemas, y ubicó su aparición en los albores del universo, posiblemente, antes de que las galaxias a las que están asociados estuvieran totalmente formadas.

Ese concepto ha sido central en muchas investigaciones posteriores, pero más allá de la idea intuitiva, el vínculo cuantitativo entre los CGs y las galaxias a las que pertenecen no ha sido totalmente establecido. Peor aún, el mecanismo por el cual se forman los CGs no es conocido en detalle.

**Diferentes fenómenos en los CGs**

Volvamos al casi ominoso calificativo de “sistemas simples”, que conlleva un “... y aburridos”. En sus orígenes, los CGs estuvieron poblados por numerosas estrellas masivas que terminaron sus vidas de manera más o menos catastrófica, hasta hacerse poco conspicuas en el rango óptico. Hoy las detectamos bajo la forma de enanas blancas, estrellas de neutrones y agujeros negros (de masa estelar).

Estos objetos, a veces, se manifiestan de manera espectacular. Entre esa clase de fenómenos puede mencionarse a los “eruptores de rayos X”: estrellas dobles donde una posee alta temperatura y, eventualmente, recibe material de su compañera, lo que produce emisiones breves y energéticas (*bursts*). Más sorprendente aún fue el descubrimiento de los llamados “pulsars de milisegundos”. Esto fue difícil de interpretar, pues los pulsars son, mayormente, remanentes de supernovas: estrellas jóvenes que explotan y que dan origen, en ese proceso, a estrellas de neutrones, y que no debieran estar presentes en sistemas viejos como los CGs. Tales estrellas (donde protones y electrones han sido amalgamados para formar neutrones) giran a alta velocidad y poseen fuertes campos magnéticos. Estos hechos combinados dan origen a los pulsos con períodos del orden de fracciones de segundo (descubiertos, en principio, en el rango de las ondas de radio). El estado de la materia en los pulsars es sumamente peculiar, ya que alcanzan densidades de cientos de millones de toneladas por centímetro cúbico. Con el tiempo, los pulsars pierden energía de rotación y la capacidad de producir esos pulsos, cuyos períodos se van alargando paulatinamente. Sin embargo, los pulsars en los CGs tienen períodos muy cortos (del orden de milisegundos) e implican un origen distinto. En este caso, la explicación pasa por la formación de estrellas dobles mediante la captura de una compañera adecuada, fenómeno durante el cual la estrella de neutrones gana energía de rotación y “vuelve a la vida” como pulsar.



Sergio Eguivar.

Cúmulo globular NGC 6397 en la constelación del Altar, uno de los más brillantes entre una población de alrededor de 150 objetos similares que pertenecen a la Vía Láctea.

El hecho de que algunas estrellas binarias exóticas, los eruptores de rayos X y los pulsares de milisegundos sean observables en las regiones centrales de los CGs, indica que la aparición de tales sistemas está acoplada a procesos de captura dinámica en medios de alta densidad estelar, como la que se da en los núcleos de los CGs. Al panorama descrito hay que agregar la presencia de radiación gamma de alta energía, cuyo origen seguramente está conectado con la existencia de ese tipo de sistemas binarios.

Entre los posibles resultados de la formación de binarias en el campo gravitatorio global de un CG se encuentra el de formar pares de estrellas de neutrones. La pérdida de energía orbital en esos sistemas puede desembocar, eventualmente, en la coalescencia de las estrellas de neutrones y en la liberación de enormes flujos de radiación gamma. Esto convierte a los CGs en sistemas potencialmente perjudiciales para la vida. Un ejemplo es el caso de 47 Tucanae, uno de los CGs más masivos y cercanos al Sol. Este cúmulo se mueve orbitalmente en la Vía Láctea y, ocasionalmente, se acerca a distancias del orden de 3000 años luz del Sol. Tal cercanía puede durar algunas decenas de millones de años. Si en ese lapso se produjera una coalescencia como la descrita, el fenómeno tendría efectos nocivos para la vida sobre nuestro planeta. El flujo de rayos gamma sería suficiente para alterar la estructura de la atmósfera terrestre, con todos los efectos colaterales que ello implicaría.

## II) El mecanismo de formación de los cúmulos globulares

Más recientemente, la evolución de la calidad de las medidas fotométricas (brillo y color) mediante grandes instrumentos, ha permitido la detección de dos y, a veces, hasta tres poblaciones estelares distintas con diferentes edades y composición química dentro de un mismo cúmulo. Debe aclararse que la composición química, muchas veces (y también en este artículo), recibe la denominación de “**metalicidad**” en la jerga astrofísica.

La presencia de dos poblaciones de estrellas es el caso más frecuente y se ratifica mediante la determinación espectroscópica de la abundancia de ciertos elementos químicos. Tales diferencias que, hasta hace poco, hubieran sido calificadas como sutiles, han tomado una importancia central, como veremos más adelante.

A esta altura, es posible hacer un pequeño paréntesis para enfatizar que, con todas las características descriptas, es difícil mantener aún a los venerables CGs dentro de su histórica clasificación como sistemas “simples”. La existencia de poblaciones múltiples dentro de un CG se ha convertido en un acertijo, pero posiblemente y más allá de eso, en una pista muy atrayente para tratar de explicar el origen de esos sistemas. El punto de partida tiene que ver con la presencia de algunos elementos químicos, por ejemplo, el sodio, que aparece en ciertas proporciones en algunas estrellas y aumenta en otras. Esta situación sugiere que el material nebuloso que originó esas estrellas no era el mismo.

Un posible escenario que explicaría esta característica propone una secuencia con varios componentes. Por un lado, una suficiente cantidad de material nebuloso para formar muchas estrellas. Luego, la aparición de una población estelar “precursora” capaz de evolucionar rápidamente y enriquecer ese material en términos de elementos químicos pesados. Esa especie de “mecha”, a su vez, origina la llamada población primaria, a través de **un proceso de formación estelar que se propaga en forma viral** a través de la nube nebulosa.

La población primaria producirá, en pocos millones de años, una apreciable cantidad de estrellas masivas que, al explotar en forma de supernovas o a través de vientos estelares muy violentos, disipará la nube nebulosa original, lo que disminuirá la masa total y la fuerza gravitatoria que provee la cohesión del sistema.

El resultado será un grupo estelar en expansión que tenderá a diluirse en el espacio. Sin embargo, en unos cien millones de años, algunas de sus estrellas evolucionarán a través de procesos no explosivos, pero liberarán una apreciable cantidad de gas, ahora enriquecido por elementos químicos generados en sus interiores. Si nada interfiere, ese gas tenderá a acumularse (en lo que se denomina flujos de enfriamiento) en las cercanías del centro de gravedad del sistema en expansión. Allí, nuevamente, generará una tercera población estelar, ahora bajo la forma de lo que llamamos cúmulo globular.

Según las observaciones, el 80% de las estrellas de un CG pertenecerían a la población secundaria, y sólo el 20% (detectable, por ejemplo, mediante el porcentaje de sodio) tiene que ver con la primaria.

## Las huellas del pasado

A decir del astrónomo italiano Alvio Renzini, éste no es un escenario ideal sino el “menos implausible”, y sugiere que la formación de los CGs fueron sucesos de características mucho más “titánicas” de lo que podíamos imaginar en un pasado relativamente reciente. Unos pocos cálculos elementales indican que para formar un CG “promedio” (de unas 250.000 masas solares), pudieron haber hecho falta varios millones de masas solares en forma de estrellas, que conformaron las poblaciones precursora y primaria, y que luego se desparramaron por el espacio que ocupa una galaxia.

Esas estrellas comparten algunas características con el CG resultante (que podríamos llamar “residual”), como la abundancia de algunos elementos pesados como el hierro; pero difieren, sutilmente, en las proporciones de otros, como el sodio y el aluminio, cuyas abundancias originales en la nube estelar fueron modificadas por la población primaria.

Este panorama es coherente con una situación curiosa discutida en un trabajo publicado hace unos diez años. Allí se hacía notar que, usando los CGs como “trazadores”, era posible reconstruir las características globales de una galaxia en gran escala. Si bien un CG es una fracción muy pequeña del evento estelar que le dio origen, puede contener información sobre la edad, composición química, distribución espacial y movimientos de aquellas poblaciones casi coetáneas y ancestrales dentro de las cuales se formaron.

## III) Cúmulos globulares extra-galácticos

A priori, sabemos que aquello no sería correcto para todas las galaxias, pues los CGs son sistemas viejos y algunas galaxias nos muestran procesos de formación estelar más o menos recientes (por ejemplo, las galaxias espirales). Sin embargo, hay algunas galaxias donde toda la historia de la formación estelar se comprime a un par de miles de millones de años, luego del Big Bang. A partir de allí, poco ocurre en términos de formación de estrellas. Esas galaxias son las llamadas de “tipo temprano” (básicamente, elípticas y discoidales S0).

Desde luego que, a lo largo del tiempo, pueden ocurrir procesos de fusión con otras galaxias. Si dos galaxias que participan de ese proceso no poseen gas, habrá espectaculares cambios morfológicos (por ejemplo, discos convirtiéndose en esferoides), pero no en tér-

minos de las poblaciones estelares originales que las formaban ni en su composición química global. Esos son los denominados procesos de fusión “secos” (*dry mergers*, en inglés). Los “húmedos”, en contraste, involucran material nebuloso (gas y polvo) y se asocian con formación estelar muchas veces violenta y espectacular.

Antes de seguir, debemos aclarar que sólo las estrellas individuales de los CGs de la Vía Láctea y de algunas galaxias del llamado Grupo Local, son “resolubles” con nuestros instrumentos actuales. A mayores distancias, los CGs se ven cada vez más pequeños. A la distancia a la que se encuentra el cúmulo de galaxias más próximo, el de Virgo (a 50 millones de años luz), los CGs tienen la apariencia de “imágenes estelares” y se los puede confundir con las estrellas más débiles y lejanas de nuestra propia galaxia. Éste, sin embargo, es un inconveniente manejable, ya que las velocidades radiales (debidas a movimientos a lo largo de la línea de la visual) de estrellas y cúmulos son marcadamente diferentes y permiten diferenciarlos entre sí.

Más difícil es interpretar qué significa ese “punto” de luz en el que se convierten centenares de miles de estrellas, en términos astrofísicos. En esa situación observamos las propiedades “compuestas”, es decir, el resultado de combinar todas esas estrellas en una única imagen. El análisis espectroscópico permite, entonces, determinar la composición química y la edad promedio de las estrellas de ese CG.

