

MIRAR AL CIELO: LA LABOR DEL ASTRÓNOMO

JAIME ZAMORANO

ASTROFÍSICO. PROFESOR DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

En este artículo se pretende repasar la historia de la Astronomía en lo referente a los instrumentos que se han empleado en la observación de los objetos celestes y explicar, a grandes rasgos, los métodos y las técnicas que se utilizan.

TODOS SOMOS ASTRÓNOMOS

Se suele creer que para observar las estrellas y los objetos celestes tan interesantes que pueblan el universo se necesitan grandes y sofisticados instrumentos astronómicos. Efectivamente los astrónomos profesionales hacen uso de unos telescopios muy complicados que son tan costosos que sólo pueden construirse con la colaboración de consorcios internacionales. Pero también es verdad que entre esos telescopios y los que usan los aficionados a la Astronomía hay una variedad muy amplia siendo los telescopios más modestos accesibles a cualquiera. Por otra parte cualquiera que mire al cielo se ha convertido en astrónomo.

Quiero animar a los lectores para convertirlos en observadores aficionados con instrumentos y materiales ya disponibles, es decir, con un presupuesto mínimo o nulo. Por ejemplo, mirando al cielo sin ayuda de otros instrumentos que no sean tus propias gafas.

LA ASTRONOMÍA ES UNA CIENCIA Y UN POCO DE HISTORIA

La Astronomía es una ciencia y, como el resto de las ciencias, para su desarrollo tiene que ceñirse a unas pautas de trabajo que llamamos el Método Científico. Para no aburrir se trata de generar hipótesis por inducción a partir de la observación de los fenómenos que conduzcan a teorías que predigan experimentos que las demuestren o refuten. Como todos sabemos, los experimentos de otras ciencias se realizan en los laboratorios bajo condiciones controladas que podemos modificar a nuestro antojo y repetir una y otra vez. Pero resulta que no podemos interactuar con un sistema planetario dentro de un laboratorio porque sencillamente no nos cabe en ninguna instalación terrestre por grande que sea. Éste es un ejemplo de los muchos que podemos imaginar en los que están implicados no sólo tamaños sino otros parámetros como masa, densidad, temperatura, energía, etc. que son imposibles de reproducir en la Tierra. Es por eso que la observación tiene una importancia capital en la Astronomía: nuestro laboratorio es el cosmos.

Esta particularidad de la Astronomía tiene sus ventajas y sus inconvenientes. Por una parte el laboratorio-cosmos es de todos y está ahí como un escaparate donde podemos mirar, pero por otra parte nos está vedado interactuar



Roque de los Muchachos

con los fenómenos que observamos. Así no podemos mover dos estrellas para ver cómo giran si están más separadas, por citar un ejemplo. En el lado positivo anotamos que existen astrónomos aficionados que observan los objetos celestes sin más que salir a la calle y apuntar los telescopios y que contribuyen, en muchos casos, con datos científicos al avance de la Astronomía. No se tiene noticia de físicos nucleares aficionados que realicen una tarea similar.

No quiero extenderme en escribir sobre los observadores celestes de la antigüedad porque son bien conocidas las historias sobre los usos antiguos de la Astronomía para medir las estaciones y su importancia capital para la Agricultura. Avanzando unos siglos nos encontramos la etapa más romántica de los grandes astrónomos que eran contratados por las casas reales. Por ejemplo Tycho Brahe (1546-1601) fue astrónomo real de Federico II que le construyó un observatorio que llamaron Uraniborg en la isla de Hven en Dinamarca. En esa época y en las inmediatamente posteriores el número de observatorios y de astrónomos era muy reducido. Si se quiere saber más sobre los astrónomos de esos tiempos recomiendo buscar las vidas del italiano Gio-

vanni Cassini (1625-1712) primer director del observatorio de Paris por invitación de Luis XIV y del músico alemán William Herschel (1738-1822) primer presidente de la Royal Astronomical Society británica. En este último caso no hay que olvidarse de su hermana Caroline. Ya vemos en estos ejemplos la multidisciplinariedad de la que tanto se habla ahora y, sobre todo, las pocas fronteras que tiene la Astronomía.

