

daniel golombek
**el telescopio
de las estrellas**
ENORMES
el hubble, los grandes observatorios
y la astronomía del siglo XXI

 **siglo veintiuno**
editores

colección
ciencia que ladra...

Reseña

En la década de 1940 un astrónomo tuvo una de esas ideas que suelen terminar convertidas en un hermoso bollo de papel para jugar al básquet en la oficina: si en la Tierra hay tanta luz y la atmósfera nos empaña los anteojos estelares, ¿por qué no construir un gran telescopio y enviarlo al espacio? Imaginen la recepción de esta locura científica, en tiempos pre-lunares y, sobre todo, pre-transbordadores espaciales... Sin embargo, desde entonces se construyeron varios telescopios orbitales, perfectamente preparados para escudriñar el universo (¿y más allá?). Y sin dudas el más revolucionario, famoso y productivo de ellos (y de la astronomía de los últimos quinientos años) es el telescopio espacial Hubble, experto en abrir bocas y dejar caer mandíbulas gracias a sus imágenes.

Índice

[Agradecimientos](#)

[Introducción](#)

1. [La verdadera máquina del tiempo](#)
2. [Un telescopio fuera del planeta](#)
3. [Qué es y cómo funciona la mayor ventana al universo](#)
4. [Hacia el infinito... ¡y más allá!](#)
5. [Descubrimientos “esperados” y no tanto: enigmas de la astronomía del siglo XX](#)
6. [Que las hay, las hay... Los descubrimientos inesperados](#)
7. [La revolución en telescopio](#)
8. [Completando el cuarteto estelar: los otros Grandes Observatorios en órbita](#)
9. [Señales del futuro: el sucesor del Hubble](#)
10. [Una mirada personal](#)

[Apéndice 1](#)

[Apéndice 2](#)

[Referencias y créditos](#)

[Bibliografía comentada](#)

[Acerca del autor](#)

Este libro (y esta colección)

*Y yo aquí, abajo,
con el corazón estrujado de tortícolis.
Susanita, en “Mafalda”, del humorista
argentino Quino*

*Asomando a la noche
en la terraza
de un rascacielos altísimo y amargo
pude tocar la bóveda nocturna.
Pablo Neruda, “Oda a una estrella”
(fragmento)*

Hace muchos años conocí a un joven que no dormía. Cuando las luces se apagaban y el músculo y la ambición descansaban, él salía al jardín a mirar el cielo.

Había construido un tubo de plástico gigante, y en uno de los extremos había puesto un espejo de lo más divertido que devolvía nuestro reflejo agrandado varias veces. Pero más interesante aún era el otro extremo: colgaba un pequeño espejito, casi ridículo en relación con el anterior, que recogía las imágenes del primero y las mandaba a un agujerito, en el que calzaban el ocular y, al otro lado, el ojo del observador. El armatoste era llevado noche a noche al jardín para ser testigo de los cráteres de la Luna, los anillos de Saturno, la inmensidad lejana de Júpiter. Claro, había que esperar

la llegada de la oscuridad y el silencio porque, como nos enseñó Ray Bradbury, “¿Quién puede ver las estrellas con las luces encendidas? Nadie”.¹ Después seguía la fiesta: las observaciones iban a parar a un pizarrón verde, lleno de números y fórmulas en los que, obviamente, estaban la respuesta a la vida, el universo y todo lo demás.

Pero el insomnio y las ganas no alcanzaban: el universo seguía quedando tan, tan lejos. Había que inventar otros ojos, otras ventanas. Y allí se fue el joven de las estrellas, a buscar una mirada más allá de las nubes.

Si la encontró, es porque alguien ya la había soñado. Se dice que en la década de 1940 un astrónomo tuvo una de esas ideas que suelen terminar en papeles abollados perfectos para jugar al básquet en la oficina: ya que en la Tierra hay tanta luz, y la atmósfera nos empaña los anteojos estelares... ¿por qué no construir un gran telescopio y mandarlo al espacio? Imaginen la recepción de esta locura, en tiempos pre-lunares y, sobre todo, pre-transbordadores espaciales.

Pero antes hubo otros soñadores que nos enseñaron que, si del espacio se trata, hay mucho más para mirar que lo que pueden nuestros ojos. Genios como William Herschel o Joseph von Fraunhofer entendieron que la luz que sale de los astros nos puede decir mucho sobre su vida, sus estados de ánimo, hasta su futuro.

¹ En el cuento “La niña que iluminó la noche”.

Sabemos que si los cuerpos que están allá arriba emiten luz ultravioleta, o rayos X, casi todo se filtra gracias a nuestra atmósfera (y gracias a ese gracias podemos decir que estamos vivos). Entonces, nuevamente, para poder escuchar bien a las estrellas cantar, hay que salir al espacio.

Está bien: se hicieron unos cuantos telescopios destinados al universo y más allá, pero posiblemente el más famoso de todos sea el telescopio espacial Hubble, especialista en abrir bocas y dejar caer mandíbulas gracias a sus imágenes. Y hacia allí fue el joven insomne, a reflejarse en otros espejos... un poquito más grandes. Aunque en la Tierra hay otras moles astronómicas, el Hubble no se queda atrás: tenemos una especie de ómnibus orbitando encima de nosotros y mirando para todos lados. Y cuanto más grande es el telescopio, más luz puede recolectar; así, esos puntitos que vemos cuando estamos inspirados en la terraza pueden convertirse en millones y más millones de estrellas.

Pero los astrónomos no se han quedado conformes con el Hubble. En un alarde de imaginación, han nombrado al próximo gigante espacial como el “Muy Grande Telescopio” (Very Large Telescope). Y en la cabeza de unos cuantos ya se viene el “Tremendamente Grande Telescopio” (*Overwhelmingly Large Telescope*) (está claro que para poner nombres los científicos son verdaderamente originales), con un espejo de unos cien metros de diámetro. Estamos entonces en la era de la Big Science, también para la astronomía, y este libro nos acompaña, insomnes cual joven que busca a los planetas desde

su jardín, por esta tremenda aventura del pensamiento y de la tecnología.

Repasar la historia y el futuro de los grandes observatorios nos devuelve a las grandes preguntas que todos tenemos y que decidimos olvidar por lejanas o porque nos hacen calentar demasiado el cerebro. Pero que también nos ponen orgullosos de ser humanos, y de poder soñar... cada vez más lejos. Y de tener hermanos, claro.

Esta colección de divulgación científica está escrita por científicos que creen que ya es hora de asomar la cabeza por fuera del laboratorio y contar las maravillas, grandezas y miserias de la profesión. Porque de eso se trata: de contar, de compartir un saber que, si sigue encerrado, puede volverse inútil.

*Ciencia que ladra... no muerde,
sólo da señales de que cabalga.*

Diego Golombek

Agradecimientos

Gracias a un alineamiento de las estrellas (de la astronomía argentina y la estadounidense), tuve la oportunidad de estar involucrado con el proyecto del telescopio espacial Hubble desde 1983 hasta 2012. Este libro es el resultado de lo que aprendí a lo largo y alto de esa experiencia.

Tuve el privilegio de haber sido uno de “los chicos de Virpi” en el Instituto de Astronomía y Física del Espacio. Con Virpi Niemelä empecé este camino y fue ella la persona que me indicó el rumbo y me guió e inspiró a la distancia. En el Instituto del Telescopio Espacial, mi mentor, F. Duccio Macchetto, no dejó de apoyarme, de guiarme y enseñarme. George Miley me acercó a la radioastronomía y hacia el corazón de la ciencia. Juan Carlos Forte creyó y apoyó un proyecto distinto, que me permitió seguir adelante. La amistad y la colaboración de colegas como Ken Chambers, Luis Colina, Carlos Feinstein, Judy Ashwell, Max Mutchler, Doris Daou, Diane Karakla y Alberto Conti me permitieron seguir creciendo. Así también lo que aprendí de mis jefes científicos y administrativos Mike Shara, Ethan Schreier, Pete Stockman, Dave Soderblom, Meg Urry, Helmut Jenkner, Ron Allen, Knox Long, Ron Gilliland, Peg Stanley, Glenn Miller, Tom Lutterbie (en el STScI), Guenter Riegler, Anne Kinney y Colleen Hartman (en NASA), de Rodger Doxsey y los directores Riccardo Giacconi, Bob Williams, Steve Beckwith y Matt Mountain,

y los subdirectores John Grunsfeld (que visitó el Hubble tres veces), Mike Hauser y Kathy Flanagan.

El instituto es una organización especial. Un lugar donde se hace magia todos los días. Mi hija Cecilia recorría sus pasillos y podía conversar con premios Nobel o astronautas. O simplemente ser parte integrante de la aventura. Fue excitante compartir este viaje con sus astrónomos, ingenieros, bibliotecarias, contadores, programadores, artistas, técnicos, escritores y administradores.

Un libro como este no tiene una génesis instantánea. A mi hermano Diego le corresponde cierta responsabilidad, por alimentarme con toda la colección y hacerme pensar que podía hacer una contribución. Mi mamá, mi tía Chiche y mi hermano Sergio me preguntaban cuándo iban a poder leerlo (¡ya pueden!). Mi papá, mi tío Yoyo, mi tía Sara, Bernardo y Elena lo están leyendo de una manera especial.

Gabriela Vigo me guió y corrigió infatigablemente el manuscrito hasta hacerlo libro. Gracias a Carlos, Luis y, en especial, a Beatriz García, que hizo comentarios y sugerencias que mejoraron considerablemente el contenido del texto. Gracias también a Carlos Díaz por apoyar este proyecto.

Sin que Silvia me tuviera de la mano, no podría haber recorrido este camino.

Introducción

Así en el cielo como en la Tierra

Es una hermosa tarde de primavera. El Sol pinta las nubes de colores al desaparecer lentamente en el horizonte. Sabemos que, cuando sea de noche, las estrellas irán ocupando de nuevo poco a poco todo el cielo. Y que al día siguiente, al alba, todo volverá a comenzar. Pero ¿son siempre las mismas estrellas? ¿A qué distancia se encuentran? ¿Por qué algunas son más brillantes? ¿Todas cuentan con planetas girando a su alrededor?

Desde que el ser humano empezó a mirar el cielo, se hizo preguntas como estas. Y mientras encontraba respuestas se planteaba nuevos interrogantes o corregía los anteriores al obtener nuevos datos. Sin embargo, nunca dejó de cuestionarse cosas. Justamente esto es lo que hace la astronomía: buscar respuestas a las grandes preguntas sobre el universo. Y se vale de herramientas más y más complejas y de equipos para la investigación cada vez más sofisticados.

Lejos quedó la época en que los sacerdotes mayas se reunían en Copán para corregir el calendario porque las estrellas aparecían en el mes incorrecto. O la de los científicos solitarios, como Caroline Herschel, quien miraba a través del ocular del telescopio gigante que su hermano había construido y descubría cometas. O la de un Albert Einstein escribiendo aislado en su oficina los trabajos más revolucionarios de la física del siglo XX. La astronomía del siglo XXI la hacen equipos internacionales, con máquinas asombrosas, en

lugares remotos de la Tierra o del espacio. De una de esas herramientas se ocupará este libro: la que aportó datos que produjeron más trabajos científicos que ninguna otra hasta ahora.

