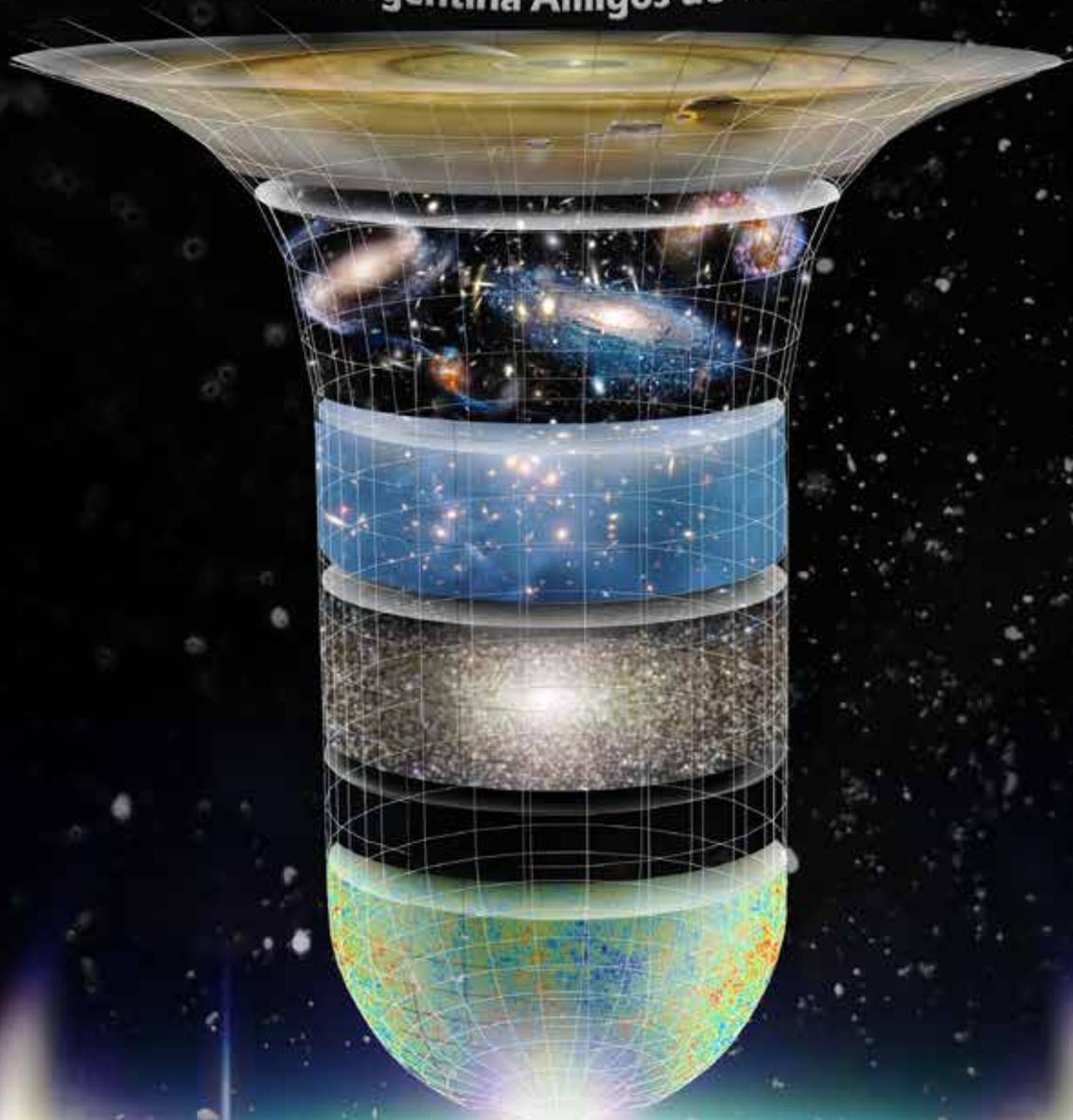


REVISTA ASTRONÓMICA



Año 86 Número 281 Mayo de 2014
Asociación Argentina Amigos de la Astronomía



EL
BIG
BANG

(© "EL GRAN PUM")



El eclipse de Luna del 15 de abril de 2014 - fotografía por Alejandro Blain



EDITORIAL

Hace unas semanas estaba de docente con un grupo de estudiantes en Quiroga y sin internet cuando me llamó Inés (que había vuelto de CASLEO) para contarme la noticia: un grupo de investigadores había detectado el modo B de polarización... lo que confirmaba las predicciones de la teoría inflacionaria del Big Bang. Dicho de otro modo ¡el Big Bang está confirmado! Y por primera vez en mucho tiempo sentí que somos polvo de estrellas.

Si bien mi exclamación no es del todo cierta (más que haberse confirmado el Big Bang, se ha ganado seguridad en el modelo y es posible explicar hasta más atrás en el tiempo), creo que es el hecho científico más importante que haya ocurrido durante mi vida y agradezco a todos los que ayudaron a poder plasmarlo en esta revista. Contamos con un interesante artículo del Dr. Bengochea acompañado de una historieta de PHD Comics de los doctores Jorge Cham y Jon Kaufman (perteneciente al grupo de investigación de BICEP2). No dejen de visitar www.phdcomics.com, www.caifa.com.ar ni www.facebook.com/ParalajeCientifico

Más cerca de nosotros, en el planeta rojo, mientras el Curiosity sigue caminando en la superficie (un poco rengo y reculando) se le aproximan dos nuevas sondas espaciales: la estadounidense MAVEN y la india MOM.

Iván Castillo, después de colaborar en los números anteriores de la revista, finalmente nos escribió un artículo, e Inés Simone escribió una reseña de su viaje de campaña en CASLEO. Contamos con la segunda parte del artículo del Dr. Gil-Hutton. Asimismo, a raíz de un seminario de grado de la Universidad de Buenos Aires que se dictó en nuestra Asociación, la estudiante María Marta Do Santos preparó un artículo que compartimos en esta edición y Damián Fernández Beanato se sumó como corrector, mejorando apliamente la calidad de este número.

Sin duda, es un gran momento para los apasionados por la astronomía. Hace unas semanas nos juntamos para ver Gravity en el cine y ahora esperamos todas las semanas para ver el nuevo episodio de Cosmos. Los socios del grupo de óptica y fotografía se escapan al campo todos los fines de semana que hay Luna nueva, otro grupo está desarrollando un telescopio robotizado para uso remoto, Jorge instaló ya dos cámaras para detección de bólidos y yo, después de demasiado tiempo, estoy por terminar mi telescopio. Todo esto mientras que los encargados de observatorio, visitas guiadas, radioastronomía y cursos no paran de trabajar.

Invitamos a todos los socios, profesionales y entusiastas de la astronomía a que se nos unan y ayuden, ya sea escribiendo artículos o enviándonos fotografías. No duden en escribirnos a revistaastronomica@gmail.com por cualquier duda o hablarnos en la Asociación. Desde Revista Astronómica, estamos comprometidos a seguir mejorando ésta, que es la revista de todos los Amigos de la Astronomía.

Nahuel M. Srnc

Órgano de la **Asociación Argentina "Amigos de la Astronomía"**.

Entidad sin fines de lucro con personería jurídica por decreto Mayo 12 de 1937, inscripta con el número c/1812. Incluida en el Registro Nacional de Entidades de Bien Público con el número 6124.

REVISTA ASTRONÓMICA es propiedad de la Asociación Argentina Amigos de la Astronomía.

REVISTA ASTRONÓMICA es marca registrada de la A.A.A.A.

Av. Patricias Argentinas 550. (C1405BWS)

Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina.

e-mail: revistaastronomica@gmail.com

TEL: (0054 011) 4863-3366

Sitio web: <http://www.amigosdelaastronomia.org>

TELESCOPIO REMOTO

Artemio Luis Fava



4

TIERRA A LA VISTA...

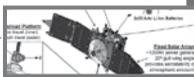
Iván David Castillo



5

MAVEN - NASA

María Agustina Gangemi



7

DAMAS DEL CIELO

María Marta Do Santos



11

EN EL CASLEO DE CAMPAÑA

Inés Simone



17

ZOOLOGÍA GALÁCTICA

Mgter. Ezequiel Koile



19

LA INFLACIÓN CÓSMICA

Dr. Jon Kaufman y Dr. Jorge Cham



22

ECOS DEL NACIMIENTO...

Dr. Gabriel R. Bengochea



24

FORMACIÓN PLANETARIA

Dra. M. Gabriela Parisi



28

OBJETOS CERCANOS A LA TIERRA

Dr. Ricardo Gil-Hutton



35

GUÍA DE LAS CONSTELACIONES: CETUS

Yasmin Olivera y Mónica Williman



40

FUNDADOR Carlos Cardalda

DIRECTOR PERIODÍSTICO
Y DIAGRAMADOR

Nahuel Matías Srnc

SECRETARIOS DE REDACCIÓN
Y EDITORES

Ezequiel Koile
Inés Simone

REDACTORES DE ESTA EDICIÓN

Artemio Luis Fava
Gabriel Bengochea
Iván David Castillo
M. Agustina Gangemi
Mónica Williman
Ricardo Gil Hutton

Ezequiel Koile
Inés Simone
M. Gabriela Parisi
María Marta Do Santos
Nahuel M. Srnc
Yasmin Olivera

CORRECTORES

Damián Fernández Beanato
Ezequiel Koile
Inés Simone
Iván Castillo

Comisión Directiva de la A.A.A.A.:

Presidente: Marcelo Frontalini

Vicepresidente: Claudio Pietrasanta

Secretaria: Mónica Williman

Pro-secretaria: Marcela Dorfman

Tesorero: Carlos Angueira Vázquez

Pro-tesorera: Monica Konishi

Vocales Titulares: Ezequiel Koile, Claudio Lazar, Gabriel Bricetto, Pablo Cirielli, Hector Celano y Hernan Socolovsky.

Vocales Suplentes: Inés Simone, Nahuel M. Srnc y Jorge Weselka

UN TELESCOPIO REMOTO EN L.A.A.A.A.

PROTOTIPO VCT-AAAA PARA OPERACIÓN REMOTA.

Por Artemio Luis Fava, A.A.A.A.



A mediados de 2013, Alejandro Blain y Martín Monteverde me invitaron a participar del proyecto de la A.A.A.A. para el diseño y construcción de un telescopio robótico compacto, que se pudiera operar en forma remota a través de internet, con el objetivo de instalarlo en algún momento en el Complejo Astronómico El Leoncito de la provincia de San Juan y operarlo desde Buenos Aires.

No dudé un segundo en aceptar la propuesta y me metí de cabeza a trabajar en el asunto. Tal fue el entusiasmo que no pasaron ni dos meses desde que rescatamos algunas coronas, sinfines y motores en desuso del sótano de la asociación; hasta que el prototipo estuvo operativo.

La inversión fue mínima. Más allá de la compra de los rodamientos para los ejes, el resto se construyó casi totalmente con material reciclado, donado o prestado. La óptica (lente de un retroproyector) fue provista por Ricardo Gil-Hutton y el motorreductor para el enfocador aportado por Marcelo Frontalini.

El resultado fue un telescopio de horquilla construido con caños estructurales de hierro soldados, capaz de portar una cámara DSLR con teleobjetivo de 350mm de distancia focal y 100mm de diámetro.

El hardware, también realizado con plaquetas recicla-

das, está basado en microcontroladores PIC. El firmware y el software de control se desarrollaron específicamente para llevar a cabo las siguientes funciones: movimientos de los ejes a diferentes velocidades, *go-to* por coordenadas celestes, control de foco, *parking*, apertura y cierre de la cúpula, control de desempañador, control de luces para *darks* y *flats*, y funciones adicionales como alarmas y otros controles o sensores que pudieran ser necesarios en ampliaciones futuras.

Todo el conjunto se controla desde una PC conectada al telescopio vía puerto serie (o USB con adaptador USB-RS232), que a su vez puede ser controlada a través de internet desde otra PC o un *smartphone*.

Finalmente, un agradecimiento especial para quienes colaboraron en la construcción mecánica, de izquierda a derecha: Agustín Riedel, Pío Vidaurre, Artemio Fava, Osvaldo Savid, Alberto Vicente y tomando la foto José Fernández.



TIERRA A LA VISTA...

Por Iván David Castillo, A.A.A.A.

Kepler 186-f es el *Nuevo Mundo* avistado por el telescopio espacial Kepler de la NASA, nuestro moderno Rodrigo de Triana. Un nuevo mundo en el que existe la posibilidad de encontrar una atmósfera capaz de contener agua en estado líquido.

Ubicado a 492 años luz de distancia en la constelación del Cisne, el sistema estelar que alberga a este planeta se encuentra regido por la estrella Kepler 186, un astro que tiene casi la mitad del radio de nuestro Sol, y que contiene a su vez otros 4 planetas localizados hacia el interior de la órbita de su planeta más externo, Kepler 186-f.

El *Nuevo Mundo* es descubierto a 492 años luz de distancia de nosotros... y como el *Viejo Mundo* hacia la madrugada de un 12 de Octubre de 1492... aún ignoramos la magnitud y relevancia de lo que sobrevendrá a este acontecimiento. ¿Habrá otras Tierras habitadas hacia el oeste, perdón, quise decir, allí arriba esperando ser descubiertas? La respuesta pareciera ir encallando lentamente en las playas de la certidumbre...

Ciertamente, mirar hacia el pasado para no repetir los mismos errores suele ser una tarea sensata para todo atinado entendimiento. Y aunque en todo pasado nos reconocemos partícipes de la historia que nos ubica en el presente, hay un pasado del que somos meros espectadores. Ese pasado es el del propio cielo estrellado... Eso que estamos observando allí arriba es siempre algo que sucedió y en lo que nosotros no participamos más que como elocuentes (permítaseme) intérpretes. La luz que nos llega a nosotros desde las estrellas es el relato escrito del Cosmos que nos invita, como humanidad, a progresar con su lectura.

Fue de esta manera, con la variación de la luminosidad de la estrella Kepler 186, que los astrónomos fueron desentrañando la trama en la que se balanceaban sus 5 planetas. Para este tipo de detección fue utilizado el llamado método por tránsito, que consiste en observar fotométricamente la variación periódica en la luminosidad de una estrella cuando un planeta transita por delante de ella.

Los cuatro planetas interiores a la órbita de Kepler

186-f no ofrecieron esperanza alguna de contener agua en estado líquido. Son mundos pequeños, rocosos, con órbitas muy cercanas a su estrella (con períodos de entre 4 y 22 días aproximadamente), y por lo tanto muy calientes. Así que lo mejor sería redirigir nuevamente nuestras velas e impulsados por el viento estelar de aquel astro, tan intrigante como lejano, continuar con nuestro relato.

Las estrellas y las aguas fueron las que nos trajeron a este *Nuevo Mundo*. Guiados y movilizados por ellas fuimos capaces de sacudir estruendosamente el yugo de la conciencia aletargada del *Viejo Mundo*, y henos aquí, ahora, siendo inspirados por las mismas musas en la búsqueda del conocimiento, y en la conquista de lejanas e inexploradas playas.

EL TAMAÑO IMPORTA... RELATIVAMENTE

En primer lugar habría que aclarar por qué se cree que Kepler 186-f es un planeta rocoso. Si bien la astrofotometría no les permite a los astrónomos observar la composición de los planetas que orbitan alrededor de la estrella mencionada, mediante modelos teóricos de evolución planetaria, sí pueden predecir que los mundos con radios menores a 1,5 radios terrestres tienden a no tener una atmósfera de H/He (Hidrógeno/Helio). Ahora bien, se ha podido determinar que el tamaño de este nuevo planeta descubierto es tan sólo un 10% mayor que el de nuestra Tierra. Con lo cual aunque no se pueda asegurar tajantemente que no existe una fina capa de H/He en su atmósfera, lo más probable es que si en algún momento la hubo la misma fue víctima de la fotoevaporación durante los primeros fulgores de vida de la estrella.

Estrella que, señalemos, pertenece al tipo de estrellas (con masas entre las 0,1 y 0,5 masas solares) que conforman las $\frac{3}{4}$ partes del conglomerado estelar de nuestra galaxia... Vaya dato que nos llena de esperanzas por las altas implicancias que asume. Las estrellas enanas tipo M, como Kepler 186, son el principal objetivo en la búsqueda de mundos habitables, debido a que al ser de menor tamaño (Kepler 186 cuenta con un radio aproximado al 47% del radio de nuestro astro), y menos calientes (la temperatura de su superficie apenas llega a los 3790 K

mientras que la de nuestra estrella es de 6000 K), son menos luminosas, volviéndose mucho más fácil la detección de mundos que las transiten.

Uniendo y comparando de esta manera los tamaños relativos de planeta y estrella iremos comprendiendo a qué se debe la posibilidad de encontrar agua en estado líquido sobre la superficie de Kepler 186-f. Para un planeta del tamaño de Kepler 186-f, por la proximidad a la que orbita una estrella tipo M como la suya, se torna muy difícil poder acretar y retener agua debido a las altas temperaturas a las que se encuentra expuesto. Aún así esta dificultad se ve notablemente reducida cuando observamos dos características muy importantes que lo identifican: primero, que la intensidad de luz estelar que le llega a la superficie por parte de la estrella (insolación) es pequeña, consta solamente de un 30% de la que nos llega a nosotros desde el Sol, y segundo, este planeta se ubica en la porción exterior de la, en estos tiempos tan famosa, *zona de habitabilidad*.

AGUA QUE NO HAS DE EVAPORAR O CONGELAR...

Nuestro nuevo mundo se encuentra a 0,36 UA¹ de su estrella, como adelantamos en el apartado anterior, casi llegando al borde exterior de lo que los astrónomos denominan la *zona de habitabilidad*, comprendida en este caso entre las 0,22 UA y las 0,40 UA.

La zona de habitabilidad designa a la región alrededor de una estrella en la que, en los mundos que las orbitan, se podría encontrar agua en estado líquido. Debido al calor irradiado por la estrella, estando más cerca el agua del planeta se evaporaría y estando más lejos se congelaría. Por lo que se deduce necesariamente que esta estimación es relativa a las características propias de la luminosidad de la estrella dada. En nuestro caso en particular, por ejemplo, la zona de habitabilidad abarca no sólo la órbita de la Tierra, sino también la de Marte.

A su vez, al tener Kepler 186-f un período de traslación suficientemente largo, de aproximadamente 129 días, sumó a sus características una muy importante en lo que respecta a ser susceptible de poseer agua en estado

líquido: y es la rotación del mismo sobre su propio eje. Al no ser afectado por el efecto de anclaje por marea², cosa que sucede por ejemplo con nuestra Luna (y por lo cual siempre vemos la misma cara), esta rotación haría más probable la existencia de agua líquida sobre su superficie.

ENCALLANDO...

Nos encontramos ahora ante un nuevo mundo, similar en algunos aspectos al viejo, pero muy diferente en muchos otros. El océano ha quedado atrás. Inevitablemente un vasto camino nos separa de aquella azulada mota de polvo a la que creíamos única, solitaria, especial...

Ahora sabemos que hay otros mundos, orbitando otras estrellas, en los que la posibilidad de sostener agua en estado líquido en sus atmósferas es prácticamente un hecho. Y tal vez para muchos de aquellos navegantes, lejanos en el tiempo (o tal vez no tanto), la Tierra deja de ser plana de repente.

Existe una característica, que hemos omitido hasta este momento, que refiere a la longevidad de las estrellas enanas tipo M, como Kepler 186. Dentro de lo que podemos encontrar en la vasta fauna estelar de nuestra galaxia, las estrellas de este tipo tienen una muy lenta *evolución* en su luminosidad durante sus prolongadas existencias. Esta paciente característica les brinda la posibilidad a las diferentes zonas de habitabilidad de cada una de ellas a permanecer, en algún punto, *constantes por miles de millones de años...*

Nuevamente, volvemos a proyectar en los espacios nuestras más profundas inquietudes: ¿Estamos solos en el Universo? Acaso pareciera que este enorme vacío, este inquebrantable silencio, fuera por momentos imposible de superar... hasta que de repente, una voz rompe ese silencio, y el vacío se convierte en poco más que la sombra de un mal sueño... "Tierra a la vista" se escucha, y en los ecos de la posteridad ese grito continúa anunciando una tarea infinita: el descubrimiento de nuevos y lejanos mundos.

BIBLIOGRAFÍA

-An Earth-Sized Planet in the Habitable Zone of a Cool Star, Elisa V. Quintana et al. DOI: 10.1126/science.1249403 Science 344, 277 (2014).

¹Una UA (Unidad Astronómica) es igual a la distancia que existe entre la Tierra y el Sol : unos 150 millones de kilómetros.

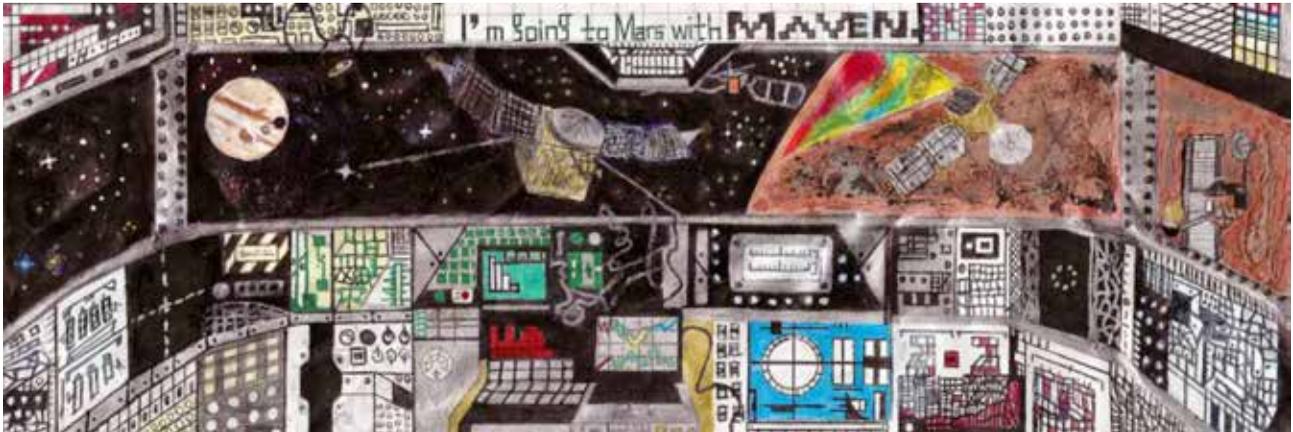
² Es probable que los otros cuatro planetas interiores de Kepler 186 sí posean una rotación sincronizada con su traslación. Esto, si bien no está descartado, es mucho menos probable para Kepler 186-f, dada la distancia a la que se encuentra de su estrella.



