

Editorial

BOLETÍN DE LA SEA

Editores

Iñigo Arregui Uribe-Echevarría
Nicolás Cardiel López
Xavier Luri Carrascoso
Belén López Martí
Jaime Zamorano Calvo

Portada

Benjamín Montesinos Comino

Comité editorial

Agustín Sánchez Lavega
Antonio Alberdi Odriozola
Fernando Moreno Insertis
Rafael Rebolo López
Jaime Zamorano Calvo

Sociedad Española de Astronomía SEA

<http://sea.am.ub.es>

Comisión de información

comi-info@sea.am.ub.es

Ad astra per aspera



Esta edición del Boletín llega con cierto retraso. También notaréis que es más delgado de lo habitual. Una iniciativa del estilo de nuestro Boletín está sujeta a la colaboración y participación de muchas personas. Deseamos desde aquí recordaros que diversas secciones del Boletín están abiertas a la publicación de contribuciones por parte de los socios u otros miembros de la comunidad astronómica. Os animamos a participar activamente a este respecto. Podéis consultar las normas detalladas en la página de la SEA.

En este número, Manuel Moreno nos ofrece un interesante y entretenido artículo en el que analiza la relación, no siempre bien avenida, entre la Astronomía y el cine. ¿Queréis saber cuánto y cómo salimos en las películas? Asimismo, José Miguel Rodríguez Espinosa nos sigue contando la última hora del GTC. Tras la primera luz del pasado mes de julio, el proyecto sigue su ritmo, marcado principalmente por las pruebas del *software* de control y el comienzo de las propuestas de observación. En nuestro habitual artículo de revisión, Ana Inés Gómez de Castro nos ofrece información, de primera mano, sobre el proyecto del telescopio espacial ultravioleta WSO-UV, y la participación española en el mismo. En este número hemos recopilado dos reseñas de tesis doctorales. En la línea de nuestro comentario inicial, y tal y como hacemos regularmente desde la lista de correo, queremos animaros, a doctores recientes así como a directores de tesis, a potenciar esta faceta del boletín, pues representa parte del contenido más “fresco” en cuanto a investigación en Astronomía en nuestro país.

Los editores

La imagen que aparece en la portada es a una composición de 10 observaciones tomadas por el satélite GALEX y muestra la galaxia Andrómeda (M 31) en el ultravioleta. Esta galaxia está a unos 2.5 millones de años luz de la Vía Láctea y tiene un diámetro de unos 260.000 años luz. Las zonas con colores más azules corresponden a radiación en el ultravioleta lejano (135-179 nm) y las amarillentas al ultravioleta cercano (177-283 nm).

Cortesía: NASA/JPL-Caltech.

ASTRONOMÍA DE CINE O POR QUÉ HAY SIEMPRE LUNA LLENA EN LOS FILMES

Manuel Moreno manuel.moreno@upc.edu

Resumen

La visión y la lectura inteligentes tanto de filmes como de libros ayuda a la ciudadanía no sólo a comprender mejor los avances y descubrimientos, que los fabricantes de ficciones (guionistas, escritores) incorporan en sus obras, sino, también, a ejercitar un saludable, en todos los ámbitos, espíritu crítico y escéptico.

En este trabajo se analizan ciertos aspectos llamativos de la poco fluida relación entre la astronomía y la ficción en su vertiente cinematográfica: la incompatibilidad del oficio de astrónomo(a) con el desempeño del papel de protagonista, la persistencia de decorados con Luna llena y cielos estrellados permanentes y la descuidada ambientación de entornos extraterrestres. Lo que, en términos paródicos, puede denominarse una astronomía de cine.

Introducción

En *Independence Day* (R. Emmerich, 1996), filme que ostenta el dudoso honor de ser una de las superproducciones modernas con más errores de tipo científico por minuto, los alienígenas invasores proceden de un planeta situado a... ¡90.000 millones de años luz de la Tierra! Debían venir de muy lejos pero a los responsables del filme no se les ocurrió verificar el dato y situaron su origen ¡más allá del Universo conocido! Este ejemplo es uno de los muchos que pueden encontrarse en las obras de ficción. Es una muestra del (mal)trato que la ciencia, en general, y la astronomía, en particular, reciben.

Frente al creciente interés de los ciudadanos por los temas tecnocientíficos, en general, y astronómicos, en particular, es manifiesta la persistencia de cierto analfabetismo astronómico. Como señala acertadamente el astrónomo Neil F. Comins (Comins, 2001) “Una de las grandes paradojas de los tiempos modernos es que cuanto más comprenden los científicos el mundo natural, más descubrimos que nuestras creencias cotidianas acerca de él están equivocadas. La astronomía, en particular, es una de las disciplinas científicas peor comprendidas.”

Y es en la ficción donde aparecen muchas de estas “creencias incorrectas”, “falsas ideas” o “errores”. Tópicos que aparecen enquistados en el imaginario popular. En concreto, en esa industria (arte) del

espectáculo, ese negocio basado en la venta de evasión efímera que es el cine, encuentran un terreno abonado. De entre los muchos aspectos dignos de análisis (Moreno y José, 1999; Plait, 2002; Moreno, 2005), en este trabajo nos centramos en tres. A saber: la escasa presencia de estereotipos protagonistas que ejercen el papel de astrónomos; la omnipresencia de la Luna llena de fondo o de cielos estrellados y la poco cuidada caracterización, salvo contadas excepciones, del entorno extraterrestre como lugar donde transcurre la acción. Algo que bien pudiera englobarse bajo el paródico título de una astronomía de cine.

¿La astronomía es cosa de hombres?

A juzgar por lo que muestran los filmes, el oficio de astrónomo resulta incompatible con ejercer el protagonismo en una obra de ficción. Así como otras profesiones científicas (médicos, arqueólogos, biólogos e, incluso, algún que otro físico) nutren de protagonistas, masculinos casi siempre, las tramas de ficción, no es el caso de los astrónomos. Estos son irrelevantes. En las aventuras espaciales las tripulaciones acostumbra a estar integradas por: ingenieros, informáticos, (exo)biólogos, geólogos, médicos, etc, pero ningún astrónomo. Se confía muy poco en su aportación a la misión. Como desempeñan su labor desde tierra, in situ su trabajo tiene poca relevancia. ¿Para qué, parecen pensar los guionistas, enviar a un astrofísico en una misión tripulada con destino a un objeto astronómico de interés (planeta, estrella) si prácticamente todo lo que puede saberse del mismo, desde el punto de vista astronómico, puede obtenerse del análisis de la radiación electromagnética que ya se detecta desde la Tierra?

Además, como es bien sabido, los astrónomos ¡siempre están en la Luna!, embobados estudiando la fauna astronómica. Parece que la ridiculización que Jonathan Swift hacía de científicos y astrónomos en su obra satírica *Los viajes de Gulliver* (*Gulliver's Travels*, 1726) se extiende hasta nuestra época. En el cuarto viaje, el inefable viajero Gulliver visita la isla volante de Laputa habitada por este colectivo. Es una crítica demoledora de los astrónomos: los laputanos tienen “un ojo vuelto hacia dentro y el otro para arriba clavado en el cenit”, pues no miran nunca ni al mundo exterior ni a sus semejantes, sino a sí mismos y a las estrellas.

Qué gran diferencia con los astrónomos aventureros de Verne que aparecen en obras como *Les Aventures de trois Russes et des trois Anglais dans l'Afrique Australe* (1872) o *Le Pays des Fourrures* (1873). Dispuestos a jugarse la piel en pos de objetivos científicos: la medición de una porción del meridiando terrestre, en un caso, y la observación de un eclipse total de Sol (el de 1860, en Canadá), en otro.