## Dos familias

Es posible detectar dos familias diferenciadas de CGs. Por un lado, cúmulos con muy baja abundancia de elementos pesados, muy homogéneos, que muestran baja concentración hacia el centro de las galaxias. La distribución espacial de esos CGs es similar a la de los llamados halos de baja metalicidad, conformados por una población difusa de estrellas individuales, pobres en elementos químicos pesados. Una característica destacable es que los CGs de baja metalicidad son “omnipresentes” y prácticamente son observables en todas las galaxias.

Una segunda familia de CGs, por el contrario, muestra un rango de abundancias químicas más amplio y, también, una concentración espacial más evidente hacia el centro de las galaxias. Estos objetos también comparten características de distribución es-

pacial y de composición química, pero con las estrellas individuales que pertenecen a los “bulbos” (o *bulges*, en inglés).

La dualidad de los CGs, conocida en la jerga como “bi-modalidad”, es una característica que varía para cada galaxia según sea su masa. En las más masivas, los bulbos son el componente dominante (85% de la masa estelar), y decrecen en importancia relativa a medida que las galaxias son menos masivas. Por el contrario, en las galaxias enanas (con masas estelares debajo de 1000 millones Mo), en promedio, los bulbos desaparecen y se convierten en “halos puros”.

La idea subyacente ante tal panorama es que las galaxias menos masivas no son capaces de retener gravitatoriamente aquellos elementos químicos complejos generados por sus estrellas más masivas. Es decir que, al explotar esas estrellas como supernovas, el material eyectado se desvincula de la galaxia y no la “auto-enriquece”. Esa capacidad, sin embargo, aumenta a medida que la masa estelar crece, y da origen a bulbos más masivos y químicamente más complejos (y a sus CGs asociados). A medida que la masa estelar de una galaxia aumenta, también lo hace el número de CGs. Las galaxias enanas pueden tener unos pocos cúmulos, mientras que objetos extremos, como la galaxia gigante NGC 4486 (M 87), llegan a poseer unos 15.000 cúmulos (unos 10.500 pertenecientes al halo de baja metalicidad y otros 4500 a su población de tipo bulbo).

## La relación de los CGs con las estrellas de su galaxia

Una hipótesis que ha resultado exitosa para describir la estructura en gran escala de galaxias tempranas asume que cada cúmulo globular es trazador o representativo de una masa estelar (mucho mayor), que comparte prácticamente la misma composición química (salvo algunos elementos particulares), la misma edad y, estadísticamente, la misma distribución espacial. La vinculación cuantitativa viene dada por una ecuación diferencial muy simple, que indica que el número de CGs por unidad de masa de la población estelar difusa aumenta rápidamente cuando la composición química se hace más pobre. Así, los CGs asociados con los halos de baja metalicidad se forman más eficientemente (en relación a la masa estelar total) que aquellos que lo hacen en un medio ambiente más denso, como el que se da en los bulbos galácticos.

Es posible que esa dependencia de la relación entre estrellas de campo y CGs con la composición química sea indirecta. Sabemos que las mayores abundancias de elementos químicos pesados se dan en medios estelares densos (por ejemplo, las regiones centrales de las galaxias masivas), lo que indicaría que la supervivencia de un proto-CG es menor en esos ambientes. Por el contrario, las bajas densidades estelares, características de los halos de baja metalicidad, podrían favorecer la formación de los flujos de enfriamiento que desembocarían en la aparición de los CGs.

## El color y la química en los CGs

Si bien es posible realizar un estudio espectroscópico de los CGs lejanos, esto es muy demandante en cuanto a tiempos de observación. Por ejemplo, un telescopio de 8 metros de diámetro (como los del Observatorio Gemini, del cual Argentina participa a través del Ministerio de Ciencia y Tecnología) requiere exposiciones de unas 10 horas por campo (de unos 5 minutos de arco por lado). Cubrir todo el campo de una galaxia por ese camino requeriría muchas horas. Esto es inviable frente a la competencia con otros proyectos astronómicos que usan el mismo telescopio. Afortunadamente, hay un método que permite inferir la abundancia química: el color de la imagen de un CG. Ese color es mucho más simple y rápido de medir si combinamos dos (o más) filtros adecuados.

En ese sentido, existe un hecho que facilita las cosas: en los sistemas estelares anti-

guos, la edad casi no tiene efecto sobre el color integrado, y éste sólo depende de la abundancia química. Brevemente, cuanto más abundantes son los elementos químicos pesados, más rojo se torna el color integrado de una población estelar coetánea y antigua. Esta situación se da pues esos elementos tienden a bloquear más la luz de la zona azul-ultravioleta que la de la región roja-infrarroja del espectro electromagnético.

La forma de realizar estudios de volumen masivo, entonces, combina ambas técnicas: se seleccionan algunos campos con CGs que son estudiados en detalle mediante espectroscopía, y luego sus colores son calibrados para que “indiquen” la composición química de cada CG. Esto permite inferir abundancias para miles de objetos con una inversión razonable de tiempo de observación de sus colores integrados.

Detrás de este panorama subyace un tema fundamental. ¿Cómo se hace para mantener unida una gran masa nebular durante el lapso en el que se forman las poblaciones de estrellas “precursora” y “primaria”, y antes de iniciar el proceso de disrupción? La respuesta podría ser: a través de la fuerza gravitatoria provista por “mini-halos” de materia oscura, que funcionarían como las cunas de esos grandes eventos de formación estelar. Esos halos mantendrían su existencia hasta fusionarse con otros halos de la misma naturaleza y pasarían a formar parte de un gran “océano” de materia oscura. A su vez, el CG formado perdería su asociación evidente con el halo. La materia oscura es uno de los pilares de los modelos cosmológicos actuales, y pese a que

no sabemos qué podría ser (¿partículas subatómicas del tipo neutrino?), es un elemento muy “ubicuo”. Dicho de otra manera, si la materia oscura no existiera, no comprenderíamos gran parte de los fenómenos astrofísicos que intentamos explicar.

Es necesario destacar que existe toda una línea de pensamiento que propone la **invalidéz** de la aproximación newtoniana para calcular fuerzas gravitatorias sobre escalas espaciales muy grandes. La alternativa, conocida como “mecánica milgromiana” (en honor a su autor, Mordehai Milgrom), batalla empecinadamente contra las ideas que prevalecen, y propone que la ley de Newton debe ser modificada cuando se aplica a escalas espaciales muy grandes.

Los CGs tienen algo que decir respecto a la materia oscura. Nuestro conocimiento de la forma en que se mueven las estrellas en galaxias lejanas viene, mayormente, del análisis de la luz integrada. O sea, no vemos “una” estrella en particular, sino la luz acumulada de todas ellas. Para determinar la masa de las galaxias, se analiza el ensanchamiento de las líneas espectrales del conjunto estelar debido a sus movimientos (y al efecto Doppler asociado). Un serio problema lo constituye el hecho de que las galaxias son como icebergs, fáciles de ver en sus partes brillantes y muy difíciles de detectar en las regiones más externas, donde ese brillo se “sumerge” en el del cielo nocturno (de origen natural y/o artificial). Esto no afecta a los

Parte del supercúmulo de galaxias de Virgo, comúnmente llamada la Cadena de Markarian. Se observan decenas de galaxias en un sector del cielo que abarca unos pocos grados, accesibles a los telescopios de los aficionados.



Foto: Carlos Di Nallo. Procesado: Ignacio Díaz Bobillo.

Región periférica de NGC 4486 (M 87). Esta imagen corresponde al proyecto GN-2010A-Q21 y fue obtenida por el telescopio Gemini Norte, de cuya operación participa la Argentina. Es el resultado de combinar imágenes individuales de 5 minutos de arco por lado, obtenidas en cuatro filtros diferentes. La gran mayoría de los objetos con apariencia estelar en este campo son, en realidad, cúmulos globulares pertenecientes a M 87, cuya región central se aprecia hacia arriba a la izquierda.



La galaxia elíptica gigante M 87, que posee unos 15.000 cúmulos globulares.

Robert Gendler.

CGs, ya que se los sigue viendo como imágenes puntuales, y son detectables a grandes distancias de los centros de las galaxias con las que están asociados. Eso permite medir sus velocidades radiales (nuevamente, mediante el efecto Doppler) e inferir cuánta y de qué manera está distribuida la materia que gobierna sus movimientos sobre escalas espaciales de decenas de miles de años luz. Si la mecánica newtoniana es la aplicable, la mayoría de los estudios indica la presencia de “algo más” que estrellas, y también apunta a la existencia de materia oscura. En forma preliminar se aprecia que los halos estelares de baja abundancia química tienen una distribución espacial muy similar al de la inferida para la materia oscura. Dicho de otra forma, aquellos halos estelares parecen ser algo así como un “eco sutil” de la distribución de la materia oscura en el espacio que rodea a las galaxias.

#### Trabajo en conjunto: naturaleza y crianza

El aspecto más importante de todo el proceso descrito en este artículo es que se trata de integrar a los CGs al fenómeno global de formación estelar que termina siendo una galaxia, y los saca de la categoría de objetos “peculiares”. Además, sugiere que los CGs contienen información “genética” acerca de las poblaciones estelares dominantes, las cuales pueden ser reconstruidas a partir de su estudio.

En este contexto, hay que subrayar que las galaxias son el resultado de eventos que se producen por “naturaleza”, pero también por “crianza” (la disyuntiva “*nature vs. nurture*”). Mientras que los primeros vienen de la cuna misma, los otros tienen que ver con el medio ambiente y con la “vida de relación” con otros individuos de su especie. En esta categoría caen los fenómenos de choques y fusiones de galaxias, cada uno de ellos con características y consecuencias propias y dependientes del medio ambiente en que han nacido las galaxias en cuestión. Nuestra Vía Láctea vive en un grupo pobre (aunque no exento de esos fenómenos), de baja densidad de galaxias, muy diferente al que prevalece en las regiones centrales de grandes cúmulos de galaxias, como el de Virgo (foto de la página 31) o el de Coma Berenices.

Es interesante que dos de los objetos más brillantes catalogados como CGs en la Vía Láctea, Omega Centauri y Messier 54, presenten características que los distinguen de la mayo-

ría de sus congéneres. Por ejemplo, muy grandes dimensiones y heterogeneidad química muy marcada. En particular, existe consenso acerca de que M 54 fue, alguna vez, el núcleo de una galaxia enana que está siendo canibalizada por la Vía Láctea. Los restos de esa galaxia todavía son observables en dirección a la constelación de Sagitario, del otro lado del centro de la Vía Láctea.