ASTRÓNOMOS DE NUESTROS DÍAS

Creo que es más interesante dar un salto hasta nuestros días para describir la situación actual. Los astrónomos profesionales de hoy en día han estudiado una carrera de ciencias especializada en Astrofísica y posteriormente han realizado una tesis doctoral bajo la tutela y dirección de un astrónomo experimentado. Las tesis se encuadran dentro de un proyecto de investigación que desarrollan un grupo de astrónomos con una financiación pública. La tesis es un trabajo de investigación original que implica la mayoría de las veces una parte de observación que debe llevarse a cabo en observatorios profesionales. El acceso a estas grandes instalaciones, que son muy demandadas, se realiza tras haber pasado una

selección muy estricta donde sólo los mejores proyectos consiguen tiempo de observación asignado por un comité de expertos. La presión es tan grande que en algunos telescopios sólo se asigna tiempo a una de cada cinco propuestas.

En España tenemos dos observatorios internacionales con grandes telescopios ópticos y una paño-
plia extensa de instrumentos de primer orden. Los observatorios de Calar Alto en la sierra de los Filabres de Almería y del Roque de los Muchachos en la isla de La Palma se encuentran en lugares altos y apartados con condiciones óptimas para la observación astronómica. La situación de ambos se eligió con sumo cuidado después de campañas de prospección que duraron años para comprobar el porcentaje de noches despejadas y la calidad del cielo. (véase la Actividad 1)

Cuando el grupo de investigación tiene acceso a un telescopio profesional se encuentra a su servicio un conjunto de astrónomos y técnicos que conocen muy bien los instrumentos que se van a emplear y que, por lo tanto, facilitan y optimizan el rendimiento de su observación. La asignación de tiempo de observación a cada proyecto seleccionado es muy reducido, del orden de dos a cinco noches por eso es tan importante aprovechar bien el tiempo y realizar unas observaciones de calidad. Al volver al centro de investigación (Universidad, Instituto de Astrofísica, etc.) empieza un trabajo que dura meses de reducción y procesado de los datos recogidos como resultado de las observaciones. Es ésta una labor metódica que extrae el máximo de información de las observaciones y es el paso previo antes de extraer conclusiones válidas sobre las hipótesis planteadas en el proyecto.

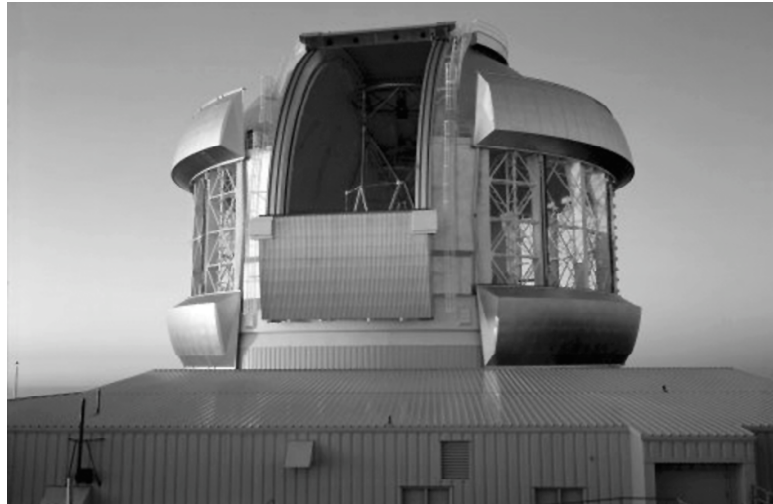
TELESCOPIOS CADA VEZ MÁS GRANDES

Pero volvamos a los telescopios. ¿Por qué se necesitan grandes telescopios?

Pues para observar objetos lejanos. Esta respuesta encierra unas nociones sencillas de Física que conviene analizar. Los objetos celestes son muy luminosos en el sentido de que emiten mucha luz. No podemos mirar al Sol porque quedamos cegados pero ésta es la única estrella que tenemos cerca. Las estrellas se encuentran muy lejos de nosotros y la energía que emiten en forma de luz se reparte en una esfera que tiene como radio su distancia a nosotros. Como resultado el flujo de estas estrellas (la energía por unidad de área y de tiempo en la superficie de la Tierra) es muy pequeño. Que nadie se asuste que esto es muy sencillo: necesitamos sumar la energía que recibimos en un área grande y durante un cierto tiempo que llamamos de integración. Exactamente lo mismo que con los paneles solares que usamos para generar energía eléctrica o térmica: colocamos grandes extensiones de paneles y los tenemos funcionando todo el día.