Si la irrelevancia de la astronomía en las obras de ficción es, salvo estas honrosas excepciones, manifiesta, más sorprendente resulta aún la prácticamente nula presencia de protagonistas astrónomas. En el filme *The Giant Spider Invasion* (B. Rebane, 1975), el Dr. J. R. Vance, un científico de la NASA, acude a un observatorio astronómico a entrevistarse con un científico. Vance encuentra a una mujer vestida con bata blanca, manejando un impresionante telescopio, y con quien mantiene la siguiente conversación (Gallejo, 2006):

- *Hola... Soy el doctor Vance.*
- *Oh... Cerebro que haya llegado, doctor. Soy Jenny Langer.*
- *Encantado... Tengo una entrevista con su padre.*
- *Oh, no, no, no. Mi padre ha fallecido.*
- *Oh, perdone. Lo siento mucho. Entonces, con su marido...*
- *No estoy casada.*

El Dr. Vance insiste:

- *¿No? Entonces debe ser con su hermano.*
- *No, mi hermano es decorador de interiores. Verá, doctor, me temo que su cita es conmigo: soy la doctora Jenny Langer...*

Cuando la presencia femenina en todos los campos científicos es manifiesta, en la ficción parece no haberse superado aún la anticuada idea de que la ciencia es sólo cosa de hombres. En los clichés cinematográficos sigue imperando el arquetipo del científico: varón, de edad avanzada, calvo o con cabellos a lo Einstein y embutido en una bata blanca (Hills y Shallis, 1975; Haynes, 1994; Moreno, 2003). Por suerte, aunque ahora se ha caído en el extremo opuesto, ha empezado a aparecer el estereotipo de la científica. Está representado por una señora joven, preferentemente rubia, con una brillante carrera que, pese a su juventud, la hace ya acreedora de un inminente Premio Nobel. Serían, por ejemplo, los casos de la Dra. Christmas Jones (Denise Richards) de *El mundo nunca es suficiente* (M. Apted, 1999; *The World is Not Enough*), la físico nuclear más improbable de la historia o la Dra. Ellie Sattler (Laura Dern), la paleontóloga de *Jurassic Park* (S. Spielberg, 1993).

En esta categoría cabe incluir a la Dra. Elanor Arroway (Jodie Foster) de *Contact* (R. Zemeckis, 1997), filme basado en la novela homónima de Carl Sagan (1985). La única astrónoma protagonista, hasta el momento presente, de un filme. Desde el radiotelescopio de Arecibo, esta radioastrónoma descubre, entre millones de señales radio simultáneas un mensaje extraterrestre... ¡usando unos auriculares! Cabe suponer (vamos a pensar bien) que los guionistas quisieron así facilitar la tarea al espectador no versado en la laboriosa y rutinaria tarea del análisis de señales radio extraterrestres.

Poco más puede decirse de la presencia de féminas astrónomas en la ficción, al margen de referencias mínimas a la afición por la astronomía que siente algún que otro personaje principal. La coprotagonista de *El alquimista impaciente* (P. Ferreira, 2002), filme basado en la novela homónima de Lorenzo Silva (2000), es la guardia civil Virginia Chamorro (Ingrid Rubio). Tiene una pasión oculta: la astronomía. Para cultivarla, “había llegado a matricularse en la universidad a distancia.” Una disciplinada investigadora en la que a veces “asomaba el lado arduo: su intransigencia, semejante a la de las estrellas cuyas órbitas estudiaba por las noches en sus manuales de astronomía.”

Las cosas son mejores en el bando masculino. Tan sólo en un filme, la coproducción greco-turca *Un toque de canela* (T. Boulmetis, 2003; *Politiki kouzina*), vemos aparecer un astrónomo protagonista. Se trata del Dr. Fanis Iakovides (George Corraface). Es, además, un refinado gastrónomo pero su trabajo como astrónomo deja mucho que desear. Desde el observatorio de la ciudad de Atenas donde trabaja, no pueden obtenerse las fotografías astronómicas que muestra en el filme ante sus embelados estudiantes. El Observatorio Nacional de Atenas es real. Fue fundado en 1842. Uno de sus centros es el Instituto de Astronomía y Astrofísica que cuenta con un telescopio operativo de 1,2 m de diámetro emplazado en el monte Kilini a 1000 m de altitud y a ¡110 km de Atenas! En cualquier caso, se trata de un filme original que mezcla astronomía con gastronomía en una deliciosa (valga el doble sentido) descripción del Sistema Solar en términos culinarios. Como comenta el abuelo del personaje, “la palabra gastronomía contiene a astronomía.”

¿Habrá que esperar mucho para que la situación se normalice y podamos ver algún filme o serie televisiva con protagonista astrónomo? Los matemáticos parecen haberse adelantado. La serie de TV *Numb3rs* (N. Falacci y Ch. Heuton, 2005) presenta a un matemático, el Dr. Charlie Eppes, joven profesor de la Universidad de California, que aplica las

ciencias exactas a la resolución de casos criminales complejos. Sus creadores declaran: “Pensamos que si podíamos mostrar lo que pueden hacer las matemáticas y cómo también un matemático puede ser un héroe, inspiraría el interés de los jóvenes por estudiarlas.” Ahí queda eso.

Siempre hay Luna llena en los filmes

El uso en la ficción del elemento más característico y reconocible de la astronomía: el telescopio, resulta también hartamente deficiente. Los telescopios, siempre de tipo refractor, por supuesto, acostumbra a ejercer su función en lugares poco idóneos para la práctica de la astronomía. En la primera entrega de las aventuras de la heroína Lara Croft, *Tomb Raider* (S. West, 2001), vemos a la protagonista (Angelina Jolie) en el salón de su mansión confortablemente sentada observando el alineamiento planetario previsto (Plutón, Neptuno y Urano) a través de su telescopio (un refractor de unos 30 cm). Ni la situación del improvisado observatorio, ni la iluminación de la estancia son las adecuadas para una observación de este tipo. Además, incluso con el mejor de los telescopios terrestres, Plutón no deja de ser un objeto puntual (está demasiado lejos y es demasiado pequeño como para ser resuelto como un disco). Incluso, Urano y Neptuno son pequeños discos vistos a través de grandes telescopios.

Alineaciones planetarias peculiares, como ésta, así como eclipses especiales (Darkness. J. Balagueró, 2002) son también un recurso habitual para crear situaciones de peligro inminente y la causa de catástrofes cósmicas sin parangón que el héroe de turno se encargará, en el último momento, de remediar. Temores atávicos a cataclismos cósmicos, propios de épocas pasadas de la historia de la humanidad, que guionistas poco acertados se dedican a mantener, cuando no alentar.

No hay escena de un entorno espacial donde no aparezca un cielo tachonado de estrellas. Majestuosas naves espaciales se desplazan (insonoras, cuando los encargados de efectos especiales son competentes) frente a cielos estrellados con brillantes planetas de fondo (recuérdese, por ejemplo, la saga *Star Wars* (G. Lucas, 1977–2005)). Imágenes espectaculares pero alejadas la realidad. Si naves y planetas resultan visibles, entonces las débiles estrellas, en comparación, resultarán invisibles.

Esta idea, presente en la mayoría de filmes que escenifican entornos espaciales, es el argumento esgrimido por los creyentes en falacias del tipo “el hombre no fue a la Luna”. Las fotografías de los astronautas de la misión Apolo XI, realizadas en la superficie lunar, muestran un fondo negro sin estrellas. Prueba inequívoca de su falsedad: sólo pudieron realizarse en un estudio terrestre porque

de haberse tomado donde indican, las estrellas de fondo deberían aparecer. Sin comentarios.

Por suerte, algunos filmes modernos empiezan a representar entornos planetarios más realistas. Es el caso de *Space Cowboys* (C. Eastwood, 2000), hasta el momento la única incursión de Eastwood en el género de ciencia ficción. El cartel promocional muestra un trasbordador espacial sobrevolando el planeta Tierra con un fondo celeste totalmente negro que realza las caras de los protagonistas: unas viejas glorias de la astronáutica venidas a menos.