#### IV) Modelos teóricos en el contexto de los CGs y las galaxias a las que pertenecen

La literatura astronómica muestra varios modelos teóricos que tratan de explicar la formación de CGs y su relación con las galaxias que habitan. Eso indica que aún no existe un consenso unívoco al respecto. Uno de ellos es el llamado modelo de “dos fases”. En ese escenario, los halos y sus CGs de baja metalicidad son los primeros en aparecer, mientras que los CGs más ricos en elementos químicos y asociados a los bulbos lo harían más tarde (una “segunda fase”), cuando el medio interestelar a partir del que se formaron ya había sido enriquecido químicamente en la fase anterior.

Si los CGs son espectaculares tal como los vemos, cuesta trabajo imaginar cuánto más lo serían cuando aún poseían sus estrellas más jóvenes, cientos y miles de veces más brillantes que las estrellas que vemos hoy, y la secuencia de abundantes supernovas que aparecerían en los primeros cien millones de años de sus vidas. Esas estrellas, muy masivas y energéticas, fueron capaces de calentar el gas nebuloso y aún más, de ionizarlo (separar los electrones de los núcleos de los átomos). Una consecuencia de esto pudo haber sido la interrupción de los procesos de formación estelar globales, que requieren gas “frío”. Luego de cierto lapso, sin la aparición de nuevas estrellas, el gas se enfrió y reanudó su labor formando nuevas estrellas. Una diferencia importante, sin embargo, fue que ese gas ahora incorporaba elementos químicos más pesados, formados y esparcidos por las estrellas de las primeras generaciones. Esos elementos favorecieron el enfriamiento del gas, con lo cual la eficiencia para formar estrellas fue mayor en esta segunda etapa, donde aparecerían los bulbos, si las galaxias eran suficientemente masivas como para retener gravitatoriamente ese gas enriquecido. En este modelo habría una diferencia de edades entre los cúmulos del halo y los del bulbo

(estos serían más jóvenes), del orden de 500 a 1000 millones de años. Tal diferencia no es detectable en los sistemas de cúmulos de galaxias lejanas, y tampoco parece estar presente en los CGs de nuestra galaxia. Sin embargo, en la idea de “fase” se puede reemplazar la secuencia temporal por otra, más bien vinculada con el medio. En ese contexto, el término “fase” se referiría a una diferencia ambiental (medios de baja o alta densidad), donde los halos ocupan las regiones externas de las galaxias y forman CGs con mucha eficiencia, mientras que los bulbos dominan las regiones internas en un proceso prácticamente coetáneo, pero menos eficiente en cuanto a la generación de CGs. Como se sabe, el ADN está asociado con características muy específicas de los seres vivos. Análogamente, los CGs parecen poseer, por lo menos, parte de la información “genética” de las galaxias más antiguas; y no sólo de sus estrellas, sino también de la materia oscura. Como se ve, ese código promisorio e intrigante no está aún totalmente descifrado, y constituye uno de los desafíos más interesantes de la astrofísica de nuestros días. ■

**El autor.** Juan Carlos Forte es Doctor en Astronomía (Universidad Nacional de La Plata), Investigador Superior del CONICET y miembro de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba y de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires. Realizó estudios de posgrado en el *Kitt Peak National Observatory* (Tucson, Arizona, EE.UU.) y se especializó en el estudio de grupos estelares antiguos, formados en las primeras etapas del universo. Participó de numerosos proyectos y comisiones científicas nacionales e internacionales. Desempeñó diversos cargos docentes en la Universidad Nacional de La Plata, entre ellos, el de Decano de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas. Representó a la Argentina en el equipo de directores del Proyecto Gemini. Actualmente tiene su lugar de trabajo en el Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei. Recibió el premio *Consegración 2002* de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires, el premio *Carlos Varsavsky* de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, el *Diploma Konex 2003* en Astronomía, Diploma de Honor del Senado de la Nación 2011, y la medalla de oro de la Asociación Argentina Amigos de la Astronomía. La *International Astronomical Union* asignó su nombre a uno de los asteroides descubiertos en la Estación de Altura U. Cesco de San Juan.

## SISTEMAS ESTELARES DOBLES, TRIPLES Y MÚLTIPLES

# Hermanas

Por Walter Germaná, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

Los sistemas estelares, formados por dos, tres o más soles, son moneda corriente en nuestra galaxia y en el universo en general. Las interacciones entre sus estrellas dan lugar a una extensa variedad de tipologías. Representan un interesante objetivo observacional al alcance de binoculares y telescopios de aficionados.

**S**egún cálculos obtenidos a partir de las observaciones del Telescopio Espacial Chandra (que “observa” en rayos X), más del 80% de las estrellas que existen en el universo no están solas como nuestro Sol. Los sistemas estelares, formados por dos, tres o más soles, son más comunes que las estrellas solitarias.

No se conoce con exactitud el proceso mediante el cual se forma un sistema estelar. Pero podríamos inferir que dentro de una nebulosa<sup>1</sup>, en el momento de formarse un cúmulo estelar, buena parte de esas estrellas ya emparentadas quedarían más “enganchadas” que otras, debido a que sus procesos de formación ocurren muy cerca unas de otras, como hermanas. Sin embargo, tampoco dejarían de interactuar con los otros miembros, dentro de una comunidad mucho más amplia, con la que comparten características muy similares dado que se han formado con los mismos materiales.

## Lazos de gravedad

Hablar de sistemas dobles, triples o múltiples nos da también la oportunidad de reforzar (o cambiar) ideas básicas. **Los astros no orbitan literalmente unos alrededor de otros.** Ya que hasta el más insignificante átomo posee masa, todo cuerpo en el espacio ejerce su respectivo tirón gravitatorio. En realidad, si vamos a ser muy precisos, también sería un



Sergio Eguivar.

*Sistema estelar doble 145 Can Mayor.*

error decir que la Tierra gira alrededor del Sol. **Ambos cuerpos giran en torno a un denominado “centro de masa”**, lugar en el espacio donde se equilibra el tironeo gravitatorio de ambos astros. Claro está que el Sol es mucho más masivo que nuestro planeta, y por eso ese punto se ubica dentro del mismo Sol. Aquí hablaremos mucho de centros de masa, dado que en los sistemas binarios y múltiples es común que las masas de las estrellas se equilibren o, por el contrario, difieran bastante. Por eso, ubicar el punto en torno al cual orbitan ambos cuerpos se torna más complicado. Estas variantes nos darán como resultante una serie de interacciones que pueden cambiar infinitamente, especialmente si debemos considerar la influencia gravitatoria de tres o más cuerpos. Esto representa todo un trabajo de ingeniería para un astrónomo o físico especializado.

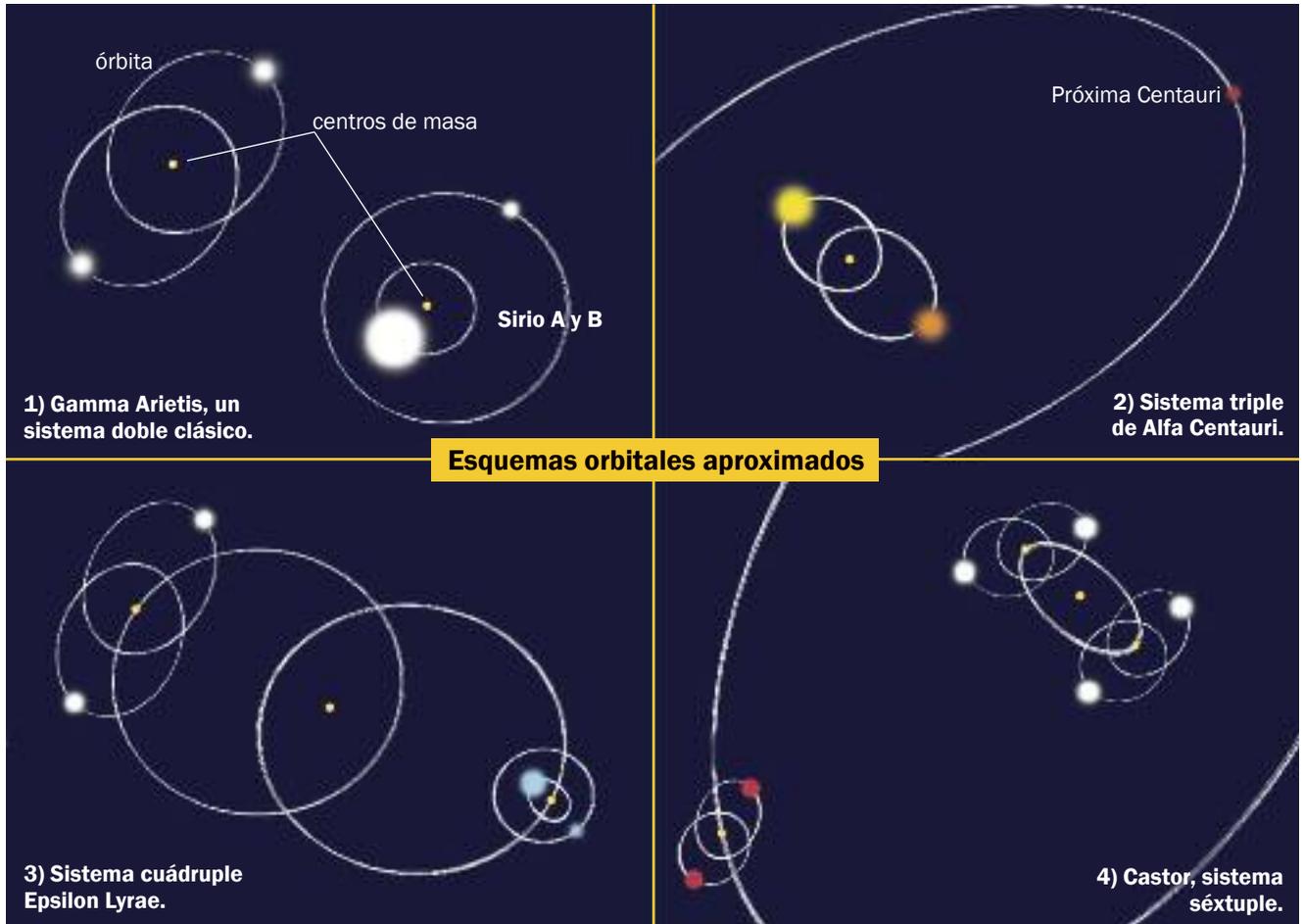
Comenzaremos entonces por describir desde un punto de vista físico y observacional a las variedades más comunes a las que pueden dar lugar estas conspicuas hermandades.