Desde mediados del siglo pasado, se han construido gigantescos telescopios en la Tierra y se han lanzado al espacio satélites con detectores que han hecho avanzar el conocimiento como nunca antes. El más productivo de ellos es el telescopio espacial Hubble, un observatorio del tamaño de un ómnibus que orbita nuestro planeta desde 1990 y cuyo nombre recuerda a uno de los mayores astrónomos del siglo XX.

El Hubble ha realizado observaciones astronómicas que, además de transformar nuestro conocimiento del universo y ser de una belleza que atrae al público, también constituyen una herramienta para enseñar la ciencia del cosmos. Pero además, el proyecto Hubble marcó la entrada de la astronomía en el ámbito de la Gran Ciencia² como el Proyecto Manhattan y los aceleradores de partículas lo hicieron con la física y el genoma humano con la biología. A tal punto que la National Aeronautics and Space Administration (NASA), por primera vez, creó y le delegó a un instituto independiente las operaciones científicas del observatorio.

Este salto de la astronomía ha producido un extraordinario avance del conocimiento y ha modificado la manera en que los astrónomos

² Se denomina “Gran Ciencia” (Big Science) a aquella que trabaja con cantidades de datos enormes y presupuestos multimillonarios

trabajan y avanzan en sus carreras. George Miley, un astrónomo del Observatorio de Leiden, en Holanda, lo explicó muy bien:

La evolución de la astronomía hacia Big Science significó que las “cualidades interpersonales” [de los investigadores], como el relacionarse entre sí, [el conocimiento de la] comercialización y la capacidad de trabajar bien en equipo, fueran muy importantes [para el astrónomo moderno].

En los capítulos que siguen podrán conocer en detalle este asombroso observatorio espacial, que revolucionó tanto la ciencia como la manera de hacerla y de difundirla.

Abran bien los ojos que allá vamos.

Capítulo 1

La verdadera máquina del tiempo

Contenido:

§. *Ver para creer*

§. *Tener ondas*

§. *Telescopios en órbita*

*Tomé la estrella de la noche fría
y suavemente*

la eché sobre las aguas.

Y no me sorprendió

que se alejara

como un pez insoluble

moviendo

en la noche del río

su cuerpo de diamante.

*Pablo Neruda, “Oda a una
estrella” (otro fragmento)*

¿Sabían que una comunicación telefónica que en la Tierra dura tres minutos, si pudiera hacerse entre una astronauta que fuera parte de una expedición explorando un satélite de Júpiter y su tía, aquí entre nosotros, duraría más de cuatro horas? Sería algo así:
—¡Hola, tía! ¡Feliz cumpleaños! [48 minutos de espera.]

—¡Hola! Gracias por llamar. Como el día está muy lindo, vino la familia para hacer una reunión en el jardín. [Otros 48 minutos de espera.]

—¡Cómo no iba a llamarte, tía! [48 minutos más.]

—¿Llegaste a determinar de qué material era esa roca que te tenía tan intrigada? [Y otros 48 minutos.]

—Todavía estoy trabajando en eso. ¡Qué suerte que pudieron reunirse y disfrutar de un lindo día! [Y 48 minutos más.]

—Sí... Pero ahora ya se nubló y en este momento está lloviendo.

Reconozcamos que la conversación sería un incordio, ya que entre la pregunta y la respuesta habría que esperar demasiado. Así, sería mejor mandar un e-mail³ con el mensaje completo en lugar de aguardar la réplica de cada comentario. A diferencia del sonido, la luz se mueve a una velocidad constante e increíblemente rápida (aunque no infinita): recorre nada más y nada menos que 300 000 kilómetros en un segundo.

Sin embargo, si estamos mirando una estrella, digamos, esa con el romántico nombre de HD 137 603, la luz que produce, aun cuando viaje a una velocidad no permitida en rutas y autopistas, tardará muchísimo en llegar a nosotros por la enorme distancia que debe atravesar. Y, además, estaremos viéndola tal como era en el pasado, no como es en el instante en el que la observamos.

³ O una película como lo hace el doctor Floyd en la épica 2001: Una Odisea Espacial.

Por ejemplo, la luz de la galaxia Andrómeda, que es el objeto visible sin instrumentos más alejado de la Tierra, tarda 2,6 millones de años en llegar a nosotros. Vale decir que vemos cómo era esa galaxia hace un tiempito atrás: cuando nuestros primeros ancestros empezaron a elaborar herramientas en piedra.

Hagamos una cuenta interesante: mil millones de segundos atrás corría el año 1982, mil millones de minutos atrás Trajano era emperador de Roma, mil millones de horas atrás los primeros homínidos andaban por la sabana, y mil millones de días atrás nuestros lejanos ancestros construían herramientas de piedra.

Así se entiende por qué a los telescopios se los suele llamar “máquinas del tiempo”: porque a través de ellos se percibe cómo eran los objetos cuando la luz emprendió el camino hasta nosotros, hace mucho pero mucho tiempo.

Y también así puede comprenderse por qué, en materia de mediciones cósmicas, se usa la unidad conocida como “años luz”, que es la distancia que recorre la luz en un año: alrededor de unos 9.461.000.000.000 kilómetros (casi veinticinco millones de veces la distancia entre la Tierra y la Luna). Cuando decimos que un objeto se encuentra “a millones de años luz”, lo que estamos diciendo en realidad es que vemos cómo era ese mismo objeto hace millones de años, y que hay una buena probabilidad de que “ahora”, en el momento en que lo estamos observando, ya no exista más. Claro que eso lo sabrán los astrónomos que lo miren dentro de millones

de años, cuando “descubran” que desapareció (aunque no podrán ver qué quedó o a qué se parece el medio en el que se encontraba hasta no mirarlo un “rato” después).

No solamente estamos observando objetos muy lejanos, sino que además los estudiamos de muchas formas distintas gracias a los extraordinarios avances de la ingeniería y la física, que permiten diseñar todo tipo de máquinas para mirar. Pero... ¿cómo nació esa máquina para mirar que nos acerca el universo a centímetros de nosotros?

§. Ver para creer

Hace unos cuatrocientos años, en Holanda, a un fabricante de lentes se le ocurrió nada menos que usar el microscopio inventado hacía poco tiempo por un colega, pero al revés. Probablemente se haya preguntado qué ocurriría si quisiéramos percibir cosas que son pequeñas no por su tamaño sino porque están lejos, y entonces ideó un instrumento que combinaba dos lentes. A este invento se lo llamó telescopio, término que surge de la unión de las formas griegas *tele*, “lejos”, y *scopeo*, “observo”, y que significa algo así como “mirar lo que está lejos”.

Poco después Galileo Galilei modificó el diseño del telescopio combinando una lente cóncava (la que tiene la forma del lado de la cuchara que usamos para tomar la sopa) y otra convexa (la del otro lado de la cuchara), lo que permitió obtener una mejor magnificación.



Imagen 1. Galileo demostrando su telescopio al Duque de Venecia. Como buen renacentista, Galileo era un sujeto práctico: construía sus propios instrumentos de investigación y, en particular, era un gran pulidor de lentes. Sin embargo, esta destreza no pudo contra las leyes de la física: las lentes, por más pulidas que estén, no transmiten todos los colores de la misma forma, y a eso se debe que las imágenes resulten borrosas, a que no se juntan en un único punto.

Una vez que lo armó, empezó a apuntarlo a cuanto objeto tuviera delante: durante el día a los barcos que iban y venían (sabía que de esta manera lograría convencer a las autoridades de su utilidad, porque así podrían enterarse por anticipado quién estaba llegando y eso les daba más tiempo para tener los fideos al dente).

Una vez asegurada la comida, quedaba una buena parte del día en que no había mucho por hacer, dado que estaba oscuro, así que lo dirigió hacia arriba.

De este modo, vio que la superficie de la Luna no era lisa, sino que estaba llena de cráteres. Y al apuntar hacia Júpiter descubrió un microsistema planetario: ¡había cuatro lunas orbitando el planeta! Pero lo más importante fue que no sólo miraba y descubría, sino que iba documentando todo. (De algo había que charlar mientras se comía pasta y, sin duda, las historias que contaba eran más divertidas que el relato de los problemas que tenían los comerciantes para conseguir seda de Oriente.)

Como sucedió otras veces, al Mensajero de los Astros no le fue demasiado bien al contar su noticia, pero esa es otra historia. Ahora nos ocupan las herramientas, no los resultados.

Cuanto más grandes son las lentes, más sufren de esta distorsión, un fenómeno conocido como aberración cromática (este es un verdadero fenómeno físico y no un comentario de una señora de Barrio Norte de Buenos Aires al ver a un adolescente con zapatos color violeta, pantalones verdes, camisa a rayas naranja y rosa y un sombrero azul; aunque si el joven pasa corriendo seguramente nos

parecerá que estamos mirando a través de un gran telescopio refractor construido con muy malas lentes). Isaac Newton resolvió este problema en 1672 inventando el telescopio reflector, que, como en lugar de lentes usaba un espejo, no provocaba aberración cromática.

Para poder observar más detalles y hacer más descubrimientos, los astrónomos construyeron telescopios con espejos cada vez más grandes. El de Newton tenía uno de 3,3 centímetros de diámetro (la mitad del diámetro de un pocillo de café), mientras que los más avanzados poseen hoy espejos de un diámetro que oscila entre los 8 y los 10 metros. Las nuevas generaciones de telescopios terrestres tendrán espejos de un diámetro de entre 30 y 40 metros y, los del espacio, de por lo menos 8, aunque es muy probable que en un futuro no tan lejano alcancen los 16 metros.

Si bien con estos telescopios se podría mirar el cielo con mucho detalle, hay dos cosas que lo impiden: las luces de las ciudades y la atmósfera terrestre. Lo primero es fácil de entender: es lo que explica que, en el centro de una gran ciudad, no “haya” tantas estrellas en el cielo como en una zona despoblada. En cuanto a la interferencia de la atmósfera, se da de dos maneras. Por un lado el aire, como buen gas, se mueve y se calienta, o se enfría. Si bien esto nos gusta (¿quién no disfruta de una suave brisa en la playa?), son cambios que distorsionan las imágenes y las tornan borrosas. La atmósfera, aparte de proveernos el aire que necesitamos para respirar trece veces por minuto –tan necesario como la poesía, en

palabras de Gabriel Celaya–, nos protege ya que bloquea los rayos X, los gamma y la mayor parte de los ultravioleta que recibe la Tierra. Por eso es que los telescopios se construyen lejos de las ciudades y en lugares altos (algunos tan altos que realmente están en el espacio).