Otro de los abusos astronómicos recurrentes es el de la presencia de una Luna cuya fase se mantiene constante, no importa los días que medien entre unas escenas y otras. Con todo, la elección de la Luna llena, por lo bien que queda siempre, es la más apreciada. En el filme de aventuras *El regreso de la momia* (S. Sommers, 2001; *The Mummy Returns*) asistimos a la persecución de los malvados por parte de los buenos con la Luna llena de fondo. Imágenes espectaculares aunque unas noches después los veamos volar... con la Luna llena de fondo sin haber cambiado un ápice su fase. Y, por supuesto, las escenas de amor o de declaración entre parejas, siempre resultan más emotivas a la luz de la Luna, llena, por favor.

Alienígenas y alienados

Los hábitats extraterrestres adolecen también de deficiencias cuando se los compara con lo que se sabe acerca de los mismos. Ahora, además, la magia de los efectos especiales puede materializar cualquier tipo de fantasía imaginada por un guionista. Así que no hay excusa. El clásico *Con destino a la Luna* (I. Pichel, 1950; *Destination Moon*) narra, en tono documental, cómo sería el primer viaje a la Luna (con una divertidísima escena de “El pájaro loco” instruyendo a militares y políticos sobre los rudimentos de la cohetaría espacial). Sin embargo, el relieve lunar mostrado resulta demasiado vivo y escarpado. Aspecto bien conocido ya en esa época: las montañas lunares presentan formas redondeadas debido a la erosión ocasionada por el bombardeo continuado de micrometeoritos. El terreno agrietado, que parece indicar la presunta presencia reciente de agua, poco tiene que ver con la polvorienta superficie lunar.

Quizás, la pifia más llamativa en lo que a la representación de entornos alienígenas se refiere se halla en el episodio 1 de la saga *Star Wars: La amenaza fantasma* (G. Lucas, 2000; *Star Wars, The Phantom Menace*). Tatoonie, el planeta de origen de Anakin Skywalker, orbita un sistema binario. Nada que objetar puesto que se conoce la existencia de planetas en sistemas binarios (16 Cygni B, ρ Corona Borealis). Lo que no concuerda es que en

las escenas que se desarrollan sobre su superficie se vea solamente una única sombra por objeto. Con lo fácil que hubiese resultado un retoque infográfico. . .

No todo resulta erróneo en la ambientación de escenarios extraterrestres y de las consecuencias que se derivan. Prot (Kevin Spacey), el alienígena (o alienado, el filme juega con esta indefinición) del filme *K-Pax* (J. Mostow, 2001) afirma venir del planeta K-Pax que orbita un sistema estelar doble de la constelación de la Lira. Existe un candidato real: un planeta de tipo joviano que orbita a 1 UA alrededor de la estrella HD 177830. Se halla a unos 18 años luz de distancia, bastante más cerca que el ficticio K-Pax que, siempre según Prot, “está a 1000 de sus años luz de distancia de la Tierra en la constelación que ustedes llaman Lira.” (¿Maniobra de despiste para salvaguardar de las ínfulas colonialistas humanas su utópico planeta?). La particular calidad de la luz ambiente del planeta, iluminado por sus dos soles, es parecida a la del crepúsculo terrestre. Los k-paxianos son sensibles a la luz blanca, como los humanos, aunque su rango de detección se extiende hasta la zona ultravioleta del espectro. Para protegerse de la luz que baña nuestro mundo, Prot lleva siempre unas gafas oscuras, muy pertinentes.

En cambio, cuesta admitir que los futuros miembros del equipo de superhéroes del filme *Los Cuatro Fantásticos* (T. Story, 2005; *Fantastic Four*) adquieran sus inverosímiles poderes superheróicos al ser su “Estación espacial engullida por turbulentas nubes de radiación cósmica que cambian el genoma de la tripulación.” Es conocido el peligro que representan estos rayos (en realidad, partículas: protones y núcleos pesados rápidos) en todo viaje o misión tripulada al espacio dado su efecto sobre la degradación del material genético de los astronautas. Pero de ahí a que las consecuencias sean tan beneficiosas y dispares para los irradiados, va un largo trecho. En el cómic original (1961), acorde con los tiempos, estos superhéroes eran afectados por los cinturones de radiación de Van Allen, cuya radiación, al igual que la originada por las fulguraciones solares puede ser también letal.

Conclusión

La astronomía es, ya de por sí, una ciencia suficientemente atractiva y espectacular como para que no resulte necesario aderezarla, para su divulgación y comunicación, con metodologías o técnicas de gran efectividad en otros campos. No necesita el recurso de la ficción (cine, literatura y cómic). Sin embargo, el incuestionable poder de seducción que la ficción ejerce puede emplearse para atraer la atención sobre algunos aspectos y con-

ceptos astronómicos no demasiado bien tratados. A fuerza de ver imágenes o leer ciertas descripciones erróneas podría otorgarse el estatus de realidad a lo que no deja de ser una simple metedura de pata, una incorrecta asimilación o un imperdonable desconocimiento de determinado fenómeno o concepto científico. Algo inaceptable en la sociedad del conocimiento.

El análisis de los conceptos astronómicos mostrados en las obras de ficción ayuda a mejorar su comprensión, aumenta el bagaje cultural que todo ciudadano debería poseer y permite desarrollar y ejercitar un saludable espíritu crítico y escéptico.

Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento a los colegas que dieron pie a una agradable y entretenida discusión al finalizar la exposición de la presente comunicación. La erudición cinematográfica de la que hicieron gala ha permitido considerar e incluir aquí algunos ejemplos más de los inicialmente analizados. Y, por supuesto, a los guionistas y creadores de ficciones sin los cuales este trabajo nunca hubiese sido posible.

Referencias

- Comins, N. F.: 2001, *Heavenly Errors. Misconceptions About the Real Nature of the Universe*, Columbia University Press, New York
- Gallego, C. (coord.): 2006, *Tiempos (pos)modernos*, Editorial Sirius, Madrid (en prensa)
- Haynes, R. D.: 1994, *From Faust to Strangelove. Representations of the Scientist in Western Literature*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore
- Hills, Ph., Shallis, M.: 1975, “Scientists and Their Images”, *New Scientist*, 964, 471 Internet Movie Database: <http://www.imd.com>
- Moreno, M., José J.: 1999, *De King Kong a Einstein. La física en la ciencia ficción*, Edicions UPC, Barcelona
- Moreno, M.: 2003, “El laboratorio del Dr. Frankenstein. Una reflexión acerca de la percepción social de la tecnociencia”, II Congreso sobre Comunicación Social de la Ciencia, ed Museo de las Ciencias de Valencia (Valencia 2004), p. 21–27
- Moreno, M.: 2005, “De El astronauta a La carta esférica: presencia de la astronomía en La literatura y cine españoles contemporáneos”, 250 años de Astronomía en España, M. Vallejo, Real Observatorio de la Armada (San Fernando, Cádiz), p. 75–80
- Plait, Ph.: 2002, *Bad Astronomy: Misconceptions and Misuses Revealed, from Astrology to the Moon Landing “Hoax”*, John Willey & Sons, New York

Manuel Moreno es profesor del departamento de Física e Ingeniería Nuclear EPSEVG de la Universidad Politécnica de Catalunya y colaborador del Dep. de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Barcelona.

EL GRAN TELESCOPIO CANARIAS

HAY RUIDO DE PROPUESTAS Y HUELE A ASTRONOMÍA

J. Miguel Rodríguez Espinosa jmr.espinosa@iac.es

Resumen

Se nota actividad astronómica en torno al GTC en la comunidad. Grupos de colegas se reúnen preparando propuestas. Ya hay competencia, ya hay preocupación por conseguir tiempo de observación, por no quedarse fuera de esas primeras observaciones científicas. Entre tanto el GTC lleva su ritmo, marcado principalmente por el desarrollo y pruebas del software de control. Recientemente se ha procedido con éxito a realizar el primer modelo de apuntado. Hoy podemos apuntar a casi todo el cielo con menos de 2 segundos de arco de precisión.