## Desde el punto de vista físico

**Dobles y múltiples.** La gran mayoría de los sistemas está constituida por sólo dos miembros. Por eso, no es extraño que se denomine comúnmente a los sistemas estelares, simplemente, **estrellas binarias**.

La estrella más brillante que puede verse en los cielos de la Tierra es Sirio (constelación del Can Mayor), y está formada por dos componentes que orbitan en torno a un centro de masa (figura 1).

No son pocos los casos de estrellas triples o múltiples. Uno de los sistemas triples más famosos es el de Alfa Centauri, la estrella más cercana al Sol. Aquí encontramos un par central conformado por una estrella amarilla de tipo solar (A)<sup>2</sup> y otra un poco más fría y



pequeña de color anaranjado (B). El tercer componente (C)<sup>3</sup> es mucho menos masivo que los dos primeros, es de color rojo y orbita en torno al par central (figura 2).

Un caso clásico de sistema múltiple es la estrella Epsilon Lyrae. En realidad, son cuatro: dos pares de estrellas que orbitan en torno a sus respectivos centros de masa y, a su vez, ambos pares en torno a otro centro de masa (figura 3). Y entre los extremos podríamos citar a Castor (Alfa de Gemini): un sistema séxtuple, una interacción entre tres pares de estrellas (figura 4).

Pero los lazos invisibles de la gravedad tienen su límite. No suelen encontrarse sistemas estelares formados por más de 6 ó 7 estrellas. Más allá de este número de miembros, las interacciones gravitacionales son tan caóticas que los lazos fraternales se rompen fácilmente. El punto que puede marcar la diferencia entre un sistema estelar y un cúmulo abierto de estrellas es una clara organización jerárquica entre sus miembros: una interacción estable entre estrellas más o menos masivas.

**Eclipsantes.** Son una familia de estrellas dobles cuyos componentes pueden superponerse ocasionalmente desde nuestra perspectiva visual. Las binarias eclipsantes son sistemas muy cerrados, es decir, con estrellas muy cercanas entre sí, donde una estrella pasa por delante de la otra y da lugar a variaciones periódicas en el brillo de una aparente estrella solitaria. De este modo, tienen lugar pares de eclipses sucesivos; uno principal, cuando el miembro más pálido del sistema oculta a la estrella más brillante; y uno secundario, cuando el miembro más brillante transita frente al más pálido. Estas variaciones de brillo pueden ser muy sutiles o muy marcadas, y muchas veces son claramente apreciables a simple vista.

Las binarias eclipsantes son, a la vez, una típica clase de estrellas variables. El primer sistema de este tipo en ser descubierto, y a su vez el ejemplo más clásico del cielo, es Algol<sup>4</sup> (Beta de Perseo), que da nombre a una tipología de sistemas eclipsantes: las “algólidas”, también cla-

sificadas como “EA”. Existen, además, otras variantes tipificadas por sus estrellas de referencia, como las “Beta Lyrae” o “EB”, y las “W Ursae Majoris”, o “EW”, entre las más conocidas. Todas estas clasificaciones nos hablan de diferentes tipos de estrellas y de eclipses.

**Simbióticas.** Son sistemas estelares binarios donde sus miembros están conformados por dos estrellas en diferentes estadios evolutivos. Hablamos de enanas blancas (remanente final de una estrella de tipo solar) como componentes principales, y estrellas gigantes rojas (estrellas viejas e hinchadas, en la etapa final de sus vidas) como componentes secundarios. Los miembros del sistema han evolucionado y envejecido a un ritmo diferente. Así, la estrella más compacta y caliente, la enana blanca, recibe permanentemente material expulsado por los vientos estelares de la gigante roja. Esta interacción genera una nube gaseosa que envuelve a ambas estrellas. Cíclicamente

se producen estallidos a partir del material que cae sobre la estrella principal. Sin embargo, estos estallidos o pequeñas erupciones no suponen el final de ninguna de las dos estrellas.

El prototipo de esta tipología es la estrella Z Andromedae. A las estrellas simbióticas se suman otras variedades denominadas en su conjunto “variables eruptivas”. Todas ellas poseen variantes en los procesos que las llevan a estallar, lo que genera diferentes variaciones de brillo. Las más clásicas y espectaculares de este grupo son las **novas y novas recurrentes**.

### Descubriéndolas

**Binarias Espectroscópicas.** Representan la mayor parte de los sistemas conocidos. Son sistemas estelares muy alejados de la Tierra o demasiado “cerrados” como para ser observados visualmente. Mediante muy sutiles variaciones en el espectro electromagnético de una estrella puede detectarse que no está sola. El espectro electromagnético de estas estrellas (en apariencia, solitarias) es, en realidad, la combinación del de ambas, donde se hace evidente un “corrimiento hacia el rojo” o “efecto doppler”. Esto significa, en pocas palabras, que las líneas de absorción de determinados elementos químicos se desplazan hacia el azul para la estrella que se acerca en nuestra dirección, y hacia el rojo para la que se aleja.

Así puede descubrirse que no se trata de una sola estrella, sino de dos o más, y pueden develarse también características intrínsecas de cada miembro del sistema.

**Astrométricas.** Son estrellas que interactúan con compañeras “fantasmas”. Los componentes secundarios de estos sistemas se pierden en el brillo de sus compañeras, o son demasiado pálidos como para ser detectables visualmente. Son sistemas estelares donde, a partir del extraño movimiento de una estrella visible, se infiere la existencia de otro componente con el cual estaría interactuando. Se calcula la presencia de un segundo objeto a través de la influencia gravitacional que ejerce sobre aquel que sí vemos. Actualmente, son muy pocos los sistemas estelares que se detectan con este método. Es más utilizado en la detección de agujeros negros, astros que no se ven porque no emiten luz.

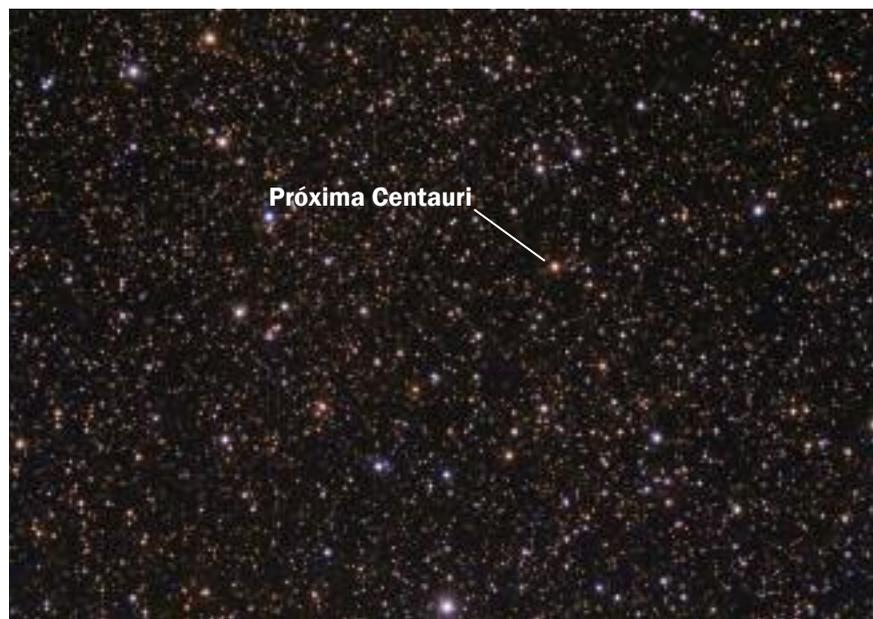
### Observación

**Dobles o múltiples visuales.** Son aquellas cuya separación está al alcance de telescopios o, en algunos pocos casos, de binoculares. Dependerá también de la posición de cada miembro en su órbita y del ángulo en el cual estemos observando al sistema desde la Tierra. Esto significa que pueden estar muy separadas entre sí físicamente, pero debido a su posición orbital, pueden resultar difíciles de ser separadas desde

nuestra perspectiva. Hay sistemas que, en determinado momento, pueden parecer muy fáciles de separar visualmente, pero años más tarde pueden resultar muy difíciles de ver, o viceversa, como ocurre con Alfa Centauri.

**Dobles ópticas.** Son estrellas aparentemente dobles o múltiples, pero que en realidad sólo coinciden en nuestra línea visual. Estas hermandades aparentes pueden observarse tanto a simple vista como con binoculares y telescopios. De todos modos, generan una vista muy atractiva de la que no es pecado disfrutar, sobre todo cuando cuentan con un bello contraste de color. Éste puede ser el caso de las estrellas Gacrux (Gamma Crucis), de color anaranjado-rojizo, con su aparente compañera de color azulado; o Mimosas (Beta Crucis), una estrella azulada, con su aparente pariente de color anaranjado. Ambas forman parte de la Cruz del Sur.

**Contrastadas.** Otro aspecto interesante es que los componentes pueden ser muy diferentes, tanto en brillo como en color. Podemos encontrar pares o tríos de estrellas casi idénticas, como también estrellas muy brillantes junto a otras más pálidas. O bien, bellos contrastes de colores: estrellas rojizas o anaranjadas junto a otras blancas, azuladas y amarillas, y muchas otras variantes. Lo más llamativo para los observadores



Sergio Eguivar.



Ezequiel Bellocchio.

*Próxima Centauri es el componente C del sistema de Alfa Centauri, y está a una distancia tal del par principal (derecha) que, desde nuestra posición, la vemos separada unos 2 grados. Todas las demás estrellas de la imagen están muchísimo más lejos. (Gráfico 2 de la página 34).*

suele ser el fuerte contraste entre componentes blancos o azulados con otros rojizos o anaranjados.

Los colores de las estrellas nos indican sus temperaturas superficiales. A diferencia de lo que podríamos intuir generalmente, las estrellas rojas son las más “frías”, y las azules, las más calientes. Pero los colores también pueden hablarnos de la edad de los componentes dentro de un sistema (esto último da lugar a todo un tema aparte que excede nuestro objetivo en esta oportunidad).