MAVEN, LA MÁQUINA "AREOMETEOROLÓGICA"

LA SONDA NÚMERO 10 DE LA NASA QUE ORBITARÁ MARTE, EXPLORARÁ UNA PARTE QUE NINGUNA OTRA NAVE INVESTIGÓ...

Por María Agustina Gangemi, A.A.A.A.



MAVEN (Mars Atmosphere and Volatile EvolutioN) es la primera nave que investigará profundamente la estructura y composición de la atmósfera superior de Marte, cómo se produce el escape de los gases que componen su ionósfera al espacio exterior por el impulso del viento solar y la radiación cósmica, la frecuencia con la que se produce esta fuga de gases, y su evolución (cómo interaccionó Marte con el espacio exterior desde el punto de vista atmosférico, a través del tiempo).

La actual atmósfera marciana está compuesta casi en su totalidad de dióxido de carbono, posee el 1% del grosor atmosférico terráqueo y la temperatura promedio en la superficie es de aproximadamente -50° Celsius. Sin embargo, evidencias sugieren que éste no fue siempre el caso. Descubrimientos de misiones anteriores muestran un Marte que una vez (hace 4000 millones de años) fue un lugar cálido, húmedo y activo, con explosiones volcánicas, actividad hidrotermal y géiseres de vapor. Un mundo que podía albergar vida. Su atmósfera era densa, pero para poder mantener a un planeta en ese estado tenía que existir un campo magnético. Marte lo tuvo, pero al perder su calor interno, ya que era un planeta pequeño y carecía de un gran satélite (como la Luna de la Tierra) que lo protegiera del Intenso Bombardeo Tardío, fue perdiendo lentamente su magnetósfera. Como resultado, el Sol barrió el 90% de su atmósfera, dando lugar al escape de elementos volátiles de su superficie. Las pruebas nos indican que un

porcentaje del agua y del dióxido de carbono, abundantes en el Marte primitivo, se perdió en el Cosmos, y otro, penetró en la corteza marciana produciendo minerales. Pero no sabemos de la importancia comparativa con la que se produjeron ambos procesos. Para ello, la sonda espacial MAVEN averiguará cuán importante fue la pérdida, en su evolución histórica, de agua y dióxido de carbono hacia el espacio. Los científicos, mediante MAVEN, tratarán de comprender por qué el clima marciano, que era cálido y húmedo, se convirtió en un clima frío y seco.

¿Para qué MAVEN abordará estas cuestiones? Para solucionar el misterio de la historia climática marciana, un punto clave a la hora de estudiar su potencial de habitabilidad. O sea, al explorar cómo desaparecieron los océanos marcianos, y otros compuestos volátiles, mediante el estudio de la evolución atmosférica a través del tiempo, MAVEN determinará si los microorganismos pudieron haber sobrevivido en el pasado, un objetivo muy importante para el Programa de Exploración de Marte de la NASA.

BREVE CRONOLOGÍA

El lunes 18 de noviembre de 2013 se realizó su lanzamiento con el cohete Atlas V 401 serie AV-038, en el Complejo 41 de la Estación de la Fuerza Aérea de Cabo Cañaveral. Se ejecutó en 2 fases:

- Etapa 1: el cohete despegó satisfactoriamente con oxígeno líquido y queroseno refinado.
- Etapa 2 Superior Centauro: se dio 50 minutos

La ilustración superior es la obra 175 (hecha por María, una nena argentina de 13 años de edad) escaneada y puesta en el DVD a bordo de la sonda espacial MAVEN. Mientras escribo esto, este dibujo bonaerense está viajando.

más tarde cuando ya había llegado al Espacio, utilizando un motor criogénico (hidrógeno líquido + oxígeno líquido). Posteriormente, se dividió el PLF (dentro de él está MAVEN) en 2 y MAVEN se desconectó del Centauro, iniciando con éxito su bella odisea hacia el Planeta Rojo¹.

Una vez recorridos 712 millones de kilómetros, el 21 de septiembre de 2014, se realizará el inicio de su inserción en órbita alrededor de Marte. Encenderá sus 6 motores principales de hidracina MR-107N (la ignición durará 38 minutos) y finalizará su odisea con su captura en órbita (quedará atrapada por la gravedad marciana). Su primera órbita será de 35 horas, y estará a 590 kilómetros de Marte².

Cinco meses después de llegar a Marte, alcanzará su órbita de trabajo tras realizar 5 maniobras orbitales. La órbita será altamente elíptica, de 150 kilómetros x 6220 kilómetros. Cumplirá un período de 4 horas con 5 minutos. De esta forma estudiará todo el disco planetario en el ultravioleta y observará la interacción con el viento solar. A lo largo de la misión reducirá su periastro (punto de su órbita elíptica más cercano a Marte) hasta llegar a 125 kilómetros de altura 5 veces (que tendrán una duración

de 20 órbitas), donde tomará muestras de la atmósfera marciana en distintas zonas del planeta.

Finalizada su misión principal (investigación que durará 1 año terrestre) seguirá operativa otros 6 años para, quizás, realizar más hallazgos y retransmitir, a las antenas terrestres de la Red Espacio Profundo, datos provenientes de las antenas de ultra alta frecuencia de los robots, Curiosity y Opportunity, en la superficie marciana. Cuando no puedan transmitir directamente a la Tierra porque no alcanzan el ángulo necesario (al estar muy por debajo del horizonte), contarán con el sistema UHF Electra con el que MAVEN se encuentra equipada.

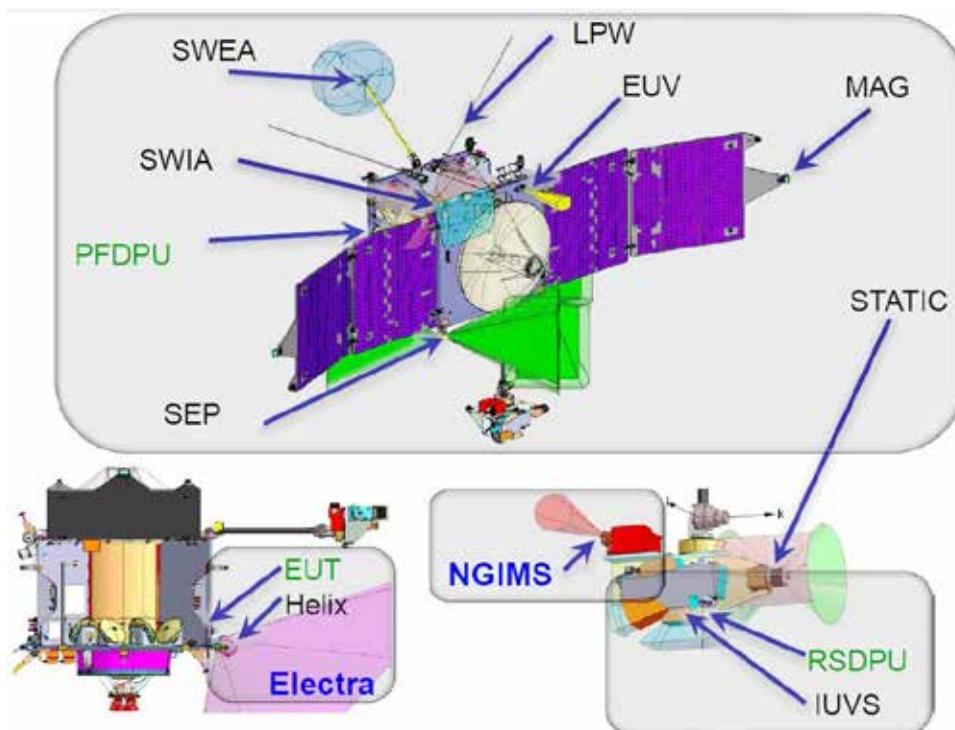
Luego de una década, la órbita de MAVEN sufrirá un deterioro natural ya que sus motores carecerán de combustible para el control de altitud. De modo que la cosmonave entrará en la atmósfera y, en gran parte, se desintegrará, mientras que el resto reposará en la superficie marciana como meteorito artificial.

INSTRUMENTOS

STATIC (Composición Supratérmica y Térmica Iónica): medirá la composición y velocidad de los iones de alta energía a varias altitudes, estudiará cuántos electron-voltios (unidades de energía que representan la energía cinética que adquiere un electrón cuando es acelerado por una diferencia de potencial de 1 voltio) son arrastrados por el viento solar, y caracterizará a los iones que se

¹ Puede verse un video del despegue en https://www.youtube.com/watch?v=rh_nyFlwPy0&feature=c4-overview-vl&list=PL5318393AA88517F0.

² El 21 de septiembre de 2014 podrá verse la llegada de MAVEN al Planeta Rojo en vivo desde <http://www.nasa.gov/multimedia/nasatv/index.html#Ux9ofPI5NKV>



escapan de la atmósfera marciana.

SEP (Partículas Energéticas Solares): encargado de medir la energía de los iones de hidrógeno y helio que emite el Sol durante las fulguraciones y las eyecciones de masa coronal. El instrumento operará continuamente y obtendrá 10 mediciones por segundo de los iones más energéticos del viento solar. SEP será sensible a iones con energías de 25 kiloelectronvoltios a 12 megaelectronvoltios y a electrones de 25 kiloelectronvoltios a 1 megaelectronvoltios.

SWIA (Analizador de Iones del Viento Solar): medirá la temperatura, densidad y velocidad de los iones del viento solar, tanto en el medio interplanetario como al ionizarse en el encuentro con la exósfera marciana, y también, cómo son acelerados estos nuevos iones en los campos electro-magnéticos que rodean a Marte.

SWEA (Analizador de Electrones del Viento Solar): medirá el flujo de electrones del viento solar y de la ionósfera (con una energía de 5 electronvoltios a 4,6 kiloelectronvoltios) capaces de ionizar los átomos neutros de la atmósfera marciana. Será capaz de realizar una medición cada 2 segundos.

Conjunto LPW / EUV: los 2 sensores LPW estudiarán la distribución y densidad de la ionósfera marciana, además de medir la temperatura de los electrones de la misma. El segundo componente del sistema es el monitor EUV, instalado para observar las emisiones, en 3 bandas distintas del ultravioleta extremo.

MAG (magnetómetros): consiste en 2 sensores que medirán el campo magnético alrededor de Marte, lo que ayudará a entender mejor los resultados de los instrumentos SWEA y LPW. Aunque Marte carece en la actualidad de un campo magnético global como la Tierra, MAG ayudará a entender mejor la distribución del campo magnético residual que existe en ciertas zonas de la corteza del planeta. Están situados en los extremos de los paneles fotovoltaicos para reducir el contacto con el campo magnético de la misma nave, y así evitar confusiones.

NGIMS (Espectrómetro de Masas para Gas Neutral e Iónico): para medir la composición de gases neutros e iones de la alta atmósfera marciana. Será vital para determinar las proporciones isotópicas de los elementos y entender el ritmo de escape al Cosmos de la atmósfera de Marte en el pasado. Este instrumento funcionará solamente 12 minutos antes y después del paso de la sonda

por el periastro, para entonces poder tomar muestras atmosféricas y analizarlas.

IUVS (Espectrómetro de Imágenes Ultravioletas): este espectroscopio observará la atmósfera en el ultravioleta para determinar su composición. A medida que la nave orbita el planeta, la atmósfera oculta las estrellas de fondo, absorbiendo su luz. IUVS determinará la cantidad absorbida para saber cuál es la concentración de dióxido de carbono, oxígeno, ozono, y otros gases atmosféricos.

NAVEGACIÓN

Control de posición: posee 2 sensores solares para que, en caso de que la cosmonave esté en modo seguro, “sepa” hacia dónde dirigir los paneles fotovoltaicos. También posee 2 visores estelares para orientarse en dónde está, para apuntar las antenas hacia la Tierra y para las operaciones analíticas. Proporcionan 10 imágenes por segundo que se comparan con un catálogo de miles de estrellas.

IMU (Unidades de Medida Inercial): consiste en 4 volantes de inercia encargados de aportar a la cosmonave inercia adicional de modo que le permite almacenar energía cinética. Cada volante contiene 3 giróscopos láser que se usan para detectar los movimientos de la nave, y 3 acelerómetros. Datos de los acelerómetros sirven además para medir la densidad atmosférica superior marciana (cuantificando las fuerzas de resistencia aerodinámica que soportará la sonda durante las entradas profundas), al descender a 125 kilómetros de altitud.

PROPULSIÓN

Consiste en 20 propulsores que se dividen en 3 grupos: los 6 motores principales MR-107N, los 6 motores de empuje medio MR-106E, y los 8 propulsores de control de actitud MR-103D. Todos utilizan hidracina:

- **MR-107N:** son los 6 propulsores principales instalados en la base de la nave espacial, tanto para la primera maniobra de corrección de trayectoria e inserción orbital, como para cualquier otra maniobra que requiera un gran delta-v (medida escalar de la cantidad de “esfuerzo” necesario para hacer una maniobra orbital).

- **MR-106E:** son los 6 propulsores que se utilizan para las pequeñas correcciones de trayectoria en la fase de crucero interplanetario, maniobras orbitales de ajuste, y para proporcionar el control de altitud del satélite cuando el motor principal se quema durante la maniobra de inserción.

- MR- 103D: para pequeñas maniobras de control de altitud.

TELECOMUNICACIONES

HGA (Antenas de Alta Ganancia): poseen 2 metros de diámetro. Funcionan en la banda X (región de las microondas, entre 7 y 12 gigahercios, que es usada para radar, comunicaciones por satélite, y radioafición) y poseen una capacidad de envío de 550 kilobytes por segundo.

LGA (Antenas de Baja Ganancia): son 2. Funcionan a banda X en potencias de 7 a 8 gigahercios.

ENERGÍA

Los paneles fotovoltaicos producen desde 1150 a 1700 vatios. Cuando la sonda se sumerja en la atmósfera marciana para tomar muestras, las celdas fotovoltaicas correrían peligro si la estructura de los paneles fuese llana. Para evitarlo, están inclinados hacia adelante 20°, de modo que mejorará la aerodinámica del vehículo. Las baterías son de iones de litio de 55 amperios-hora.

³ Misiones dirigidas a mundos que pueden o pudieron ser favorables para la vida, por lo que no deben ser contaminados con bacterias terrestres, ya que podrían prestar a confusión los resultados de futuras investigaciones

ACLARACIONES

La masa de MAVEN es de 2454 kilogramos, y sus dimensiones son de 2 metros y 29 centímetros de envergadura, 3 metros y 47 centímetros de altura, y 11 metros y 43 centímetros de longitud (con los paneles fotovoltaicos desplegados).

MAVEN no brindará fotos en radiación visible del espectro electromagnético, sino sólo ultravioletas.

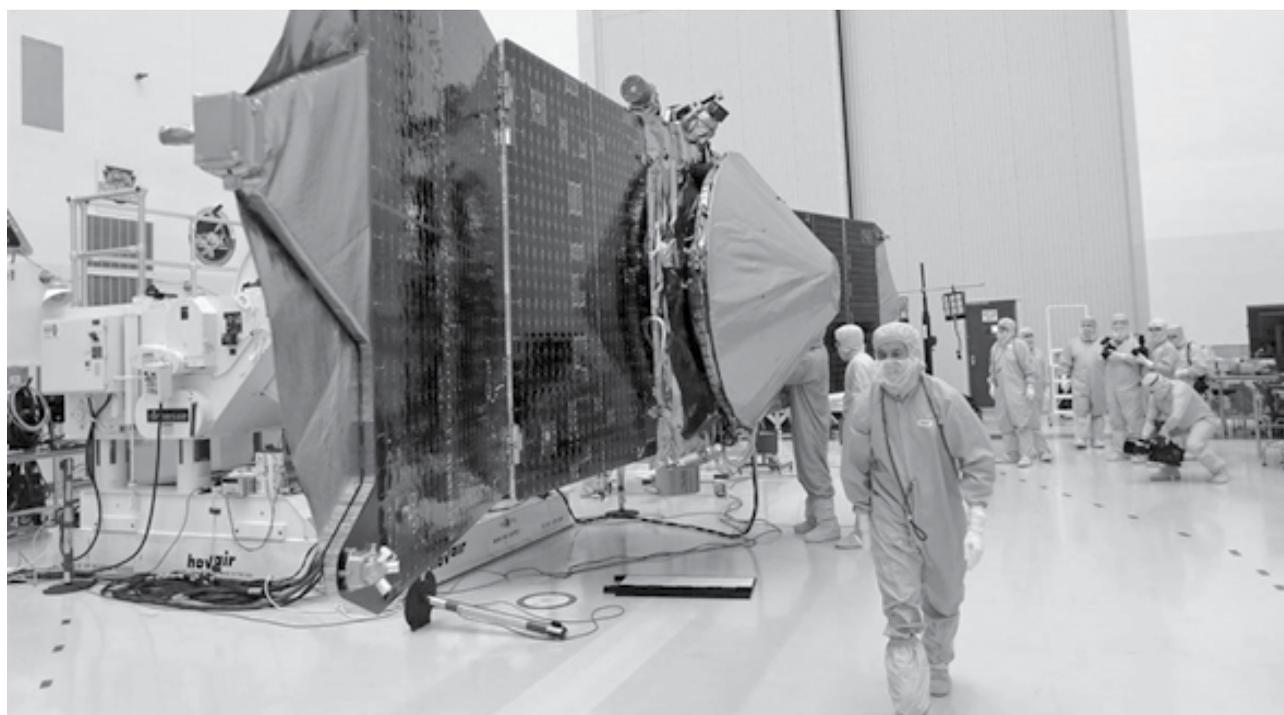
MAVEN está equipada con una central de procesamiento RAD 750, que es una computadora de una sola tarjeta. El sistema informático puede soportar dosis de radiación que son un millón de veces más extremas que las fatales para los humanos.

En cumplimiento con las normas de protección planetaria, al ser una sonda de categoría III³, se la ha esterilizado de modo que no lleve más de medio millón de esporas bacterianas terrestres al realizar su incursión dentro de la atmósfera del Planeta Rojo. Gran porcentaje del resto de los microorganismos será eliminado por la radiación cósmica y solar, y el resto será suprimido cuando la nave se desintegre en la atmósfera, finalizada su misión.

El costo de la misión fue de U\$S 671.000.000.

Referencias:

www.spaceflight101.com/maven.html
www.lasp.colorado.edu/home/maven



DAMAS DEL CIELO

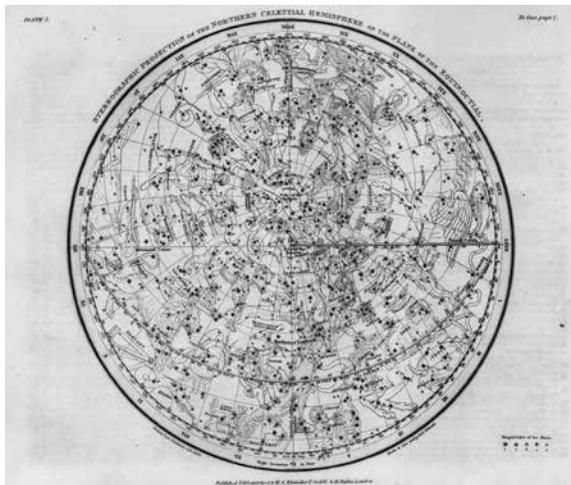
EL DESPLAZAMIENTO DEL CINTURÓN ZODIACAL. DIBUJOS PUNTEADOS EN LA BÓVEDA CELESTE A TRAVÉS DE LOS OJOS DE OCCIDENTE.

Por María Marta Do Santos, estudiante de Lic. en Filosofía, UBA.

¿Bajo qué signo estamos hoy? Si se pretende esta información desde el horóscopo de un diario o revista de actualidad no científica especializada... dicha información podría estar ligeramente desplazada, con lo cual, si el lector cree haber nacido bajo un signo determinado, pues no, lo más probable es que haya nacido bajo el anterior.

¿Y esto por qué es así? Porque el orden que desde siempre ha intentado el hombre proyectar al cosmos es... ¿Demasiado complicado? Tal vez, o tal vez sencillamente demasiado fascinante para permitirles a estos seres diminutos que observan desde un punto insignificante asir semejante grandeza sin esfuerzo, porque lo fácil no mantiene el interés, y el cielo consigue hacerlo, consigue a cada instante, en la calma de las noches estrelladas y el furor de las tempestades destempladas, hacernos sentir indefensos y a la vez intrépidos, siempre somos niños al mirar hacia los cielos, niños que juegan a ordenar el mundo, un mundo de atractivo caos que nos sobrecoge, pero que incansablemente pretendemos domeñar con nuevos cálculos, nuevas teorías, viejos anhelos y aún más viejos y muy legítimos intereses ligados a preservar la vida, esta vida nuestra, privilegio de un planeta perdido en el inmenso océano espacial en que bien podríamos estar muy solos ¿Lo estaremos? ¿Habrá vida en algún otro lugar? De haberla, ¿cómo será? ¿Serán las mismas preguntas que se hacían los marinos al aventurarse por el ancho mar apenas 1000 ó 2000 años atrás? Apenas, sí, porque en escala cósmica es poco tiempo, aunque hablar de tiempo es otro concepto difícil, tanto como interesante. Pero volviendo a los marinos, esos primeros pioneros se lanzaban al mar con poco más que su arrojo, y en ese bagaje de "poco más", contaban con la compañía de las estrellas, con esa escasa regularidad que vislumbraban... bastaba para empezar, para desear ir más allá de la pequeña isla del conocimiento seguro del hogar, el mar proceloso invita al hombre, ¿cómo negarse? El hombre una vez más, ahora y siempre, buscará ir más allá. Está en la esencia del niño curioso, ese niño al que tientan las damas del cielo. Damas que se desplazan... pero a su propio ritmo estelar.

El propósito de este pequeño trabajo de investigación abarca pues, asomarnos a los cielos, de hoy y de ayer, al estrecho vínculo de nuestra cultura occidental con esta



cúpula celeste y esbozar someramente cómo otras culturas, mirando los mismos puntos brillantes, pero desde otra cosmovisión, los han unido en su imaginación originando dibujos diferentes, significados diferentes, y sin embargo, han interpretado, de manera tan inexacta como nosotros, una quietud y regularidad que hoy, con nueva tecnología, debemos reajustar.