Como en otras ocasiones lo que sigue es el ya tradicional repaso a los diferentes subsistemas del GTC con la idea de dar una imagen clara y actualizada del estado del proyecto.

Cúpula

Los trabajos en la cúpula progresan según calendario. Se van resolviendo problemas y el software de control está prácticamente completo. La cúpula se mueve con gran suavidad después de que se corrigieran algunos defectos de fabricación. La cúpula sigue al telescopio sin problema. Las compuertas están funcionando correctamente, tanto la superior como la inferior, si bien hemos notado una falta de potencia en los motores que habrá de corregirse si se quiere utilizar la pantalla antiviento. Dicha pantalla es arrastrada por la compuerta inferior. La compuerta superior se está abriendo y cerrando rutinariamente hasta el cenit. Nos falta abrirla hasta su tope para dejar libre la abertura del telescopio cuando éste apunta al cenit. Todo está preparado para esa prueba, que esperamos hacer en cuanto llegue un tiempo más estable. No esperamos problemas, pero no queremos correr riesgos similares a lo que ocurrió en su día cuando la compuerta se quedó atascada en la parte trasera de la cúpula. Entre tanto llovió, causando daños importantes en algunos armarios electrónicos. En todo caso las mejoras habidas en la cúpula han sido sustanciales, y lo que queda por afianzar se hará como muy tarde en verano.

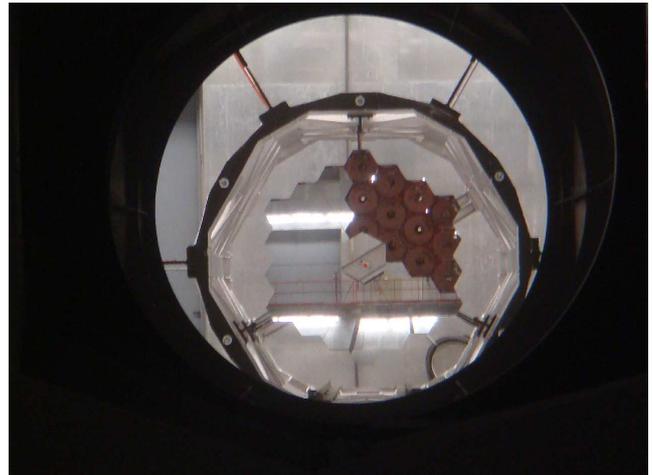


Figura 1 — El telescopio con 24 segmentos en la celda del primario.

Telescopio

Si en el último informe mencionaba que nos faltaba poner en marcha el control de seguimiento del telescopio, ahora puedo decir que dicho paquete de software está funcionando. Es más, ya se han hecho los primeros modelos de telescopio que nos están permitiendo apuntar el telescopio, entre 25 y 85 grados de elevación, con menos de 2,0'' de precisión. El sistema no está aún optimizado, pero el hecho de poder apuntar con dicha precisión es señal de que vamos por el buen camino. También el software de control de las cajas de Adquisición y Guiado (AyG) está muy avanzado, permitiendo controlar todos los mecanismos internos de los brazos, excepto la rotación del Sensor de Frente de Onda, así como los movimientos de estos brazos.

Óptica

Se han colocado otros doce segmentos en sus respectivas celdas del primario. Son pues 24 los segmentos que ya están montados y funcionando en el primario (Fig. 1), y quedan otros doce para completar dicho espejo primario. De estos doce segmentos diez están completamente listos para su montaje en la celda del primario, y los otros dos están a falta de montar unos cables, y algunos sensores, tales como los sensores de borde o de tempe-

ratura. Todos los segmentos están ya aluminizados (Fig. 2). Está previsto hacer un parón en las pruebas del telescopio, allá por junio/julio, para montar estos doce últimos segmentos, y poner en marcha el basculado del espejo secundario, que necesita un ajuste de sus servos.

Hemos comenzado a hacer modelos de la óptica. Podemos decir que la calidad de imagen se puede controlar en cualquier posición del telescopio, si bien estos modelos aún no están 100 % integrados en el software de control. Esta es una tarea importante que se está haciendo en estos días.



Figura 2 — La sala de espejos donde se almacenan los 12 espejos que faltan para completar el primario más los 6 de repuesto. Los 12 primeros están ya aluminizados y listos para su instalación en su celda el próximo julio.

Pruebas y puesta a punto del Telescopio

Desde primero de abril estamos realizando observaciones de lunes a jueves, noche del jueves incluida. Estamos probando el sistema extensivamente. Al principio el apuntado y seguimiento, que han dado algunos problemas, y todavía queda algún otro problema que vamos poco a poco depurando. El apuntado que ya se ha conseguido nos permite apuntar a cualquier parte del cielo por debajo de 85 grados con 1,5'' de precisión. Asimismo el seguimiento está funcionando y también aquí estamos depurando problemas que aparecen conforme vamos mejorando el sistema.

Igualmente se está trabajando con el software de control de los segmentos del primario. Estamos en estos días refinando el modelo de la óptica, de modo que los segmentos se mantengan apilados independientemente de la orientación del tubo del telescopio. Las noches que ha habido buen seeing

se han obtenido imágenes de 0,6''. Y se ha avanzado bastante en la colimación entre primario y secundario (Fig. 3). También se ha trabajado en la mejora del enfoque, y en conseguir que el modelo de la óptica incluya el mantenimiento del foco cuando el telescopio cambie de orientación o haya cambios de temperatura u otros parámetros.

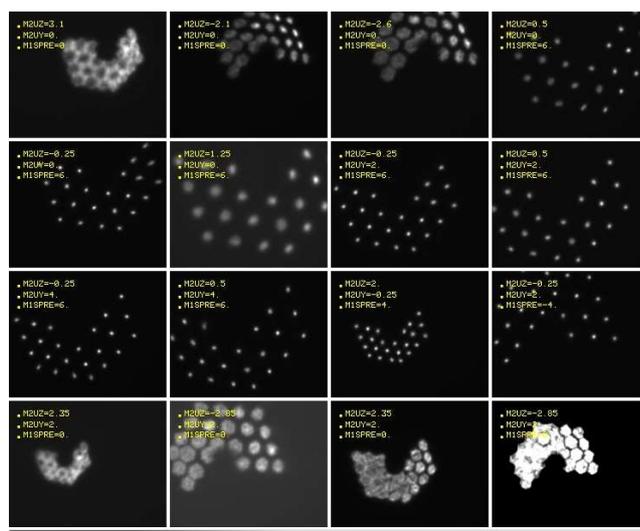


Figura 3 — Un mosaico de patrones de desajuste obtenido cambiando diversos parámetros de posición del espejo secundario y diversos tamaños de desajuste del primario. Es el tipo de pruebas que se está haciendo en estos momentos para encontrar la mejor calidad de imagen, entretanto no tengamos en funcionamiento los sensores de frente de onda. Las imágenes son de la cámara de adquisición de la Caja de AyG. El mosaico lo ha construido Carlos Álvarez, uno de nuestros astrónomos de soporte.

El otro subsistema que se está probando a fondo es la caja de Adquisición y Guiado. De hecho el detector de adquisición es el detector que se está usando para todas las pruebas. Recientemente hemos puesto en marcha también el detector de guiado rápido, que es un detector más pequeño que puede leerse a 150 Hz, con lo que esperamos utilizarlo para el guiado rápido, lo que nos permitirá eliminar el movimiento de imagen debido por ejemplo a azotes de viento sobre la estructura del telescopio, etc. Estos días estamos asimismo probando dichos detectores, y caracterizándolos. Estamos midiendo parámetros tan normales como su ruido, haciendo flats, bias, mirando posibles problemas de luz difusa, etc. También se está empezando a utilizar los sensores de frente de onda, que nos permitirán conocer con mayor precisión la figura óptica de los segmentos, y por tanto mejorar la calidad de imagen del telescopio.