A partir de haber establecido parámetros básicos, en el siguiente recuadro nos abocare-

mos a describir y recomendar a los observadores algunos de los ejemplares más característicos que podemos encontrar en el cielo. Haremos referencia fundamentalmente a aquellos que están al alcance de binoculares y telescopios en cada época del año. ■

1 Las nebulosas de emisión son gigantes cas nubes de gas donde tiene lugar el nacimiento de las estrellas. El producto final de ellas es un cúmulo estelar abierto.

2 Los distintos componentes de un sistema estelar se especifican mediante letras mayúsculas, según su jerarquía en masa, tamaño o brillo.

3 Denominada comúnmente Próxima Centauri, forma parte de los tres miembros del sistema de Alfa Centauri, el más cercano a la Tierra, a 4,3 años luz de nosotros.

4 Su nombre proviene del árabe Al Ghul (Ghul: demonio), denominación dada por sus extraños y repentinos cambios de brillo, observados desde tiempos inmemoriales. Sus caídas de brillo se dan cada 2,8 días aproximadamente, duran unas pocas horas y reducen el brillo de la estrella en más de una magnitud, de 2,1 a 3,4 en el eclipse principal. Además del par que conforma la variable eclipsante existe un tercer miembro mucho más pálido.



## Los mejores sistemas para el aficionado

### Contrastadas

1) **145 Canis Majoris**, constelación de Can Mayor: magnífico sistema estelar doble. Es tan “ancho” como bello por el contraste amarillo-anaranjado del primer componente y el blanco-azulado del segundo. Ideal para observar con telescopios pequeños y binoculares grandes.

Magnitud visual: A= 5. B= 6,1.

Separación: 26 segundos de arco.

2) **Albireo**, constelación del Cisne: uno de los sistemas estelares dobles más contrastados y famosos del cielo. Es también muy “ancho”. Ideal para telescopios pequeños y binoculares grandes. Para disfrutar en primavera a muy baja altura sobre el horizonte, visto desde Buenos Aires.

Magnitud visual: A= 3,3. B= 5.

Separación: 34 segundos de arco.

### Dobles

3) **Mu Crucis**, constelación de la Cruz del Sur: es un sistema binario muy fácil de separar con grandes binoculares. Son dos estrellas blanco-azuladas muy similares.

Magnitud visual: A= 4. B= 5,2.

Separación: 35 segundos de arco.

4) **Gamma Leporis**, constelación de Lepus: sistema estelar doble muy cer-

cano al Sol, a sólo 27 años luz. Es un sistema ideal para observar con binoculares. A es blanco-amarillo y B es amarillo-anaranjado y bastante más pálido.

Magnitud visual: A= 3,8. B= 6,3.

Separación: 97 segundos de arco.

### Dobles ópticas

5) **Gacrux**, constelación de la Cruz del Sur: no es una agrupación real, pero no deja de ser de gran belleza. Una estrella gigante roja-anaranjada y una “intrusa” de color azulado, que sólo coincide en nuestra perspectiva visual.

Magnitud visual: Gacrux= 1,6. Su compañera aparente= 6,4.

Separación: 2 minutos, 10 segundos de arco.

6) **Mimosa** (Beta Crucis), constelación de la Cruz del Sur: otro sistema óptico que nos muestra la aparente unión entre una estrella gigante azul y otra “invitada” en la línea visual, esta vez de color rojo-anaranjado.

Magnitud visual: Becrux= 1,25. Compañera aparente= 8,8.

Separación: 2 minutos de arco.

### Triples

7) **Beta Monocerotis**, constelación de Monoceros: sistema triple formado por tres estrellas blanco azuladas. Los miembros A y B están muy “apretados”. Sin embargo, los componentes más destacados son A y C. Es otro de los clásicos entre los observadores de estrellas dobles y múltiples.

Magnitud visual: A= 4,6. B= 5. C= 5,3.

Separación: A de B= 7,3 segundos de arco. B de C= 2,8.

8) **Zeta Cancrì**, constelación de Cancer: es en realidad un sistema múltiple, del cual sólo pueden verse tres componentes como estrellas individuales. Son estrellas blanco-amarillas. Es un objetivo difícil para el observador.

Magnitud visual: A= 5,6. B= 6. C= 6,1.

Separación: A-B de C= 5 segundos de arco. A de B= 0,8.

### Cuádruple

9) **Epsilon Lyrae**, constelación de Lyra: comúnmente denominada la “doble-doble”. Es un sistema cuádruple formado por estrellas blancas, agrupadas en dos pares. La separación entre ambos pares puede verse cómodamente con unos simples binoculares, pero para separar cada par se necesitan telescopios.

Magnitud total: 4. (A= 5,1 B= 6. C= 5,1. D= 5,4).

Separación: A-B de C-D= 3 minutos, 30 segundos de arco. A de B= 2,8. C de D= 2,2.

10) **Sigma Orionis**, constelación de Orión: es la parte central de un cúmulo estelar. Es, en realidad, un sistema cuántuple del cual podemos ver cuatro componentes. Son estrellas blanco-azuladas muy calientes. A y B están muy “apretadas” como para ser separadas.

Magnitud: A-B= 3,8. C= 9. D= 6,6. E= 6,7. Separación: A-B de C= 11 segundos de arco. A-B de D= 13. A-B de E= 41.

## EL PODER DE LA GEOMETRÍA EN LA ASTRONOMÍA GRIEGA

# Oblicuidad de la eclíptica

Por Adriana Ruidiáz, Planetario de la Ciudad de Buenos Aires Galileo Galilei.

**R**esulta difícil imaginar cómo se concebía el universo en la Antigüedad, en los albores de lo que hoy llamamos pensamiento científico. Gran parte de los datos conocidos se pudo determinar luego de siglos de paciente observación directa. Sin embargo, algunos conceptos fueron el resultado de construcciones teóricas. Tal es el caso de la oblicuidad de la eclíptica.

Quienes están habituados a las observaciones astronómicas saben identificar a la eclíptica como **el camino aparente recorrido por el Sol a lo largo del año**, tomando como referencia el fondo de las estrellas. En el cielo se la detecta siguiendo la banda de las constelaciones zodiacales. La eclíptica forma un ángulo con el ecuador celeste, denominado **oblicuidad** ( $\epsilon$ ). Pero, si bien tanto la eclíptica como el ecuador pueden identificarse mediante la observación del cielo estrellado, no es tan sencillo comprender cómo se relacionan. Según nuestros conocimientos actuales, interpretamos a la eclíptica como el plano de

la órbita de la Tierra en su traslación alrededor del Sol. Dado que el Sistema Solar se dispone aproximadamente en un plano, la Luna y los planetas también se observan en esta franja del cielo.

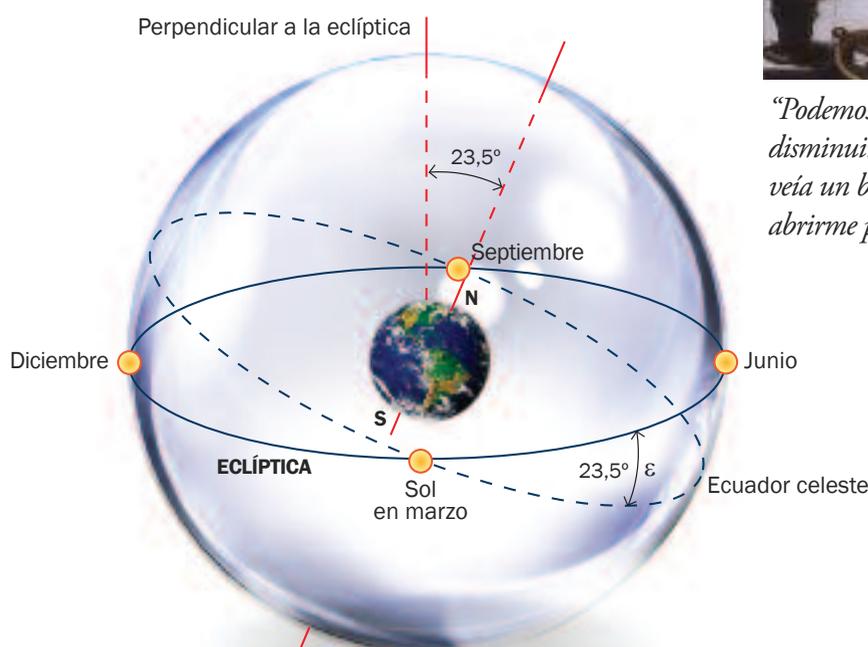
Desde el punto de vista observacional, no existe diferencia entre considerar a la Tierra girando alrededor del Sol, o a la Tierra estacionaria con la esfera celeste (Luna, Sol, planetas y estrellas) girando a su alrededor. Esta última era la cosmovisión que prevalecía en la Antigüedad, y refleja exactamente el cielo como lo vemos.

Tratando de despojarnos de ese conocimiento, poniéndonos en el lugar de los astrónomos de la Anti-



*“Podemos incrementar nuestro conocimiento, pero no disminuirlo. Cuando trato de ver el universo como lo veía un babilonio alrededor del año 8000 a.C. debo abrirme paso a tientas hasta mi propia niñez”.*

*Los Sonámbulos, Arthur Koestler.*



*Los puntos en los que la eclíptica y el ecuador celeste se interceptan son los llamados equinoccios, y los puntos de mayor alejamiento de ambos círculos máximos son los solsticios.*

güedad, intentaremos averiguar cómo se “descubrió” la eclíptica, qué datos observacionales se requirieron y cuál fue la interpretación de esos datos que permitió deducir que la eclíptica es un círculo máximo<sup>1</sup> en la esfera celeste, y que forma un ángulo determinado con el ecuador celeste. Intentaremos también indagar en los métodos empleados para calcular ese ángulo.

## Inicio de la Astronomía en Babilonia

Se sabe que desde hace al menos 6000 años, sacerdotes-astrónomos caldeos escudriña-

ban el cielo y registraban las posiciones de los astros con una precisión admirable, a pesar de la relativa sencillez de su instrumental y de sus métodos de cálculo. El interés principal del registro cronológico de las posiciones de las estrellas fue la elaboración de calendarios, fundamentales en la regulación de la vida civil, las actividades agrícolas, la determinación del comienzo de las épocas de siembra y de cosecha, los sucesos cíclicos, la llegada del frío o la temporada de lluvias. El estudio de los cielos tenía también un trasfondo religioso, ya que algunos astros (especialmente el Sol y la Luna) se asociaban a divinidades. El interés astrológico también constituyó una motivación importante para el desarrollo de la Astronomía matemática babilónica y para su capacidad de realizar predicciones precisas de acontecimientos astronómicos.