ANTIGUOS REGISTROS

Sin temor a equivocarnos podríamos afirmar que el cielo debe haber fascinado al ser humano desde siempre, como afirmamos que es inherente al hombre el interés en comunicarse con otros hombres, sin embargo aunque no podamos rastrear el inicio del habla, tentamos mejor suerte con el inicio de la escritura y en general hay acuerdo en que nace en Sumeria alrededor del IV milenio a.C. y así, con ella, los registros que abrirían la puerta a la historia como disciplina, a lo que podemos sumar la fausta ventura de que estos pioneros hayan elegido para plasmar algunas obras magníficas, materiales que resistieron valientemente el paso del tiempo, de nuevo este concepto esquivo, pero aquí en el uso más cotidiano, el del simple transcurrir que se mide a reloj.

¿Por qué es tan importante partir desde la escritura? Bueno, porque afina mejor la interpretación que podemos dar a las reliquias que se han conservado. En cuneiforme, los sumeros llevaban una prolija contabilidad, pero también tenían leyes y... reyes que gobernaban según los designios de los dioses.

Si bien fueron subyugados por los acadios y reconstruir la escritura requirió la titánica tarea de primero reconstruir desde el hebreo el acadio, lo cierto es que ese pasado lentamente, aún hoy día, se sigue develando, y lo que nos encontramos es a un hombre, un ser como cualquiera de nosotros, con anhelos similares, temores similares, imaginación prodigiosa y que probablemente en noches despejadas, se dejaba enamorar por los mismos cielos. Whitfield (Whitfield: 2001 p. 9-12) no vacila en comenzar por Babilonia, e imágenes que ahorran mil palabras.

El rey era el elegido de los dioses (entre los cuales se cuentan los 7 astros conocidos por la antigüedad) que se manifestaban en los cielos, como vemos en una piedra esculpida en honor a la victoria de Naransim aprox. 2100 a. C. donde se observa al rey, figura central, desproporcionadamente más grande que sus súbditos, su mirada elevada a las estrellas, como mediador entre dioses y hombres, encargado de mantener el orden en sus tierras, se ven detrás las montañas, que delimitan y tras las cuales no tiene ya injerencia (de hecho la palabra "límite" tanto en súmerico como en acadio conservó el mismo carácter de tres picos, son montañas, tras ellas reinaba el desorden, el sinsentido). Volviendo a Whitfield, transcribe un corto texto, de otra fuente, grabado en cuneiforme en el que se observa una curiosa predicción basada en la observación estelar y el comportamiento de los cielos y el clima. Naturalmente, al ir asentándose el hombre en tribus y cultivar la tierra, predecir se imponía. No olvidemos que el más importante imperio de que la humanidad tenga memoria, vecinos cercanos con quienes comerciaban los babilonios, debe su sustento económico, que le permitió acumular riquezas, a la regularidad de un río en torno al cual organizó su economía, el Nilo, el fértil, y sus crecidas relativamente puntuales.

También tuvo que observar el hombre la crecida de las mareas y su relación con la Luna, eran cosas que no solo un marino no podía ignorar, un pescador tampoco, tampoco puede ignorarlas hoy, no es solo placer, no es solo la imagen sobrecogedora de la inmensidad, es, fue y probablemente seguirá siendo, vital para optimizar cosechas, para distribuir el ganado y todo lo pertinente a la economía en general, estar atentos al cielo. Sin embargo, hasta no hace tantos años atrás, lo que hoy se conserva como pasatiempo sin haber logrado el estatus de ciencia, era un arte de un prestigio impresionante. Si los astros influían así en los campos, en los mares, en los ríos... tenían



que influir, se razonaba, también en nosotros, porque eran los dioses los que se manifestaban en la astrología, y los sabios adivinos, los sacerdotes, los astrólogos, (los ummanu, en Babilonia), los que interpretaban esas señales confusas.

¿Qué pasó para que perdieran ese lugar de extremo privilegio? ¿Por qué la ciencia los ha dejado a un lado? Ah, las definiciones. Para que sea ciencia, debe ser falsable y predictiva. Y así el arte y la ciencia se divorcian, y cada uno emprende un competitivo camino de superación de sí. Ahora el método ordena y se ha retornado a una autoridad para decidir sobre cada cosa, es la comunidad científica o la académica la que valida; los dioses, en Occidente, con oscuros sacerdotes que eventualmente se extralimitaron en el uso de sus atributos, miran con nostalgia, ya no creen sus acólitos en su magia, ya no ungen elegidos, no interpretan signos en los cielos que determinen el rumbo de los estados. Pero el imaginario popular aún los conserva. Aun a sabiendas de que la redacción en extremo ambigua del horóscopo nos dejará creer exactamente lo deseado... siguen editándose, hasta nuestros días, en diarios de recia reputación también. Veamos un poco más qué hay detrás, qué veían o creían ver nuestros ancestros, esos que atravesados por su tiempo, pero biológicamente

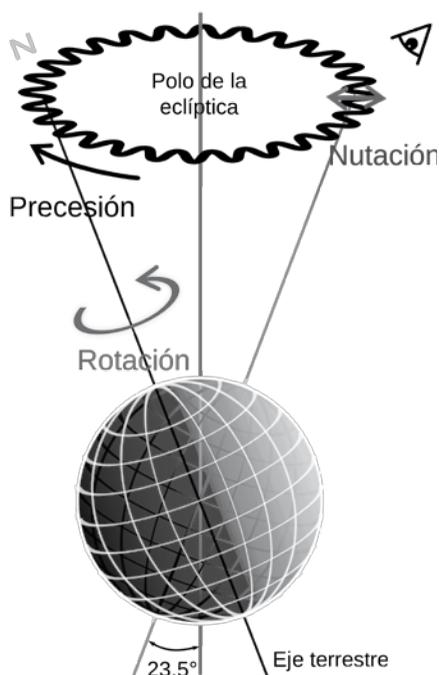
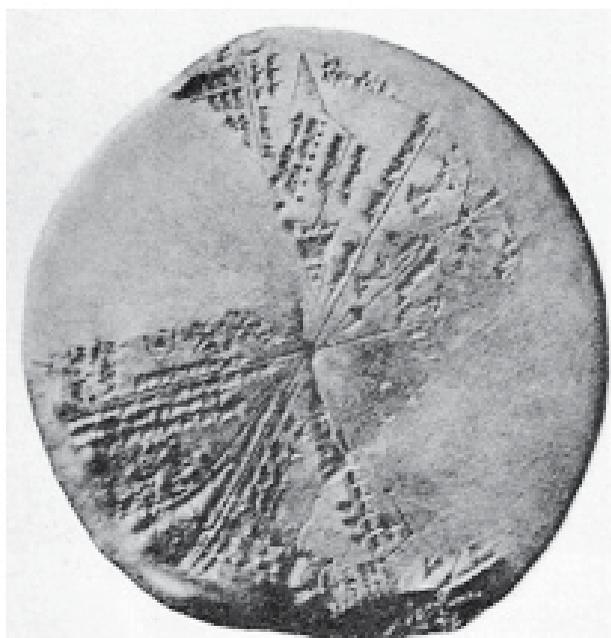
tan idénticos a nosotros, se dejaban guiar por astrólogos.

Siguiendo a Whitfield examinamos un disco bastante conservado, aunque buena parte de su texto se ha perdido. Los griegos llegarán a la conclusión de que el mundo, el universo, tenía que ser esférico, porque era la forma más simple y así la más perfecta. De un círculo a una esfera, se puede decir que la línea de pensamiento no era tan disímil. Pero antes de dejar Babilonia hacia la siempre atractiva Grecia clásica, aun cabe intentar reconstruir (Whitfield: 2001 p. 18-25) la visión del Zodíaco y el horóscopo entre los mesopotámicos, ya que para ellos, los planetas (palabrita griega que significa “errantes”) eran los “dioses de las noches”, y sus movimientos tenían significados que debían ser interpretados por el grupo de expertos que más tarde serían conocidos, hasta nuestros días inclusive, como astrólogos. Volviendo al hallazgo de la roca circular, aunque ciertas partes del texto se hayan perdido, en lo que queda, se puede observar que está dividido en 12 espacios radiales que representan los 12 meses del año, es un calendario que data aproximadamente del 1000 a. C. y que bien podría haber servido de inspiración al mundo griego dado que varias constelaciones de la banda zodiacal, aun bajo otros nombres, conservaron la misma agrupación que les habían dado los antiguos habitantes de la lejana Mesopotamia.

Del griego, la denominación banda zodiacal o cinturón del zodíaco, significa: “el sendero de los animales”, y está comprendido en el ancho que dibuja la eclíptica, que es por donde se desplazan el Sol, la Luna y los planetas,

entre los 23° y medio de latitud sur y los 23° y medio de latitud norte, dividido en doce zonas por las que se van desplazando mes a mes, en un arco de 30° cada una, con una constelación que le da su nombre. Cuando el Sol se encuentra en la línea ecuatorial, decimos que está en uno de los equinoccios, de primavera o de otoño según hacia donde se esté desplazando, si viene hacia el sur, en septiembre, hacia el solsticio de verano, éste, el solsticio de verano, es el momento en el que alcanza su mayor declinación, en diciembre, el día más largo con la noche a su vez más corta en estas latitudes. Predecir estos eventos siempre ha sido de la mayor utilidad, ya se ha mencionado. El caso es que en las fechas de las que venimos hablando, en la antigua Babilonia, esta banda no coincidiría con la de hoy día, debido a la precesión de los equinoccios. Los signos fijados a hoy llevan más de 20 días de desfase, porque se fijaron hará unos 2000 años, cuando ya había diferencias con los babilonios (tenían que ser unos 10 días o poco menos).

La precesión de los equinoccios es de alrededor de 1° cada 70 años y su descubrimiento suele atribuírsele a Hiparco de Nicea (-190 a -120), aunque algunos historiadores sostienen que ya Cidenas, en el 340 a.C. había descubierto este movimiento, y otros sostienen que tales mediciones no habrían sido posibles de ninguna manera. Como sea, el cambio de dirección es producido por la inclinación del eje de la Tierra sobre la eclíptica y la torsión ejercida por la fuerza de las mareas y de la Luna y el Sol sobre la línea ecuatorial.



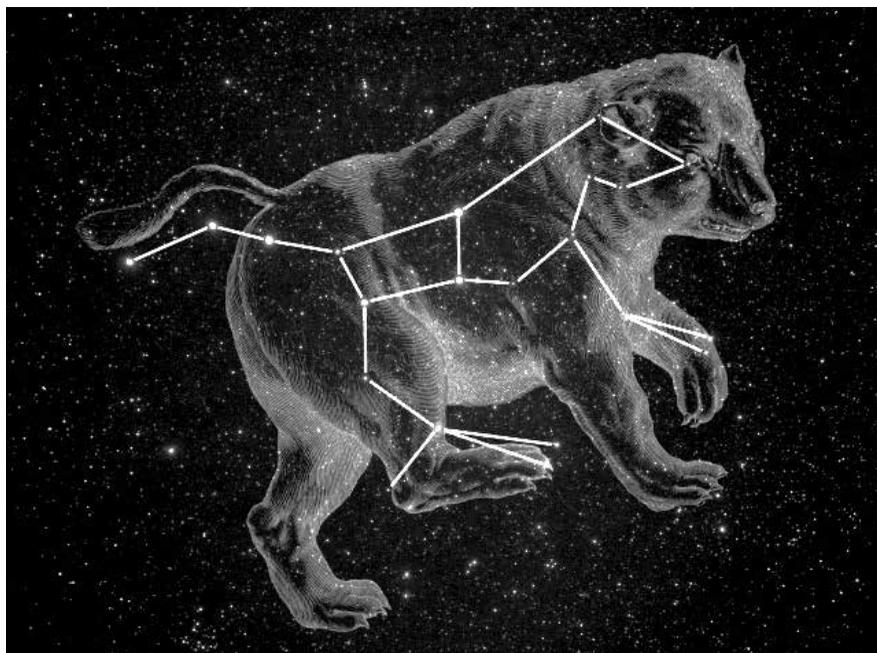
Lo que estamos viendo es que estas personas que se dedicaban a observar el cielo lo hacían con loable dedicación y asombrosa precisión, sobre todo si se tiene en cuenta que estamos en una época donde no solo la tecnología de hoy no estaba disponible, tampoco ciertos mecanismos matemáticos que debieron ir refinándose para permitir cálculos más simples (piénsese tan luego en el sistema egipcio, todo era fraccionario, ni es necesario recordar que un escriba, en Egipto, era ante todo un artista, sus letras eran en sí mismas dibujos perfectos, bien ganado su prestigio, aunque la acotación resulte aquí marginal).

Para predecir entonces, entendían que las mediciones debían ser precisas, el problema era idear un sistema en el que además, todas esas mediciones resultasen coherentes y funcionales. Ver la Tierra en el centro, sin embargo, resultaba lo más natural. Si bien Levinas (Levinas: 2012, p 13) nos cuenta que ya Aristarco en el siglo III a. C. había imaginado un sistema similar al copernicano, no cosechó con su idea más que críticas despectivas, y es bastante comprensible, que la Tierra es la que está quieta no es más que lo que parece a simple vista. También tenemos a Anaximandro de Mileto, a quien la tradición le atribuye haber advertido a los lacedemonios de un terremoto y haber introducido el gnomon babilonio en Grecia (Bernabé: 1998, p 48), lo que nos señalaría también el intercambio entre estas dos culturas como veníamos observando.

De Grecia, claro está, la herencia es mucho más reconocible, ya que el legado se hace patente desde el léxico mismo, la palabra desastre, sin ir más lejos, “dis” del latín, es un antitético, un prefijo que puede ser usado como pri-

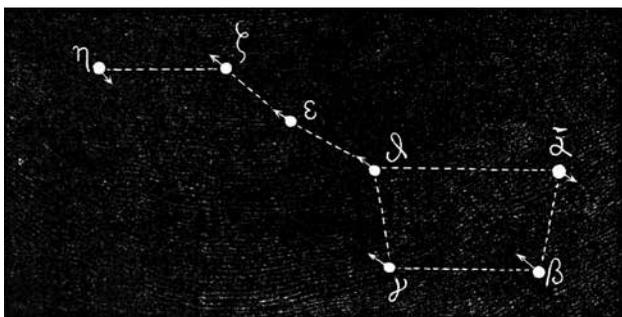
vativo o expresa oposición al significado de la palabra que precede, y la palabra que está aquí precediendo es nada menos que “estrella”, un desastre es un acontecimiento terrible, con mala estrella podría decirse. Los astrólogos eran entonces tomados con mucha seriedad. Leían en los cielos a los dioses mismos. Aún bajo la opresión del medioevo la Iglesia católica y también la protestante les respetaban, porque los reyes seguían siendo, aunque no como los faraones, dioses en la tierra, sí investidos por voluntad divina, por designio sagrado, y las cartas natalicias, elaboradas por estos, cuyo arte aún no se separaba de la ciencia, las confeccionaban teniendo en cuenta las mediciones precisas... o lo más precisas posibles, y luego, pues, uniendo estas mediciones a las interpretaciones. ¡Vaya! No solo Nietzsche se haría un festín con esto. ¿Cómo harían sus predicciones? Con sentido común, seguramente, y se valdrían quizás, como en nuestros días, de consejos mucho más que augurios, consejos sensatos, ambiguos y vagos. El viejo truco de los oráculos renovado. Con pitonisa intoxicada o sin ella, la misma magia qué temer, el mismo misterio que mantener. La misma fascinación de siempre. Pero nadie osaría discutirles ¿Cómo hacerlo? El cielo es inescrutable para el lego y exige demasiada dedicación entender solo sus mediciones, con paralajes, astrolabios y métodos lentos... pero que guían al navegante es tan cierto como la repetición de días y noches, estaciones para la siembra y cosechas, y estos astrólogos hasta predicen eclipses. ¿Cómo no creerles? ¿Qué ven ellos en el cielo?

Para empezar, ven dibujos. Unen estrellas. ¿Quién no lo ha hecho? Es un juego tan atractivo... Animarse a jugar, filósofo artista.



Y cada quién ha imaginado según su interés y el recorrido de cielo que más a mano ha tenido, porque nominar, poder nombrar, es apropiarse, para proyectar un orden, para reconocer y reconocerse en esa proyección del sujeto, esa porción de cielo se vuelve así familiar...

Ésta en particular ha dado mucho que hablar, sobre todo porque habría que ver qué especie de oso han tomado, ya que a pesar de la gran variedad, no es fácil hallar, si es que se logra, un ejemplar real con este tipo de cola, ni siquiera un fósil; el oso, por descripción, tiene la cola corta. Como sea, las 7 estrellas que forman parte de esta "cola", tan impropia para un oso, son astros de gran luminosidad, Alioth principalmente, lo que hace que la figura simple sea fácil de ubicar en el cielo boreal.



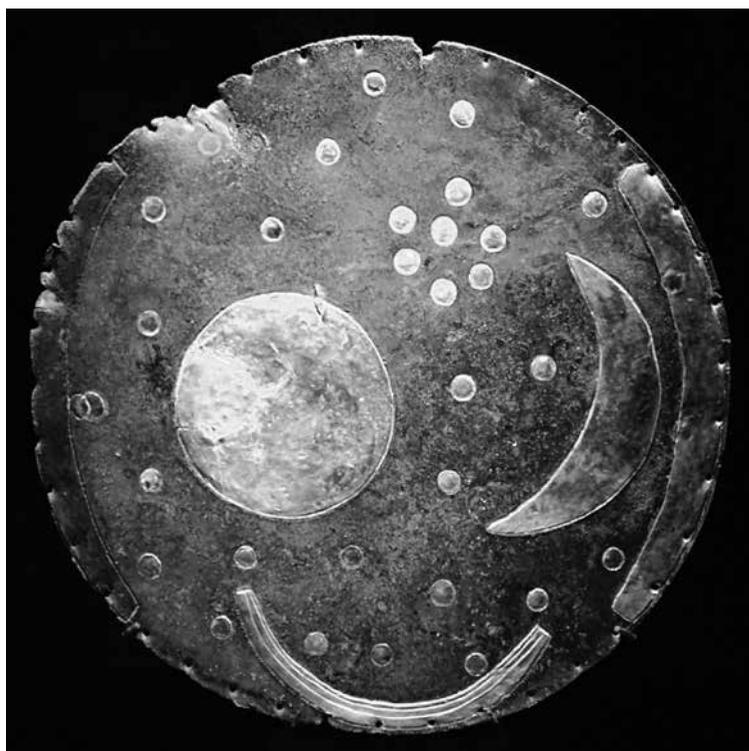
Estas estrellas han sido unidas a lo largo de los tiempos de muy diversas formas según el gusto de sus observadores. Así, siguiendo a Sagan (Sagan: 1982 p 46-47) y a Levinas (Levinas: 2012 p 27-28) en EUA el gran cucharón, en Francia la cacerola, en Inglaterra el arado, en China el burócrata celeste, en la Europa medieval era una

carreta y en Egipto incluía una curiosa procesión encabezada por un toro...

Haddad y Duprat (Haddad: 2009 p. 12) nos cuentan que los nórdicos consideraban que las estrellas eran chispas de fuego lanzadas por Odín, chispas del Múspellsheimr, el mundo del fuego; de lo más interesante la visión mitológica de estos ancestros, para ellos, el infierno no era de fuego, era frío, muy razonable en sus latitudes, y así, su visión del mundo y de la vida era diferente, tanto que algunas ilustraciones colocan los fríos árticos al pie, es decir, inverso a la convención que se adoptaría con posterioridad (porque el frío para ellos estaba en el Polo Norte y lo están ubicando al pie).

Y nos encontramos ya en lo que hoy es territorio alemán, pero en el 1600 a.C. con la representación del cielo más antigua que se ha conservado de Europa, el Disco de Nebra. Aunque no nos guíe texto alguno, se ha conseguido interpretar que en él se observan la Luna, el Sol y la agrupación de las pléyades (Haddad: 2009 p.17).

Un poco más al norte, pero relativamente cerca, hacia finales del siglo XVI de nuestra era, Tycho Brahe seguía confeccionando cartas astrales. Este autor era un astrónomo dedicado y obsesivo en cuanto a mediciones celestes, de hecho, las mediciones que legaría a Kepler le resultarían a éste tan confiables que lo obligarían a replantearse sus propias ideas, y al hacerlo, acabaría encontrando leyes que llevarían a poner el paradigma celeste de Occidente



en tela de juicio... porque lo que Kepler proponía es que las leyes físicas válidas en la Tierra, gobiernan también los cielos (Sagan: 1982 p. 62-63). Esto no es menor, es la mente abierta y honesta de un hombre que soñó ver la Tierra desde la Luna, es haber dado cabida, tal vez aún sin dimensionarlo, a la posibilidad de que no haya dioses pensantes que puedan leerse en los cielos, solo fuerzas con un orden relativo, no solo extravagante. La mente de la modernidad nació, aun con ese resto que impide cierras, pleno de errores sobre qué corregir y seguir construyendo, pero así y todo, los caminos que se abrían bifurcaban la ciencia con su rigor, del arte con su talento, como antaño en Grecia se habían separado los mitos del logos. Ahora, lentamente, el horóscopo y la astrología quedarían relegados por la astronomía.

CONCLUSIONES

Queda tal vez demasiado por decir, por suponer sobre el pensamiento de la antigüedad, por interpretar en las escasas fuentes, o confusos textos en lenguas aún no del todo develadas, en materiales conservados no íntegramente por acción del indefinible tiempo del que siguiendo a San Agustín diríamos que sabemos lo que es, pero si nos preguntan... no podemos explicarlo. ¿Es movimiento, siguiendo a Aristóteles e incluso a Einstein? ¿O seguimos a Hawking con sus multiversos? 200.000 años del hombre pisando este planeta, desarrolló diversas lenguas, en varias la escritura, se animó a conjeturar, se aventura a soñar y busca siempre ir más allá, entre papeles teóricos y los arrojados que ponen el cuerpo, pero nos gana el misterio aún. Y las damas del cielo nos siguen seduciendo, nos invitan a más, siempre. ¿Es la existencia una perfección? Tal vez donde hay respuestas certeras, si es que estas pueden darse, se acaba la incertidumbre movilizadora. Tal vez que no las haya, o que siempre sean propuestas nuevas es el motor. No sé si está inmóvil, pero sé que

mueve. Mueve a los hombres a unirse a mirar el cielo, a reconocerse pequeños y fascinados ante la inmensidad, y vuelve el niño que alcanza a ver que nunca aprenderá lo suficiente, se anima a ese abismo, se deja tentar. Corrige sus cálculos, descubre que la Luna se está alejando, que la Tierra se vuelve más lenta en sus movimientos conocidos y así los eclipses se predicen con margen de error, ve que debería agregar un signo al Zodíaco para que los números dieran otra vez...