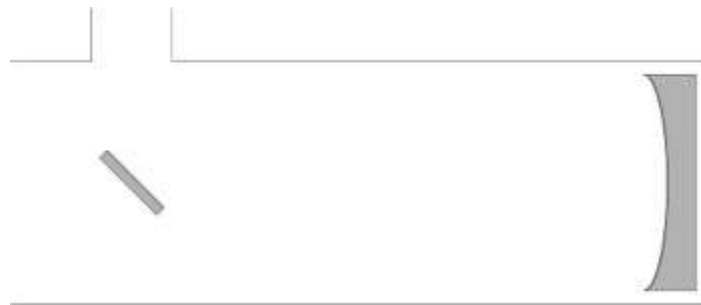


Imagen 2. Esquema de un telescopio newtoniano construido con dos espejos.

§. Tener ondas

Escuchamos la radio, calentamos la cena, cambiamos de canal la TV con un control remoto, vemos un lindo paisaje, tomamos sol en la playa, nos hacen radiografías de las muelas o miran dentro de nuestra cabeza con una tomografía. En todas estas actividades, intervienen aparatos que “ven” distintas partes de estas buenas ondas que andan por todos lados. Con nuestros ojos detectamos los colores desde el violeta al rojo (los hermosos arcoíris que se observan después de una tormenta son un ejemplo), pero con “ojos” electrónicos podemos “ver” otros colores, que son invisibles para los humanos. Esta colección de “colores” (en la jerga de los que usan guardapolvos, tubos de ensayos y reglas de cálculo son bandas) se

llama espectro electromagnético (porque las ecuaciones que esa gente de guardapolvo usa para describir las propiedades de la luz son una combinación de electricidad y magnetismo).

En todos estos casos, la luz es una onda con crestas y valles (imagen 3). La unidad que usamos para medir esas ondas, su longitud, es la distancia entre dos crestas (o dos valles, o cualquier par de puntos en el mismo lugar entre dos ondulaciones consecutivas, pero usar las crestas es más fácil).

La locutora de radio nos informa que estamos escuchando la FM 100,6 Radio Espacial. ¿Qué es lo que nos dice? Que la radio transmite en la frecuencia de 100,6 megahertzios. La frecuencia de una onda es la cantidad de picos que “pasan” por segundo, o sea que es la inversa del tiempo que tarda en ir de un pico al siguiente.

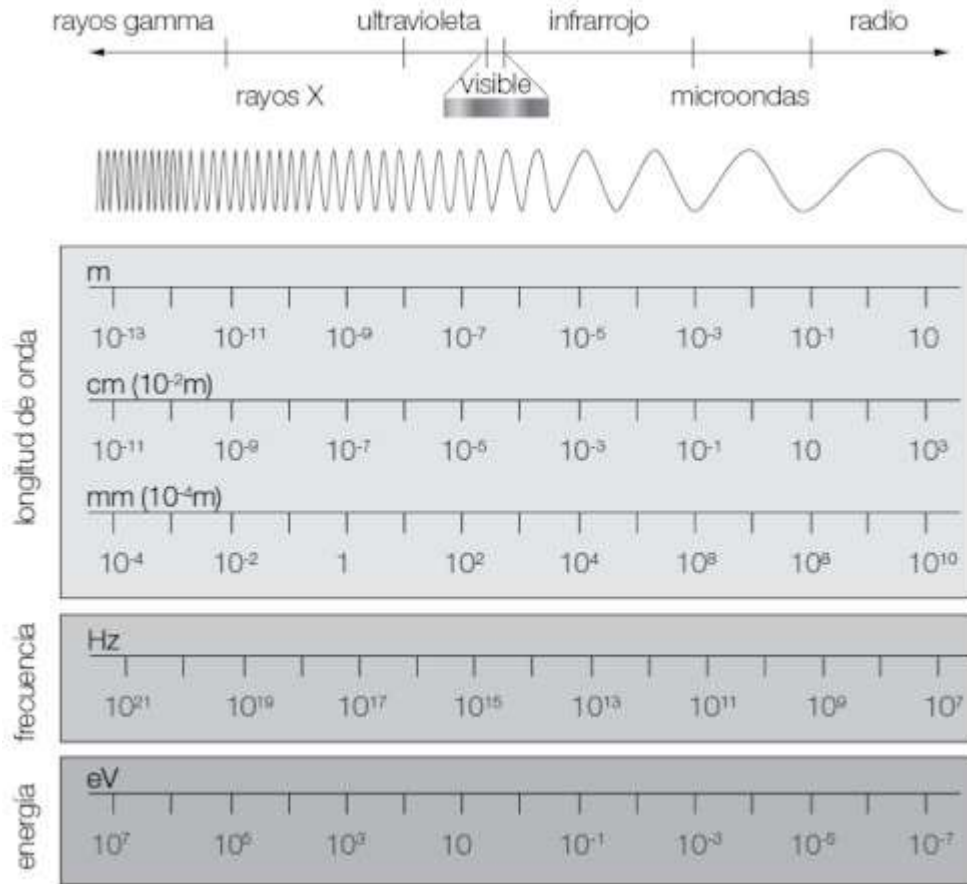


Imagen 3. El espectro electromagnético con todas las bandas que lo componen y las distintas unidades que se utilizan para medirlo.

Notar que la visible (que es lo que vemos con nuestros ojos) es sólo una pequeña parte. Notar también cómo las ondas, en las distintas bandas, tienen picos muy juntos (o sea, frecuencia alta y longitudes de onda muy pequeñas) en la zona de los rayos gamma, y picos muy separados (frecuencias bajas y longitudes de onda muy grandes) en la zona de las microondas.

Como acabamos de decir, la longitud de onda es la distancia entre dos picos.

La radio emite con una longitud de onda del orden de un metro, la cena la cocinamos con microondas, el paisaje lo vemos con luz visible, el sol nos broncea con rayos ultravioleta y las radiografías se toman con rayos X. Necesitamos ahora explorar un poco las unidades de la luz, porque cada banda se mide con unidades distintas, algo un poco más complicado que lo que sucede al medir distancias, dado que en casi todo el mundo se utilizan las unidades métricas y unos tres o cuatro países usan las unidades imperiales. Pero a no desesperar, porque la física viene a nuestro rescate.

Lo que tarda en recorrer esta distancia no es más que su velocidad por el tiempo que le lleva. Como la velocidad es la misma, porque es la de la luz (que es constante), entonces es muy fácil “traducir” de longitud de onda a frecuencia y, en vez de decir “uno sobre segundo”, se mide en una unidad llamada hertzios. La longitud de onda (o sea la distancia, si los pudiéramos ver con nuestros ojos, entre los picos) con la que transmite Radio Espacial es un poquito menor a los 3 metros.⁴

⁴ Pidámosle prestada la regla de cálculo a una de las personas con guardapolvo y hagamos las cuentas. La distancia que recorre un objeto es igual a la velocidad a la que va, multiplicada por el tiempo en que la medimos (que, como explicamos más arriba, es la inversa de la frecuencia). Entonces tenemos que dividir 300 000 km/s (la velocidad de la luz) por la frecuencia de la onda

¿Qué pasa del otro lado de la escala? El extremo del espectro electromagnético, es decir, el de los rayos X y los rayos gamma, como son radiaciones, se miden en unidades de energía y no en longitudes o en frecuencias. La que se utiliza es la cantidad de energía que adquiere un electrón cuando es acelerado por un potencial eléctrico de un voltio y se llama, ¡oh sorpresa! electrón-Voltio (eV). Pero ¿cómo se puede utilizar una medida de energía para medir longitud?

Por la famosísima fórmula de Einstein $E = mc^2$, sabemos cómo convertirla en masa y, para “medir”, usamos otra fórmula famosa (aunque no tanto como la de Albert): $E = h n$, que le debemos a Max Planck, donde n es la frecuencia y h es la llamada “constante de (sí, ¡adivinaron!) Planck”. Así, y sin pensarlo mucho, dimos un salto cuántico (¡gracias, Max!), porque esta energía es la de una partícula de luz (el llamado fotón) y no de una onda (pero a no desesperar porque la luz se comporta como una onda o como una partícula). Por eso vamos y venimos con estas unidades.

Antes de seguir con la astronomía, detengámonos para comentar sobre unidades. Las unidades de medición son simplemente una convención destinada a poder entendernos. Si queremos medir una distancia, podemos expresarla en brazos (la distancia entre el codo y la muñeca del monarca de turno) o como le gustaría a Don Verídico en “miradas” (para ir hasta lo de Zoilo... hmmm... son siete miradas,

(100,6 MHz o 100 600 000 Hz) y nos da alrededor de 3 metros.

y después doble a la izquierda al pasar el ombú). ¿Y si el que pregunta es miope y no va tan lejos? ¿Si el monarca actual es más alto que la última vez que medimos? Justamente para evitar estos problemas es que se adoptaron las unidades del sistema internacional (como el metro, el kilogramo y el segundo) en todo el mundo y, así, poder entendernos mejor.⁵

Desde la Antigüedad hasta la segunda mitad del siglo pasado, las observaciones astronómicas se hacían en la banda óptica, es decir, aquella que podemos mirar sólo con nuestros ojos. Como se muestra en la imagen 3, esta banda ocupa una franja muy pequeña de todo el espectro (y no estamos hablando de luces malas ni de almas en pena). Hacia las longitudes de onda más cortas se encuentran la zona ultravioleta, los rayos X (como la visión de Superman y de muchos otros superhéroes) y los rayos gamma. Para el otro lado están el infrarrojo, las microondas y, más allá, las ondas de radio.

Ahora bien, en cada una de estas bandas, y con el telescopio adecuado, se pueden “ver” las radiaciones que emiten distintos tipos de fenómenos celestes. Por ejemplo, con un telescopio de rayos gamma es posible detectar las estrellas de neutrones; con uno de

⁵ Acá exageramos, porque hay tres países que no usan el sistema internacional: Birmania, Liberia y... los Estados Unidos.

rayos X, las emisiones del gas muy caliente existente entre las galaxias; con uno de rayos ultravioleta, las estrellas calientes; con el infrarrojo, las estrellas más frías y las zonas de formación estelar, y en el radio⁶ no sólo tratamos de escuchar lo que nos cuenta ET (aunque por ahora no escuchemos nada de las emisiones que nos pudiera mandar), sino también las emisiones producidas por los gases no muy calientes que rodean las galaxias.

El programa de los Grandes Observatorios de NASA, que conoceremos en profundidad en el capítulo 8, se creó justamente para poder observar con mucho detalle a lo largo y ancho del espectro que no es visible desde la Tierra.

§. Telescopios en órbita

Las ventajas de poner telescopios en órbita son varias:

- La principal es que, al estar por encima de la atmósfera, las románticas y titilantes estrellas dejan de “parpadear” y son puntos en el espacio. Siguen siendo románticas, y hasta algunos astrónomos son inspirados por... Pero este es un libro de astronomía y tecnología, así que seguiremos con las razones científicas.
- Otra ventaja es la estabilidad del telescopio: en el espacio no hay viento, ni ninguna otra perturbación que impida que

⁶ Acá hablamos de ondas de radio, no del aparato con que escuchamos el partido de fútbol los domingos.

permanezca fijo en una posición por largos períodos de tiempo.⁷

- Finalmente, esa ubicación hace posible observar en longitudes de onda de radiaciones letales, que, por suerte para nosotros, son absorbidas por la atmósfera.