Los temas astronómicos se encuentran entre los registros escritos más antiguos conocidos, que se remontan hasta hace más de 4000 años. Tablillas de arcilla como los llamados astrolabios circulares y *Mul.Apin* (nombre dado a una serie de textos astronómicos que datan, por lo menos, del siglo VII a.C.) son indicios de una tradición astronómica largamente establecida.

Los babilonios concebían el cielo dividido en tres sectores o “caminos”, cada uno dedicado a una divinidad: Anu, Ea y Enlil. En cada zona habían identificado constelaciones y estrellas relevantes. Las estrellas identificadas en el camino de Anu se ubican en una franja que bordea al ecuador celeste (que los babilonios no identificaban como tal). El punto de salida y puesta de estas estrellas se ubica cerca de los puntos cardinales este y oeste respectivamente. Hacia el sur se encuentran las estrellas del camino de Ea, cuya salida y puesta se hallan desplazadas hacia el sudeste y sudoeste respectivamente. Finalmente, las estrellas



**Tablilla *Mul.Apin* del año 687 a.C.**

Estas tablillas constituyen una recopilación del conocimiento astronómico babilónico. Contienen listas de estrellas y constelaciones que constituyen calendarios estelares o “*parapegma*”, como los denominaron posteriormente los griegos. Estos calendarios permiten determinar la época del año según la salida y puesta heliacal<sup>1</sup> de las estrellas. En *Mul.Apin* también se listan intervalos de tiempo entre salidas heliacas, pares de estrellas o constelaciones que salen y se ponen en forma simultánea, pares de estrellas o constelaciones que están simultáneamente saliendo y culminando. Registraron en forma sistemática los eclipses, el cambio de la duración del día entre solsticios y equinoccios y la variación del tamaño de la sombra de un gnomon a lo largo del día.

<sup>1</sup> Se denomina salida u orto heliaca a la primera aparición de una estrella por el horizonte este después de su período de invisibilidad.

del camino de Enlil salen y se ponen hacia el norte de los puntos cardinales este y oeste e incluyen a las circumpolares, que nunca se ponen. Estos “caminos” hacen referencia a los sectores **sobre el horizonte** en los que se ubica la salida o puesta de los astros.

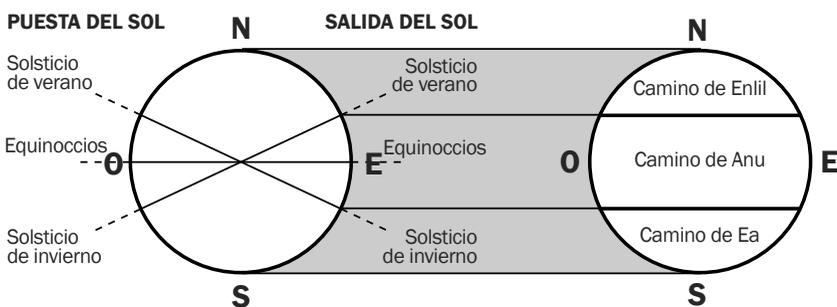
La tradición astronómica mesopotámica también había identificado los planetas visibles a simple vista: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, y sabían que se desplazaban por el cielo en el mismo camino que la Luna y el Sol.

En *Mul.Apin* se recopila el registro de las constelaciones por las que pasan el Sol y la Luna a lo largo del año. El movimiento anual del Sol se describe por el corrimiento de su punto de salida, hacia el norte y hacia el sur del punto cardinal este, atravesando los caminos de Anu, Enlil, nuevamente Anu, y Ea. Las fechas en las que el Sol permanece en cada uno de los caminos a lo largo del año se relacionaron con los fenómenos climáticos: *cuando el Sol está en el*

*camino de Anu, viento y tormenta; cuando el Sol está en el camino de Enlil, cosecha y calor; cuando el Sol está en el camino de Anu, viento y tormenta; cuando el Sol está en el camino de Ea, frío.*

Hacia comienzos del siglo V a.C., el recorrido del Sol en cada franja se había dividido en tres partes, cada una correspondiente a un mes. Cada una de las 12 partes resultantes (hay que tener en cuenta que el Sol atraviesa el camino de Anu dos veces) se identificaba con una constelación. Así surgieron las constelaciones zodiacales. Cada signo se subdividió, a su vez, en 30 unidades. Cada una corresponde a 1°, que es aproximadamente la distancia que “viaja” el Sol en un día, producto de la traslación de la Tierra a su alrededor.

Quedaba establecido así el zodiaco, dividido en 360 unidades, que permitía trazar con exactitud los movimientos del Sol, la Luna y los planetas. Esta división se corresponde con una división del año según un calendario esquemático de 360 días: 12 meses de 30 días cada uno, que debía ser corregido agregando días periódicamente. Se cree que los babilonios habían desarrollado un sistema de progresiones aritméticas que les permitía manipular la gran cantidad de datos consignados en las tablillas, extrapolando observaciones para predecir las posiciones de los planetas. Aunque para nosotros es natural considerar la trayectoria visible de los astros como



elementos geométricos, no hay evidencia de que los antiguos babilonios concibieran un modelo geométrico para la esfera celeste.

### Los griegos y el cosmos esférico

La rica tradición astronómica babilónica fue heredada por los egipcios y, a través de ellos, por los griegos. Tal vez debido a que una de las fuerzas motoras del desarrollo de la Astronomía en Babilonia fue la astrología, ésta fue computacional y predictiva, pero no buscaban una explicación para lo que observaban. El gran desarrollo de la Astronomía griega, en cambio, se basó en la aplicación de la geometría a los problemas astronómicos para poder explicarlos. En sus inicios, la Astronomía griega fue menos precisa que la babilónica, más cercana a la filosofía y a la cosmología. Tales de Mileto (624 – 546 a.C.) es considerado el iniciador de una tradición filosófico-científica que apela a la razón para buscar respuestas en la naturaleza, y no ya en los dioses o los mitos.

Entre los filósofos jónicos, se le atribuyen a Anaximandro de Mileto (610 – 546 a.C.) tres ideas fundamentales que preceden al concepto de esfericidad de la Tierra en el camino hacia un modelo geométrico del universo, consistente en esferas concéntricas que más tarde podría ser estudiado por métodos matemáticos:

- las órbitas de los cuerpos celestes no terminan en el horizonte.
- la Tierra (de forma cilíndrica) flota sin ningún apoyo en el centro del universo.
- los cuerpos celestes se hallan a diferentes distancias de nosotros.

Los escritos de Anaximandro sólo se conocen a través de otros autores que recogieron su pensamiento. Estas fuentes son fragmentarias y, en ocasiones, discutibles. Se le atribuye haber inventado o introducido el uso del gnomon<sup>2</sup> para la determinación de solsticios y equinoccios. Describió al Sol como una “rueda de carro” cuyo borde hueco contiene fuego. Este fuego se hace visible a través de agujeros en el borde de la rueda, que al ser ocluidos ocasionan los eclipses. Para la Luna tenía un esquema similar. Según Aecio (uno de los autores que transmitieron la obra de Anaximandro), estos círcu-

los se encontraban dispuestos en forma oblicua. Se especula acerca de la posibilidad de que esto se refiera a la eclíptica, pero es más probable que la imagen de la rueda inclinada sea una representación del arco que describe el Sol en su movimiento diario. En definitiva, no es posible establecer si Anaximandro concibió la idea de la eclíptica, pero ciertamente su cosmología, con la Tierra suspendida en el centro del universo, abrió el camino para el modelo de esferas homocéntricas que desarrollarían otros astrónomos más adelante.

El siguiente paso fue establecer la forma esférica de la Tierra, ya que según Anaximandro tenía forma cilíndrica. Se atribuye a Pitágoras (580 – 495 a.C.), o al menos a los pitagóricos, ser los primeros en afirmar este hecho.

### La esfera celeste

“El cielo es esférico y se mueve en forma esférica”, es el supuesto fundamental de la Astronomía griega. Que los astros se mueven describiendo círculos completos no es un hecho observable directamente, sino una conclusión que se extrae de una serie de observaciones.

En el hemisferio norte se puede ver cómo algunas estrellas se mueven describiendo un círculo alrededor de la estrella polar, que parece no moverse. Las estrellas que se encuentran más al sur, en algún momento desaparecen bajo el horizonte; se puede pensar que de estas estrellas sólo se ve parte de su recorrido, y que también describen un círculo como las que están cerca de la estrella polar<sup>3</sup>.

En cuanto al Sol y la Luna, podemos observar que los arcos que describen son a veces más grandes y otras veces más pequeños, y es posible predecir exactamente dónde saldrán al día siguiente. Por lo tanto, no parece demasiado audaz conjeturar que estos cuerpos celestes también describen círculos completos. Sin embargo, fue una conclusión audaz, precisamente porque implicaba necesariamente el concepto de la Tierra colgando libremente y sin apoyo en el espacio.

En la introducción a los fenómenos de Euclides (el “padre de la geometría”) se lee: “Las estrellas fijas se ven salir siempre por el mismo sitio y ponerse por el mismo sitio. Las que salen simultáneamente siem-

pre saldrán simultáneamente, y las que se ponen simultáneamente siempre se pondrán simultáneamente. Más aún, siempre se observa que mantienen las mismas distancias entre ellas al moverse de la salida hacia el ocaso. Ya que esto ocurre sólo con objetos que se mueven en caminos circulares, se puede concluir que las estrellas se mueven en círculos”.

Se le atribuye a Enópides de Chio (500 – 420 a.C.) el descubrimiento de la forma en que la faja zodiacal se relaciona con la rotación diaria de la esfera celeste, la eclíptica como círculo máximo de esta esfera y el cálculo del ángulo entre la eclíptica y el ecuador, es decir, su oblicuidad, aunque algunos le asignan este descubrimiento a Pitágoras.

Es muy poco lo que se conoce acerca de Enópides. Sólo se sabe con certeza que nació en la isla de Chio, y algunos autores lo consideran el primero en adoptar un enfoque teórico en Astronomía. También se afirma que calculó la oblicuidad de la eclíptica en 24°, o más correctamente, que la eclíptica y el ecuador están separados por el lado de un polígono de 15 lados (la medición de ángulos mediante grados no se utilizó en Grecia hasta el siglo II a.C., unos 200 años después de la época de Enópides).