Figura 4 — *El simulador de telescopio que utilizará OSIRIS para sus pruebas ópticas. Los tubos que se aprecian en la figura sujetan cada uno una fibra óptica que se usa para simular puntos de luz en el plano focal del telescopio. La disposición de las fibras es tal que se ocupa todo el campo accesible a OSIRIS.*

Nos queda sin embargo iniciar las pruebas de los brazos y mesas de AyG, que son respectivamente los brazos que llevan los diversos sensores y pivotan sobre un eje que apunta al espejo secundario, y las mesas que, rotando, mueven estos brazos por el campo disponible para adquisición y guiado. El movimiento de estos brazos y mesas, aunque funciona manualmente, está aún pendiente del *software* que permitirá incluir estos movimientos en la operación rutinaria del telescopio. Una vez que se consiga implementar estos movimientos de mesas y brazos en el *software* de control estaremos en condiciones de probar el guiado del telescopio en lazo cerrado, es decir utilizando una estrella de guiado.

Las tareas descritas anteriormente son las que esperamos tener listas y bien probadas antes de julio, mes que pensamos utilizar para poner los 12 segmentos que faltan, aprovecharemos para desmontar el espejo secundario que ha de ser realuminizado y sus servos ajustados para su utilización con CanariCam, es decir hay que ajustar bien su capacidad de basculación en cualquier dirección sobre el plano del cielo. Entretanto esperamos poner en marcha la segunda caja de Adquisición y Guiado. Esta parada esperamos que dure entre 4 y 6 semanas. Así que para mitad de agosto se tendrá el primario completo y el secundario ajustado. Paso seguido habrá que rehacer los modelos de apuntado y de la óptica, nuevas pruebas de seguimiento y guiado, pruebas de la cúpula, y pruebas de todo el *software* de control, incluyendo lo relacionado con el *software* de usuario, tal y como el *software* que utilizaremos para la preparación de propuestas de observación, y otros subsistemas de uso interno

que nos permitirán hacer el calendario de observaciones.

En este punto estaríamos preparados para recibir el primer instrumento científico, que sería OSIRIS, con CanariCam llegando unos meses después.



Figura 5 — *El simulador de telescopio montado en el rotador del Laboratorio de Integración del IAC.*

Instrumentación Científica

OSIRIS prosigue su etapa de pruebas óptico-mecánicas. Ya se ha comprobado, cosa muy importante, que el movimiento de imagen que se experimenta cuando se rota el instrumento, está dentro de lo especificado, y por tanto dentro del rango que puede corregirse con los actuadores del colimador. Recientemente se ha montado un simulador del telescopio (Fig. 4 y Fig. 5) en el rotador del taller del IAC, y pronto se montará OSIRIS de nuevo sobre dicho rotador para nuevas pruebas, ya definitivas.



Figura 6 — *El IP de CanariCam y el autor en el taller de mecánica del Departamento de Física de la Universidad de La Florida, junto a los contenedores que albergan CanariCam, sus útiles de transporte, electrónica, cables, etc., para su viaje al Observatorio que se hará próximamente.*

El equipo de CanariCam ha completado la documentación de aceptación de CanariCam, con lo que ya se le ha dado permiso para enviar Canaricam a GTC. El envío sin embargo se ha retrasado debido a la tardanza en la consecución de la licencia de exportación, que da el Departamento de Estado. En estos momentos CanariCam está embalado en cinco cajas (el criostato, el útil de manejo, los armarios de electrónica y los cables) en los bajos de un edificio de la Universidad de La Florida (Fig. 6). Dicha licencia ya se ha recibido, si bien ha debido ser corregida, por lo que la versión final se espera en cualquier momento. CanariCam estará pues en GTC en un par de semanas.

Instrumentos de segunda generación

EMIR progresa algo más lentamente de lo que sería deseable. El contrato de la Base Fría ya ha salido, pero falta aún el contrato de la cámara de vacío. Estos retrasos son debidos a la falta de personal de ingeniería en el IAC. Muchos ingenieros mecánicos y ópticos han dejado el IAC para ir a la industria o a otros centros. Conforme escribo estas líneas, se está a punto de recibir el prototipo del robot-posicionador de rendijas, para sus pruebas criogénicas en los laboratorios del IAC.

FRIDA, el primer instrumento que se beneficiará del sistema de óptica adaptativa del GTC, ha cerrado ya su diseño óptico. Están por tanto en su fase de diseño detallado y se espera que pronto inicien la compra de elementos ópticos y la fabricación de la unidad de campo integral. El criostato de pruebas ya ha sido diseñado y fabricado (Fig. 7), y está ahora probándose en los laboratorios de la UNAM, en México. Recientemente ha tenido lugar en Madrid una reunión del equipo científico de FRIDA en la que se ha discutido y se han fijado los modos de observación científica. Se ha puesto en marcha pues la definición del *software* de usuario de FRIDA.

Ruido de propuestas

El Día Uno del GTC se acerca, y ya hay grupos preparando propuestas de observación. En particular, se han anunciado las propuestas ESO/GTC, que estaban previstas para utilizar parte del tiempo de observación que España ha dado a ESO como parte del pago en especie por la entrada de España en el ESO. El acuerdo que se hizo con ESO exigía que estas propuestas fuesen conocidas por la comunidad antes de que se abra el tiempo de GTC para la propia comunidad, por eso se han hecho con un año de antelación, en lugar de los seis meses que

son lo normal en el caso del CAT español (Fig. 8). Se han presentado 16 propuestas, 9 de ellas lideradas por grupos españoles. Esto nos da una idea del interés por utilizar el GTC tanto por equipos españoles como por el resto de Europa.



Figura 7 — El criostato de pruebas de FRIDA, llamado Colibrí, siendo enfriado en el laboratorio de la UNAM, México.



Figura 8 — David Montes, Miriam Centurión, Joseph Maria Paredes y Gustavo Yepes, de izquierda a derecha, miembros del CAT, tomando posesión de la sala de control del GTC.

La llamada abierta de propuestas de tiempo de observación se hará en septiembre próximo para el semestre que comienza en marzo de 2009. Con anterioridad es posible que se haga una llamada de propuestas a riesgo compartido, con la idea de que la comunidad haga propuestas que tengan utilidad científica, y a nosotros nos ayuden a probar determinados sistemas del GTC. Esta convocatoria a riesgo compartido se anunciará oportunamente.

José Miguel Rodríguez Espinosa es investigador del IAC, responsable científico de GTC y Presidente de la SEA.

LA PARTICIPACIÓN ESPAÑOLA EN EL PROYECTO DEL TELESCOPIO ESPACIAL ULTRAVIOLETA WSO-UV

Ana Inés Gómez de Castro

aig@mat.ucm.es

Resumen

El proyecto *World Space Observatory UltraViolet* (WSO-UV) tiene por objetivo construir y operar un telescopio internacional, con una instrumentación sin precedentes, diseñada para observaciones en el rango ultravioleta del espectro, en el que se pueden estudiar eficientemente algunos de los más importantes procesos astrofísicos.

El WSO-UV es un observatorio con un telescopio de 170 cm de apertura e instrumentación para realizar espectroscopía *echelle* de alta resolución, espectroscopía de rendija larga de baja resolución e imagen de gran profundidad en el óptico y en el ultravioleta.

La vida nominal de la misión son 5 años con una extensión planificada hasta los 10 años. El satélite estará en una órbita geosíncrona con una inclinación de 51.8° y radio de 40,000 km, lo que permitirá realizar el seguimiento de fuentes variables y dar una respuesta rápida para la observación de fenómenos eruptivos (novas, supernovas etc).