Como vemos a la izquierda de la imagen 4, incluso un telescopio con un espejo pequeño (de sólo 2,4 metros) permite obtener imágenes muchísimo más detalladas si está en el espacio, que la que se logra con un telescopio desde la Tierra. Desde abril de 1990 existe un telescopio espacial con el cual pueden verse claramente, por ejemplo, los detalles del gas en la nebulosa de Orión. En síntesis, ni siquiera con las técnicas más modernas de corrección de la óptica de los telescopios terrestres pueden superarse los resultados de los que están en el espacio.

⁷ El viento solar (en realidad, una colección de electrones y protones que son emitidos por el sol, y no aire como acá en la tierra) produce tormentas y perturbaciones, como el viento que mueve las hojas de los árboles. Pero su efecto en los satélites en órbita son distintos de los de la atmósfera terrestre.

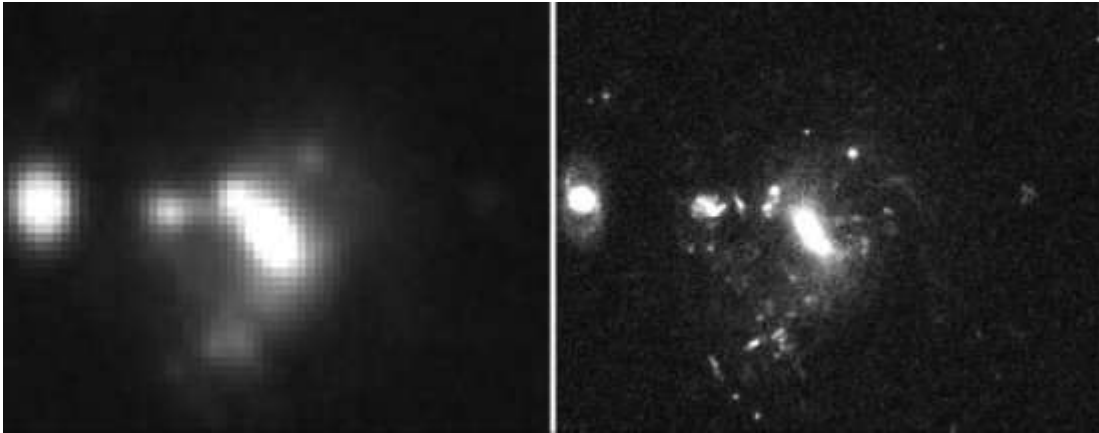


Imagen 4. Una imagen de una galaxia lejana obtenida con un telescopio en la Tierra (izquierda) y con el telescopio espacial Hubble (derecha).

Los avances de la física y de la ingeniería en el siglo anterior nos permitieron abrir todas las ventanas y mirar el universo en cualquier longitud de onda (o de frecuencia o de energía). El asunto es elegir el telescopio más adecuado para la investigación que nos interese llevar adelante. Ya vimos las diferencias y lo que se puede hacer con telescopios terrestres y en el espacio. Hasta el momento, de los telescopios espaciales, sólo dijimos que era bueno tenerlos porque pueden “ver” radiaciones que en la Tierra están bloqueadas. Ahora que sabemos dónde nos conviene ubicar nuestro telescopio, nos vamos a ir para arriba, porque lo que nos interesan son los espaciales. La NASA se dio cuenta de esto y puso manos a la obra para tener una verdadera flotilla en órbita.

Capítulo 2

Un telescopio fuera del planeta

Contenido:

§. *Con los pies en... la órbita terrestre*

§. *Delineando hacia dónde mirará la ciencia*

§. *¡Ahora sí!*

Todavía había mucho que aprender en el campo de la ciencia pura, y los astrónomos, ahora que ya no estaban atados a la Tierra, tenían bastante trabajo por los próximos mil años.

Arthur C. Clarke, El león de Comarre

En una fría tarde de 1911, en su dacha de la estepa rusa, el físico Konstantin Tsiolkovski extendió aún más su imaginación e incluyó en sus notas, hasta ese momento repletas de cálculos y dibujos sobre cómo construir y hacer volar un cohete, una herramienta que se podría poner en órbita: un telescopio. ¿Por qué no? Algo más había que llevar hacia allí, porque no tenía sentido transportar sólo a seres humanos (y los perros Diana y Satélite, el gallo y las gallinas), como había escrito Julio Verne en 1865. No parecía tan descabellado incluir en el equipaje un instrumento de investigación.

Sin embargo, nuestro amigo Konstantin estaba más preocupado por las cuestiones prácticas, esto es, por cómo hacer que el motor funcionara y lanzara el cohete, y entonces no siguió trabajando mucho más en esa idea. Otros pioneros de la astronáutica concibieron y elaboraron planes más concretos (sólo en papel, aunque sus cohetes sí fueron contruidos y lanzados con éxito).

Fue al terminar la Segunda Guerra Mundial cuando la cosa empezó a tomar forma. Trabajando con los primeros radares y tratando de mejorar el sistema de detección de aviones enemigos, Arthur C. Clarke concibió el satélite de comunicaciones. Se trata, en esencia, de una caja en la que rebotan las señales: el emisor las envía, el satélite las recibe y las dirige al receptor.

No es necesario que aquellos que se comunican estén en la Tierra, como en la propuesta original de Clarke, ya que puede tratarse de satélites espaciales que mandan y reciben datos o que están en órbita alrededor de Marte, por ejemplo, enviando y recogiendo comunicaciones de los tractorcitos ubicados en la superficie de ese planeta y de los científicos en el nuestro.

La carrera espacial estaba a punto de comenzar, y el énfasis se hallaba puesto en el uso militar y en llevar humanos a caminar por la Luna. Pero en un rinconcito de la escena, astrónomos, físicos e ingenieros empezaron a trabajar en satélites científicos. Poco (en realidad casi nada) se sabía acerca de lo que había “ahí afuera”. Por

ejemplo, la astronomía de rayos X, que tanto nos ha enseñado sobre el gas existente entre las galaxias, se inició con un proyecto para estudiar si las radiaciones provenientes del Sol podían perjudicar a los astronautas que iban a la Luna. No encontraron que el satélite más emocional del universo reflejara rayos X, pero sí descubrieron una fuente de radiación X en el cielo que nadie esperaba ver y que estaba fuera del sistema solar.⁸

§. Con los pies en... la órbita terrestre

No pasó mucho tiempo para que los astrónomos fueran picados por el bichito de la curiosidad y empezaran a preguntarse “¿qué pasaría si...?” Uno de ellos, Lyman Spitzer (que en ese momento estaba en la Universidad de Yale y al poco tiempo se mudó a la de Princeton), fue un poco más lejos y formalizó la cosa. En 1946 escribió un documento, titulado “Las ventajas astronómicas de un observatorio extraterrestre”. En este trabajo fundamental, planteó que un aparato de esas características podía usarse para estudiar la composición del gas interestelar, la radiación ultravioleta del Sol (que, como vimos, por suerte es absorbida casi toda en la atmósfera, pero no toda, así que a no olvidarse del protector solar) y la de las estrellas, y su estructura.

⁸ Este objeto, llamado románticamente Scorpius X-1 (descubierto en la zona del cielo en la que se encuentra la constelación Escorpio), es una estrella variable.

Pero no se conformó con eso. En la segunda parte de su trabajo señaló que un telescopio que tuviera un espejo de 5 a 15 metros de diámetro (piensen que esto lo escribió cuando se estaba construyendo el telescopio de 5 metros en la cima del Monte Palomar, que reinaría como el mayor del mundo por las siguientes cuatro décadas) permitiría estudiar, con detalles sin precedentes, estrellas individuales de otras galaxias, la estructura de las galaxias lejanas y los planetas del sistema solar.

El amigo Lyman recibió la proverbial palmadita en la espalda: “Excelente, muchacho, muy lindo y muy bien pensado, pero vamos a seguir con los pies sobre la Tierra. Lo que planteas es muy interesante y sería maravilloso hacerlo, pero no por ahora”. Sin embargo, Spitzer no era alguien a quien se lograra desanimar así como así, de modo que siguió trabajando y hablando en cuanta reunión científica fuera invitado. En 1962 volvió a escribir un documento, esta vez para la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos,⁹ y esto lo acercó al establishment estadounidense e hizo que la comunidad científica de ese país aceptara la idea de que un telescopio en órbita serviría de una manera única para el avance del conocimiento.

Hoy en día, con el Hubble en órbita por más de veinticinco años y con una producción científica inigualable, nos parece increíble que

⁹ ¿Será esta una rama de la famosa “Craneoteca de los genios” a la que se referían en Telecataplúm? Si no tienen idea de lo que estoy hablando, busquen en la fuente de todo saber y conocimiento (Wikipedia) o en el oráculo moderno (Google).

un proyecto como este no haya sido recibido con los brazos abiertos. Pero así fue: la comunidad científica se mostró escéptica y, por muchos años, no apoyó ni el desarrollo ni la construcción del Hubble.

Y bue... Pero como don Lyman era un muy buen y respetado científico, la gente le prestaba atención y su idea de un telescopio espacial fue consiguiendo de a poco más y más adherentes.

§. Delineando hacia dónde mirará la ciencia

Un ejercicio muy importante y valioso que realiza la comunidad astronómica de los Estados Unidos desde los años sesenta es el Plan de la Década para Astronomía y Astrofísica. La Academia Nacional de Ciencias convoca a la comunidad astronómica a participar, y cientos de científicos responden e integran los paneles donde se discute el futuro de la investigación. Estos planes decenales detallan lo que la comunidad considera más relevante para estudiar, e incluyen tanto propuestas de infraestructura (observatorios e institutos, por ejemplo) como programas de subsidios y apoyo a la investigación y la enseñanza.¹⁰

¹⁰ La Asociación Argentina de Astronomía realizó ejercicios similares en 2006 y 2007 sobre las actividades y perspectivas de la astronomía observacional y teórica en la Argentina. Del mismo modo en 2002 la Agencia Espacial Europea produjo el documento Cosmic Vision 2020 (Visión Cósmica 2020), que describía su programa científico.

Es a través de estos planes que los científicos deciden el rumbo de las investigaciones, sin dudas una manera muy democrática de delinear la orientación que tendrá la ciencia.