La idea de un cosmos esférico es antigua en la Astronomía griega, pero fue Eudoxo de Cnido (390 – 337 a.C.) el primero que comprendió cabalmente su significado. Eudoxo escribió dos libros sobre la esfera celeste, con descripciones sistemáticas de las constelaciones y su ubicación. Esos escritos no sobrevivieron hasta nuestros días, pero se conocen bastante bien gracias a otros autores como Hiparco y Arato.

Eudoxo describe en la esfera celeste cinco círculos paralelos, identificables por las estrellas o partes de constelaciones que atraviesan (en la figura de la página 40):

- el mayor de los siempre visibles (1)
- el trópico de verano (2)
- el ecuador celeste, el círculo máximo perpendicular al eje que pasa por los polos celestes (3)
- el trópico de invierno (4)
- el mayor de los nunca visibles (5).

También define 2 meridianos perpendiculares entre sí llamados coluros; uno

corta al ecuador celeste en medio de Aries y en medio de Libra, y el otro lo hace en Cancer y Capricornio. Finalmente define el círculo del zodiaco en una posición oblicua, dividido al medio por el ecuador y tocando simétricamente los círculos tropicales.

## Práctico y teórico

Algunos de los elementos de la esfera celeste pueden determinarse por observación directa; otros pueden caracterizarse como un resultado teórico de la representación esférica del cielo. Este modelo de esfera celeste fue plasmado, presumiblemente, por Eratóstenes en la esfera armilar. Con ella es posible reproducir una variedad de fenómenos astronómicos, haciendo inmediatamente evidente hechos que de otro modo sólo podían ser demostrados por argumentos geométricos complicados o por una observación prolongada de los cielos.

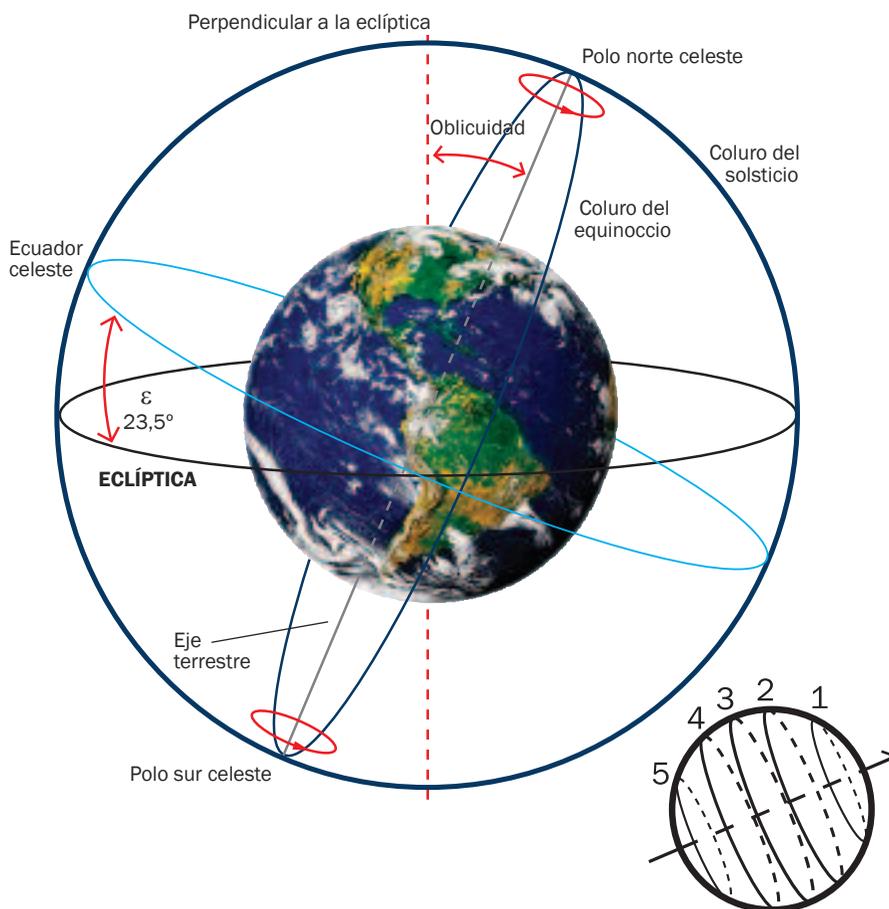
De la esfera celeste surge claramente que la oblicuidad de la eclíptica es igual a la mitad del arco meridiano entre los trópicos, o lisa y llanamente, la latitud del trópico.

Eratóstenes de Cirene (276 - 194 a.C.) midió y mejoró cálculos anteriores del arco entre los trópicos. Esta referencia nos llega a través del *Almagesto* de Ptolomeo, que no da detalles acerca del método empleado, pero aclara que este valor fue aceptado luego por Hiparco y que coincidía con los valores que él mismo calculó.

Con el simple uso del gnomon, el arco entre los trópicos puede determinarse de dos formas:

- midiendo la relación entre el largo de la sombra y la longitud del gnomon en el mediodía de los solsticios de invierno y verano.
- midiendo directamente la latitud del trópico (la relación entre el gnomon y su sombra en el equinoccio).

Ya que se sabe que Eratóstenes calculó el tamaño de la Tierra midiendo la sombra de respectivos gnomones en Alejandría y Siena (ubicada en el Trópico de Cáncer), podría especularse que utilizó la medición de la latitud de Siena para su cálculo de la oblicuidad. El valor calculado por Eratóstenes debió estar ex-



La figura más pequeña muestra el modelo de la esfera celeste para el sitio donde Eudoxo realizó sus observaciones. Los 5 círculos paralelos mencionados se mueven en forma conjunta (todas las estrellas que se ubican en ellos salen y se ponen por el mismo punto en el horizonte). Sin embargo, la eclíptica va cambiando de orientación durante el movimiento diario. La eclíptica es el círculo máximo en la esfera celeste que pasa por el centro de la banda zodiacal. Debido al movimiento de precesión\*, en la actualidad los equinoccios y solsticios se encuentran desplazados respecto a las constelaciones zodiacales mencionadas por Eudoxo.

\*Precesión es un movimiento oscilatorio del eje terrestre que hace que los puntos equinociales den una vuelta completa por la eclíptica en casi 26 mil años.

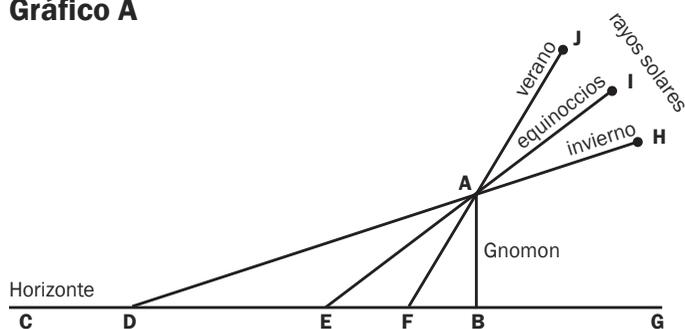
presado como una relación entre el largo del gnomon y su sombra. No pudo medir el ángulo, ya que el desarrollo matemático alcanzado en su época no incluía la trigonometría.

Con Hiparco de Nicea (190 - 120 a.C.) comenzó una nueva etapa en la Astronomía griega gracias a su introducción de los procedimientos matemáticos babilónicos. Contribuyó al desarrollo de la trigonometría, publicó una tabla de cuerdas (que permitía resolver las relaciones entre los lados y los ángulos de diversos triángulos) e introdujo en Grecia la división del círculo en 360°. Entre otros importantes aportes a la Astronomía de su época, Hiparco mejoró el cál-

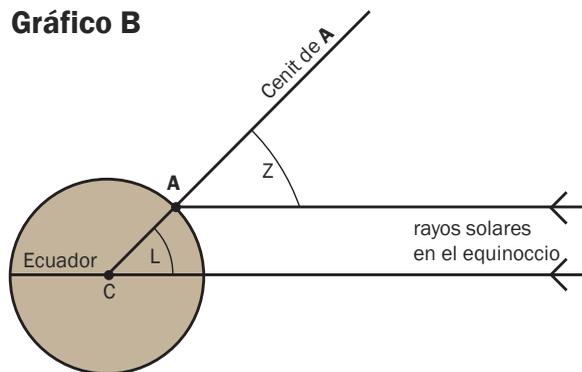
culo de Eratóstenes para la oblicuidad de la eclíptica. Posiblemente, esta mejora provenga de la incorporación al cálculo de la latitud de un parámetro relacionado con la duración del día más largo, además de la longitud del gnomon y su sombra.

En el *Almagesto*, Claudio Ptolomeo (90 - 168 d.C.) adoptó como medida de la oblicuidad de la eclíptica el valor de  $23^\circ 51' 20''$ . Afirmaba haber hecho, en numerosas ocasiones en un período de varios años, mediciones de culminación superior del Sol en los equinoccios. Consideró que los valores obtenidos, mayores que  $47^\circ \frac{2}{3}$  y menores que  $47^\circ \frac{3}{4}$ , se encontraban razonablemente cercanos al

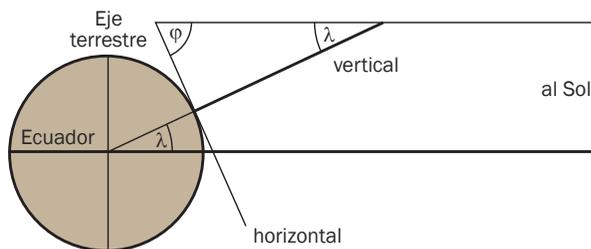
**Gráfico A**



**Gráfico B**



**Gráfico C**



**Gráfico A** - Para el cálculo de la oblicuidad de la eclíptica se establece la razón entre la longitud de la sombra de un gnomon y su altura, medidos en la culminación superior del Sol en los solsticios de verano y de invierno. Se determinan los ángulos correspondientes y se pueden encontrar los dos ángulos formados entre la dirección de los rayos solares en el equinoccio y en los dos solsticios, que son iguales, para determinar la oblicuidad de la eclíptica.