Los telescopios son entonces colectores de los fotones (la unidad de energía de la luz) y cuanto más grande sean, más fotones captarán. El espejo principal es la superficie colectora y por eso hablamos de un telescopio de 2,5 m si el diámetro de su espejo primario tiene precisamente ese valor como por ejemplo el Telescopio Isaac Newton en La Palma. Pero además los telescopios proporcionan imágenes de los objetos celestes y para ello deben ser diseñados como sistemas ópticos que enfoquen la luz en su plano focal.

Una tercera característica de los telescopios es su necesidad de apuntar y seguir a los objetos ce-



Gemini Norte

lestes en su viaje aparente a través del firmamento. Aparte de lo que conocemos como movimientos propios, el movimiento de rotación de la Tierra provoca que los astros salgan por el horizonte Este, para observadores en el hemisferio norte, se eleven hasta alcanzar la máxima altura al Sur (culminación) y desciendan hasta desaparecer por el Oeste. Este movimiento diurno es el que realiza el Sol cada día, de ahí el nombre. Los telescopios disponen de monturas y estructuras que son componentes mecánicos destinados a estas labores y es una parte muy importante del diseño de los telescopios. Los aficionados a la ingeniería pueden buscar monturas muy elegantes en telescopios como el de 3,5 m de Calar Alto o los telescopios Gemini Norte y Sur por citar sólo dos ejemplos.

LA PANOPLIA DE INSTRUMENTOS ASTRONÓMICOS

Un telescopio sin instrumentos no nos sirve para nada y por eso cada telescopio va acompañado de un conjunto de aparatos auxiliares. Estos instrumentos se diseñan específicamente para cada telescopio y se acoplan perfectamente en su plano focal. Cuando un estudio necesita tomar imágenes se coloca una cámara que tie-

ne como detector dispositivos de estado sólido similares a los chips de nuestras cámaras de fotos pero mucho más sofisticados. Las imágenes se toman a través de filtros que seleccionan la región del espectro que se observa y los tiempos de exposición, a diferencia de las fotos que tomamos en nuestra vida diaria, suelen ser largos (hasta horas) si se quieren estudiar objetos débiles. Combinando las imágenes tomadas en diferentes filtros o bandas fotométricas se deducen propiedades físicas de los objetos celestes detectados.

Si queremos obtener el espectro, para saber cómo es la distribución de la energía en diferentes frecuencias de nuestro objeto de estudio, empleamos **espectrógrafos**. Los espectros nos dan mucha más información que las imágenes ya que permiten detectar las líneas espectrales de los elementos que componen las atmósferas de las estrellas, por ejemplo. Con esa información se determinan abundancias de elementos, temperaturas, velocidades de rotación y otros parámetros físicos que son la base en la que se apoyan los investigadores para establecer las teorías.

A veces se piensa que consiguiendo la financiación para cons-

truir un gran telescopio ya está todo resuelto. El presupuesto de los instrumentos es casi del mismo orden y éstos deben ser renovados con el paso del tiempo por nuevas generaciones de aparatos con las tecnología más reciente. Si a ese montante se le suma el mantenimiento de la instalación completa y el sueldo de los astrónomos y técnicos de apoyo resultan cantidades 'astronómicas'.

Los astrónomos siempre han buscado aumentar y mejorar los datos de sus observaciones. Por eso emplearon los telescopios en cuanto se descubrieron a principios de siglo XVII (Galileo enseguida apuntó al cielo), colocaron placas fotográficas nada más desarrollarse a mediados del XIX (invención de la fotografía en 1826 y primera foto de la Luna en 1839 por el mismo Daguerre), midieron la luz de las estrellas con fotocélulas en los años veinte del pasado siglo, reutilizaron las V2 alemanas de la segunda guerra mundial para observar desde fuera de la Tierra en rayos X y usaron sistemas de televisión y chips de estado sólido en cuanto se inventaron, por citar sólo unos ejemplos.