Para que un proyecto se haga realidad, es fundamental que sea prioritario en estos planes, ya que, como vimos, si figura en ellos quiere decir que muchos investigadores se pusieron de acuerdo en cuanto a su relevancia. Los paneles que deliberan y escriben las distintas secciones del plan discuten cuáles son los problemas más importantes y las mejores herramientas para resolverlos. Es así como se crean estas listas de prioridades que, luego, son presentadas a las agencias proveedoras de fondos y al Congreso, en última instancia, el encargado de distribuir el presupuesto de investigación. Cada plan tiene un proyecto “estrella”, que es el que no puede dejar de hacerse. La ciencia ya no se realiza en laboratorios remotos, con gente vestida de guardapolvo y con el bolsillo lleno de lápices, ni con ayudantes misteriosos que salen de noche a buscar “muestras”.

La Fundación Nacional de las Ciencias (National Science Foundation [NSF]), la NASA y el Departamento de Energía (que proporciona fondos, entre otras cosas, para investigaciones sobre física de altas energías, biología, fisión nuclear y cosmología) los utilizan como guía para los proyectos de investigación que estas agencias financiarán.

Como las ruedas de la ciencia se mueven despacio, porque para planes así hay que obtener consenso, la reescritura de los

programas y el cambio de prioridades de los proyectos son también muy lentos.

Pero volvamos a los años sesenta, cuando todos seguíamos atentos la competencia entre los astronautas estadounidenses y los cosmonautas soviéticos para llegar antes a la Luna.

§. ¡Ahora sí!

La “estrella” del primer plan entre los proyectos espaciales fue justamente el telescopio espacial. ¡Al fin Lyman Spitzer pudo convencer a sus colegas de la necesidad de construirlo! Pero no fue casual que encontrara este apoyo: desde hacía más de quince años venían haciéndose observaciones con telescopios que no estaban en la Tierra.

Al principio estos telescopios se situaron en la punta de cohetes y realizaban observaciones al llegar a cierta altura y por muy poco tiempo, porque no se ponían en órbita. Pero desde mediados de la década de 1960 la NASA comenzó a evaluar propuestas para construir satélites que permitieran hacer observaciones astronómicas y terminó de convencerse de la utilidad de contar con algo más que un telescopio espacial.

El personal de esa agencia estaba entusiasmado con el proyecto. Lo que se estaba proponiendo era el Gran Telescopio Espacial (Large Space Telescope [LST]). Si bien su estructura y las ideas sobre la clase de instrumentación y acerca de la ubicación de los instrumentos era similar a la que posee el Hubble hoy, su tamaño

era bastante mayor. Fue así como la idea (y en consecuencia, el apoyo formal de la comunidad) de un observatorio en órbita se incluyó en el plan decenal para los años setenta.

Pero Lyman Spitzer y John Bahcall (del Instituto de Ciencias Avanzadas en Princeton, donde trabajó Einstein cuando emigró a los Estados Unidos) comprendieron de inmediato que no bastaba con que el telescopio estuviera en el plan y que la comunidad científica lo apoyara. Era necesario trabajar frente y detrás de la escena, reunirse con gente, tanto de la NASA y de la Academia de Ciencias como con diputados y senadores y, además, participar y promover el telescopio en cuanta reunión astronómica hubiera.

Gracias al trabajo incesante de Bahcall y, en especial, de Nancy Roman en la NASA, el telescopio se volvió cada vez más real cuando en 1975 fue incorporado con nombre y apellido dentro del presupuesto. Este hecho burocrático fue el puntapié inicial para empezar a construirlo.

Cada uno de los diez centros con que cuenta la NASA se especializa en un aspecto particular de las ciencias espaciales, la aeronáutica y la astronáutica. Dos de ellos, el Marshall (ubicado en Huntsville, Alabama) y el Goddard (en Greenbelt, Maryland), fueron los que manejaron el proyecto Hubble desde su nacimiento. Como en

Marshall se encontraban el equipo que diseñaba los cohetes (como el Saturno V, que llevó a los astronautas a la Luna) y la estación espacial, este centro se ocupó de realizar el diseño y la construcción del satélite, en tanto que Goddard, el centro que se ocupa de las ciencias espaciales, se encargó de dirigir el diseño y la construcción de los instrumentos.

Al tratarse de un programa tan importante y de un artefacto tan complejo, la NASA procuró involucrar a los científicos que iban a utilizarlo y a los astronautas que tendrían que trabajar haciéndole arreglos y mejoras.

Su equipo de astronautas (y, como veremos, el de la Agencia Espacial Europea: European Space Agency [ESA] también) participó desde el inicio en el diseño del satélite. Para la investigación científica se crearon equipos dirigidos por científicos que determinaron cómo debía ser cada uno de los instrumentos. Y para dirigir y coordinar todas las actividades científicas se constituyó un grupo (un *science working group*) formado por prominentes astrofísicos.

El diseño del telescopio evolucionó durante esta etapa original no sólo por razones presupuestarias, sino también porque sería un proyecto fundamental para los transbordadores espaciales que se estaban construyendo al mismo tiempo y entrarían en

funcionamiento en esos años. Recordemos que el diseño original del instrumental y la operación se realizó en los años setenta.

¿Cuáles eran las herramientas de trabajo de los astrónomos en aquel momento? Fotografías del cielo tomadas con placas de vidrio o en películas de celuloide, similares a las diapositivas con las que las familias aburrían a sus visitas mostrándoles sus últimas vacaciones. Una de las primeras ideas fue tomar fotos y “bajar” los rollos cuando estuvieran completos, como se hacía con las cámaras de fotos comunes, cosa que los astronautas que visitaran el telescopio podrían realizar fácilmente porque estaba en una órbita muy cercana a la estación espacial planeada por el centro Marshall (y, a veces, dentro de ella). Este plan se cambió luego por instrumentos que tomaran datos y los transmitieran a la Tierra como lo hacen los satélites de comunicaciones.

En esta etapa, verdaderamente optimista, se pensó que los transbordadores podrían ser lanzados con muchísima frecuencia, algo que al final no pudo hacerse porque resultaron ser bastante más complicados de lo que se había imaginado, tanto en el plano operacional como en las condiciones que requerían para despegar. Pero, mientras se soñaba, se creía que los astronautas podrían traer al Hubble de regreso a la Tierra para hacer los arreglos y los cambios que fueran necesarios y volver a ponerlo en órbita. Esto resultó, como mínimo, impráctico –cada vez que el telescopio volviera se contaminaría y habría que “limpiarlo” y ponerlo nuevamente a punto–, además de riesgoso –durante el aterrizaje y la

puesta en órbita el telescopio se sacudiría y quedaría sometido a fuerzas extremas que podían dañarlo-. Además de estas razones físicas, también se interpusieron razones financieras: el presupuesto de operaciones de la NASA variaba de manera drástica y estos viajes incluso podían ser suspendidos, un riesgo que nadie quiso correr. Así, se decidió que, una vez que estuviera en órbita, se quedaría ahí hasta que no funcionara más, y que los cambios y arreglos que hubiera que hacerle los realizaran en el espacio los astronautas, que lo visitarían en forma periódica.

El cambio más importante que derivó en el telescopio tal como lo conocemos fue una disminución de su tamaño (tenía que entrar en el “baúl” del transbordador que lo llevaría al espacio) y, en consecuencia, en su precio.

Como todo proyecto único y novedoso, los planes y los presupuestos originales tuvieron que ser “adaptados” a las circunstancias. El costo subió mucho (algunos críticos se refirieron al “presupuesto astronómico” que tenía el Hubble, sin advertir que, al tratarse de un observatorio espacial, era el adjetivo que en rigor le correspondía) y tanto el satélite como los instrumentos resultaron más complicados de construir de lo que se había supuesto.

La puesta en órbita fue atrasándose y, en consecuencia, aumentaron los riesgos de que se cancelara. Para evitar que eso

sucediera, Spitzer y Bahcall siguieron trabajando sin descanso, como lo habían hecho cuando propusieron el observatorio espacial. Esta fue la época en la que la gente que trabajaba en el proyecto empezó a celebrar las fiestas “A un año del lanzamiento”, que se repitieron por varios años (1983, 1984, 1985...). Cuando todo estaba casi listo (al menos para la puesta en órbita, a los sistemas para que las operaciones fueran rutinarias todavía les faltaba un poco más) y era el siguiente en la “cola” de lanzamientos, se realizó la trágica misión del Challenger, que explotó a los pocos segundos de despegar. La NASA, entonces, suspendió todas sus operaciones para replantearse el modo en que se estaban haciendo las cosas. Si bien fue una etapa muy difícil para todos los involucrados en programas espaciales, el proyecto Hubble aprovechó los dos años en los que no despegó ningún transbordador para mejorar los sistemas operativos del satélite, modificarlo y seguir probando los sistemas y los instrumentos.¹¹

¹¹ Por desgracia no se ocuparon del espejo ni de la estructura óptica en la que iba montado, algo que traería consecuencias desastrosas, como veremos más adelante.

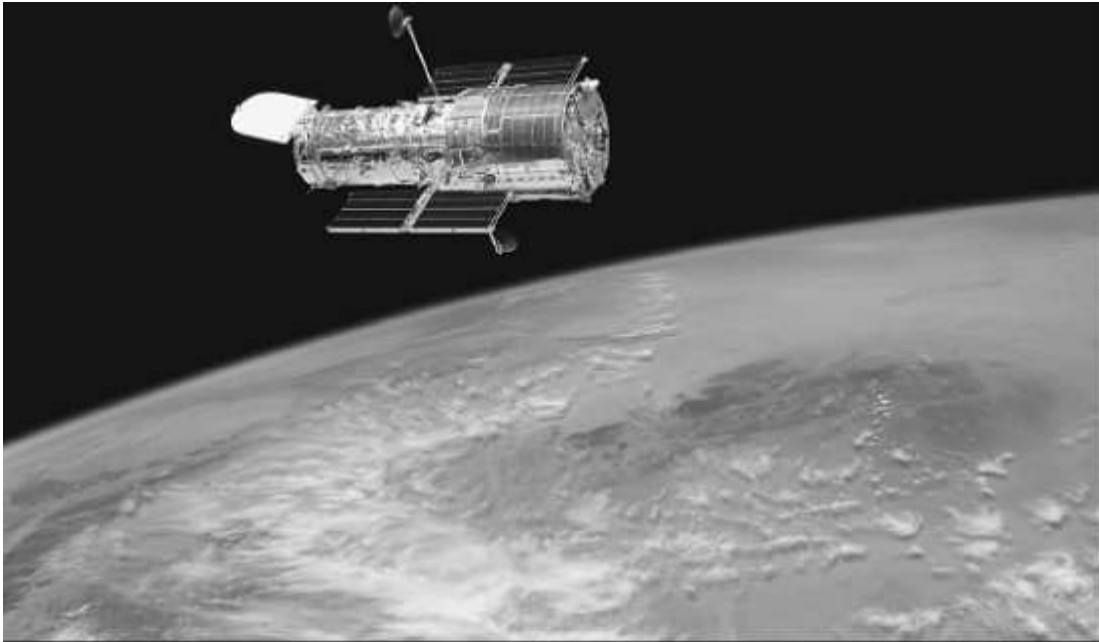


Imagen 5. El telescopio espacial Hubble en órbita.