Los griegos apreciaban sobre todos los sentidos más que a ninguno la vista... la luz se ha equiparado a sabiduría, a bien, a belleza. Tal vez sigamos siendo griegos en varios sentidos, porque al mirar el cielo ¿quién no comprendería que esa grandeza no puede imaginarse sino con la imagen que ningún simulador hasta nuestros días ha conseguido imitar? ¿Lo conseguirá algún día? Puede que ni siquiera cuente, porque si lo consigue, será por emular precisamente tanta maravilla, y entre las maravillas, me permito incluir la ausencia de respuestas, buscarlas nos mantiene activos, elucubrar teorías, probarlas y refutarlas, porque la ciencia, a fin de cuentas, sigue enamorada, y extraña al arte.

Bibliografía:

- *Whitfield, Peter Astrology, a history 2001; The British Library.
- *Levinas, Marcelo Las imágenes del universo 2012; Siglo veintiuno.
- *Sagan, Carl Cosmos 1982; Planeta.
- *Couper, Heather Historia de la astronomía 2008; Paidós.
- *Bernabé, Alberto Filósofos presocráticos, de Tales a Demócrito 1998; Altaya.
- *Haddad, Leila y Duprat Guillaume Zodíaco 2009; Paidós.



EN EL CASLEO DE CAMPAÑA

Por Inés Simone, estudiante de Lic. en Astronomía, FCAGLP, A.A.A.A.



En la sala de operaciones. De izquierda a derecha: Dr. Favio Faifer, Priscila Pessi, Juliana Jaen, Mariana Sánchez, Carla Coronel, Inés Simone, Stella Vargas, Laureano Martínez, Lic. Gabriel Ferrero.

Los alumnos de astronomía no sólo estudiamos números, teoría y fórmulas toda la carrera. A veces, y para algunos de sorpresa, nos llega la gratificación de enterarnos al inicio del cuatrimestre que con la Cátedra Sistemas Estelares, haremos un viaje de campaña al CASLEO. Así fue como el pasado marzo, luego de haber finalizado la cursada, tuvimos dos noches de observación en el telescopio acompañados de nuestros docentes, Dr. Favio Faifer y el Lic. Gabriel Ferrero.

Llegamos muy temprano a San Juan. Allí nos esperaba la combi, que entre mates, “muchas curvas” y buena charla, nos trasladó hasta el complejo ubicado a 2500 metros de altura en el Parque Nacional El Leoncito, viaje que duró unas cuatro horas. Almorzamos asado (tuvimos la suerte de llegar un domingo) y descansamos un rato a la tarde, ya que estaríamos toda la noche despiertos. “Sí, TODA la noche, no vayan a preguntar después en el medio de la noche hasta qué hora nos quedamos porque es hasta el amanecer” fue, entre risas, la aclaración del profesor.

Nos dirigimos al Telescopio “Jorge Sahade” a eso de las 21 hs para comenzar a observar. Llegamos a la sala y nos encontramos con el operador Antonio De Franceschi, que ya habíamos conocido por la tarde, cuando nos había guiado en una visita dentro de la cúpula. Todos teníamos mucha expectativa. Nos sentamos, los profesores comenzaron a explicarnos qué computadora hacía qué, qué se debía calcular, dónde debíamos ingresar la información, y... “Bueno, ¿quiénes empiezan?”. No sólo íbamos a ob-

servar desde la sala directamente con el telescopio, sino que también lo íbamos a manejar nosotros. (!)

Buscábamos las coordenadas del objeto a observar (Ascensión recta y Declinación). Ingresábamos los datos, configurábamos el tiempo de exposición y los filtros... ¡Listo! El telescopio se movía hacia el objeto y una vez ubicado, la cúpula se acomodaba. Estando en la sala, un piso debajo, se sentían las toneladas moverse. Realmente, se escuchaba.



Captura de la pantalla donde se pueden visualizar los datos del objeto y del telescopio operando. Allí ingresábamos la AR y DEC. El círculo central representa la cúpula, el punto alargado celeste el telescopio y su ubicación y la franja blanca, la apertura de la cúpula.

La primera noche observamos con CCD Directo, es decir, una cámara conectada directamente al telescopio, que forma la imagen sobre el sensor. Tomamos diversas imágenes en la longitud de onda correspondiente al azul, visual y rojo (todas dentro del rango del visible).

Probamos con diferentes tiempos de exposición y comparamos las longitudes más adecuadas para observar de acuerdo al objeto. Todo esto lo veíamos en una pantalla (ver foto a la derecha) que, al contrario de lo que se podría imaginar, ¡no es en color! Corresponde a la intensidad de luz que se ha recibido del objeto de acuerdo al rango en el que se está observando. También hicimos espectroscopia, lo que nos permitió analizar diferentes objetos a través de su espectro.

Durante la noche, manejamos el telescopio, observamos, y hablamos mucho con nuestros profesores sobre diversos temas de Astronomía. Tuvimos largas conversaciones sobre galaxias elípticas y las posibles teorías de formación, cúmulos globulares, estrellas binarias, áreas de investigación y a qué se dedican, y hasta de materia oscura (... pero que las hay, las hay).

Todos los alumnos que hemos participado de ese viaje hemos aprendido mucho y vuelto felices de la experiencia. Y no se preocupen, el telescopio está sano y operando.



Fotografía por Juliana Jaen



La pantalla en la que se puede observar una región de la Nebulosa de Orión.

INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS INSTRUMENTOS:

Telescopio de 2,15 m "Jorge Sahade"

Sistema óptico: Reflector Ritchey-Chrétien

Fabricante: Boller & Chivens

Montura: Tipo horquilla

Diámetro del espejo primario: 2153 mm

Razón focal Cassegrain: 8,485

CCD de visión directa:

La cámara directa se ubica generalmente en un foco Cassegrain modificado en el muñón de la horquilla en forma permanente y es una Roper Scientific fabricada por Princeton Instruments. Este detector tiene un área de 2048×2048 píxeles de $13,5 \mu\text{m}$ de lado cada uno, instalado en un dewar enfriado con nitrógeno líquido, con una temperatura de trabajo de $-110 \text{ }^\circ\text{C}$. La escala en este CCD es de $0,15 \text{ "/px}$, con un campo útil cuadrado de $5,2 \times 5,2$ minutos de arco.

Espectrógrafo REOSC

El espectrógrafo REOSC es un espectrógrafo echelle que pertenece al Institute d'Astrophysique de Liegèe, Bélgica y se encuentra en préstamo en CASLEO para su uso en el telescopio de 2,15 m. Es un instrumento capaz de trabajar desde 3500 \AA hasta 7500 \AA . El detector actualmente en uso con el espectrógrafo REOSC es un CCD TEK de 1024×1024 píxeles, con un tamaño de pixel de $24 \times 24 \mu\text{m}$ y una dimensión de chip de $25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$. Temperatura de trabajo: $-120 \text{ }^\circ\text{C}$.



ZOOLOGÍA GALÁCTICA

EL LANZAMIENTO DE GALAXY ZOO EN ESPAÑOL

Por Ezequiel Koile, A.A.A.A. Contacto: koile@fisica.unlp.edu.ar



Durante la primera semana de abril se presentó en la Argentina el proyecto Galaxy Zoo en español. La presentación se hizo mediante charlas a cargo de los responsables del proyecto tanto en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE-CONICET/UBA) como en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (FCAGLP-UNLP).

¿DE QUÉ SE TRATA ESTO?

Es un proyecto de ciencia ciudadana. Esto quiere decir que el público en general, aun sin formación en ciencias, puede lanzarse a la aventura de colaborar con los astrónomos profesionales, siendo parte esencial de los descubrimientos que se realicen. Además, quienes así colaboren pasan a formar parte de una comunidad que tiene acceso a los resultados por ellos generados, así como a foros de discusión.

¿CÓMO FUNCIONA?

Ingresando en <http://www.galaxyzoo.com.ar/> podemos registrarnos e inmediatamente empezar a clasificar galaxias. Nos presentan una foto y nos empiezan preguntando por su forma: ¿Es lisa, tiene forma de disco, o es otro objeto distinto de una galaxia? Según lo que elijamos, a continuación nos siguen preguntando. Si dijimos que era lisa ¿es esférica o elíptica? Si dijimos que tenía la forma de un disco, ¿está vista de frente o de canto? ¿se ob-

servan sus brazos espirales? ¿cuántos posee? Responder a estas preguntas y a algunas más nos llevará menos de un minuto por galaxia, nos divertiremos un rato, y estaremos haciendo una contribución imprescindible a la ciencia. Al final del cuestionario nos dan también la posibilidad de debatir en un foro con otras personas que hayan clasificado este mismo objeto: “¿vieron esa traza azulada?” “¿les parece que podría tratarse de un objeto extraño?” “¿por qué la galaxia tiene una forma tan irregular?”

Las imágenes que analizamos fueron tomadas por el Sloan Digital Sky Survey (SDSS), del Apache Point Observatory en Nuevo México, el UKIRT Infrared Deep Sky Survey en Hawái, y el Telescopio Espacial Hubble. Dado el volumen de imágenes a analizar, es técnicamente imposible que los astrónomos las revisen una a una, aun con la ayuda de computadoras. Por otro lado, la experiencia ha demostrado que la inspección visual por parte de humanos, aun de aquellos sin formación en astronomía, resulta ser mucho más precisa que el reconocimiento de patrones que puede realizar una computadora.

Esta modalidad, en la que los astrónomos aficionados pueden contribuir desde la comodidad de su hogar, en cualquier lugar del mundo, nos recuerda al proyecto SETI@home, donde desde 1999 podemos prestar parte del poder de cálculo de nuestra computadora personal para analizar señales de radio, con la esperanza de encontrar algún indicio de civilizaciones extraterrestres.

UN POCO DE HISTORIA

El proyecto se inicia en julio de 2007, con un conjunto de datos constituido por un millón de galaxias capturadas por Sloan. En ese momento, lo único que se les pide a los voluntarios es dividir las galaxias entre elípticas, fusiones, y espirales y - si la galaxia era espiral - registrar la dirección de los brazos. Esta sencilla tarea fue suficiente para mostrar que las clasificaciones que entregaba Galaxy Zoo eran tan buenas como las de los astrónomos profesionales, y eran de utilidad para un gran número de investigadores. De hecho, se ha comprobado que las clasificaciones dadas por el público en general pueden llegar a ser aún mejores que las que hacen los astrónomos profesionales, quienes saben qué están buscando (y qué desearían ver...).

Si bien los creadores del proyecto pensaron que se tardarían años en analizar todas las fotos a disposición, dentro de las primeras 24 horas se registró un promedio de 70.000 clasificaciones por hora. Al final de esta primera etapa se recibieron más de 50 millones de clasificaciones, por parte de más de 150.000 personas.

Tiempo después se lanzó Galaxy Zoo 2. Aquí se solicitó una mirada más cercana a poco más de 200 mil de las más brillantes galaxias de Sloan. Preguntaron ahora a los voluntarios el número de brazos de las espirales, el tamaño de los bultos de las galaxias y muchas otras cosas. Una vez más, la respuesta fue abrumadora, y en los 14 meses que el sitio estuvo en línea, se recibieron un poco más de 60 millones de clasificaciones.

En la tercera encarnación del sitio Galaxy Zoo se estudiaron épocas tempranas de formación de galaxias a partir de imágenes del Telescopio Espacial Hubble. En este proyecto la idea era comparar la distribución de galaxias en épocas remotas con la distribución actual de galaxias, estudiada de imágenes más actuales, dando lugar a un mayor entendimiento de qué factores influyen su crecimiento, si se fusionan o no, la existencia o no de agujeros negros activos, etc.

En la edición actual, Galaxy Zoo combina nuevas imágenes de Sloan (Universo local) con las imágenes más distantes tomadas por el Hubble (exploración CANDELS). Además, incluye imágenes tomadas por el UKIDSS, el más grande y profundo panorama del cielo en el infrarrojo. **La cantidad de datos disponibles hace de Galaxy Zoo la mayor colaboración astronómica de la historia.**

A partir de ahora, los hispanohablantes podremos unirnos al equipo de clasificadores de galaxias, gracias al trabajo del Dr. Ezequiel Treister, de la Universidad de Concepción, el Dr. José Maza, de la Universidad de Chile y el Centro de Astrofísica y Tecnologías Afines, y David Azocar, periodista de esta última institución, quienes han traducido el portal al español.

Fue el Dr. Treister quien presentó el proyecto Galaxy Zoo en español en abril próximo pasado en la Argentina, junto con la Dra. Patricia Tissera, del Grupo de Astrofísica Numérica del IAFE, representante local del proyecto.

Al día de hoy, Galaxy Zoo funciona ya en siete idiomas: inglés, español, persa, italiano, portugués, chino tradicional, y chino simplificado.

¿SIRVE PARA ALGO ESTA CLASIFICACIÓN?

En la página de Galaxy Zoo en español podemos leer: “En primer lugar, la morfología de una galaxia es el rastro de la dinámica orbital de las estrellas que la conforman, pero también lleva consigo la huella de los procesos que conducen la formación estelar y la actividad nuclear en las galaxias. La morfología visual crea clasificaciones que están fuertemente relacionadas con parámetros físicos. Para dar un ejemplo simple, la presencia de múltiples núcleos y características de amplios escombros, indica que el mecanismo dominante que conlleva a la formación estelar es una fusión en proceso. De igual manera, la ausencia de dichas características implica que la evolución de la galaxia podría estar siendo impulsada por procesos internos (‘secular’).”

Y también: “Una aproximación visual es generalmente más resistente (que una clasificación automatizada por computadora) al cambio de señal a ruido y resolución en las imágenes, convirtiéndolo en un método ideal a la hora de determinar la morfología de las galaxias (respecto de parámetros morfológicos).”

RESULTADOS OBTENIDOS

Utilizando a más de medio millón de miembros del público en general, el proyecto ha clasificado - mediante inspección visual directa - el mapa espectroscópico completo del Sloan Digital Sky Survey y todas las investigaciones realizadas por el telescopio espacial Hubble (alrede-

dor de 1,5 millones de galaxias en total). Con más de 40 clasificaciones por objeto, Galaxy Zoo provee tanto una clasificación visual como una incertidumbre asociada (muy desafiante de estimar si solo hubiera unos pocos clasificadores humanos). Las clasificaciones mismas han demostrado tener una exactitud comparable a las clasificaciones realizadas por astrónomos expertos.

El programa científico Galaxy Zoo ha contribuido en una amplia gama de materias, enfocadas en gran medida, al Universo en sus edades tempranas e intermedias. Algunos logros recientes incluyen las más grandes investigaciones sobre fusiones de galaxias, galaxias enanas irregulares, franjas de polvo en galaxias de tipo temprano y barras en galaxias de disco en el Universo cercano, conocido a la fecha.

Uno de los aspectos únicos de Galaxy Zoo sobre las mediciones morfológicas automáticas es la posibilidad de realizar descubrimientos fortuitos (por lo general asistidos por los debates entre los voluntarios en el Foro de Galaxy Zoo <http://www.galaxyzooforum.org/>). Estos han incluido el descubrimiento de las “galaxias arveja” (*Pea Galaxies*), que son una clase extremadamente compacta de galaxias formadoras de estrellas en el Universo local; y quizás el más famoso, el “Objeto Hanny” (Hanny’s Voorwerp), descubierto por una maestra holandesa en 2007 y del que aún no se tiene una explicación completamente aceptada (probablemente sea el remanente de una galaxia pequeña ionizado por la radiación de un núcleo activo de galaxia (AGN)).

La disponibilidad de una amplia muestra de galaxias con información relativa tanto al color como a la morfología, ha llevado al importante descubrimiento de que es el color, y no tanto la morfología, lo que está más fuertemente relacionado con el entorno, llevando a la creación de fascinantes subcategorías de galaxias como las galaxias en espiral rojo y las elípticas azules.

Hasta la fecha se han publicado más de 40 artículos científicos a partir de datos tomados de Galaxy Zoo.

EL FUTURO

La combinación del muestreo de Galaxy Zoo en la SDSS (Sloan) y CANDELS (Hubble) entregará una herramienta formidable para responder aquellas preguntas trascendentales que permanecen abiertas y que demandan de un análisis morfológico. Por ejemplo, ¿En qué época se estableció la secuencia de Hubble? ¿Cómo y cuándo se formaron los esferoides primordiales? ¿Cuál fue el rol relativo de las grandes fusiones y los procesos seculares en el impulso de formación estelar y el crecimiento de agujeros negros en el Universo inicial?

Referencias

<http://www.galaxyzoo.com.ar/>

<http://www.galaxyzoo.org/>

<http://www.galaxyzooforum.org/>

<http://www.iafe.uba.ar/docs/GalaxyZoo.pdf>

<http://extension.fcaglp.unlp.edu.ar/novedad/32>



Hanny's Voorwerp, de izquierda a derecha: a) imagen original vista por Hanny van Arkel (Galaxy Zoo - SDSS) b) Imagen de mayor resolución (NASA's Hubble Space Telescope) c) Hanny van Arkel (<http://www.hannysvoorwerp.com/>)

¿Qué hay detrás del famoso descubrimiento Físico de la semana?

LA INFLACIÓN CÓSMICA EXPLICADA

por Jon Kaufman y Jorge Cham

EN EL PRINCIPIO (DEL SIGLO XX) LOS ASTRÓNOMOS NOTARON QUE LAS GALAXIAS SE ESTABAN ALEJANDO UNAS DE OTRAS...



Edwin Hubble

...Y ENTRE MÁS ALEJADAS ESTABAN, MÁS RÁPIDO SE MOVÍAN.



LOS FÍSICOS TEORIZARON QUE ESTO INDICA QUE EL UNIVERSO SE ESTÁ EXPANDIENDO.



Y QUE, EN ALGÚN PUNTO DEL PASADO, EL UNIVERSO DEBÍO HABER SIDO MUY PEQUEÑO, DENSO, Y CALIENTE.



LLAMARON A ESTA IDEA EL BIG BANG.

LUEGO EN LOS AÑOS 1960, DOS ASTRÓNOMOS DESCUBRIERON ALGO LLAMADO LA RADIACIÓN CÓSMICA DE FONDO (CMB EN INGLÉS)



...UN TENUE RESPLANDOR O TEMPERATURA QUE PARECE EXTENDERSE POR EL UNIVERSO ENTERO.

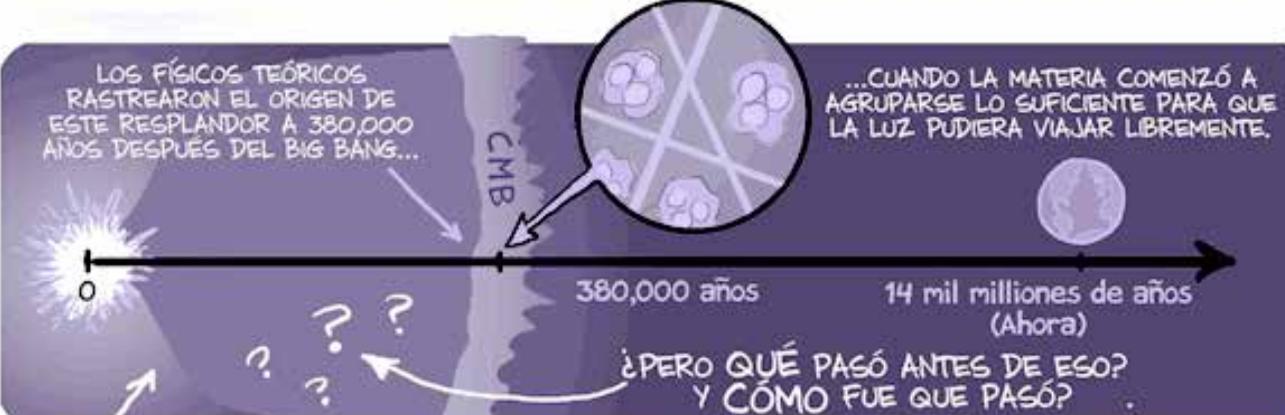
3°K

ESTO APOYÓ LA TEORÍA DEL BIG BANG PUES EL ÚNICO MODO EN QUE DOS EXTREMOS DEL UNIVERSO PODRÍAN TENER LA MISMA TEMPERATURA ES SI ALGUNA VEZ ESTUVIERON SUFICIENTEMENTE CERCA EN EL PASADO.



EL UNIVERSO

LOS FÍSICOS TEÓRICOS RASTREARON EL ORIGEN DE ESTE RESPLANDOR A 380,000 AÑOS DESPUÉS DEL BIG BANG...



380,000 años

14 mil millones de años (Ahora)

¿PERO QUÉ PASÓ ANTES DE ESÓ? Y CÓMO FUE QUE PASÓ?

INFLACIÓN

ES LA MEJOR TEORÍA (O GRUPO DE TEORÍAS) DE CÓMO EL UNIVERSO SE DESARROLLÓ EN ESOS PRIMEROS MOMENTOS DE EXPANSIÓN.

ES EL MECANISMO, LOS DETALLES MATEMÁTICOS, QUE EXPLICAN LO QUE SUCEDE ANTES DEL HORIZONTE DE LOS 380,000 AÑOS DEL CMB.

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A_1(t-r, \theta, \phi) & A_2(t-r, \theta, \phi) \\ 0 & 0 & A_3(t-r, \theta, \phi) & -A_4(t-r, \theta, \phi) \end{bmatrix}$$
$$\square \bar{h}^{\alpha\beta} = -16\pi T^{\alpha\beta}$$

RESOLVIÓ CON BELLEZA MUCHOS DE LOS PROBLEMAS DE LA TEORÍA DEL BIG BANG PERO, HASTA ESTA SEMANA, SÓLO SE TENÍA EVIDENCIA CIRCUNSTANCIAL A SU FAVOR.

- Planitud
- Horizonte

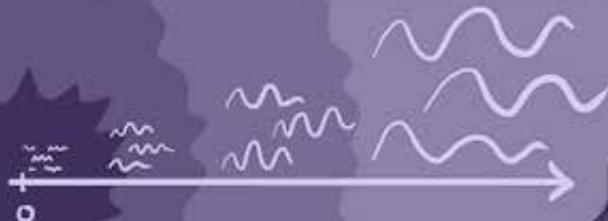
COMO TODA BUENA TEORÍA, LA INFLACIÓN DEBÍA HACER UNA PREDICCIÓN QUE SE PUDIERA COMPROBAR DIRECTAMENTE.



EN LOS AÑOS 1990, MEDICIONES MÁS PRECISAS ENCONTRARON QUE EL CMB NO ES PERFECTAMENTE LISO, PERO TIENE UNAS ONDAS EN ÉL.



LA INFLACIÓN TEORIZÓ QUE ESTAS ONDAS SON EL RESULTADO DE FLUCTUACIONES CUÁNTICAS QUE FUERON AMPLIFICADAS CUANDO SE EXPANDIÓ EL UNIVERSO.