Los desarrollos tecnológicos que acompañan a la investigación en Astronomía son muy importantes y han permitido descubrimientos insospechados. El satélite de exploración IRAS (InfraRed Astronomical Satellite) descubrió, por ejemplo, un nuevo tipo de galaxias que están formando estrellas de forma inusitada, discos de polvo alrededor de estrellas que son los precursores de la formación de planetas y cirros infrarrojos compuestos por granos de polvo que inundan el medio interestelar de nuestra galaxia. Para ello se tuvo que mandar al espacio un telescopio de 57 cm enfriado criogénicamente (4K) con Helio líquido que terminó su misión en 10 meses cuando se agotó este refrigerante.

OBSERVATORIOS ESPACIALES

Los telescopios clásicos se emplean para observaciones en la zona visible del espectro electromagnético. No es casualidad que sea este tipo de radiación electromagnética que llamamos luz la utilizada ya que es donde el ojo es sensible. La atmósfera impide completamente el paso de otras radiaciones que serían nocivas para la vida en la Tierra. No nos gustaría estar bañados de rayos X muy energéticos procedentes del espacio, por ejemplo. Las ondas radio, de muy poca energía sí llegan a Tierra y se analizan con ayuda de **radiotelescopios**.

Los observatorios espaciales se lanzan a órbitas alrededor de la Tierra con telescopios e instrumentos destinados a la observación en bandas espectrales que de otra manera resultan inaccesibles. Como ejemplos tenemos actualmente el satélite GALEX que es una misión en el ultravioleta (la radiación que nos pone morenos), SPITZER cuyo telescopio observa en la región del infrarrojo o XMM Newton que trabaja en rayos-X. Todas estas misiones tienen sus páginas en Internet con información exhaustiva y partes con divulgación y dedicadas a preparar clases para estudiantes.

También existen telescopios ópticos como el Telescopio espacial Hubble que observan con mayor nitidez al evitar la distorsión que causan las turbulencias atmosféricas. Con él se obtienen esas imágenes tan fantásticas que podemos consultar en la página web del Hubble Heritage (<http://heritage.stsci.edu/>) que alegran la vida de los aficionados pero que son resultado de investigaciones vitales para los profesionales que pueden observar detalles antes sólo predichos por los modelos teóricos.

Pero lo importante es que se han abierto otras 'ventanas' de observación en rayos Gamma, Ultra-

violeta, Infrarrojo etc. Se necesitan los datos que aportan las observaciones en todas estas regiones del espectro ya que cada una de ellas informa sobre procesos físicos diferentes que tienen lugar en ellos. A estos estudios los llamamos multi-frecuencia y sólo pueden ser llevados a cabo gracias a estos observatorios espaciales. (véase la Actividad 2)

Colocar un telescopio en el espacio es muy caro. Además, los materiales son escogidos de manera que resistan las condiciones del espacio y no son precisamente baratos. Pero lo más difícil es diseñarlo de forma que trabaje de manera casi autónoma en órbita terrestre. Si se atranca una rueda de un mecanismo no podemos como en sus análogos terrestres abrir una compuerta y apretar un tornillo. Si algo falla es un desastre que tira por la borda la misión y es necesario que los sistemas estén muy probados y sean fiables; en algunos casos están duplicados. Las instrucciones se envían por medio de antenas y los datos y otra información de los telescopios se reciben por **telemetría** como el resto de los satélites artificiales. La energía de la que se nutren es solar y las baterías se cargan mediante paneles. Por último, por si parece que no es suficientemente difícil, cuando se acaban los materiales fungibles como el helio que se necesita para refrigerar algunos detectores, la misión se acaba.

LOS TELESCOPIOS DEL FUTURO

El espacio no es la solución para todas nuestras necesidades astronómicas. Hasta que seamos capaces de montar grandes telescopios en órbita o en la Luna nos tenemos que limitar a construir telescopios cada vez más grandes en Tierra. Actualmente disponemos de telescopios de 10m de diámetro pero eso no es suficiente si se quiere llegar

cada vez más allá en nuestro conocimiento del Universo. Queremos telescopios más grandes

Pero ¿cuánto más grandes? Los astrónomos no se conforman con poca cosa así que a día de hoy piensan en telescopios de 50-100m de diámetro. Los nombres de los proyectos, ocultos tras siglas, son del tipo 'Telescopio Extremadamente Grande' E-ELT (<http://www.eso.org/sci/facilities/eelt/>) que es el proyecto europeo. Son proyectos a largo plazo y algunos de los astrónomos que trabajan en ellos nunca los verán construidos y funcionando pero eso no les resta ilusión por conseguirlo.