Para el momento en que se empezó a trabajar en el diseño y construcción del Hubble, ya había en órbita una flotilla de pequeños observatorios que pispiaban el universo en muchas longitudes de onda. Entre ellos se encontraba el Explorador Ultravioleta Internacional (International Ultraviolet Explorer [IUE]), que funcionó por dieciocho años hasta que las observaciones del Hubble lo hicieron redundante. Este observatorio fue un proyecto conjunto de la NASA y la Agencia Espacial Europea. La colaboración fue tan estrecha que los datos eran recibidos tanto por estaciones terrenas en los Estados Unidos como en Europa, y el equipo que lo manejaba incluía científicos y técnicos de ambas orillas del Atlántico. Aparte de la experiencia del IUE, el Hubble contó con la ayuda del equipo

que había diseñado el satélite Einstein (puesto en órbita en 1978), que observaba el universo con su visión de rayos X.

Así, finalmente y después de tantos años, tenemos al Hubble dando vueltas a la Tierra. En las fotos en las que aparece, sólo se puede ver un tubo forrado con algo que se parece a papel de aluminio. Lo que hay dentro, cómo funciona y cómo se lo hace funcionar es lo que nos ocupará en los próximos capítulos. ¡Andando, que el universo nos espera!

Capítulo 3

Qué es y cómo funciona la mayor ventana al universo

Contenido:

- §. *La parte de afuera*
- §. *Los paneles solares*
- §. *Las baterías*
- §. *Las antenas*
- §. *En el interior del tubo*
- §. *El sistema óptico*
- §. *Los giróscopos*
- §. *Los sensores finos de guía*
- §. *Los espejos*
- §. *Las computadoras*
- §. *Los instrumentos*
- §. *Cómo y quiénes deciden hacia dónde orientar el gran ojo*
- §. *La selección del programa científico del Hubble*
- §. *El plan, segundo a segundo*
- §. *Fríamente calculado*

Presta atención: hay un universo maravilloso muy cerca: vamos.

E. E. Cummings

El Hubble se encuentra a unos 570 kilómetros de altura y completa una órbita alrededor de la Tierra cada 97 minutos. Como vimos, fue

diseñado en los años setenta por ingenieros, astrónomos y astronautas. Sí, desde el principio estuvieron involucrados astronautas, porque serían ellos quienes tendrían que visitarlo en forma periódica y, como es lógico, querían asegurarse, entre otras cosas, de tener lugares de los cuales sujetarse cuando trabajaran reemplazando elementos del observatorio, de que las puertas pudieran abrirse y cerrarse sin dificultad, y las cerraduras, destrabarse fácilmente con los guantes puestos.

El instrumental de a bordo fue cambiando desde aquel 24 de abril de 1990 en que fue lanzado por el transbordador Discovery: las cámaras y espectrógrafos¹² fueron reemplazados por otros con detectores más sensibles y nuevos diseños electrónicos. Algunos instrumentos se repararon en el espacio, algo que en un principio no se había planeado. Desde la última misión de servicio de 2009, los instrumentos consiguen obtener imágenes y espectros en el ultravioleta, óptico e infrarrojo mediante tres cámaras, dos espectrógrafos y tres interferómetros, que sirven para apuntar el telescopio y estudiar en mucho detalle objetos brillantes.¹³

Durante los primeros vuelos del transbordador, los astronautas usaban unos guantes más parecidos a los de box que a los de cirugía. Y, si bien con los años mejoraron, al igual que el resto del equipo, siempre resultó difícil trabajar con ellos. Los astronautas

¹² Un espectrógrafo mide el espectro de frecuencias de luz que emite un objeto.

¹³ En el Apéndice 1 pueden encontrar una descripción completa de todos los instrumentos que fueron instalados en el Hubble desde su lanzamiento hasta el presente.

indicaron que los instrumentos debían tener manijas para poder deslizarlos sobre rieles al sacarlos o ponerlos, y que las conexiones de los cables debían ser fácilmente manipulables, detalles que no se tienen en cuenta al diseñar y construir telescopios que funcionan en la Tierra.

La posibilidad de visitar al Hubble periódicamente para reparar, sacar e instalar nuevos instrumentos ha permitido que cada cierta cantidad de años se cuente con un observatorio completamente nuevo y con mejores cualidades.

La parte de afuera

§. Los paneles solares

Están ubicados a los costados del tubo central del satélite. Los paneles originales (que formaron parte de la contribución de la ESA al proyecto) fueron cambiados en 1993 durante su primera misión de servicio, porque eran casi tan largos como el telescopio y eso ocasionaba problemas no previstos: como no había una atmósfera que amortiguara las variaciones de temperatura entre el día y la noche (en el espacio oscurece de repente y la temperatura cambia en un instante del calor al frío y viceversa, al pasar de la noche al día orbital), vibraban cada vez que el telescopio atravesaba la transición noche/día de la órbita y, al ser tan grandes, sacudían todo el observatorio. Si bien no eran suficientes para producirle daños, perjudicaban las observaciones, en las que se notaba un “salto”. Ese efecto logró corregirse con un software. Los nuevos

paneles, aunque son más pequeños, son sólidos, producen más energía que los originales y no sufren esas vibraciones.

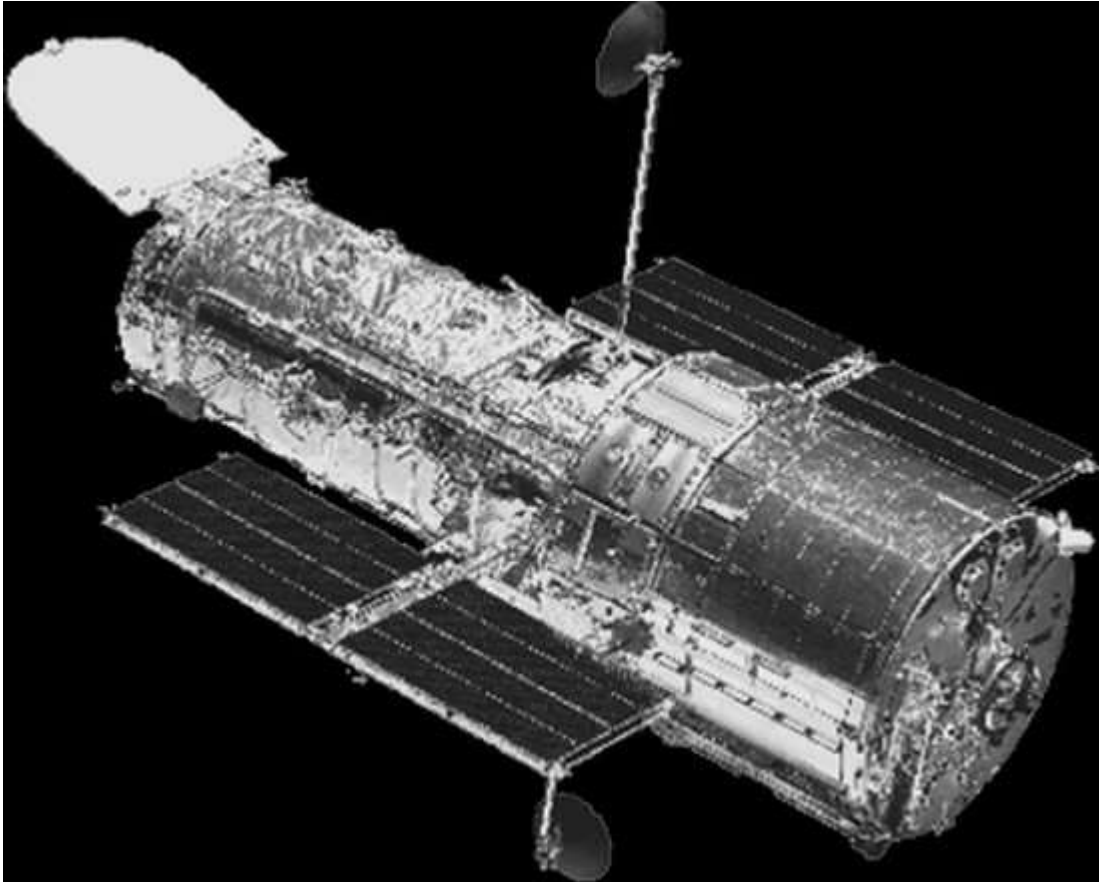


Imagen 6. El Hubble, con los paneles solares a sus costados, las antenas arriba y abajo del tubo del telescopio, y la puerta de entrada abierta.

§. Las baterías

Durante la noche orbital, cuando los paneles no reciben radiación solar, el telescopio se alimenta con seis baterías que tienen una carga equivalente a unas veinte baterías de automóvil.

§. Las antenas

Las comunicaciones con el observatorio se realizan a través de cuatro antenas. El Hubble no “habla” con los operadores en forma directa, sino que usa otros satélites (lo mismo que hacemos cuando llamamos por teléfono a un amigo que está en otro país).

En el interior del tubo

§. El sistema óptico

Dentro del cilindro interior del telescopio existe una estructura de carbono en la que está ubicado el sistema óptico. Si bien el carbono es un material duro que resiste muy bien los bruscos cambios de temperatura, en el espacio el aire que queda atrapado en la estructura se evapora y va achicándola.

Al poco tiempo de haber sido puesto en órbita la pérdida de gas era muy pronunciada para este tipo estructuras, que tienen que mantener exactamente sus medidas, y además había que ajustar el foco del telescopio a menudo. Con los años este proceso se fue deteniendo y el foco ya no cambia tanto (vale aclarar que nunca se modificó más que unos pocos millonésimos de metro).