CUANDO EL UNIVERSO ERA ASÍ DE PEQUEÑO, LAS RAREZAS DE LA FÍSICA CUÁNTICA GOBERNABAN: LA ENERGÍA FLUCTUABA A PARTIR DE LA NADA, PARTICULAS APARECIAN Y DESAPARECIAN, LAS PROBABILIDADES ESTABAN TODAS MEZCLADAS.

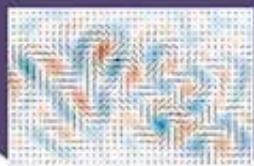


LA INFLACIÓN TEORIZÓ QUE EL UNIVERSO SE EXPANDIÓ TAN RÁPIDO (MÁS RÁPIDO QUE LA VELOCIDAD DE LA LUZ) EN ESOS PRIMEROS MOMENTOS, QUE ESAS FLUCTUACIONES CREARON ONDAS EN EL ESPACIO-TIEMPO.



ESTAS FLUCTUACIONES SE EXPANDIERON FORMANDO LAS CRESTAS Y VALLES EN LA TEXTURA DEL UNIVERSO QUE PERMITIERON A LA MATERIA AGRUPARSE EN LA MATERIA QUE VEMOS AHORA.

MÁS PRECISAMENTE, LA INFLACIÓN PREDIJO QUE ESTAS ONDAS DEBERÍAN DEJAR UN PATRÓN ESPECÍFICO EN LA POLARIZACIÓN DE LA LUZ DEL CMB.



ENCONTRAMOS DICHO PATRÓN.



CON LA INFLACIÓN MÁS FIRMEMENTE ESTABLECIDA, AHORA PODEMOS MIRAR MÁS ALLÁ DE LOS 380,000 AÑOS DEL HORIZONTE DEL CMB, HASTA 10^{-36} SEGUNDOS DESPUÉS DEL BIG BANG.



EN ESA SEÑAL EN EL CIELO, PODEMOS TRAZAR NUESTRO ORIGEN:

ALGUNA VEZ FUIMOS LUZ.

LUEGO FUIMOS ONDAS EN LA TEMPERATURA QUE SE CONVIRTIÓ EN ESTRELLAS...

GALAXIAS, MATERIA...

...Y VIDA.



ECOS DEL NACIMIENTO DEL UNIVERSO

Por Dr. Gabriel R. Bengochea, IAFE (CONICET-UBA). Contacto: gabriel@iafe.uba.ar



Para los seguidores de noticias cosmológicas, recientemente hemos tenido una noticia de alta repercusión.

El asunto es que el instrumento *BICEP2*, ubicado en la Antártida, ha detectado, por primera vez, “*el modo B de la polarización del fondo cósmico de microondas*”. ¿Qué es esto?

Para comprender el alcance del anuncio, tenemos que presentar previamente a los protagonistas: la *Inflación cósmica*, las *perturbaciones cosmológicas* al inicio del universo, el *fondo cósmico de radiación*, y la *polarización* de dicha radiación.

La hipótesis inflacionaria llegó al modelo del Big Bang, oficialmente, a comienzos de los ‘80s con Alan Guth. Posteriormente, Andrei Linde, Paul Steinhardt y Andreas Albrecht entre otros, desarrollaron las modernas ideas de estos modelos, y que son las actualmente aceptadas. Guth propuso que el universo, al comienzo de su historia (aproximadamente a los 10^{-36} segundos), habría sufrido una brevísima y violenta expansión acelerada. Eso era suficiente para dar solución a problemas que ya tenía el modelo del Big Bang antes de 1980. Por ejemplo, lograba explicar cómo surgieron las semillas de las estructuras que observamos hoy; cómo es que regiones del cielo, en diferentes direcciones, parecen tener las mismas características físicas a pesar de no haber tenido tiempo en el pasado para estar en contacto causal, o por qué el universo parece ser espacialmente plano, siendo que esta posibilidad es la menos probable, y que tendríamos que ajustar, muy delicadamente, las condiciones iniciales del universo para que ello haya sucedido. Estos problemas, como motivación para el mecanismo inflacionario, los omitiremos aquí puesto que no tienen que ver con el descubrimiento de *BICEP2*.

En la actualidad, pensamos que la naturaleza es esencialmente cuántica. O dicho de otra manera, que las leyes de la naturaleza deben tener sus cimientos en la Mecánica Cuántica; una teoría sumamente exitosa y cuyas predicciones han venido corroborándose desde sus inicios, a principios del siglo XX. Si bien aún no tenemos una visión acabada sobre cómo cuantizar la gravitación, la interacción que domina la evolución del universo, tenemos pistas sobre cómo hacer algunos cálculos.

Es así que, cuando se propone una descripción cuántica para el inicio mismo del universo, aparece el hecho de tener que tratar con el análisis de *perturbaciones pri-*

mordiales. Y éstas pueden ser de tres clases: *escalares*, *vectoriales* y *tensoriales*. Las vectoriales, si existieron, habrían sido como pequeños vórtices que fueron diluidos por la expansión, y que por lo tanto no habrían jugado un papel relevante; entonces, no las trataremos aquí. Las perturbaciones escalares, son las que vinieron con el campo responsable de producir la expansión acelerada, y también en el espacio-tiempo mismo. Éstas últimas son las que luego produjeron las fluctuaciones en la densidad de la materia para originar, mucho tiempo después, estrellas, galaxias y demás estructuras que hoy observamos. Por otra parte, al comienzo se habrían encendido también perturbaciones tensoriales del espacio-tiempo. Éstas no son ni más ni menos que ondas gravitatorias *primordiales*. Las ondas gravitatorias son predichas por la Relatividad General de Einstein desde 1915. Estas ondas pensamos que pueden ser generadas astrofísicamente de diversas maneras, y no sólo al principio del universo, como las que aquí estamos llamando ‘*primordiales*’. El periodo inflacionario habría amplificado estas perturbaciones iniciales, y los modelos predicen cuánto deberían haber sido amplificadas las amplitudes de dichas ondas gravitatorias primordiales. Y nos dicen también cómo debería haber sido alterado el espectro que hoy vemos en la polarización del fondo cósmico de radiación. Así que, vayamos al siguiente protagonista.

El fondo cósmico de microondas (*CMB* por sus siglas en inglés), llamado también fondo cósmico de radiación, es una señal que se detecta en todas las direcciones del cielo con prácticamente la misma temperatura, y que trae información de cuando se formaron los primeros átomos estables en el universo; unos 380.000 años después del inicio de la historia, según el paradigma cosmológico del Big Bang. Este fondo de radiación, había sido predicho desde 1948 por George Gamow, Ralph Alpher y Robert Herman, quienes estimaron que luego del proceso de formación del hidrógeno neutro, la radiación presente en esa época debería haberse enfriado con la expansión, hasta convertirse en nuestros días en una débil señal enfriada a tan sólo unos pocos grados por encima del cero absoluto. Pero no fue hasta 1964, que Arno Penzias y Robert Wilson detectaron por primera vez dicho fondo de radiación, descubrimiento que les valió el premio Nobel de Física en 1978. Desde 1990, también se han podido medir pequeñas fluctuaciones en la temperatura de esa radiación en diferentes direcciones del cielo; variaciones que también fueron predichas por el modelo cosmológico, puesto que serían los fósiles de las perturbaciones iniciales de la época inflacionaria. Por la primera detección de estas pequeñas variaciones, otro premio Nobel de Física

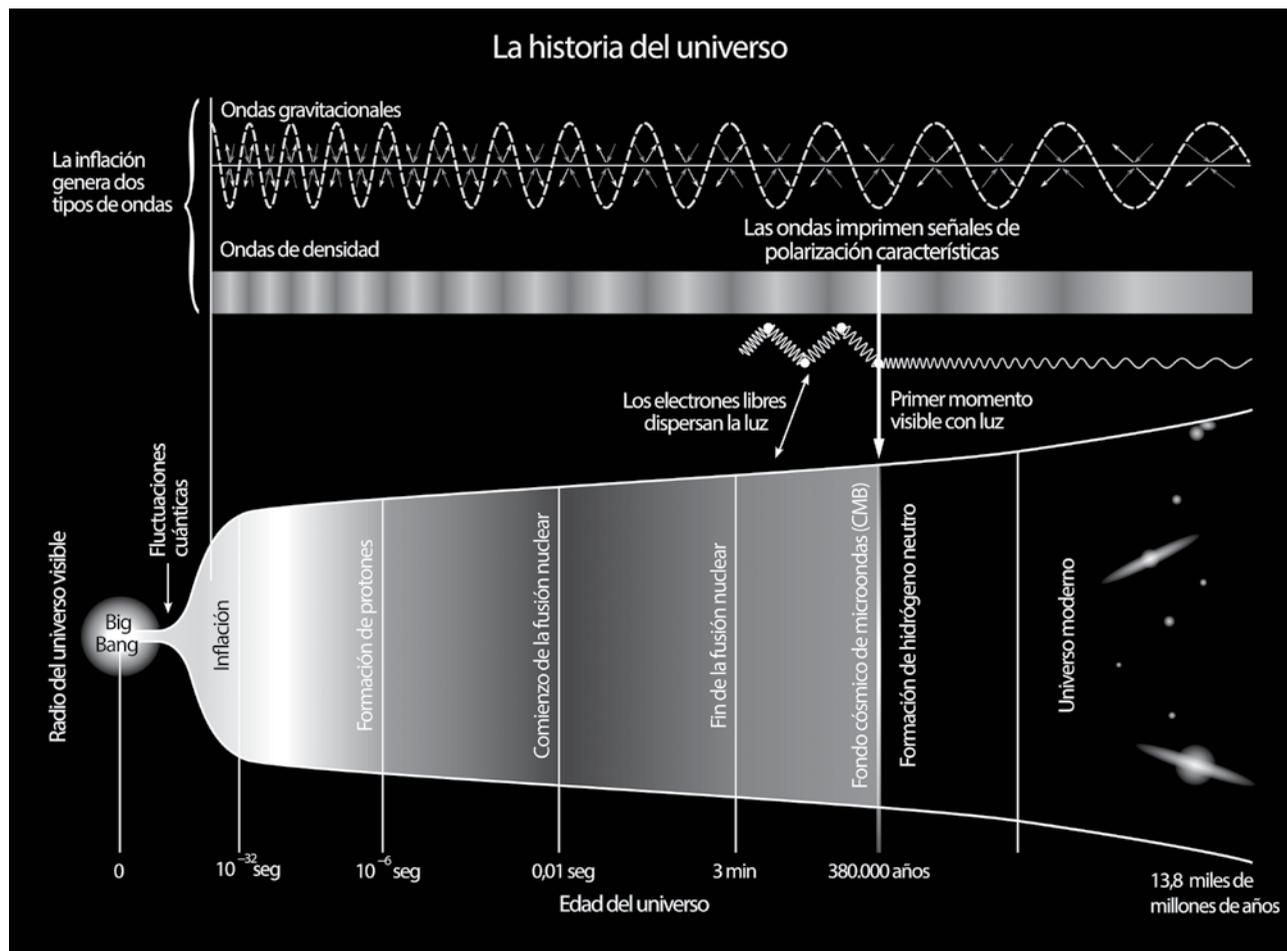
en esta área fue otorgado en 2006 a George Smoot y John Mather. El análisis de esas diminutas fluctuaciones en la temperatura constituye una de las herramientas más importantes de la cosmología actual, y permite extraer muchísima información acerca de la estructura, la geometría, el contenido y la evolución del universo. Otros experimentos, como los satélites *WMAP* y *Planck*, han medido con una progresiva precisión el *CMB* en los últimos años.

El análisis de este fondo cósmico, también llevó a la predicción de que esta radiación debería llegarnos vibrando de determinada manera. Esto se conoce como la *polarización*. Y efectivamente, posee polarización; la que fue detectada en 2002 por primera vez. El asunto es que esa polarización puede venir en dos variantes conocidas, llamadas *modo E* y *modo B*. El *modo E* es el que fue detectado en 2002, y es generado fundamentalmente por perturbaciones escalares. Pero el *modo B*, se supone que puede ser generado exclusivamente a través de un mecanismo que involucra a las ondas gravitatorias primordiales que mencionamos anteriormente. Estas ondas, al viajar por el espacio, lo distorsionan y afectan a la radiación allí presente. La señal de este *modo B* de polarización, por ser mucho más débil que la del *modo E*, aun no había podido ser detectada. ¿Por qué no? Bueno, o porque al

ser muy débil la señal, tecnológicamente aún no había podido ser factible su medición, o porque realmente esa polarización no existía o era mucho más débil de lo que los modelos predecían.

Como se describió más arriba, los modelos inflacionarios predicen cuánto deberían haber sido amplificadas las amplitudes de esas ondas gravitatorias primordiales. Y esas ondas, si existieron, y con esas amplitudes predichas, deberían haber alterado el espectro que hoy vemos en la polarización del fondo cósmico de radiación, generando el *modo B* con cierta magnitud.

El descubrimiento anunciado recientemente por *BICEP2* dice que, por primera vez, ha sido detectado este *modo B* de la polarización en el fondo cósmico de radiación, y con la magnitud que se esperaba según los cálculos de los modelos inflacionarios más sencillos. Estas observaciones representan una detección *indirecta* de la existencia de ondas gravitatorias primordiales. Por otra parte, estos resultados, si son confirmados por otros experimentos, permitirán seleccionar los escenarios más favorecidos para los orígenes, y nos ayudarán a estimar mejor cuándo pudo haber sucedido esta fase acelerada en el universo primigenio.



ALGUNAS ACLARACIONES SOBRE LA NOTICIA EN LOS MEDIOS:

Puesto que lo que se detecta es el efecto de las ondas gravitatorias sobre el fondo cósmico de radiación, y es este último el que se observa y se mide, las ondas gravitatorias primordiales son entonces detectadas de manera *indirecta* y no de manera directa como se ha dicho en algunos medios. Tampoco son correctos títulos como “Primera evidencia directa de inflación”, puesto que no es la primera evidencia a favor de los modelos inflacionarios, ni es de manera directa. Lo que se midió, repetimos, es un efecto indirecto.

Por último, recordemos que el modelo inflacionario es, justamente, un modelo. Si bien es el que mejor funciona a la fecha para reproducir estas observaciones, no es una verdad definitiva.

El artículo sobre la noticia pueden verlo por ejemplo en: <http://www.nature.com/news/telescope-captures-view-of-gravitational-waves-1.14876>

Acerca del autor:

Gabriel R. Bengochea es Doctor en Ciencias Físicas de la Universidad de Buenos Aires, es Investigador Asistente del CONICET y forma parte del Grupo de Teorías Cuánticas Relativistas y Gravitación del IAFE. Trabaja en cosmología observacional, modelos de energía oscura y cosmología inflacionaria y ha publicado trabajos al respecto en revistas internacionales.

Aficionado a la astronomía desde 1985, coordina las actividades del grupo *CAIFA* (www.caifa.com.ar) y de *Paralaje Científico*: (www.facebook.com/ParalajeCientifico)



El Sol asciende por detrás del laboratorio en el Polo Sur. Fotografía por Steffen Richter (Harvard University)

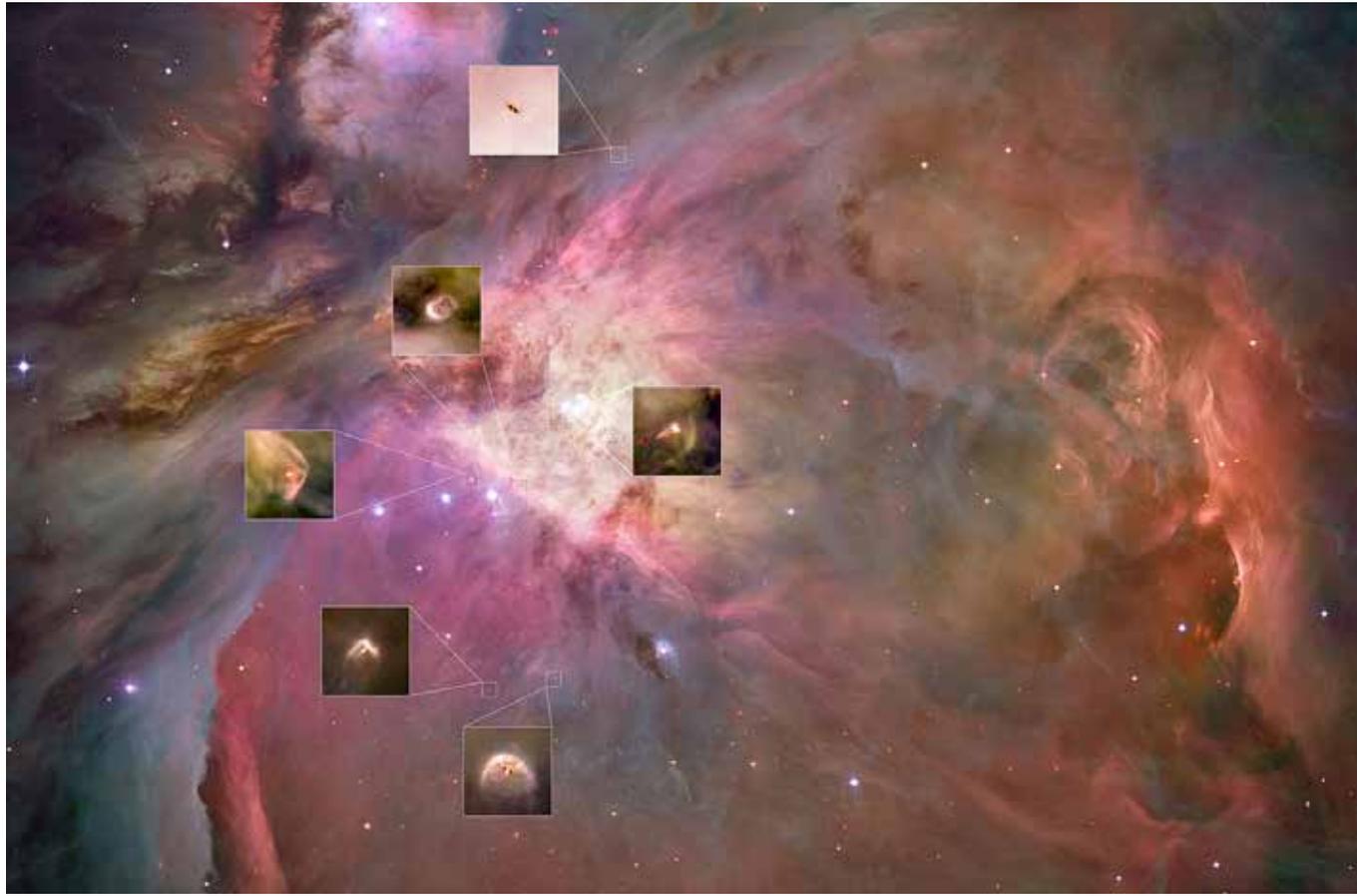


Imagen 1: NASA, ESA, M. Robberto (Space Telescope Science Institute/ESA), the Hubble Space Telescope Orion Treasury Project Team and L. Ricci (ESO)



Imagen 2: NASA, ESA and L. Ricci (ESO)

FORMACIÓN PLANETARIA

Por Dra. M. Gabriela Parisi, CCT- La Plata, CONICET. Contacto: gparisi@iar-conicet.gov.ar

DE LAS ESTRELLAS Y DE SUS DISCOS PROTOPLANETARIOS

Las estrellas se forman por el colapso gravitatorio de regiones de mayor densidad llamadas núcleos dentro de las nubes moleculares. Estas nubes son tan extensas y masivas que poseen numerosos núcleos para formar muchas protoestrellas. En las nubes moleculares la temperatura es lo suficientemente baja como para que el gas hidrógeno exista en forma molecular (H_2). Si bien la molécula más abundante en dichas nubes es el H_2 , también hay otras moléculas gaseosas, como el monóxido de carbono (CO). Un núcleo como el que formó al Sol posee aproximadamente un 98% de gas (principalmente H_2) y un 2% de partículas polvo. Las nubes moleculares dentro de la Vía Láctea se encuentran principalmente en los brazos espirales.

En la naturaleza existen tres leyes de conservación universales: la ley de conservación de la energía, la ley de conservación del momento lineal y la ley de conservación del momento angular. Esta última ley es la responsable de que se formen discos protoplanetarios como un subproducto de la formación estelar. Por conservación del momento angular un objeto rotante que inicialmente tiene una extensión grande y una velocidad de rotación baja, si adquiere luego un radio menor, su velocidad de rotación tiene que aumentar. Un típico ejemplo de esta ley física es el de los patinadores que giran sobre sí mismos con los brazos extendidos y que luego contraen sus brazos para girar a mayor velocidad. Los núcleos de las nubes moleculares rotan y poseen dimensiones de varios billones de kilómetros que al colapsar para formar una estrella como el Sol que posee casi setecientos mil kilómetros de radio, adquieren una velocidad de rotación demasiado alta. La velocidad de rotación adquirida por conservación del momento angular durante el colapso sería tan alta que la estrella alcanzaría su velocidad de ruptura y no se podría formar. Como las estrellas existen, se necesita algún mecanismo que permita disminuir el momento angular que finalmente tendrá la estrella. Este mecanismo consiste en que el material del núcleo de la nube no se incorpora todo en la estrella sino que parte de este material forma un disco de gas y polvo alrededor de la estrella como subproducto del colapso. Dicho disco rota alrededor de la estrella central de manera diferencial, cuanto mayor sea

la distancia entre una zona del disco y la estrella, la velocidad de rotación de dicha zona alrededor de la estrella disminuye, pero el momento angular aumenta. Esto permite que el momento angular se distribuya a lo largo del disco en vez de terminar todo en la estrella, de tal manera que el sistema en conjunto pueda sobrevivir. Otra forma de distribuir el exceso de momento angular inicial es con la formación de sistemas estelares dobles o múltiples, de hecho es bien sabido que los sistemas de estrellas binarias son más abundantes que los sistemas de estrellas simples. Esto es debido en parte a que si el momento angular inicial del núcleo de la nube molecular se distribuye en dos al colapsar para formar dos estrellas en un sistema binario, la velocidad de rotación de cada estrella luego del colapso es menor a la velocidad de rotación que hubiera tenido una estrella simple. Los sistemas formados por el colapso pueden variar de una a dos o varias estrellas con disco. En el caso de la formación de una estrella simple, el resultado final es la estrella central con un disco de gas y polvo orbitando a su alrededor, mientras que en un sistema binario el resultado es la formación de dos estrellas cada una con su disco y en algunos casos además un disco circumbinario. Pero si las binarias son muy cercanas en vez de tener cada una un disco se forma solo un disco circumbinario.