**Gráficos B y C** - En el equinoccio el Sol se encuentra en el ecuador celeste, por lo que sus rayos llegan en forma perpendicular al ecuador terrestre. El ángulo  $\lambda$  es la latitud, y puede calcularse a partir de la relación entre la altura del gnomon y la longitud de su sombra por trigonometría. Antes del desarrollo de la trigonometría, las latitudes se indicaban en la forma de relaciones sombra/gnomon.

valor establecido por Eratóstenes (también utilizado por Hiparco), ya que el arco entre los trópicos corresponde a 11/83 de la longitud total del meridiano. La cita en el *Almagesto* deja lugar a muchas dudas, y no queda claro si Ptolomeo atribuye la relación 11/83 a Eratóstenes e Hiparco, o si lo que afirma es simplemente que los valores que encontró son cercanos a un valor no especificado, aceptado por Eratóstenes e Hiparco. No hay acuerdo entre los expertos en el tema y el peculiar valor de 11/83 ha generado gran cantidad de controversias e interpretaciones. En verdad, el valor adoptado por Ptolomeo de  $47^{\circ} 42' 39''$  es igual a la relación 11/83 del círculo meridiano expresada en grados:

$$360^{\circ} \times \frac{11}{83} = 47^{\circ} 42' 39''$$

Este valor corresponde al arco entre los trópicos, es decir, al doble de la oblicuidad, con lo que se llega a un valor de  $\epsilon = 23^{\circ} 51' 20''$ . Esta cifra se aproxima notablemente al valor real calculado para esa

época:  $23^{\circ} 43'$ , teniendo en cuenta que este ángulo no mantiene un valor constante, sino que varía a lo largo del tiempo debido a interacciones gravitatorias<sup>4</sup>.

**Cambio de imagen**

La antigua visión de un universo esférico y con una Tierra inmóvil en su centro perdura en nuestra experiencia cotidiana. El desarrollo de nuevas herramientas y el surgimiento de nuevas teorías hicieron cambiar aquella imagen. Pero a pesar de que sabemos que es la Tierra la que se mueve, nuestros sentidos nos informan lo contrario. Solemos pensar también que la investigación astronómica requiere de instrumental sofisticado o, al menos, de telescopios. En la actualidad esto puede ser cierto. Sin embargo, la historia de la ciencia nos demuestra que los astrónomos de la Antigüedad, con sencillas herramientas y el recurso del razonamiento para explicar fenómenos que no se pueden observar en forma directa, fueron capaces de elaborar una imagen del universo rica y compleja, que perduró durante siglos. ■

- 1 Un círculo máximo es el círculo resultante de una sección realizada a una esfera mediante un plano que pasa por su centro y la divide en dos hemisferios.
- 2 Un gnomon es un objeto alargado cuya sombra se proyecta sobre la escala graduada de un reloj de Sol para medir el paso del tiempo.
- 3 En el hemisferio sur las cosas son al revés.
- 4 El ángulo actual es de aproximadamente  $23^{\circ} 27'$ .

**Bibliografía**

Brack-Bernsen, Lis - The Path of the Moon, the Rising Points of the Sun, and the Oblique Great Circle on the Celestial Sphere - Centaurus 2003: Vol.45: pp16-31.  
 Evans, James - The History and Practice of Ancient Astronomy - 1998, Oxford University Press - Oxford, New York.  
 Jones, Alexander - Eratosthenes, Hipparchus, and the Obliquity of the Ecliptic - Journal for the History of Astronomy, XXXIII (2002): pp. 15-19.  
 Koestler, Arthur - Los Sonámbulos - 1981, Biblioteca Científica Salvat.  
 Lindberg, David - Los Inicios de la Ciencia Occidental - 2002, Paidós, Barcelona.  
 Taisbak, C. - Eleven Eighty Thirds. Ptolemy's reference to Eratosthenes in Almagest 1.12 - Centaurus 1984: vol 27: pp. 165-167.  
 Van Brummelen, Glen - The Mathematics of the Heavens and the Earth - 2009, Princeton University Press.



A orillas del lago Fagnano, en Tierra del Fuego, pueden encontrarse las ruinas de un hangar que albergó al EOLO, un proyecto francés de globos aerostáticos para determinar la circulación atmosférica en el hemisferio sur, en el marco de un emprendimiento más ambicioso que incluía cuatro satélites geoestacionarios de diferentes nacionalidades. El proyecto fue abandonado antes de su nacimiento, en la década de 1970, y sólo queda en pie, luego de un incendio ocurrido en 2008, esta estructura. El sonido del viento que se filtra entre su armazón metálico sirvió, al menos, para inspirar a los astrofotógrafos locales, como Víctor Bibé, quien le “agregó” el majestuoso cielo del sur de nuestro país. Desde allí, puede verse cómo la Cruz del Sur (a la izquierda de la imagen), en el momento de su mínima altura sobre el horizonte, cuando apunta hacia arriba, está varios grados más elevada que desde nuestras latitudes, en Buenos Aires.

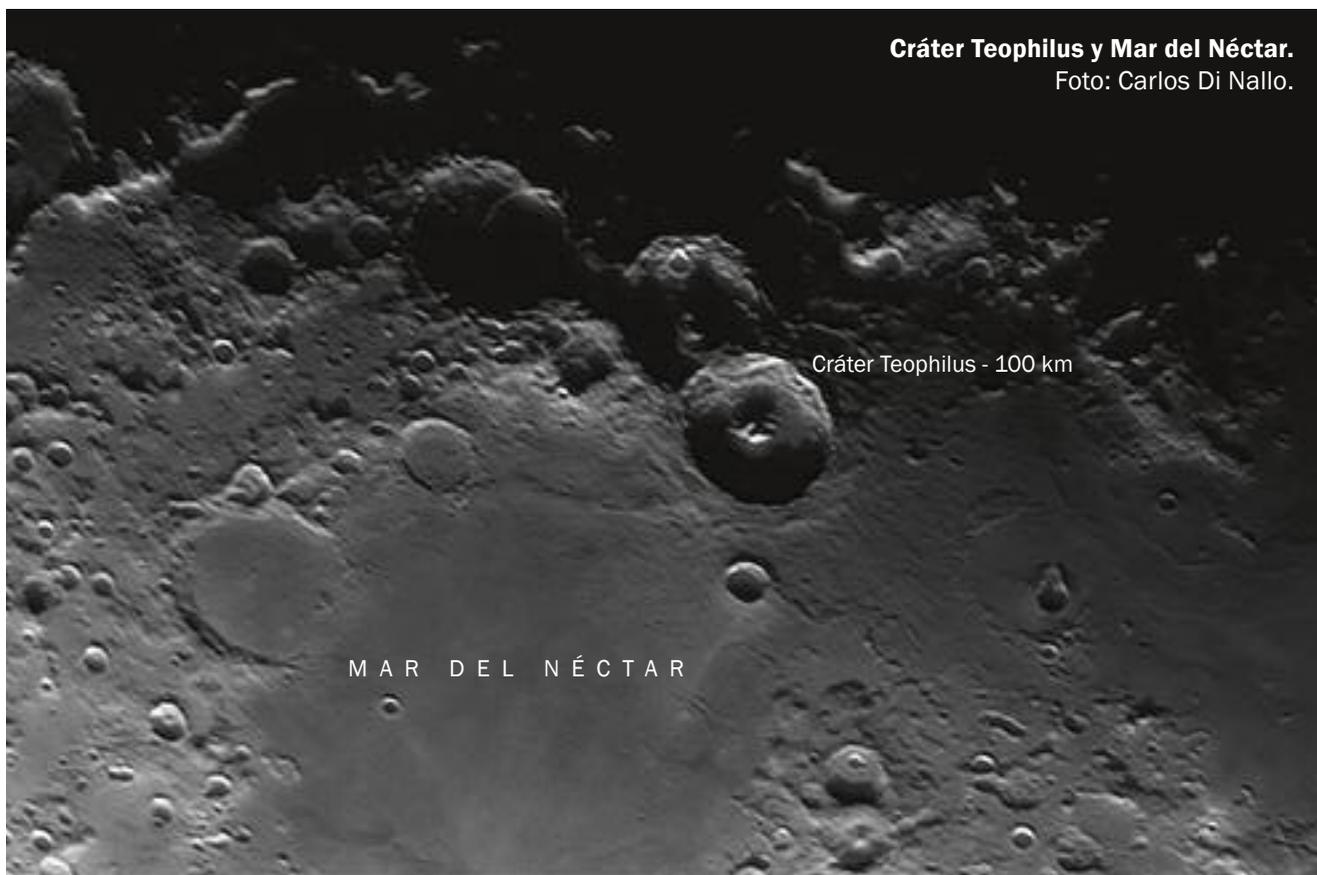


NGC 2024,  
la nebulosa de la  
Flama en la conste-  
lación de Orión. La  
estrella brillante es  
Alnitak, una de las  
Tres Marías.  
Foto: Ezequiel  
Bellocchio.



**Gran nebulosa de Carina.**  
Foto: Ignacio Díaz Bobillo.

**Cráter Teophilus y Mar del Néctar.**  
Foto: Carlos Di Nallo.



**Nubes de Magallanes.**  
Foto: Andrea Anfossi.





**IC 2118, nebulosa Cabeza de Bruja.**

Foto: Ezequiel Bellocchio, Alejandro Tombolini, Daniel Verschatsse, Adriana Fernández y Leonardo Julio.



**CITROËN**



AudioStar DS 102

UNA NUEVA FORMA DE MIRAR AL CIELO  
Vivi una experiencia distinta.

EL MAYOR SHOW ROOM DE BINOCULARES Y TELESCOPIOS  
ASTRONOMICOS, TERRESTRES Y SOLARES A SU ALCANCE.

**VENGA A VERLOS EN ACCION !**

Y DISFRUTE DE NUESTRO ASESORAMIENTO PROFESIONAL

Disponibles linea completa de accesorios, oculares, filtros, adaptadores fotograficos, duplicadores de potencia, prismas y lasers.



OPTICA-FOTOGRAFIA-VIDEO  
**cosentino**

AV. PTE. R. SAENZ PENA 736 (11) 4328-9120  
ECHEVERRIA 2484 (11) 4781-6622

[www.cosentinostore.com.ar](http://www.cosentinostore.com.ar)



[www.fundacion Siemens.com.ar](http://www.fundacion Siemens.com.ar)

## Fundación Siemens reafirma su compromiso social

Corporate Sustainability.

La Fundación Siemens Argentina acompaña al Planetario Galileo Galilei en su fase de renovación tecnológica; reafirmando así su compromiso social para promover el desarrollo humano integral. La Fundación Siemens tiene como objetivo impulsar la mejora de la calidad de vida de nuestras comunidades,

haciendo principal hincapié en la formación de las nuevas generaciones a través de sus programas Educación & Movilidad social, Servicios básicos & Estructuras sociales / "Encourage", Identidades culturales & Arte y Medio ambiente.