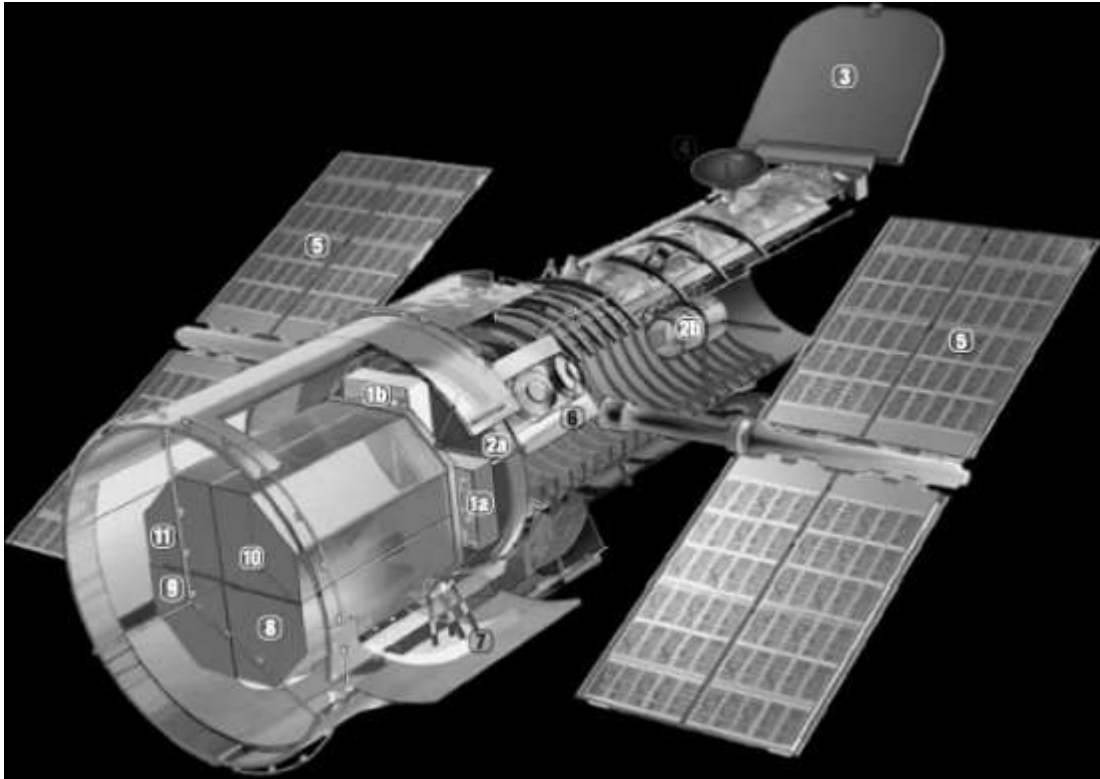


Imagen 7. Dentro del tubo del Hubble. Las partes numeradas corresponden a: 1a y 1b, los sensores finos de guía; 2a, el espejo primario; 2b, el secundario; 3, la puerta de apertura; 4, las antenas de comunicación; 5, los paneles solares; 6, las baterías, las ruedas de reacción, los componentes electrónicos; 7, 8, 9, 10, instrumentos.

El telescopio se apunta y se mantiene estable usando varios sistemas mecánicos y ópticos. Para rotarlo se utilizan ruedas de reacción que, al girar en una dirección, hacen que el satélite lo haga en la contraria.

§. Los giróscopos

El Hubble cuenta con tres pares de giróscopos, que al ser elementos mecánicos que están girando todo el tiempo suelen romperse con frecuencia. Debido a su importancia para el funcionamiento del observatorio, su reemplazo durante las misiones de servicio es prioritario.

El telescopio usa tres giróscopos para operar. A fin de poder seguir usándolo cuando estos empiezan a funcionar mal más rápido de lo previsto (y de lo que se los puede reemplazar) se diseñaron nuevas técnicas de observación, en las que se usan sólo dos, uno o ninguno. En esta última se utilizan las ruedas de reacción y componentes magnéticos que están dentro del telescopio para moverlo. Ello permite que, a pesar de haber perdido ese elemento fundamental para apuntarlo, puedan seguir haciéndose observaciones científicas aunque en zonas más acotadas del cielo. Más vale prevenir que curar.

§. Los sensores finos de guía

La posición se conoce primero usando tres detectores de poca sensibilidad y precisión que encuentran la ubicación de estrellas muy brillantes. Una vez conocida esta posición se la ajusta usando los sensores finos de guía, que buscan en el cielo las estrellas incluidas en el Catálogo de estrellas guía (paciencia, ya hablaremos de este catálogo en detalle más adelante). Estos sensores son extremadamente sensibles y permiten apuntar el telescopio de una

manera muy estable (el equivalente a apuntar un rayo láser en una moneda alejada unos 650 kilómetros).

§. Los espejos

El telescopio tiene dos espejos con un diseño Cassegrain tipo Ritchey-Chrétien. El primario tiene un agujero en el centro por donde pasa la luz, que se refleja en el secundario y se dirige a los instrumentos. Su diámetro es de 2,4 metros y está montado en una estructura de 13,2 metros de largo,¹⁴ mientras que el secundario tiene un diámetro de 30 centímetros. El primario pesa menos de una tonelada y fue fabricado con un material muy resistente a los bruscos cambios de temperatura.

Fue pulido con mucha precisión y sometido a numerosas pruebas para confirmar que se adecuaba a las normas establecidas y que en el espacio se comportaría de la forma esperada. Por desgracia, en una de esas pruebas el equipo no se instaló correctamente y, aunque el espejo se pulió a la perfección, el valor era erróneo: la parte exterior quedó “sobrepulida” unos 4 μm ¹⁵ (el equivalente a 1/50 de un cabello humano) y, debido a esto, producía una aberración esférica (imposible afeitarse).

Si no se lograba corregir la imagen, los objetos aparecerían con un halo debido a que la luz no se focalizaba en el centro. Por suerte se

¹⁴ El tamaño del espejo es similar al del telescopio Jorge Sahade, del Complejo Astronómico El Leoncito, ubicado en San Juan, Argentina.

¹⁵ 4 μm son 4 millonésimas de metro.

encontró una forma de solucionar el problema en los primeros instrumentos. Los nuevos ya la tendrían incorporada en su óptica, y a partir de la primera misión de servicio, se pudieron aprovechar al máximo las increíbles imágenes y los espectros que produce el telescopio.

§. Las computadoras

Si bien el ambiente en el que se encuentra el Hubble es óptimo para realizar observaciones (es muy estable porque no hay atmósfera ni vientos, por ejemplo), es muy hostil con sus componentes debido a las radiaciones (que, por suerte, son absorbidas por la atmósfera y no nos afectan en la superficie de la Tierra). Por eso no puede tener ningún elemento cuya resistencia no haya sido constatada.

Estas pruebas llevan mucho tiempo, y ese es el motivo por el cual las computadoras del Hubble son “viejas” comparadas con las que usamos hoy en día. El Hubble cuenta con dos computadoras: una que se ocupa del observatorio y otra que maneja las interfaces y comandos de los instrumentos.

La computadora científica con la que fue puesto en órbita en 1990 había sido diseñada en los años setenta. Durante la misión de servicio de junio de 2000 fue cambiada por otra veinte veces más rápida y con una memoria seis veces mayor, con un procesador 486, es decir, el que tenían nuestras computadoras hogareñas en los años ochenta (¿se acuerdan?).

§. Los instrumentos

Los instrumentos para realizar las observaciones se encuentran en una zona ubicada detrás del espejo primario del telescopio. El telescopio cuenta con cuatro espacios para instrumentos axiales (es decir, alineados en la dirección del eje del tubo del telescopio) y cuatro para los radiales (esto es, perpendiculares a su eje).

El complemento actual de instrumentos lo constituyen tres cámaras y dos espectrógrafos. Los sensores finos de guía descritos anteriormente y que sirven para poder apuntar con mucha precisión también son usados para investigaciones científicas.

§. Cómo y quiénes deciden hacia dónde orientar el gran ojo

Astrónomos de todo el mundo responden a la convocatoria anual y envían propuestas de observación con los instrumentos del Hubble. Cada año se reciben alrededor de mil solicitudes, que son evaluadas por paneles de expertos internacionales, y las que se consideran mejores se recomiendan al director del Instituto del Telescopio Espacial para su incorporación al plan científico de operaciones del telescopio. La competencia por obtener el tiempo del Hubble es tan grande que sólo se elige una pequeña fracción de las que llegan (al año se reciben entre cinco y siete veces más propuestas que las que se aceptan).

Las propuestas constan de dos partes: una justificación científica y una sucinta descripción de las observaciones solicitadas. En la primera se debe describir con mucho

detalle qué pregunta se intenta responder con las observaciones, qué avance en el conocimiento producirán y por qué es importante saber eso. También se justifica por qué el grupo que presenta la propuesta es el que puede aprovechar más estas observaciones, cómo las analizarán y qué esperan de estos resultados.

Como veremos después, los paneles que asesoran al director tienen en cuenta principalmente este ítem para recomendar (o rechazar) las propuestas. Para el aspecto más técnico de la solicitud se usa un programa que simula el comportamiento de los instrumentos y que sirve, por un lado, para justificar el tiempo de observación solicitado y, por otro, para evaluar si las observaciones son factibles, es decir, si los detectores lograrán ver algo y, en particular, si hay estrellas guía para apuntar el telescopio hacia esa zona.

§. La selección del programa científico del Hubble

Los paneles evaluadores se reúnen alrededor de cinco días. Durante este proceso se presta especial atención a dos elementos: la confidencialidad de las propuestas y los conflictos de interés que puedan tener los panelistas, cuestiones muy importantes atinentes a la integridad y seriedad del proceso de evaluación, que tiene que ser transparente y garantizar la igualdad de oportunidad a todos los solicitantes.

Sólo el personal que organiza los paneles está al tanto de todos los detalles de las solicitudes. Los panelistas únicamente conocen las propuestas que evalúan en su panel, y si alguno tiene un conflicto (por ejemplo, si forma parte de la institución solicitante y puede beneficiarse con las observaciones, si pertenece al equipo que estudia el tema solicitado, si presentó una propuesta similar o si siente que no puede evaluar la propuesta en forma objetiva por cualquier otra razón personal o profesional) debe retirarse de la reunión mientras se discute la propuesta. Por razones éticas, se cuenta con un listado de estos conflictos y cómo se los resolvió cada vez que aparecieron.

El director del instituto evalúa las recomendaciones que recibe del comité y es quien, en última instancia, decide qué observaciones realizará el telescopio. También se ocupa de enviar los mensajes de aceptación o rechazo de las propuestas.

Existe otro tipo de propuestas, llamadas tiempo a discreción del director, que pueden ser enviadas para su evaluación en cualquier momento y se analizan de inmediato. Dado que los fenómenos celestes –como las supernovas, los cometas, los asteroides, las estrellas variables o algún fenómeno nuevo– pueden aparecer de forma imprevista, el director se reserva un 10% del tiempo disponible para cubrir esas eventualidades. Cuando se manda una propuesta de este tipo se debe aclarar con mucho detalle por qué no conviene esperar al próximo ciclo y qué importancia tiene efectuar las observaciones con urgencia.

§. El plan, segundo a segundo

Los investigadores de los proyectos aceptados deben enviar un plan detallado de las observaciones que se llevarán a cabo, que incluya los instrumentos y sus configuraciones, las posiciones hacia donde se apuntará el telescopio y la duración de cada una de ellas. En el caso de los instrumentos, por ejemplo, hay que detallar qué cámara o espectrógrafo se usarán y cuáles son los filtros o las redes de difracción requeridos. Un programa utiliza esta información para determinar qué ocurrirá mientras el satélite orbite la Tierra.

Es preciso optimizar las observaciones y usar el preciado tiempo del Hubble del modo más eficiente posible. Esto supone también considerar las restricciones acerca de cuándo realizarlas. La mayoría no tiene esa limitación, pero aquellas que estudian fenómenos variables o que necesitan una secuencia determinada deben especificar o bien una fecha o cada cuánto hay que realizarlas.