La Imagen 1 (página 28) fue tomada por el telescopio espacial Hubble y nos muestra una zona de formación estelar en la nebulosa de Orión. La nebulosa de Orión es un gran complejo de nubes moleculares que se encuentra en la constelación de Orión. Se muestran a escala ampliada seis estrellas jóvenes con sus discos de gas y polvo. La imagen 2, también tomada por el Hubble, es una colección de 30 discos protoplanetarios en la nebulosa de Orión.

FORMACIÓN DEL SISTEMA PLANETARIO A PARTIR DEL DISCO PROTOPLANETARIO

La formación de un disco de gas y polvo que orbita alrededor de la joven estrella central es un subproducto del colapso que dio lugar a la formación de la estrella. Dicho disco se denomina disco protoplanetario y posee inicialmente la misma composición química que la estrella central. En este disco se formará un sistema planetario. Actualmente se conocen numerosos sistemas planetarios

extrasolares con diferentes características orbitando alrededor de estrellas cercanas al Sol.

Existen dos teorías para la formación de planetas en un disco protoplanetario. Una de dichas teorías es la inestabilidad gravitacional. Para que se formen planetas por este mecanismo se requiere de un disco protoplanetario masivo, del orden de una masa solar. Según esta teoría los planetas se formarían por colapso gravitatorio de una manera similar a la formación estelar. La otra teoría, que es la comúnmente más aceptada, se basa en la hipótesis del planetesimal. Para que se formen planetas en el marco de esta teoría se requiere de un disco protoplanetario de baja masa, menos de un décimo de la masa del Sol. Según esta teoría la formación planetaria está caracterizada por dos etapas. En la primer etapa se forman objetos sólidos de radios mayores al kilómetro llamados planetesimales que orbitan alrededor de la estrella central entre el gas del disco. Durante la segunda etapa estos planetesimales colisionan entre sí aumentando de tamaño hasta formar a los planetas terrestres y a los núcleos de los planetas gigantes. Luego, estos últimos, debido a que sus núcleos son muy masivos, capturan gravitatoriamente gas del disco para formar sus envolturas gaseosas.

La hipótesis del planetesimal es la teoría generalmente aceptada para explicar la formación del Sistema Solar. La inestabilidad gravitacional predice la formación de planetas gigantes de composición solar, pero los planetas gigantes del Sistema Solar, aunque poseen una envoltura gaseosa de composición solar, tienen un núcleo enriquecido con elementos pesados con respecto a la composición del Sol, y esto se puede explicar solo con la hipótesis del planetesimal. Además, la inestabilidad gravitacional no puede explicar la existencia de satélites, asteroides, cometas, planetas enanos y demás cuerpos menores del Sistema Solar que poseen un rol bien definido dentro de la hipótesis del planetesimal ya que son planetesimales remanentes del proceso de formación planetaria. Sin embargo, la inestabilidad gravitacional posee la ventaja de formar planetas gaseosos rápidamente, antes de que el gas del disco se disipe, lo que ocurre en diez millones de años. Esto ha convertido la inestabilidad gravitacional en una teoría posible para la formación de planetas gigantes gaseosos en algunos sistemas planetarios extrasolares.

FORMACIÓN PLANETARIA SEGÚN LA HIPÓTESIS DEL PLANETESIMAL

La formación de un Sistema Planetario a partir de un disco protoplanetario está caracterizada por dos etapas.

Durante la primera etapa se forman los planetesimales, mientras que durante la segunda etapa se forman los planetas a partir de los planetesimales. Durante la primer etapa la formación de planetesimales puede ocurrir mediante dos mecanismos. Uno de los mecanismos es, otra vez, la inestabilidad gravitacional si el disco de gas y polvo es turbulento. La inestabilidad gravitacional forma planetesimales grandes de más de cien kilómetros de radio sin pasar por tamaños intermedios. Sin embargo, está más aceptado el mecanismo de coagulación en vez de la inestabilidad gravitacional para la formación de planetesimales. En este caso, la primer etapa de la formación planetaria es una etapa agregacional en la cual a través de estos procesos llamados de coagulación, las partículas de polvo colisionan y se pegan aumentando su tamaño. Durante esta fase la fuerza dominante es la interacción molecular entre las partículas de polvo, además de la fuerza de fricción gaseosa que sufren las partículas de polvo con el gas del disco. Una vez que las partículas sólidas alcanzan aproximadamente el kilómetro de radio debido a los procesos de coagulación, la fuerza gravitatoria ejercida entre ellas pasa a ser la fuerza dominante del sistema y las demás fuerzas, en especial la fricción gaseosa, pasan a ser solo una perturbación en el sistema. A partir de ese momento comienza la segunda etapa del proceso de formación planetaria, llamada fase acrecional, donde estos cuerpos del orden del kilómetro llamados planetesimales y que orbitan alrededor de la estrella central, interactúan entre sí debido a la fuerza gravitatoria colisionando de a pares. El resultado de dichas colisiones puede producir fractura, disrupción o acreción de planetesimales pero debe dominar la acreción para que los planetesimales mas grandes sigan creciendo acretando al resto de la población hasta convertirse en protoplanetas terrestres o en los núcleos de los planetas gigantes. Una vez que los núcleos de los planetas gigantes alcanzan masas de 5 ó 10 masas terrestres, poseen la suficiente atracción gravitatoria para capturar gas del disco y formar sus envolturas gaseosas.

Las Figuras 1 y 2 muestran la formación del Sistema Solar. La Figura 1 (a) muestra el colapso del núcleo de la nube molecular. En (b) el disco de gas y polvo está recién formado por el colapso, mientras que en (c) el gas ya ha comenzado a disiparse, además se están formando planetesimales. En (d) la estrella central es claramente visible con su disco de planetesimales orbitando a su alrededor y hay menos gas en el disco porque éste se ha ido disipando con el transcurso del tiempo mientras se formaban los planetesimales. En (e) hay menos gas y menos planetesimales pequeños debido a que éstos han ido aumentando de tamaño al irse acretando. En (f) la acreción de plane-

simales culminó con la formación de los planetas terrestres y núcleos de planetas gigantes donde estos últimos capturaron el gas que quedaba en el disco antes de que éste terminara de disiparse.

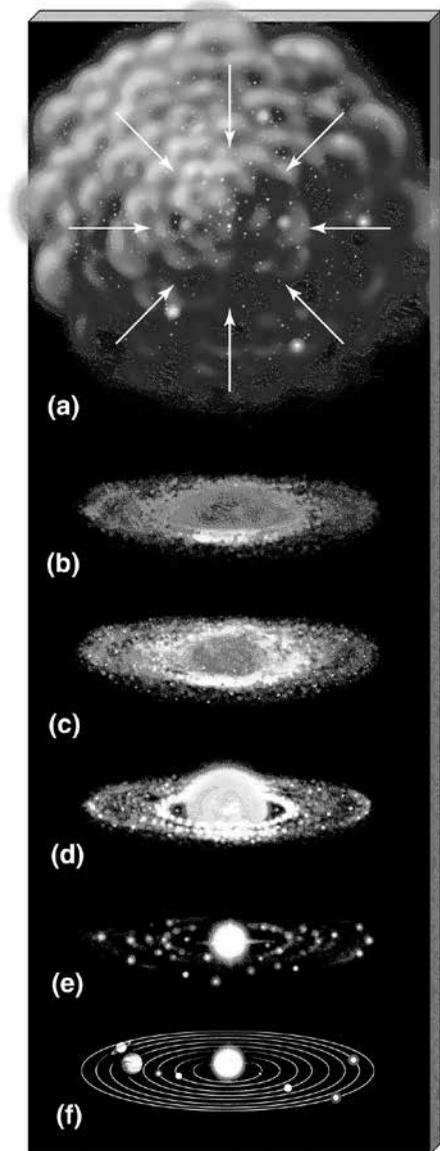


Figura 1

La Figura 2 es similar a la 1. En el primer dibujo se muestra al Sol y al disco visto de canto, donde el tono oscuro del disco representa al gas y al polvo mezclados. En el dibujo inmediato inferior el gas está representado con un tono más claro mientras que el polvo que se muestra más oscuro se asienta en el plano medio del disco. Esto es debido a que el gas está sometido a dos fuerzas, por un lado la gravedad que lo intenta asentar en el plano medio del disco y por otro lado la fuerza ejercida por la presión del gas que se opone a la gravedad, esto hace que el gas del disco esté en equilibrio, mientras que el polvo por ser mucho más denso que el gas no siente el gradiente de presión y por lo tanto se asienta en el plano medio del disco. Durante el asentamiento del polvo en el plano medio del

disco, las partículas de polvo experimentan fricción gaseosa con el gas del disco, lo que favorece las colisiones y la coagulación entre ellas.

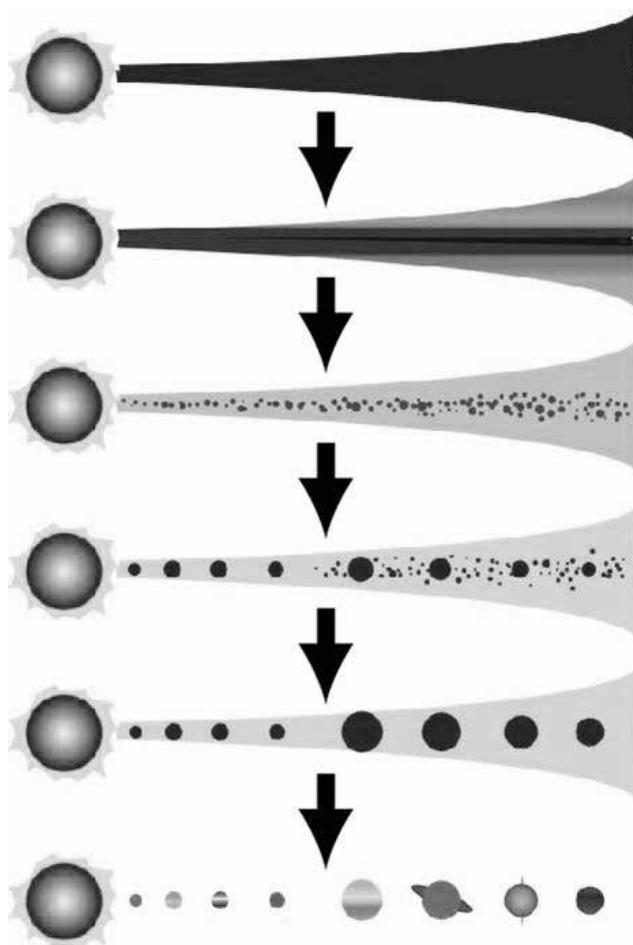


Figura 2

Luego en el dibujo siguiente se muestra la primer etapa de la formación planetaria, donde se forman planetesimales por coagulación mostrados en tono oscuro, y el gas se ve más claro que en el dibujo anterior porque esto representa que el gas ha comenzado a disiparse del sistema. En el dibujo siguiente se muestra la segunda etapa de formación planetaria donde estos planetesimales han crecido de tamaño. Los más grandes se convierten en protoplanetas inmersos en el gas del disco donde todavía existe una distribución remanente de planetesimales pequeños. En la figura siguiente se muestran los planetas terrestres y los núcleos de los planetas gigantes del Sistema Solar inmersos en el gas restante que todavía no se ha terminado de disipar y en el último dibujo se puede ver los planetas terrestres y los gigantes que ya capturaron sus envolturas gaseosas mientras que el resto del gas del disco se ha disipado.

EL ROL DE LA FORMACIÓN PLANETARIA EN LA DEFINICIÓN DE PLANETAS, PLANETAS ENANOS Y CUERPOS MENORES

El proceso de acreción de planetesimales posee un rol bien definido en la configuración actual del Sistema Solar: planetas, “planetas enanos”¹ y cuerpos menores. Durante la segunda etapa del crecimiento protoplanetario, muchos planetesimales orbitan alrededor del Sol. En el disco primordial la temperatura es decreciente con la distancia a la estrella central, cuanto más lejos se está de la estrella, la temperatura es más baja. La región donde se encuentran actualmente los asteroides, que es aproximadamente 3 veces la distancia que existe entre el Sol y la Tierra, se denomina línea de nieve debido a que a esa distancia en el disco primordial la temperatura es de 175 grados Kelvin² (K). Esa temperatura corresponde a la temperatura de sublimación o condensación de los hielos. Eso significa que a una temperatura superior a los 175 K los hielos se subliman mientras que a una temperatura inferior a 175 K se condensan. La línea de nieve divide al Sistema Solar en dos partes, un sistema Solar interior donde no existen hielos en forma sólida y un Sistema Solar exterior donde existen hielos en estado sólido. En el Sistema Solar interior los planetesimales eran de composición rocosa pero en el Sistema Solar exterior estos objetos sólidos estaban compuestos de materiales rocosos pero también de hielos. Por tal motivo, en el Sistema Solar exterior había más material sólido para formar protoplanetas, porque existía más material sólido disponible en forma de hielo. En el sistema Solar interior los planetas Mercurio, Venus, Tierra y Marte son llamados planetas rocosos y son mucho menos masivos que los planetas gigantes Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno del Sistema Solar exterior, ya que estos planetas poseen un núcleo sólido masivo rico en hielos. El hecho de que los núcleos de los planetas gigantes sean mucho más masivos que los planetas terrestres es lo que hace que la fuerza gravitatoria ejercida por los núcleos de los gigantes haya sido lo suficientemente grande como para atraer gravitatoriamente al gas del disco para formar sus envolturas gaseosas. En la línea de nieve se encuentran los asteroides, que son una población remanente de planetesimales primordiales que han evolucionado colisionalmente pero que no fueron acretados por los

planetas debido posiblemente a las perturbaciones gravitatorias ejercidas por Jupiter durante su formación. Más allá de la órbita de Neptuno existe un disco remanente de planetesimales llamados transneptunianos, dicho disco se denomina Cinturón de Kuiper. Algunos de los objetos transneptunianos se formaron *in situ* (allí mismo), aunque otros, que se denominan objetos del disco dispersado, se formaron en la región de los planetas gigantes pero luego fueron trasladados a órbitas más lejanas por las perturbaciones gravitatorias ejercidas por los planetas gigantes. Los objetos del Cinturón de Kuiper son la fuente de cometas de corto período. Mucho más lejos se encuentra la Nube de Oort, que es un reservorio de planetesimales que fueron formados en la región de los planetas gigantes para ser luego enviados a dicha nube también por las perturbaciones gravitatorias ejercidas por los planetas gigantes. La nube de Oort es actualmente la fuente de cometas de largo período.

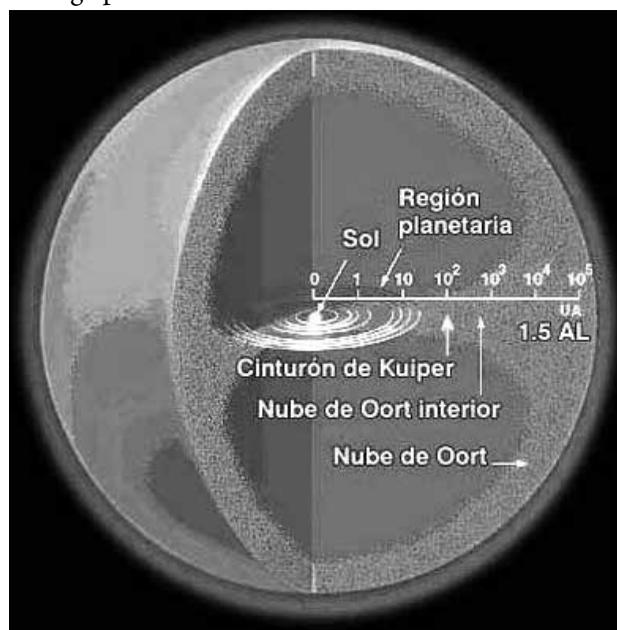


Figura 3

En la Figura 3 (diagrama original de David Darling), se muestra un diagrama del Sistema Solar en su máxima extensión con las distancias expresadas en unidades astronómicas, donde una unidad astronómica se define como la distancia entre el Sol y la Tierra.

Todos estos objetos que orbitan alrededor del Sol, tales como asteroides y cometas, son planetesimales que se formaron en el disco primordial y que no fueron acretados por los planetas, vale decir que son planetesimales remanentes de la formación planetaria y se los denomina cuerpos menores del Sistema Solar.

Cuando se forma un planeta terrestre o el núcleo de un planeta gigante, el protoplaneta va aumentando su masa durante el proceso de acreción, y cuando su masa es lo su-

¹ Nota del editor: el término “planeta enano” se debe usar entre comillas para señalar un concepto diferente al de planeta, y no como una subcategoría de este, según la Unión Astronómica Internacional.

² 175 grados Kelvin equivalen aproximadamente a 98 grados centígrados bajo cero (175 K ~ -98 °C)

ficientemente grande como para que su autogravedad sea más fuerte que la fuerza de ligadura interna del material del que está compuesto el cuerpo, su forma es siempre esférica. Esta propiedad la comparten los planetas y “planetas enanos” del Sistema Solar. Los planetas del Sistema solar son 8, Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno mientras que se conocen en la actualidad más de 50 “planetas enanos”, como Ceres que se encuentra en el Cinturón de Asteroides, mientras que todos los demás planetas enanos como Plutón, Eris, Varuna, Orcus, Ixion, Quaoar y Sedna, se encuentran en el Cinturón de Kuiper.

La Figura 4 es un diagrama del Sistema Solar en la región de los planetas exteriores y del cinturón de Kuiper. Este diagrama, además de mostrar las órbitas de los planetas gigantes y de algunos planetas enanos, muestra la órbita de dos cometas de corto período con flechas, el cometa Halley y el Hale-Bopp. Los planetas enanos se muestran con diamantes mientras que los objetos del cinturón de Kuiper se muestran con puntos. La Figura 5 (en la página siguiente) muestra al Sistema Solar interior donde los puntos representan a los asteroides y las flechas a los cometas. La Figura 6 (también en la página siguien-

te) muestra al Sistema Solar exterior donde las puntas de flecha indican a los cometas y los puntos representan asteroides y objetos del cinturón de Kuiper. También se muestran las órbitas de los cometas Halley y Hale-Bopp. Las Figuras 4, 5 y 6 son diagramas que fueron realizados con la base de datos del Jet Propulsion Laboratory (JPL) correspondiente al 1° de octubre de 2013.

Durante el proceso de acreción, un protoplaneta va consumiendo todos los planetesimales que se encuentran dentro de su alcance gravitatorio. Este proceso conduce al protoplaneta en crecimiento a “comerse” todos los planetesimales que se encuentran alrededor de su órbita. Los planetesimales que no son “comidos” por el protoplaneta son dispersados por la fuerza gravitatoria ejercida por éste. Esto aísla al protoplaneta al final de su proceso de acreción. Esta propiedad la poseen los planetas del Sistema Solar y es la que diferencia a los planetas de los “planetas enanos”, ya que estos últimos son menos masivos y por lo tanto poseen menos atracción gravitatoria que los planetas. Por tal motivo los “planetas enanos” no han acrecido todos los planetesimales que se encontraban en la vecindad de su órbita. Los “planetas enanos” son lo suficientemente masivos como para ser esféricos pero no

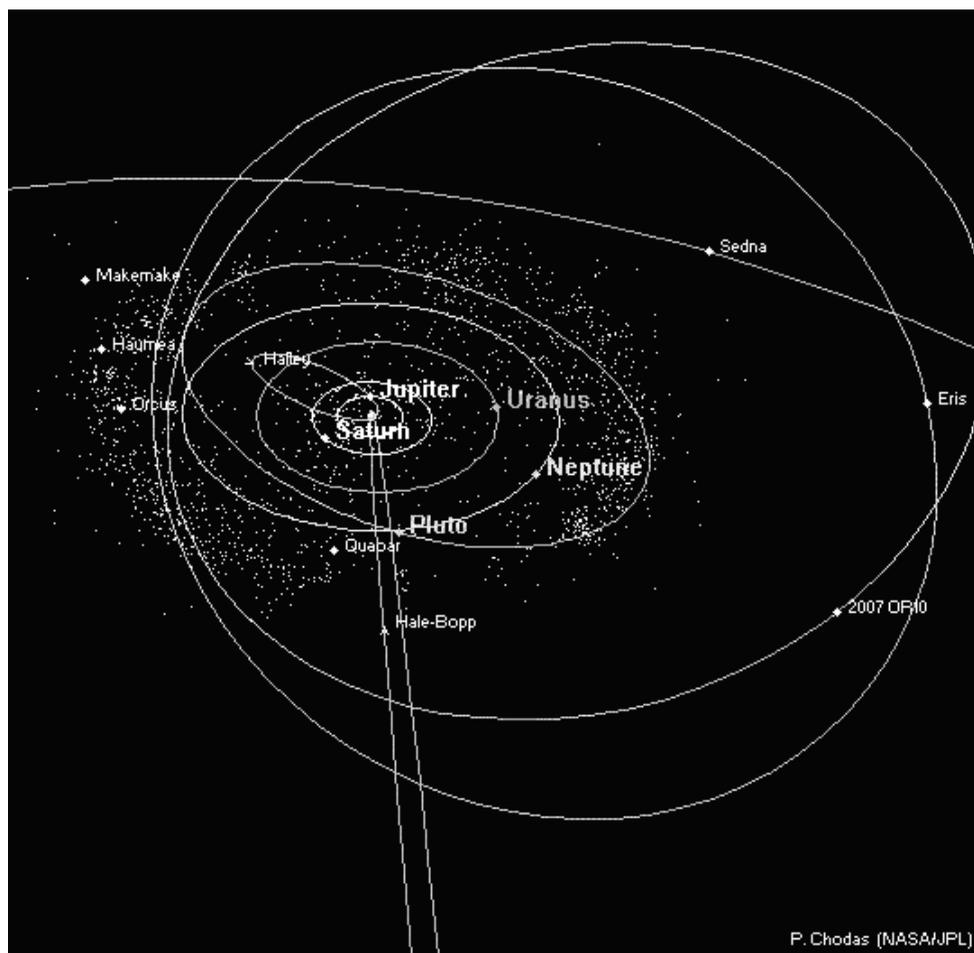


Figura 4

son tan masivos como para acretar todo el material que tuvieron disponible durante su formación.

La definición de planetas, “planetas enanos” y cuerpos menores está basada en el proceso de formación de estos cuerpos y no en su posterior evolución. Cabe mencionar que existen objetos llamados asteroides troyanos de Júpiter que son asteroides que se encuentran actualmente orbitando en las cercanías de Júpiter.