El WSO-UV es una colaboración internacional liderada por Rusia y en la que participan Alemania, China, España, Italia y Ucrania. Entre sus objetivos científicos fundamentales está el estudio de la formación de las galaxias y del medio intergaláctico, los motores astronómicos, la formación y evolución de la Vía Láctea, la formación del Sistema Solar y de los sistemas planetarios y el estudio de las atmósferas de los planetas extrasolares. Este artículo tiene como objetivo familiarizar a la comunidad astronómica española con el proyecto.

Introducción

El WSO-UV es un proyecto que surge por la necesidad de la comunidad astronómica de tener acceso al rango ultravioleta (UV) del espectro electromagnético. El éxito del *International Ultraviolet Explorer* (IUE) y de las misiones que le sucedieron como el *Hubble Space Telescope* (HST) con los espectrógrafos *Goddard High Resolution Spectrograph* (GHRS) y el *Space Telescope Imaging*

Spectrograph (STIS), y las cámaras *Wide Field Planetary Camera 2* (WFPC2) y *Advanced Camera for Surveys* (ACS), han demostrado la relevancia científica del rango UV y su impacto en la astrofísica moderna.

La comunidad astronómica mundial ha venido disfrutando de un acceso continuado al rango 1000–3200 Å desde 1978. En la actualidad el *Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer* (FUSE) permite realizar observaciones espectroscópicas en el rango de 90 a 120 nm y la misión *Galaxy Evolution Explorer* (GALEX) está realizando un mapeo del cielo en el UV. Sin embargo, el futuro de la astronomía ultravioleta sería bastante oscuro, especialmente al final de la misión HST¹, sin el proyecto WSO-UV.

El WSO-UV consta de un telescopio con un primario de 1.7 m de diámetro que alimenta tres espectrógrafos UV y tres cámaras que permiten obtener imágenes de gran nitidez y sensibilidad. El área colectora del WSO-UV es la mitad que la del HST. Sin embargo, la optimización de su diseño para el rango ultravioleta y su localización en una órbita alta hacen de él un observatorio muy eficiente que mejorará en un orden de magnitud las prestaciones del HST/STIS o HST/ACS. Además, WSO-UV permitirá llevar a cabo seguimientos fotométricos, espectroscópicos y astrométricos de un gran número de fuentes y continuar algunos de los proyectos de larga duración iniciados con el HST.

Las características técnicas del WSO-UV en el estado de definición actual (Fase B1) se describen en la sección 2. El estado actual del proyecto y de la colaboración internacional se describen en la sección 3, y las líneas maestras del plan de gestión científica del proyecto se describen en la última sección, en la que se hace un breve esbozo del programa de observaciones del núcleo del proyecto WSO-UV (o *core program*) que se desarrollará durante los dos primeros años de la misión. Al final se añaden algunas referencias para aquellos que deseen saber más del proyecto. La URL oficial del proyecto es: wso.inasan.ru; de ahí se da acceso a las webs nacionales.

¹La capacidad actual del HST para realizar medidas en el UV es **muy** limitada. La misión de servicio (SM4) de NASA pondrá nueva instrumentación ultravioleta: la *Wide Field Planetary Camera 3* (WPC3) el *Cosmic Origins Spectrograph* (COS) y se espera que pueda reparar el espectrógrafo STIS y la cámara ACS.

Características Técnicas del WSO-UV

El WSO-UV utilizará una plataforma NAVIGATOR desarrollada por Lavochkin Industries (Rusia) para ser utilizada en varias misiones. El WSO-UV será la tercera misión que vuele con esta plataforma (le precederán dos misiones rusas Spectrum-R y ELECTRO). La proyección de la órbita sobre la superficie terrestre aparece representada en la Figura 1, aunque la longitud del nodo ascendente de la órbita no ha sido fijada todavía a la espera de un estudio de visibilidad y optimización de su cobertura por las estaciones de seguimiento de “Bear Lake” (Rusia) y Maspalomas (España).

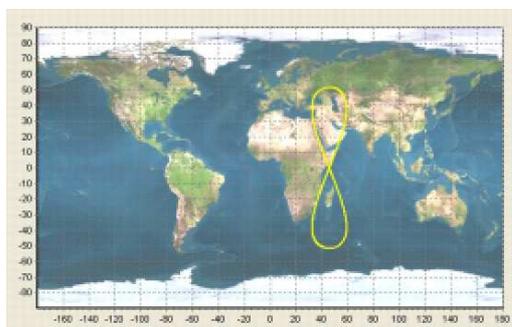


Figura 1 – Proyección de la órbita del WSO-UV; la longitud del nodo ascendente de la órbita no ha sido fijada todavía para el proyecto.

El telescopio T-170M tiene una montura Ritchey-Chretien con una focal de 17 m. El diámetro del primario es 1.7 m. La óptica está optimizada para el rango UV del espectro con gran calidad de imagen. Estructuralmente el T-170M consiste en sistema óptico, módulo estructural y elementos de servicio (ver Fig. 2).

Instrumentación

El WSO-UV proporciona un campo de 30 min en el plano focal del telescopio. El banco óptico se utiliza como plano de referencia para toda la instrumentación, está alineado y mantiene su posicionamiento con respecto a la unidad del espejo primario (UEP) utilizando un sistema de tres barras. La *Field Camera Unit* (FCU) está montada sobre la base superior del banco óptico en el espacio disponible entre la unidad del primario y el banco óptico, mientras que los tres espectrógrafos están montados sobre la base del banco óptico. El sensor de guiado fino (FGS) utiliza tres sensores en el visible (banda R) situados en los vértices de un triángulo equilátero en el plano focal cercanos a las aperturas de entrada en los espectrógrafos y asegura una estabilidad del apuntado mejor que

0.03 arcsec (1σ). Cada uno de los instrumentos posee su propia unidad de potencia y su unidad de datos montada en una caja externa al compartimento de los instrumentos.

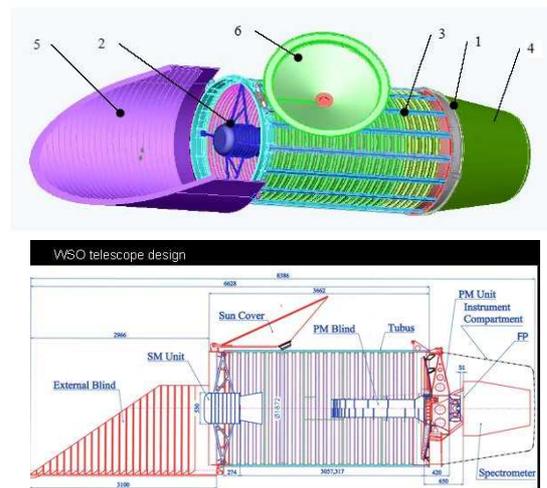


Figura 2 – Elementos estructurales del T-170M. La unidad del espejo primario (UEP) (1) es el principal elemento estructural del telescopio. El tubo (3), la cubierta protectora y la carcasa del compartimento de los instrumentos (4) están ligados al UEP. Hay tres puntos de anclaje del telescopio al módulo de servicio en la zona inferior. El banco óptico con los instrumentos científicos y el baffle del primario están montados sobre el UEP.

La Field Camera Unit (FCU)

La FCU (Agencia Financiadora: Agenzia Spaziale Italiana (ASI) - Investigadora Principal: Dr. Isabella Pagano, INAF, Observatorio Astrofísico de Catania - Contratista Industrial: Galileo Avionica y Thales Alenia Space IT-MI) proporcionará imágenes, espectroscopía de campo con baja resolución y polarimetría en tres canales: FUV (115–190 nm), NUV (150–280 nm) y UVO (200–700 nm) con una resolución espacial de 0.2, 0.03 y 0.07 arcsec/pix respectivamente y un campo de $6,6 \times 6,6$, 1×1 y $4,7 \times 4,7$ arcmin², respectivamente.