ASTRÓNOMOS AFICIONADOS

Por último unas líneas sobre los astrónomos aficionados. Es verdad

que algunos de ellos tienen telescopios que han comprado empleando todos sus ahorros o empeñándose. Un astrónomo aficionado con suficiente solvencia como para fabricar el mayor telescopio de aquellos tiempos fue William Parsons (1800-1867) Conde de Rosse constructor del inmenso Leviathan of Parsonstown de 183cm.

¿Pero se necesita un telescopio para disfrutar de los cielos estrellados? No. Muchas observaciones se pueden hacer a simple vista: los atardeceres con la Luna nueva, las conjunciones de planetas, las estrellas fugaces, los cometas. Otras requieren el uso de pequeños telescopios. Unos prismáticos sirven de maravilla para ver los cráteres de la Luna, los satélites de Júpiter, las fases de Venus, las nebulosas, etc.

Lo más importante, y nos pasa desapercibido, es disponer de cielo oscuro. Para ello hay que disminuir la luz que lanzamos hacia arriba. Aparte de ser energía desperdiciada tiene el perverso efecto de abrillantar nuestros cielos impidiendo la observación de las estrellas. Cada persona puede actuar explicando a sus amigos y vecinos el problema y buscando soluciones en su entorno como modificar las luminarias, disminuir su flujo, apagarlas cuando no sean necesarias, etc. Es muy gratificante observar la alegría y sorpresa de las personas que, viviendo siempre en ambientes demasiado iluminados, descubren que la Vía Láctea se puede observar a simple vista.■

ACTIVIDAD 1

Los observatorios se construyen en lugares seleccionados con mucho cuidado. Se buscan lugares apartados de la contaminación lumínica, con cielo oscuro, despejado, sin nubes durante muchas noches al año y con atmósfera con poca turbulencia. Una vez encontrado un sitio excepcional se montan varias cúpulas que albergan telescopios diversos.

1. Visita la página del Observatorio Hispano-Alemán de Calar Alto (<http://www.caha.es>) y cuenta el número de telescopios e instrumentos que tiene cada uno.
2. Idem para el observatorio internacional del Roque de los Muchachos. En este caso se debe buscar en los telescopios del Isaac Newton Group (<http://www.ing.iac.es>) y, para contar sólo los ópticos que trabajan por la noche, añadir el telescopio Nórdico NOT (<http://www.not.iac.es/>) y el italiano TNG (<http://www.tng.iac.es/>).
3. Busca información sobre el GTC (<http://www.gtc.iac.es/>) Gran telescopio Canarias de 10,2m.
4. Encuentra en las páginas citadas la información sobre el tiempo atmosférico en esos observatorios para saber si los astrónomos están observando o no. Si la actividad se hace durante el día busca un observatorio donde sea de noche. La Silla Paranal (<http://www.eso.org/sci/facilities/lasilla/>) en Chile por ejemplo o el observatorio de Mauna Kea en Hawai (<http://www.ifa.hawaii.edu/mko/>).

ACTIVIDAD 2

The HI Nearby Galaxy Survey (THINGS) es una exploración en la línea de HI 21cm (HI significa Hidrógeno neutro) con el VLA para estudiar la dinámica, morfología, formación estelar y distribución de masa en las galaxias. Visita y navega la página del proyecto (<http://www.mpia-hd.mpg.de/THINGS/>)

1. Observa las imágenes compuestas de observaciones en diferentes frecuencias (radio, infrarrojo y ultravioleta) y comprueba cómo se puede saber donde hay gas neutro (HI), estrellas jóvenes que forman nebulosas de gas ionizado (HII) y estrellas más viejas.
2. Busca las nacionalidades de los astrónomos implicados en la colaboración internacional.
3. Busca nuestra propia galaxia (La Vía Láctea) en el póster y elige tu galaxia favorita de la muestra. Intenta encontrar más imágenes de tu galaxia favorita (usa simplemente Google o las galerías de imágenes de GALEX, SPITZER y del observatorio de rayos X CHANDRA, por ejemplo) y monta un póster con las imágenes que encuentres en diferentes frecuencias o bandas fotométricas.