Un troyano de un planeta se define como un cuerpo que posee la misma órbita que el planeta pero que se encuentra a sesenta grados adelante o atrás de éste. Uno se podría preguntar cómo es posible que existan cuerpos con la misma órbita de Júpiter si este planeta se ha formado acretando todo el material que tenía cerca de su órbita. La respuesta es que cuando Júpiter se formó acretó todo el material que tenía cerca, pero los troyanos no estaban cerca de Júpiter cuando este se estaba formando. Los asteroides troyanos fueron formados en otra región diferente a la órbita de Júpiter pero fueron posteriormente capturados en la órbita de este planeta en una etapa posterior a la formación planetaria. También existen troyanos de otros planetas, como ocurre con Neptuno.

Artículo escrito por: Dra. M. Gabriela Parisi (gparisi@iar-conicet.gov.ar)

Estudió la carrera de Astronomía en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata, obteniendo el título de Dra. en Astronomía en el 2001, título de la Tesis: Dinámica del Sistema Solar durante las últimas etapas de formación planetaria. Obtuvo una posición postdoctoral en la Universidad de Chile desde el 2004 al 2007, donde ha trabajado en teoría y observación de los satélites irregulares de Urano y Neptuno, llevando a cabo parte de dichos proyectos en el Very Large Telescope del European Southern Observatory (ESO-VLT) en Cerro Paranal, desierto de Atacama, Chile. Posee varios artículos sobre ciencias planetarias en diversas revistas internacionales con referato y varias presentaciones en congresos internacionales de dicha especialidad. Actualmente es Docente de la Cátedra Origen y Evolución del Sistema Solar de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata (FCAGLP) e Investigadora del CONICET con lugar de trabajo en el Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR, CCT- La Plata, CONICET).

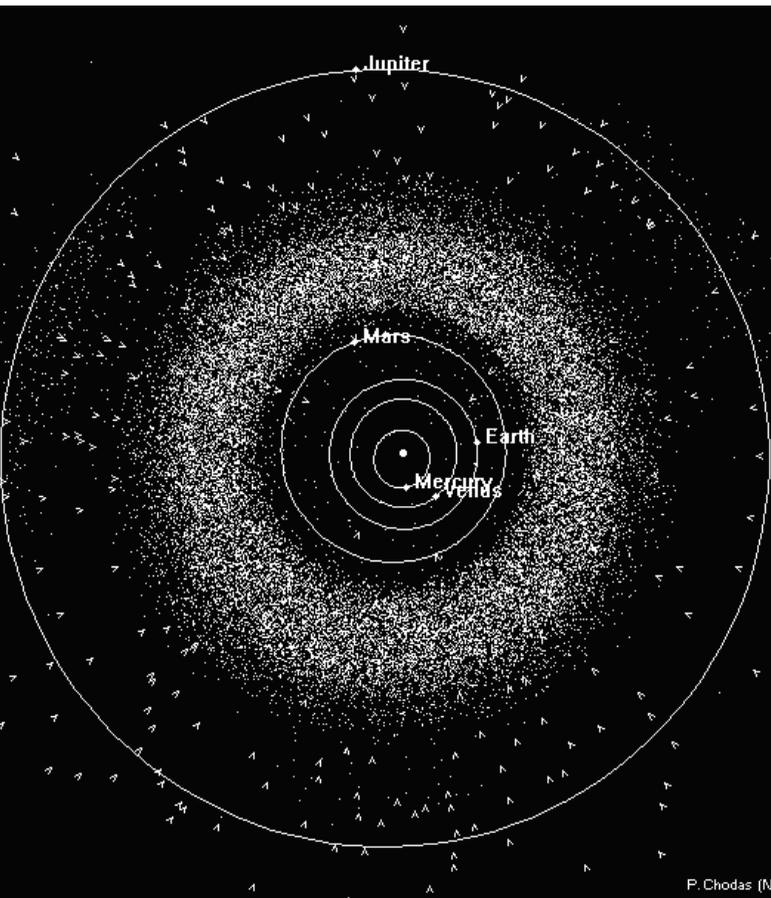


Figura 5

P. Chodas (NASA)

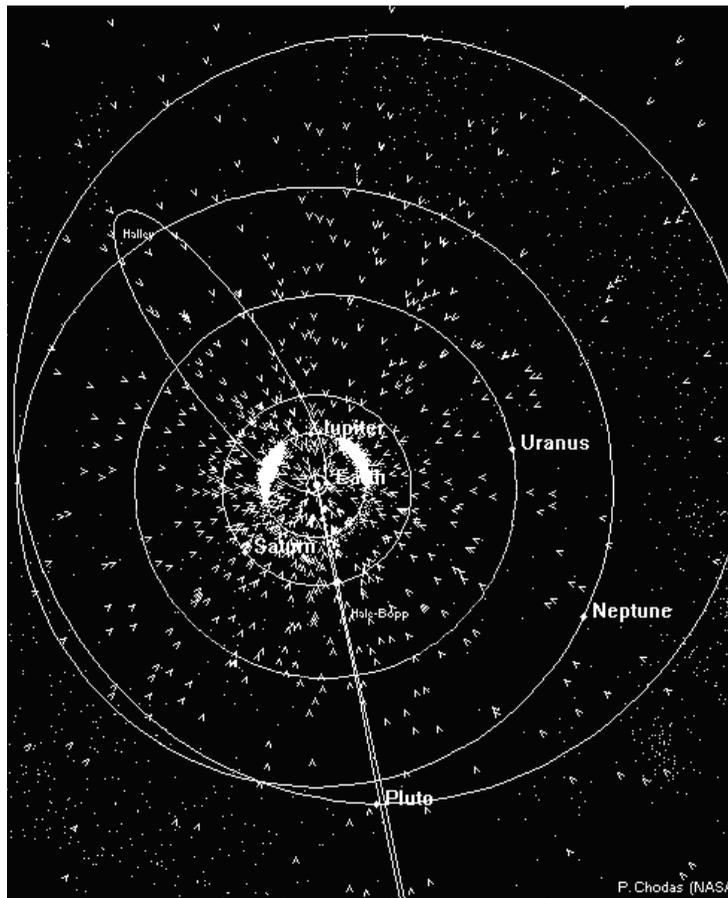


Figura 6

P. Chodas (NASA)

OBJETOS CERCANOS A LA TIERRA Y LA PROBABILIDAD DE IMPACTO: PARTE 2

Esta segunda parte continúa de la Revista Astronómica nº280 y es un artículo armado por Nahuel Srnec transcribiendo la excelente conferencia que brindó el consocio Dr. Ricardo Gil-Hutton en nuestra Asociación. Le recomendamos a los lectores que repasen el artículo anterior, en el que se explican las órbitas de los distintos objetos que se aproximan a la Tierra, se detalla información sobre distintos tipos de asteroides, de los troyanos de nuestro planeta y del caso particular de las órbitas en herradura.

Conferencia del Dr. Ricardo Gil-Hutton, CASLEO - CONICET, A.A.A.A.

¿QUÉ ES LO QUE SE HIZO EN ASTRONOMÍA PARA VER CÓMO PROTEGERNOS DE ESTAS COSAS?

(QUE SE EMPIEZAN A ACERCAR MÁS DE LO QUE NOSOTROS PENSÁBAMOS)

Se armó una serie de observatorios con telescopios dedicados. Particularmente en Estados Unidos, con el fin de la Guerra Fría muchos telescopios que estaban en instalaciones militares con el fin de rastrear satélites enemigos quedaron sin uso ni ocupación. Se trataba de instrumentos importantes, de dos y tres metros de diámetro.

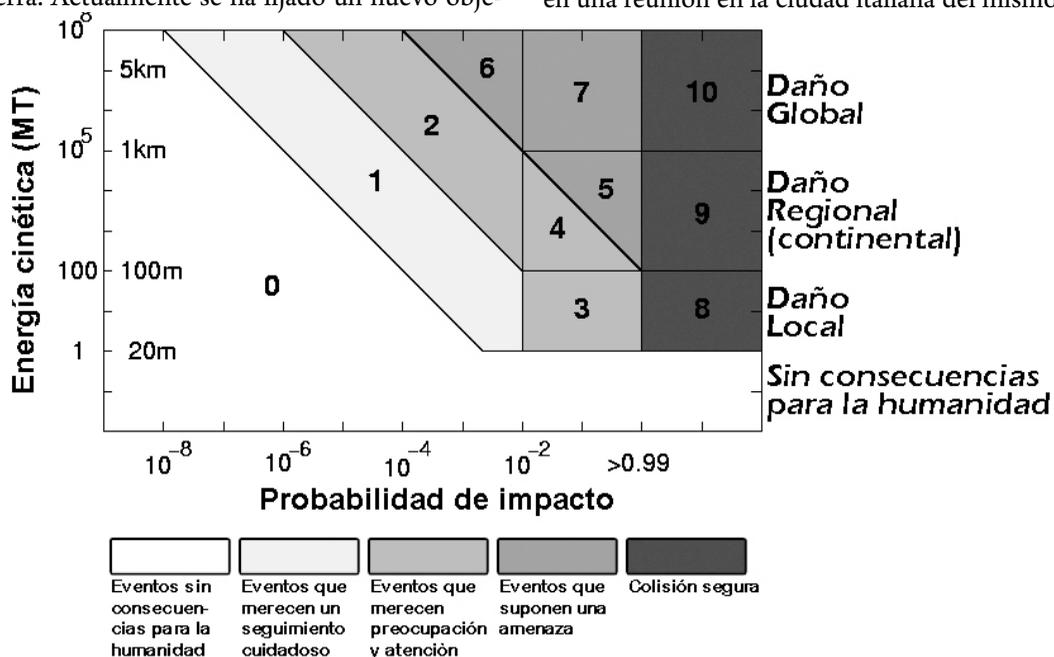
Se empezaron a utilizar para rastrear a este tipo de objetos y se creó la Fundación Spaceguard para detectar y estudiar NEOs (Near Earth Objects, objetos cercanos a la Tierra). La Fundación Spaceguard es una organización internacional que coordina los esfuerzos nacionales, cuyo objetivo principal era el de detectar para el año 2002 el 90% de los NEOs mayores a 1 km de diámetro. Esto se logró finalmente en el año 2008, por lo que actualmente se conoce bastante bien la órbita de aquellos que se acercan a la Tierra. Actualmente se ha fijado un nuevo obje-

tivo: detectar el 90% de los objetos mayores a 140 m; lo que implica generar una constelación de telescopios del orden de los 3 a 4 m de diámetro para buscar exclusivamente este tipo de objetos.

¿Cuál es el problema principal? La población de NEOs va cambiando permanentemente: algunos se pierden porque colisionan contra algún planeta o con el Sol, o son expulsados del Sistema Solar, mientras que otros nuevos vienen desde el cinturón de asteroides. Entonces, es un esfuerzo prácticamente sin fin y, en parte, el cambio del objetivo para detectar objetos de 1 km a 140 m implica haberse dado cuenta que el conocer objetos de más de 1km afectaría poco para resguardarnos de alguna colisión que nos pueda hacer daño. Objetos mayores a 1 km hay del orden de 4.000 o 5.000; objetos mayores de 50 metros hay del orden de 25 millones.

LA ESCALA DE TORINO

El astrónomo estadounidense Richard Binzel diseñó una escala llamada escala de Torino (porque se presentó en una reunión en la ciudad italiana del mismo nombre)



que nos permite saber el daño que va a hacer algún objeto en función de su energía cinética y de la probabilidad de colisión. Esta escala está volcada a objetos de cierto tamaño ya que está medida en megatonnes (millones de toneladas de TNT, magnitud comparable con la de una bomba atómica). La zona en 0 sería la zona de consecuencias no graves para la humanidad; pero las otras ya empiezan a tener mayor peso. El problema en realidad no es la colisión en sí, sino sus consecuencias. Por ejemplo, una colisión muy grande puede levantar tal cantidad de material que queda en suspensión por lo que no llegue la luz del Sol a la superficie, no se produzca la fotosíntesis y desaparezca la flora; por lo tanto se afectaría a la fauna.

De este modo, un objeto que llega con una gran energía cinética (un objeto muy grande o un objeto que venga muy rápido) nos va a generar un daño global, en la zona más oscura del gráfico.

Nunca, ningún objeto conocido pasó hasta ahora de la categoría 2; actualmente no hay ninguno que llegue a la 1. Hoy, todos los objetos conocidos están en la categoría 0 para dentro de unos cuantos años en el futuro.¹

¿CÓMO CALCULAR LA PROBABILIDAD DE IMPACTO?

¿Cuál es el número de colisiones que se tiene que esperar con una determinada población de objetos sobre la Tierra? El número de colisiones con objetos mayores a un cierto radio r_p va a ser el resultado de la siguiente ecuación. Allí está el radio de la Tierra r_t y el radio del objeto r_p : como el segundo es muy pequeño respecto del

$$\langle N_{col}(> r_p) \rangle = \langle P_i \rangle (r_t + r_p)^2 \Delta t N_{pro}(> r_p) \approx \langle P_i \rangle r_t^2 \Delta t N_{pro}(> r_p),$$

primero, se puede equiparar todo a r_t .

Donde P_i es la probabilidad intrínseca de colisión (un valor que se puede calcular), r_t es el radio de la Tierra que está elevado al cuadrado, Δt es el intervalo de tiempo para el cual se está calculando el número de colisiones que se puede tener y N_{pro} es el número de objetos/proyectiles con radio mayor a r_p .

Multiplicando estos valores, se puede sacar el número

de colisiones con la Tierra que se puede esperar en el intervalo que se quiera. El problema es el N_{pro} : ¿cuántos objetos hay mayores que el r_p que definimos?... En realidad, no sabemos.

Sabemos cuántos objetos/proyectiles hay con radios mayores a 1 km porque los podemos ver con nuestros telescopios y los podemos contar. Pero el problema está con los objetos más chicos (del orden de las centenas de metros o las decenas de metros). Se estima (con poca precisión) que hay unos 25 millones de objetos del orden de los 50 m de diámetro. Entonces, perdemos exactitud. Finalmente, el problema es conocer correctamente el valor de N_{pro} .

Independientemente de eso, si hacemos una estimación en base a algunas observaciones hechas desde el espacio y desde tierra, podemos utilizar esta ecuación para objetos menores a 300 m, el número de colisiones estimadas por año: $N_{col}(> r_p) = 5.69 r^{-2.7} / \text{año}$ $r_p < 300 \text{ m}$

Haciendo el cálculo, se obtiene una colisión con objetos de 1 m de radio cada 2 meses; con objetos de 2 m cada 1 año y con objetos de 4m cada 10 años... y, por ser tan chiquitos, ninguno de estos los podemos observar astronómicamente (un objeto de 1 m de radio al doble de la distancia con la Luna tiene una magnitud aparente aproximada del orden de 30).

CALCULAR EL DAÑO DEL IMPACTO

Si bien estos son objetos pequeños, lo que importa es la energía cinética. Por lo tanto, hay que calcular qué daño pueden hacer en la Tierra. Esta segunda ecuación tiene el fin de calcular el radio del cráter que puede pro-

$$D_c = 1.70 r_p^{0.78} g^{-0.22} v_p^{0.44} \left(\frac{\rho_p}{\rho_t} \right)^{0.333} (\cos \theta)^{0.44}$$

ducir cierto objeto en el impacto:

Donde D_c es el diámetro del cráter, r_p es el diámetro del objeto, g es la aceleración de la gravedad, v_p es la velocidad con la que ingresa el objeto, ρ_p / ρ_t es la relación de densidades del proyectil y de la corteza terrestre, y luego hay una corrección del ángulo en el que ingresa el objeto (θ es 0 cuando el objeto ingresa del cénit y es 90 si el objeto pasa rasante a la superficie).

Si asumimos que: la colisión viene desde arriba, las densidades son iguales (cosa que es mentira, porque en general la densidad del proyectil es mucho mayor a la densidad de la corteza terrestre), fijamos la fuerza de gra-

¹ Nota del editor: las tablas actualizadas de los objetos con probabilidad de impacto se pueden observar en:

<http://neo.jpl.nasa.gov/risk/>

A la derecha de las tablas está la escala de Torino para cada objeto.

vedad y asumimos una velocidad de 10 km/s (que no es descabellada, 10 km/s es igual a 36 mil kilómetros por hora), obtenemos que la colisión con un objeto de 10 m de radio va a generar un cráter de 400 m de diámetro con una profundidad de 80 m. Una colisión con un objeto de 2 m de radio va a hacer un cráter de 100 m de diámetro con una profundidad de 20 m.

Si $q = 0$, $r_t = r_p$, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, $v_p = 10 \text{ km/s}$

Si $r_p = 10 \text{ m}$ entonces $D_c = 400 \text{ m}$

EL PELIGRO DE LOS OBJETOS PEQUEÑOS

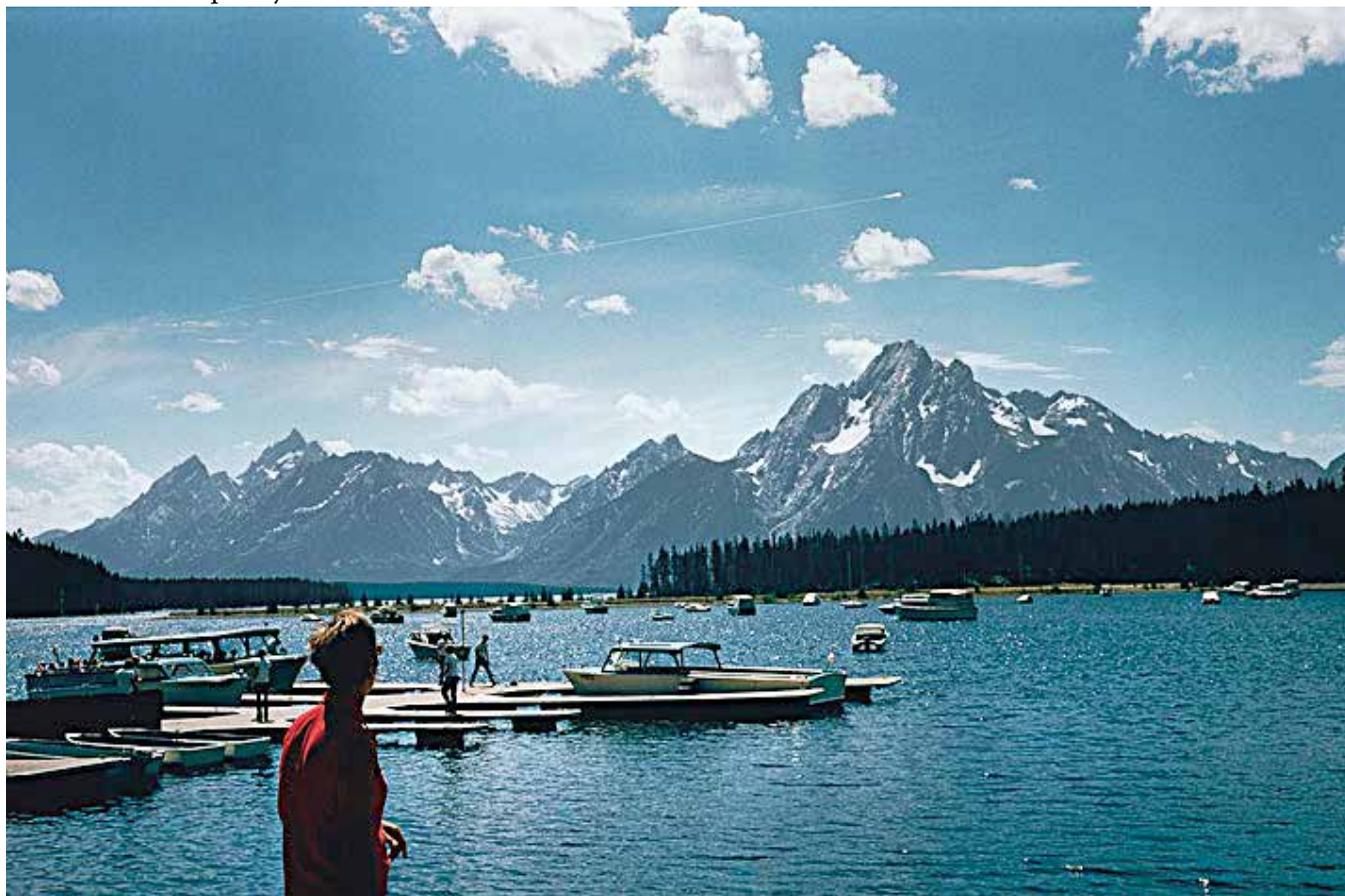
Los objetos pequeños son peligrosos, más que los objetos grandes, ya que los primeros tienen mayor probabilidad de colisión y no los podemos ver.

A estos objetos pequeños, que caen sobre la Tierra en una cantidad alarmantemente alta, se los demonina *fireball* (que nosotros llamamos extraoficialmente bólidos) y alcanzan brillos muy altos, superiores a -4. Es usual que lleguen a magnitud -16 y no es muy raro ver bólidos que lleguen a magnitud -28 ¡más brillantes que el Sol!, como el caso del bólido que cayó en Rusia en 2013.

Si son pequeños y de alta velocidad, se queman en la alta atmósfera. Pero si son grandes y de baja velocidad, entonces ingresan profundamente, pudiendo llegar a la superficie. Los bólidos se desaceleran por la fricción con la atmósfera, y algunos pueden reducir tanto su velocidad hasta llegar a la de caída libre, de unos 100 m/s (aproximadamente 360 km/h).

Al mismo tiempo, el meteoro o el bólido que está ingresando comprime un cilindro de aire que va por delante de él: entra tan rápido en la atmósfera, que el aire se comprime debajo de él en lugar de desplazarse hacia los costados; en un momento dado, ese cilindro explota y genera un “boom sónico” que es muy destructivo (lo que hizo el mencionado bólido que cayó cerca de la ciudad rusa de Chelyabinsk en febrero de 2013).

Todos los años, la Tierra recibe unas 15.000 toneladas de material extraterrestre en forma de bólidos, meteoritos, etc. El número de objetos reportados en el año 2011 fue de 1631. En 2012, ese número fue de 2126. Posiblemente el número real sea mucho mayor (también caen en la zona de día y no se ven, en el océano, en regiones deshabitadas, o sencillamente no son reportados por no estar registrados en ninguna cámara).



“El gran bólido diurno”, fotografía de James M. Baker

ALGUNOS EVENTOS RECIENTES :

6 de Junio de 2002: Evento sobre el Mediterráneo entre Libia y Creta. Posiblemente un pequeño asteroide de 20 o 30 m no detectado y similar al que se mencionó de Rusia.

25 de Septiembre de 2002: Evento en el río Vitim, Siberia. El problema fue que la explosión del impacto fue detectada por un satélite militar estadounidense, y creyeron que en Rusia se estaban haciendo experimentos con bombas atómicas.