La principal prioridad de la FCU es garantizar una alta resolución espacial y sensibilidad en el ultravioleta al mismo tiempo que intentar maximizar la cobertura en longitudes de onda y el tamaño del campo. En la Figura 3 se muestra una comparativa de la FCU con la instrumentación en imagen del WSO-UV.

la terminará a finales de marzo. Se ha fijado diciembre de 2008 para la terminación de la fase B completa del proyecto. El lanzamiento está previsto a comienzos de la próxima década (2012).

Participación Española en el Proyecto

La participación española está centrada en el segmento de tierra que está constituido por todas las infraestructuras involucradas en la preparación y ejecución de las operaciones de misión (seguimiento en tiempo real y control de la plataforma) así como la operación de la instrumentación y la recepción, procesado y almacenamiento de los datos científicos. Los principales constituyentes del segmento de tierra del WSO-UV son:

- El centro de control de la estación de tierra y la subred de comunicaciones terrestres que proporcionarán la comunicación entre el satélite y el resto del segmento de tierra.
- El centro de operaciones de la misión (COM) cuya función principal es controlar y seguir al satélite en tiempo real. También incluye el módulo de dinámica de vuelo.
- El centro de operaciones científicas (COC), responsable de la planificación y supervisión de las operaciones científicas del WSO-UV. El COC incluye el sistema de análisis responsable de la calibración, procesado y verificación de los datos astronómicos.
- El centro de procesado de los datos científicos (CPDC), que proporciona a los usuarios los datos y la información adicional necesaria para su utilización.
- El archivo científico, responsable del almacenamiento, mantenimiento y distribución dentro de todos los datos científicos de la misión y de los productos asociados.

El sistema será modular y se estudiará la posibilidad de distribuir el procesado de los datos a través de una red de CPDCs nacionales.

Las operaciones científicas y de misión serán realizadas por Rusia y España, aunque está por definir el modelo operativo final para su desarrollo.

Estimaciones realizadas por el consorcio WSO-UV para ASTRONET, basadas en la experiencia del HST, indican que el WSO-UV proporcionará datos a la comunidad científica a una tasa equivalente a la dedicación a tiempo completo de 500 científicos en todo el mundo por año.

Gestión Científica del Proyecto

En diciembre de 2007 se firmó el acuerdo de distribución de tiempo de observación para el WSO-UV entre España y Rusia. El acuerdo sienta las bases de la gestión científica del proyecto. En él se establece que durante el primer y segundo año de la misión (después de las fases de verificación y calibración) se dedicará el 45 % y el 30 % del tiempo de observación, respectivamente al desarrollo de un programa base de observaciones o “Core Program” (CP). El objetivo del CP es garantizar que proyectos de gran impacto científico, pero que precisan una gran cantidad de tiempo de observación, son llevados a cabo. El CP será elaborado por los países miembros del consorcio. En junio de 2009, INASAN organizará en Moscú la reunión de lanzamiento del CP. Esta reunión se celebrará sobre la base de un congreso internacional sobre astronomía ultravioleta, abierto a todas las áreas de la astronomía, que sirva de base para la creación de los consorcios que elaborarán el CP.

Cuatro ramas de la astrofísica han sido identificadas como las de mayor potencial de descubrimiento para el proyecto:

- Formación de Galaxias: determinación del contenido bariónico difuso del universo y su evolución química.
- La física del acrecimiento y de los vientos: los motores astronómicos.
- La formación y evolución de la Galaxia.
- Los discos planetarios jóvenes y las atmósferas de los planetas extrasolares.

A partir del tercer año de la misión, alrededor del 40 % del tiempo de observación del WSO-UV estará abierto a la comunidad astronómica mundial. El resto se distribuirá en partes proporcionales a la contribución económica al proyecto, entre los miembros del consorcio.

Referencias:

Un resumen más completo del proyecto se puede encontrar en la publicación del congreso, *New quests in stellar astrophysics II: Ultraviolet Properties of Evolved Stellar Populations*, celebrado en abril de 2007 en Puerto Vallarta (Méjico). Los artículos están disponibles en astro-ph.

Ana Inés Gómez de Castro es Profesora Titular de la Sección Departamental de Astronomía y Geodesia del Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica I, de la Universidad Complutense de Madrid.

PREDICCIÓN DE CICLOS MAGNÉTICOS EN ESTRELLAS DE ÚLTIMOS TIPOS ESPECTRALES

Rosario Lorente

Rosario.Lorente@sciops.esa.int

Tesis doctoral dirigida por Benjamín Montesinos

Centro: Universidad Complutense de Madrid (UCM)

Fecha de lectura: 6 de julio de 2007

La campaña iniciada en 1966 en el Observatorio de Mount Wilson para la detección de ciclos de actividad en estrellas de últimos tipos espectrales similares al ciclo solar de 11 años, ha permitido establecer su existencia en una treintena del centenar de estrellas estudiadas. Paralelamente, diversos modelos de generación de campos magnéticos se han ido desarrollando para reproducir el comportamiento de la actividad observado en el Sol, siendo el modelo de *dinamo* el más aceptado actualmente. Algunos de estos modelos se habían intentado aplicar a las estrellas con ciclos magnéticos detectados, en general bajo hipótesis poco realistas o con un éxito limitado.

En este trabajo de tesis doctoral se abordó desde distintas aproximaciones la predicción teórica de la duración de dichos ciclos. En primer lugar se elaboró un modelo de *dinamo de interfaz local*, en el que, según consideraciones tenidas en cuenta anteriormente para el caso del Sol, los dos mecanismos responsables de mantener la *dinamo* actúan en capas distintas: la rotación diferencial retuerce el campo poloidal en la zona subadiabática, mientras que el efecto de la fuerza de Coriolis lo regenera en la capa convectiva a partir del campo toroidal.

Partiendo del hecho de que el conocido ciclo de 11 años del Sol es intrínsecamente variable, no se intentó predecir de forma individual cada uno de los ciclos detectados en la treintena de estrellas de la muestra. Por el contrario, la finalidad perseguida y alcanzada fue la de reproducir las tendencias entre la duración del ciclo y otros parámetros estelares. En concreto en la Figura 1 se muestra la similitud de las relaciones entre los períodos de actividad observado y calculado teóricamente, y el período de rotación.

Por último se desarrolló un modelo de *dinamo* unidimensional para poder predecir la distribución latitudinal del campo magnético en las estrellas con ciclos. Para ello se utilizó como ingrediente un perfil de rotación diferencial realista para el Sol. El hecho de que la rotación diferencial deducida en el Sol por observaciones heliosismológicas se extiende hacia la zona convectiva a altas latitudes, hizo necesaria la introducción del nuevo concepto

de *dinamo híbrida*, esquematizada en la Figura 2, y constituida:

- a bajas latitudes por una *dinamo* de interfaz como la descrita anteriormente.
- a latitudes altas por una *dinamo* clásica concentrada en la base de la zona convectiva donde actúan los dos mecanismos de generación del campo magnético, junto con la acción aislada de la rotación diferencial en la zona subadiabática.

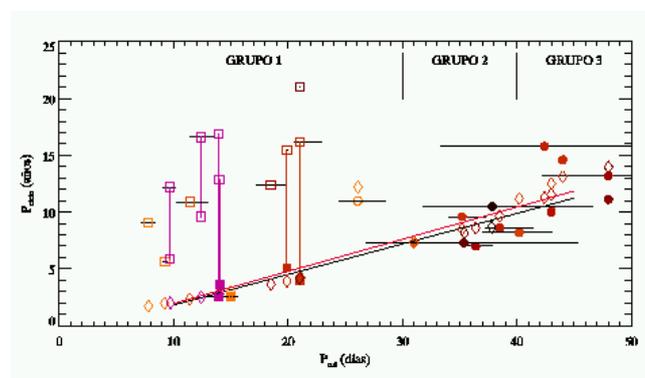


Figura 1 – Períodos de actividad observados (círculos y cuadrados) y calculados con el modelo de *dinamo* (rombos) frente al período de rotación de las estrellas de la muestra de Mount Wilson con detecciones seguras de ciclos de actividad.