8 de Octubre de 2009: Explosión en la atmósfera de un superbólido (con magnitud de -20 o -22) sobre Sulawesi, Indonesia. El objeto tendría unos 5 a 10 m.

10 de Agosto de 1972: "El gran bólido diurno". Rebotó en la atmósfera sobre EUA a unos 57 km de altura. Tenía de 3 a 10 m de diámetro e ingresó a una velocidad de 15 km/s (54000 km/h). Entró tan rasante que rebotó contra la atmósfera y volvió a salir.

15 de Septiembre de 2007: Impacto en la localidad de Carancas, Perú. El objeto posiblemente fue de unos 3 m. Se recuperaron fragmentos porque explotó en la atmósfera y algunos de ellos entraron con bastante velocidad y generaron cráteres en el terreno blando.



Fotografía de Lionel Jackson

22 de Abril de 2012: Evento sobre California y Nevada, EUA. Se partió en la atmósfera. Se estima un tamaño de 2-4 m.

21 de Septiembre de 2012: Evento sobre el Reino Unido. Inicialmente se supuso que era un satélite artificial que había entrado en la atmósfera.

15 de Febrero de 2013: Evento sobre Chelyabinsk, Rusia. Explotó a unos 23 km de altura y se asume un tamaño de 17-20 m.



15 de Febrero de 2013: Evento sobre Chelyabinsk, Rusia.

EL CASO DE 2008 TC₃

Fue descubierto el 6 de octubre de 2008 por el Catalina Sky Survey en Mount Lemmon unas 20 hs antes del impacto. El objeto tenía unos 4 m de diámetro y pesaba unas 80 toneladas. Entró a la atmósfera a las 02:45 TU del 7 de octubre sobre el territorio de Sudán con una velocidad de 12,5 km/s. Explotó a unos 30 km de altura y produjo un bólido y centenas de fragmentos (se han recuperado unos 20 kg en total).



¿QUÉ SE PUEDE HACER PARA DISMINUIR EL RIESGO?

Lamentablemente, ¡¡no mucho!! Hay varias razones que dificultan la tarea:

- Existe un cono ciego centrado en el Sol.
- La probabilidad de detección temprana es baja.
- La probabilidad de colisión con proyectiles grandes es baja (¡son los que podemos ver!).
- Posiblemente el daño mayor provenga de un proyectil mediano (¡son los que no vemos!).
- No conocemos con exactitud la composición del proyectil (no es lo mismo un objeto que esté hecho de hielo que un objeto que esté hecho de hierro).
- Corremos el riesgo de confundir estos fenómenos con un ataque nuclear (¡¡ya sucedió!!).

¿QUÉ SE PUEDE EFECTIVAMENTE?

- Detectar su ingreso, determinar su dirección y altura por triangulación.
- Determinar su órbita.
- Medir su velocidad y desaceleración.
- Medir su brillo para obtener información sobre su masa.
- Tomar espectros para deducir su composición.
- Detectar la fragmentación.

Los aficionados pueden ayudar mucho a los astrónomos profesionales a estudiar y descubrir toda una población de objetos que efectivamente no se conoce. A veces, nos preocupamos mucho por estudiar cosmología, astronomía galáctica y extragaláctica; o por estudiar objetos transneptunianos en los confines del Sistema Solar, pero realmente tenemos muy poca idea de lo que tenemos alrededor.

Los aficionados pueden colaborar con equipos sencillos que puedan registrar los eventos: se trata de cámaras web con lentes tipo ojo de pez o cámaras fotográficas con espejos. El objetivo es capturar una imagen de la mayor parte del cielo posible. Si el evento lo detectan dos cámaras separadas por un par de kilómetros se puede triangular el lugar, altura y dirección de ingreso.



Bólido detectado por una cámara de aficionado en Belmont, EUA. Interactiveastronomy Skyeeye Camera. Wes Jones



Nota del editor:

En nuestro observatorio, el socio Jorge Weselka ha instalado dos cámaras para la detección de bólidos. Estas cámaras (una que apunta al sur y otra al noreste) cubren un gran ángulo del cielo y funcionan todo el día analizando los cambios en la imagen que recibe el sensor.

Cuando se localiza un cambio en la imagen, que podría ser el paso rápido de un bólido, la imagen se guarda automáticamente en la computadora y se sube a internet al sitio web:

www.eventosastronomicos.com.ar

Los invito a visitar la página y a ponerse en contacto con este grupo de socios para colaborar y hacer crecer este gran proyecto.

CETUS: EL MONSTRUO MARINO

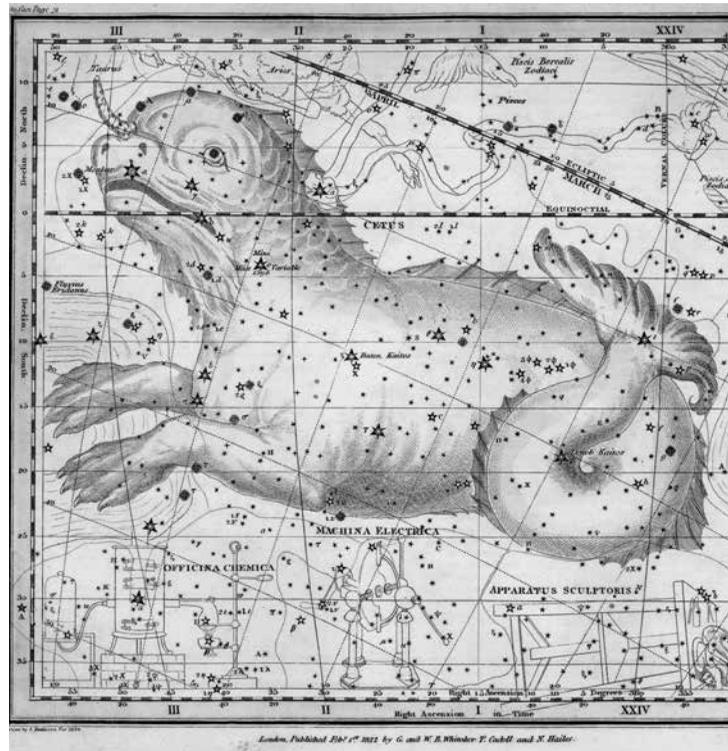
Por Yasmín Olivera y Mónica Williman, A.A.A.A.

Desde los orígenes de las primeras civilizaciones, el hombre buscó la manera de marcar el inicio y el final de los diferentes acontecimientos importantes para su vida. Una de estas maneras fue representar en el cielo historias, y de allí reconocer en qué momento del año se encontraba. Esto le servía, especialmente, para determinar el momento de las cosechas y también para la navegación, entre otras cosas.

Cetus, el monstruo marino, es una constelación que se encuentra en una región del cielo conocida como Agua, y cerca de las constelaciones de Aquarius, Piscis, Piscis Austrinus, Capricornus y Eridanus. Posee gran cantidad de estrellas variables, gigantes, súper gigantes, y enanas blancas, amarillas y rojas. En algunas de sus estrellas se han descubierto planetas extrasolares, como en 79 Ceti, 81 Ceti y 94 Ceti.

Como es una constelación ecuatorial, se divisa tanto desde el hemisferio norte como desde el sur, entre los paralelos de 10° N a 25° S. Cruza el meridiano, vista desde nuestra latitud, a mediados de diciembre alrededor de las 21:30 hora oficial argentina, y en conjunto reúne un número no muy grande de estrellas (ninguna más brillante que la magnitud 2), entre las que se destacan algunas variables, como “o Ceti” o Mira Ceti. Ocupa aproximadamente unos 1230 grados cuadrados en el cielo, esta extensión es menor que las de otras constelaciones grandes, como Virgo y la Osa Mayor, y es casi igual a la de la constelación de Hércules.

Hacia el sur, limita con Piscis y Aries, al oeste con Aquarius, al norte con Sculptor y Fornax y hacia el este con Eridanus y Taurus. Está alejada del centro galáctico, a unos 70° de latitud sur, con respecto a las coordenadas galácticas. Y justamente, hacia esa zona del cielo, podemos observar muchas galaxias, porque no están opacadas por la gran cantidad de polvo y gas que hay en el centro. Pero está muy cerca de la eclíptica, por lo tanto, algunos planetas y asteroides pueden encontrarse en esta constelación durante breves períodos -el asteroide 4 Vesta fue descubierto en Cetus en el año 1807, por Heinrich Wilhelm Olbers-. La cabeza de Cetus tiene forma de rombo, ocupa el ángulo sur-oriental, y allí se destaca la estrella brillante Menkar, - α Ceti-. El resto del cuerpo se extiende en diagonal, de sureste hacia noroeste.



Es muy importante a la hora de buscar una constelación en el cielo, conocer la historia que nos cuenta, junto a sus personajes. En la mitología griega, Ceto (Κητώ, Kētō, “monstruo marino”) era una diosa marina, que representaba los temores al mar y sus peligros. Era hija de Gea y Ponto, y esposa de Forcis. Con el paso del tiempo todos los monstruos marinos fueron denominados Ceto.

Otra historia cuenta que Casiopea, esposa de Cefeo, rey de Antioquía, era muy vanidosa, y se jactaba de su belleza, según ella, superior a la de las Nereidas, las hermosas ninfas del mar Mediterráneo. Éstas, ofendidas, le pidieron venganza a Poseidón, dios de los mares, y éste envió a un monstruo marino a destruir la región. Cuando Cefeo, preocupado, consulta al oráculo de Amón en busca de una solución. El consejo fue que sacrificaran a Andrómeda, quien fue encadenada a unas rocas en un acantilado, para ser devorada por el monstruo marino. Pero como en todas las historias de amor, aquí también aparece el héroe a rescatar a la doncella. En ese momento pasaba por el lugar Perseo, en el lomo de Pegaso, el caballo alado, que volvía de derrotar a la temible Medusa. Al ver a la joven se enamora de ella y la rescata, matando al monstruo. En el cielo, Perseo se encuentra situado cerca de Andrómeda, interponiéndose siempre entre la doncella y el monstruo.

ALGUNAS DE SUS PRINCIPALES ESTRELLAS

(α Ceti) <92 Ceti – MENKAR o Menkab> proviene de la palabra árabe رخنم *manhar*, “al minhar” que significa nariz. Tiene mv (magnitud visual aparente)= +2,5.

AR: 03h 03m16s y DEC: +04°05'23", es una estrella gigante roja, fría, con una temperatura superficial de 3700 K, que se encuentra a 220 AL del Sistema Solar. De tipo espectral M1.5 IIIa, es unas 380 veces más luminosa que nuestro sol, aunque gran parte de su luminosidad es emitida en radiación infrarroja, no visible. Es además una variable irregular, y se encuentra en las fases finales de su evolución, volviéndose muy inestable, en la cual expulsará sus capas gaseosas exteriores, convirtiéndose en una nebulosa planetaria, y en su centro, como remanente, una estrella enana blanca.

(**β Ceti**) <16 Ceti - HD 4128 - HR 188 - HIP 3419 - DENEK KAITOS ó DIPHDA>, del árabe *Al Dhanab al Kaitos al Janūbiyy* la "cola de la ballena", es la estrella más brillante con $mv=+2,04$, es una gigante amarillo/naranja. AR: 00h 44m 35s y DEC: -17°59'12". Distancia: 96 AL. Su tipo espectral es G9II-III. Deneb Kaitos es una de las estrellas que más brillan en RX, cercana al Sistema Solar. Se encuentra ya dejando la Secuencia Principal y evolucionando hacia una Gigante Roja.

(**γ Ceti**) <86 Ceti - HD 16970 - KAFFALJIDHMA> significa "parte de una mano", porque anteriormente, esta estrella formaba parte de una antigua constelación árabe, junto a otras estrellas que hoy forman la cabeza de la ballena. Es un sistema binario, cuyos componentes son una estrella blanca de tipo espectral A 3V y otra estrella blanco-amarilla de tipo F 3V, su mv es +3,4. Y AR: 02h 44m 18s. DEC: +3° 14' 09''. Distancia: 80 AL del sistema solar.

(**δ Ceti**) <82 Ceti>, es una estrella variable Beta Cephei, sub gigante blanco-azulada de $mv=+4,08$ y tipo espectral B2 IV. AR: 2h 40m 28s. DEC: +00° 19' 42''. Distancia: 647 AL.

(**ζ Ceti**) <55 Ceti - HD 11353 -BATEN KAITOS>, que quiere decir "vientre de la ballena", es una gigante naranja de $mv=+3,9$. AR: 01h 52m 27s y DEC: -10° 20' 06''. Distancia: 259 AL. Y tipo espectral K0 III.

(**η Ceti**) <31 Ceti - DENEK ALGENUBI>, del árabe *ذئب الجنب* - *đánab al-janūbii*, que significa "la cola sur del monstruo", gigante naranja de $mv=+3,45$. AR: 01h 08m 35s. DEC: -10°10'56". Distancia: 118 AL. Tipo espectral K2 III.

(**κ Ceti**) son dos estrellas: <k1 Ceti - 96 Ceti>, $mv=+4$. AR: 03h 19m 21s. DEC: +03° 22' 12'', y a 30 AL. Es una enana amarilla, y <k2 Ceti - 97 Ceti - HD 20791 - HR

1007> de $mv=+5$. AR: 03h 21m 06s. DEC: +03°40'32". A 290 AL, es una gigante amarilla.

(**λ Ceti**) <91 Ceti - HD 18604> estrella blanco-azulada de $mv=+4,71$. AR: 02h 59m 42s. DEC: +08°54'26". Distancia: 576 AL.

(**μ Ceti**) <87 Ceti - HD 17094>. Sub gigante blanco-amarilla, $mv=+4,27$, variable. AR: 02h 44m 56s. DEC: +10°06'50". Distancia: 84 AL.

(**ξ Ceti**), son dos estrellas diferentes: ξ1 Ceti <65 Ceti - HD 13611>, una supergigante amarilla y binaria espectroscópica, $mv=+4$. AR: 02h 13m 00s. DEC: +08°50'48" a 362 AL, y ξ2 Ceti <73 Ceti -HD 15318>, una estrella blanco-azulada, de $mv=+4$. AR: 02h 28m 09s. DEC: +08°27'36", y a 193 AL.

(**ο Ceti**) <68 Ceti ó MIRA Ceti>, en latín "maravillosa", AR: 02h 59m 20s. DEC: -2°58'40", y a 419 AL, fue la primera estrella variable descubierta, en el año 1596. Es el prototipo de variables pulsantes de largo período, con ciclos de 332 días variando entre magnitud 2,2 y 10.

Las estrellas de este tipo son denominadas "Variables Mira", y esta variabilidad es debida principalmente a contracciones en el diámetro de la estrella, que van alterando la temperatura de su superficie, y con ello las longitudes de onda de la luz emitida (su diámetro puede variar más de un 10% en el curso de un ciclo). Mira es una gigante roja, de tipo espectral M7 IIIe, pero su color no es tan pronunciado como el de otras estrellas gigantes rojas que hay en Cetus. Es una estrella que está llegando al final de su vida. Esta variación en el brillo era conocida en las antiguas China, Babilonia y Grecia. Pero la variabilidad de Mira Ceti fue registrada por primera vez por el astrónomo y teólogo alemán David Fabricius (o Faber), (1564-1617), el 3 de agosto de 1596. Mientras estudiaba al planeta Mercurio, Fabricius necesitaba una estrella de referencia, para comparar posiciones, y encontró una estrella cercana de tercera magnitud, Mira Ceti. Sin embargo, hacia el 21 de agosto el brillo de la estrella había aumentado, mientras que para octubre de ese mismo año no era ya visible. Fabricius supuso que sería una nova, hasta que la vio de nuevo el 16 de febrero de 1609.

Cetus también contiene a τ Ceti, una estrella similar a la nuestra en masa y tipo espectral, aunque más débil, magnitud absoluta 5,69 y a sólo 11 AL de la Tierra. Después de α Centauri A, es la segunda enana amarilla más próxima al Sol. Esto la ha hecho una favorita para los

buscadores de vida extraterrestre. Su AR: 01h 44m 04s y DEC: $-15^{\circ}56'14''$. En el año 2004, un equipo de astrónomos británicos descubrió que τ Ceti posee un 10% más de material cometario y de asteroides que nuestro Sol.

El sistema estelar Luyten 726-8, <L 726-8 - Gliese 65>, es el séptimo más cercano al Sol, a sólo 8,7 AL. Fue descubierto en el año 1949 por Willem Jacob Luyten. Está compuesto por dos estrellas enanas rojas. Una de ellas es Luyten 726-8 B- (GJ 65 B / LHS 10) también llamada UV Ceti: es una estrella fulgurante -es decir, poco luminosa- de la secuencia principal; que despide llamaradas y tiene aumentos en su brillo de unos minutos a unas pocas horas de duración. AR: 01h 39m 01s y DEC: $-17^{\circ}57'01''$. Su compañera, Luyten 726-8 A (GJ 65 A / LHS 9) ó BL Ceti, es también una estrella fulgurante, de tipo espectral M 5.5 Ve, su masa y diámetro son prácticamente iguales a los de Luyten 726-8 B.

OTROS OBJETOS INTERESANTES

M77 (NGC 1068), galaxia espiral barrada, miembro dominante de un grupo de galaxias que lleva su nombre (Grupo de M 77). AR: 02h 42m 40s. DEC: $-00^{\circ}00'48''$. Distancia: 47 millones de AL. Perteneciente al grupo de galaxias Seyfert, que son galaxias que albergan un núcleo activo.

NGC 1055, galaxia espiral barrada que forma un sistema binario con M 77, y las separan 442.000 AL. Se encuentra a una distancia de 52 millones de AL. AR: 00 h 25 m 16s. DEC: $+12^{\circ}53'02''$.

NGC 1087 galaxia espiral intermedia, con signos de formación estelar, a una distancia de 80 millones de AL. AR: 02 h 46 m 25s. DEC: $-00^{\circ}29'54''$.

NGC 1090, aunque se encuentra cerca del Grupo de M77, no forma parte del mismo. AR: 02h 46m 33s y DEC: $-00^{\circ}14'50''$. La distancia es incierta.

NGC 247, galaxia espiral miembro del Grupo Sculptor. AR: 00h 47m 08s. DEC: $-20^{\circ}45'38''$. Distancia: 9 millones de AL.

NGC 1042, galaxia espiral barrada, AR: 02h 40m 23s y DEC: $-08^{\circ}25'58''$. Distancia: 60 millones de AL.

NGC 45, galaxia espiral de muy bajo brillo superficial. AR: 00h 14m 03s y DEC: $-23^{\circ}10'51''$. Distancia: 14 millones de AL.

Galaxia IC 1613, galaxia enana perteneciente al Grupo Local. Distancia: 2,3 millones de AL. Se aproxima al Sistema Solar a una velocidad de 234 km/seg. AR: 01h 04m 54s y DEC: $+02^{\circ}07'60''$.

NGC 615, también es una galaxia espiral. AR: 01h 35 m 05s. DEC: $-07^{\circ}20'27''$.

NGC 217, galaxia espiral, AR: 00 h 41 m 33s. DEC:

$-10^{\circ}01'16''$.

NGC 1052, galaxia elíptica. AR: 02h 41m 04s y DEC: $-08^{\circ}15'18''$.

Galaxia de Wolf-Lundmark-Melotte, de $mv=11$, es una galaxia irregular en los límites del Grupo Local. Distancia: 3 millones de AL. AR: 00h 01m 58s y DEC: $-15^{\circ}27'41''$.

NGC 246, Skull Nebula. Nebulosa planetaria de pequeño diámetro. También llamada nebulosa del Esqueleto. De bajo brillo superficial, $mv=8$, se encuentra a una distancia de entre 1600 y 2500 AL. AR: 00h 47m 03s y DEC: $-11^{\circ}52'18''$. Mv 8. La estrella central (HIP 3678) es de $mv=12$, y tiene una compañera más tenue de $mv=14$. Fue descubierta por William Herschel en el año 1875.

BIBLIOGRAFÍA:

Guía de campo de las estrellas y los planetas de los hemisferios norte y sur, Menzel, Donald, H. Pasachoff.

A new classical dictionary of Greek and Roman biography, mythology and geography. Por William Smith, LL.D. y Charles Anthon, LL.D.

Apuntes del curso "Historia de las Constelaciones".



Estrella	AR	Dec	mv
σ Ceti	02h 33m 38s	$-15^{\circ}54'27''$	4,7
υ Ceti	02h 00m 00s	$-21^{\circ}04'40''$	3,9
ϕ Ceti	01h 51m 20s	$-03^{\circ}02'48''$	14,4
3 Ceti	00h 06m 32s	$-11^{\circ}10'20''$	4,9
6 Ceti	00h 13m 25s	$-16^{\circ}07'14''$	4,8
9 Ceti (BE Ceti)	00h 22m 51s	$-12^{\circ}12'34''$	6,3
13 Ceti (BU Ceti)	00h 35m 14s	$-03^{\circ}35'34''$	5,2
18 Ceti	00h 45m 28s	$-12^{\circ}52'51''$	6,1
60 Ceti	02h 03m 11s	$+00^{\circ}07'42''$	5,4
75 Ceti	02h 32m 09s	$-01^{\circ}02'06''$	5,3
79 Ceti y 81 Ceti	02h 35m 19s	$-03^{\circ}33'38''$	6,8
94 Ceti, sistema binario	03h 12m 45s	$-01^{\circ}50'33''$	5,0
R Ceti	02h 26m 02s	$-00^{\circ}10'41''$	10,1
T Ceti	00h 21m 46s	$-20^{\circ}03'28''$	5,1
YZ Ceti	01h 12m 29s	$-17^{\circ}00'02''$	9,9
ZZ Ceti	01h 36m 12s	$-11^{\circ}20'26''$	13,0
AB Ceti (HR 710)	02h 26m 01s	$-15^{\circ}20'28''$	5,8
BG Ceti (HD 3326)	00h 36m 06s	$-22^{\circ}50'32''$	16,0
CD Ceti	03h 13m 37s	$+04^{\circ}45'45''$	14,0
HD 1461	00h 18m 41s	$-08^{\circ}03'04''$	6,4
Gliese 84 y Gliese 87	02h 05m 04s	$-17^{\circ}36'44''$	10,2
Gliese 105 (HR 753)	02h 36m 04s	$+06^{\circ}52'06''$	5,8

Otras estrellas de Cetus



El eclipse de Luna del 15 de abril de 2014 - fotografía por Claudio Lazar



Conjunción Luna-Saturno del 17 de abril de 2014 - fotografía por Andrea Anfossi



Cabeza de caballo y flama - fotografía por Claudio Pietrasanta