Este modelo unidimensional de *dinamo* se validó al reproducir el conocido diagrama mariposa que presenta la evolución temporal de la distribución latitudinal del campo magnético observado en la superficie del Sol, como se muestra en la Figura 3: actividad concentrada a bajas latitudes y con distinta polaridad en cada hemisferio. Dicha validación predice además que para estrellas muy activas con períodos de ciclo muy cortos, la distribución del campo magnético es simétrica con respecto al ecuador. Esta topología distinta a la solar podría explicar la presencia de dobles periodicidades detectadas en este tipo de estrellas.

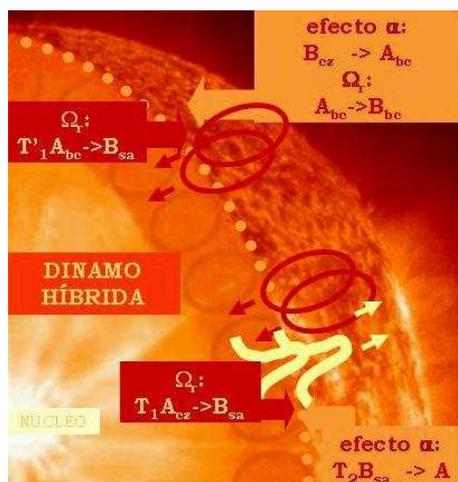


Figura 2 – Esquema de la dinamo híbrida.

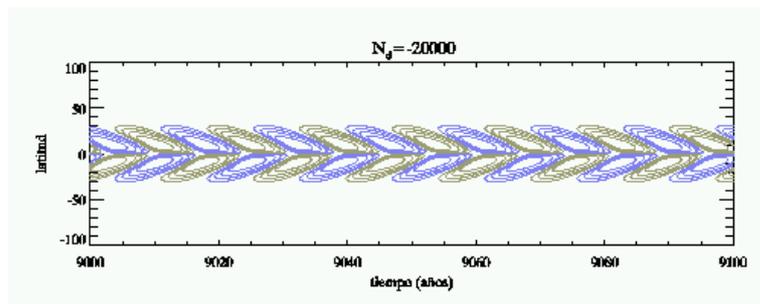


Figura 3 – Diagrama mariposa magnético obtenido para una estrella como el Sol con el modelo de dinamo híbrida.

VORTICIDAD Y SIMULACIONES NUMÉRICAS DE LOS VÓRTICES DE JÚPITER

Jon Josu Legarreta Etxagibel

jonjosu.legarreta@ehu.es

Tesis doctoral dirigida por Agustín Sánchez-Lavega

Centro: Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea

Fecha de lectura: 16 de julio de 2007

La meteorología de los planetas gigantes Júpiter y Saturno está caracterizada al nivel de nubes por la presencia abundante de vórtices. En escalas medias, la mayoría de los vórtices se distinguen por los patrones de nubes que forman, mostrando una forma ovalada que encierra una región de vorticidad cerrada o cuasi cerrada (Rogers, 1995). La vorticidad es probablemente, la propiedad más importante de un vórtice para poder entender su naturaleza (Dowling & Ingersoll, *J. of Atmos. Sci.*, 1989; Marcus, *Annu. Rev. Astron. Astrophys.*, 1993). La distribución de la vorticidad en el interior del vórtice, su intensidad en función de la latitud y la cizalla del flujo ambiental, y su cambio debido a interacciones con otros vórtices, son importantes indicadores del flujo atmosférico y de los mecanismos en el origen de los vórtices. Esto es más importante en los planetas gigantes donde la naturaleza de los vientos es desconocida.

En la primera parte de este trabajo hemos realizado un estudio experimental de medida de velocidades y vorticidades en el interior de los vórtices. Para ello, utilizamos imágenes obtenidas por las naves Voyager 1 y 2, la sonda Galileo y el Telescopio Espacial Hubble para medir la estructura (tamaño) y dinámica (velocidad tangencial, vorticidad) tanto de vórtices anticiclónicos como ciclónicos localiza-

dos en un amplio rango de latitudes en la atmósfera de Júpiter (Legarreta, J., Sánchez-Lavega, A., Icarus, 2005). Entre los resultados más importantes obtenidos podemos destacar que hemos desarrollado no solo la metodología y el software necesario para la medida de movimientos, sino que además hemos realizado un estudio que abarca el análisis de 24 vórtices de escala sinóptica que no se había realizado hasta la fecha.

En la segunda parte del trabajo establecemos un modelo de atmósfera para simular la dinámica de los vórtices en distintas latitudes. Para ello, utilizamos el código EPIC (Dowling, Icarus, 1998), un modelo numérico que resuelve las ecuaciones de movimiento en coordenadas isentrópicas, en donde las parcelas de fluido se mueven en superficies de temperatura potencial constante. Este estudio teórico, basado en simulaciones numéricas, analiza la estabilidad y velocidad de deriva en la atmósfera de Júpiter tanto de vórtices anticiclónicos como ciclónicos. De acuerdo con las simulaciones, hay disipación o pérdida de energía en los vórtices que conlleva una vida media corta (<1 año). Esta disipación puede ser debida a diferentes mecanismos: fricción entre el vórtice y el sistema zonal de vientos, una anisotropía provocada por la fuerza de Coriolis, radiación de ondas de Rossby o efectos

de viscosidad turbulenta de la atmósfera. Esto nos lleva a concluir que para el caso de vórtices de larga vida como la GRS (*Great Red Spot*) (>300 años) o los WOS (*White Oval Spots*) (60 años) debe existir algún mecanismo que los mantenga y les aporte energía para poder explicar lo observado experimentalmente. Frente a la disipación, proponemos en este trabajo, que los grandes vórtices sobrevivan a base del aporte producido de la absorción de pequeños vórtices o parches de vorticidad.

Nuestras simulaciones numéricas en longevidad, vorticidad y velocidad de deriva de los vórtices jovianos en latitudes tropicales y templadas sirven para constreñir la estructura vertical de la troposfera superior de Júpiter en el rango de altitud de los niveles donde se forman las nubes (valores de presión entre 0.5 y 7 bares). Por un lado, en cuanto al perfil térmico (estabilidad estática) de la atmósfera de Júpiter, nuestro estudio sugiere en consonancia con otros estudios que globalmente la alta troposfera de Júpiter debajo del techo de nubes es estáticamente estable. Por otro lado, en cuanto al perfil vertical de vientos, nuestro trabajo sugiere claramente que los vórtices con velocidades de deriva bajas requieren perfiles constantes o ligeramente decrecientes con la altura y los que poseen

velocidades altas requieren perfiles moderadamente crecientes como se observa en la Figura 1.

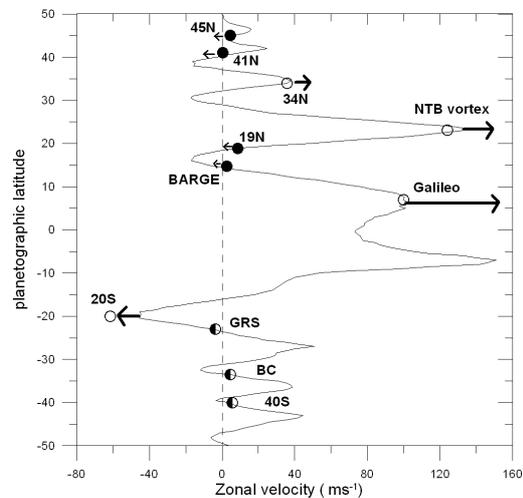


Figura 1 – Localización de los vórtices estudiados en el perfil zonal de vientos al nivel de nubes, indicando el mejor ajuste para el perfil de viento en cada caso. (a) círculo negro: viento zonal decreciente con el aumento de profundidad; (b) círculo mitad blanco mitad negro, perfil zonal constante en profundidad; (c) círculo, aumento de viento zonal en profundidad.