Una vez que el observador reúne toda esta información, un programa añade los tiempos que el satélite necesita para prepararse para hacer las observaciones. Esa preparación consiste en la puesta a punto del instrumento (prenderlo si es que no se estaba usando, por ejemplo) y el tiempo que tarda en rotar la rueda en la que están los filtros (o las redes de difracción) hasta alcanzar la posición elegida, y en ubicar y “fijarse” en las estrellas guía que se usarán.

Todos estos archivos generados para las observaciones individuales se combinan con todos los otros de los restantes programas para crear el plan de observaciones del año en curso. Este especifica cuándo se realizará cada observación y se optimiza para minimizar el tiempo en que el telescopio no hace nada. Cada observación tiene por lo menos una oportunidad para ser ejecutada (cuantas más restricciones tenga una observación, menores posibilidades habrá de realizarla) y eso le da flexibilidad al plan.

El personal del instituto está en comunicación constante con el equipo responsable del proyecto de investigación mientras genera el plan y, una vez que todos coinciden en que las observaciones están optimizadas y que se ejecutarán en el mejor intervalo posible, se realizan unas pocas verificaciones más (en especial, de los parámetros del instrumento a utilizar), se “empaquetan” y se las manda al telescopio.

§. Fríamente calculado

El plan de observaciones, que consiste en una semana escudriñando el espacio exterior, se articula generalmente unas tres semanas antes de que las observaciones sean ejecutadas. Para eso, se seleccionan todas las observaciones que sea posible realizar durante esa semana y se crea un primer plan. A menudo la cantidad de observaciones es mayor que el tiempo disponible y entonces hay que elegir: primero, se realizan aquellas que no se pueden posponer y, luego, se ordenan las restantes, de las más a

las menos restringidas, hasta crear el calendario de observaciones para esa semana.

Como ni los mejores planes son óptimos, muchas veces quedan lapsos sin observaciones –entre el fin de una y el principio de la siguiente–, durante los cuales el telescopio cambia de posición¹⁶ y que suelen ser de menos de una órbita. Para aprovecharlos, se llevan a cabo observaciones cortas, que también se eligen en forma competitiva (pero separadas de las de órbitas completas).

El personal a cargo de la creación de los calendarios de observación utiliza un sofisticado programa desarrollado en el instituto, adoptado por todos los observatorios espaciales y muchos terrestres, en el que se incorporan todos los archivos que mandan los observadores.

Al final de este proceso se crea un archivo, que el satélite puede interpretar para ejecutar las observaciones, el cual es enviado al telescopio a través de una red de la NASA que incluye una parte terrestre (desde el instituto hasta el centro Goddard) y otra usando satélites de comunicación (desde el Goddard hasta la estación terrestre de la NASA en White Sands, Nuevo México, y de allí al satélite). Estas comunicaciones también hay que tenerlas en cuenta cuando se planea la observación, porque la NASA usa el satélite que le “habla” al Hubble para comunicarse con otros satélites. En

¹⁶ El Hubble cambia muy despacio la posición de un objeto a otro, aproximadamente un grado por minuto (lo mismo que la aguja de los minutos en un reloj, que tarda quince minutos en ir de la hora al cuarto de hora).

general, se lo contacta unas tres veces al día para mandarle nuevas instrucciones o bajar las observaciones efectuadas.

En este capítulo aprendimos qué hay que hacer para producir datos científicos: los astrónomos mandan sus ideas, que son evaluadas por sus colegas; los ingenieros verifican que los instrumentos puedan realizarlas y los técnicos organizan el cronograma de observaciones. ¿Y después? En el próximo capítulo veremos lo que constituye el legado principal de esta máquina del tiempo y el espacio, es decir, el modo en que los astrónomos se deleitan con sus resultados, el público se maravilla con sus fotografías y la comunidad se enriquece con sus nuevos conocimientos.

Capítulo 4

Hacia el infinito... ¡y más allá!

Contenido:

§. *Imágenes paganas*

§. *Datos “prêt-à-porter”. ¿La democratización de la astronomía?*

§. *Un álbum alucinante: las fotografías del Hubble*

Yo me preguntaba cómo sería el límite del universo. Alguna forma, algún aspecto, debía tener. Porque el límite del universo, por lejos que esté, existe.

Adolfo Bioy Casares, “El cuarto sin ventanas”

¿Y ahora qué? Sabemos cómo es el Hubble por dentro y cómo funciona. También sabemos cómo se crea el programa de observaciones. ¿Y entonces qué pasa? ¿Hay que apretar un botón y, como en las películas, se prenderán de pronto muchas luces, correrá gente por los pasillos, mientras que otros juntarán papeles, hablarán por teléfono, mandarán mensajes de texto o escribirán en computadoras? Más o menos eso es lo que ocurre, pero no todo al mismo tiempo. Y la gente tampoco corre enloquecida. Cada uno cumple su papel y, entre todos, “alimentan” el satélite. Sí, no hay que olvidarse de que el Hubble es un satélite, que da vueltas

alrededor de la Tierra y que necesita recibir instrucciones precisas (como las que le damos a una computadora a la hora de resolver una ecuación) para realizar las observaciones. Es necesario mandar estas instrucciones al Hubble y, una vez obtenidas las observaciones, “bajarlas” para poder realizar las investigaciones.

§. Imágenes paganas

El camino que hacen las observaciones es exactamente inverso al que hicieron los comandos que dirigieron al Hubble para obtenerlas. Se conservan por un tiempo en la estación terrena de White Sands (en Nuevo México, Estados Unidos) hasta estar seguros de que todas llegaron al instituto y están juntitas y bien guardadas. Luego se “traducen” del formato con el que el satélite las recoge al más convencional que se usa en astronomía.¹⁷ Lo que sigue es aplicarles un proceso de reducción automático a todos los datos que los deja listos para su análisis.

Durante estos pasos, se corrigen los detalles que producen los instrumentos y que no están en el cielo (niveles más altos de cuentas, zonas un poco más oscuras, entre otras cosas) y se les agrega información detallada de la observación (de qué objeto se trata, quién lo observó, las coordenadas celestes a las que apuntó el telescopio, cuándo se hizo la observación, que instrumento y qué configuración se usaron). Estos archivos procesados están listos

¹⁷ Para los interesados, me refiero a FITS (Flexible Image Transport System).

unas horas después de ser recibidos, para ser transmitidos de modo electrónico a los observadores.

Este procesamiento automático es otra de las innovaciones revolucionarias del Hubble. También se puede acceder a los sistemas, parámetros y archivos utilizados para hacer este procedimiento “a mano”.

Durante los primeros años de la puesta en órbita, era muy común que los datos fueran reducidos otra vez porque, con frecuencia, se creaban nuevos algoritmos y archivos de referencia. ¿A qué se debía esto? En primer lugar, a que el telescopio “evolucionaba”. Como ya vimos, su estructura perdía gases y, por ello, se achicaba y cambiaba el foco. Para observaciones astronómicas, ¡unos pocos micrones en el foco hacen mucha diferencia!

Como eran las épocas lejanas de fines del siglo pasado, en las que no había acceso a internet de banda ancha, la distribución de los datos se hacía por medio de cintas magnéticas y copias en papel de cada una de las imágenes o espectros. Un trabajo muy intenso que, por suerte, ya no es necesario, porque en estos días todo se hace en la red.

Pero este no fue el único cambio en las operaciones. La NASA hizo varios estudios para saber qué pasaba, de una punta a la otra, en el camino que hacían los datos al ir de arriba abajo y desde acá hasta allá, para después ir a otro lado, y de esta forma identificar mejores

y más eficientes maneras de operar el observatorio, cosa que alegró a todo el mundo, desde los ingenieros a los astrónomos pasando por los alumnos, que ahora podían tener imágenes más lindas del espacio.

Otra cosa que ahora no se hace es guardar en el archivo los datos procesados. Sólo se conservan los convertidos que están listos para ser reducidos. Esto se debe a que, en cuanto se extraen las observaciones, se las procesa. Esta reducción “al vuelo” asegura que siempre se obtengan los mejores datos y que no haya que preocuparse por tratar de volver a reducirlos para que sean aún mejores.

Para entender la estructura de los datos recibidos, en qué consiste la reducción, algunos detalles de ingeniería y, sobre todo, cómo analizarlos, los astrónomos se supone que leen los manuales de los instrumentos, el manual sobre los datos y también los artículos técnicos del Hubble que publica el instituto.

§. Datos “prêt-à-porter”. ¿La democratización de la astronomía?

Todas las observaciones recibidas en el instituto y convertidas a los estándares astronómicos, así como también los datos de ingeniería del telescopio (temperaturas, corrientes, voltajes, estado de circuitos o interruptores, por ejemplo), se guardan en el Archivo de Datos del Hubble, que puede consultarse en cualquier momento y desde cualquier lugar en el que haya acceso a internet.

En general, el equipo que propuso las observaciones tiene acceso exclusivo por un año y, luego, estas se hacen públicas. Una vez más vemos cómo el Hubble revolucionó la astronomía, ya que antes no existía un depósito de estas características con datos listos para producir resultados científicos.

Los usuarios están en todos los continentes (sin duda también en la Antártida, pero la distribución geográfica se contabiliza por medio de los nombres de los nodos de internet de las computadoras, y las que están allí aparecerán con los números de los nodos de sus países de origen).



Imagen 8. Lugares desde donde se accedió al archivo del Hubble para extraer datos entre el 1º de abril de 2010 y el 31 de marzo de

2011.

Lo más interesante es analizar qué ocurre con los datos del Hubble. Una manera de hacerlo es relevando qué clase de información se usa en las publicaciones científicas. Del gráfico de las publicaciones del Hubble se desprende que el archivo puede considerarse una misión en sí misma. Hoy en día (y desde hace algunos años), se publican más artículos con datos del archivo que con las nuevas observaciones; al parecer, se ha llegado a un pico de producción con esta información. Eso es algo que no debería sorprender, porque existe un tiempo finito de observación y, en consecuencia, un número limitado de observaciones que pueden producir resultados durante el primer año en que fueron obtenidas. Por otro lado, el archivo crece en forma constante.

Lo que sí llama la atención es la magnitud de la diferencia: hay de siete a diez veces más extracciones de datos del archivo que “nuevas”. Esto (¡y, una vez más, gracias al Hubble!) ha revolucionado el paradigma de la investigación astronómica. Matt Mountain, director del instituto hasta marzo de 2015, señala que el Hubble ha permitido una democratización de esta disciplina. Ya no es necesario estar afiliado a un grupo selecto de instituciones para contar con los mejores datos, sino que cualquiera puede hacerlo con una infraestructura mínima y buenas ideas.

Al igual que varios aspectos del proyecto, este cambio fue emulado por otras organizaciones dedicadas a la investigación astronómica.

Como parte del acuerdo entre la NASA y la Agencia Espacial Europea, hay una copia exacta del archivo del Hubble (que se actualiza todo el tiempo) en un centro de operaciones e investigación cercano a la ciudad de Madrid. Esto no se hizo sólo para proveer más puntos de acceso, sino también por seguridad: si pasa algo catastrófico con los datos del instituto, esta copia permitirá recuperarlos.

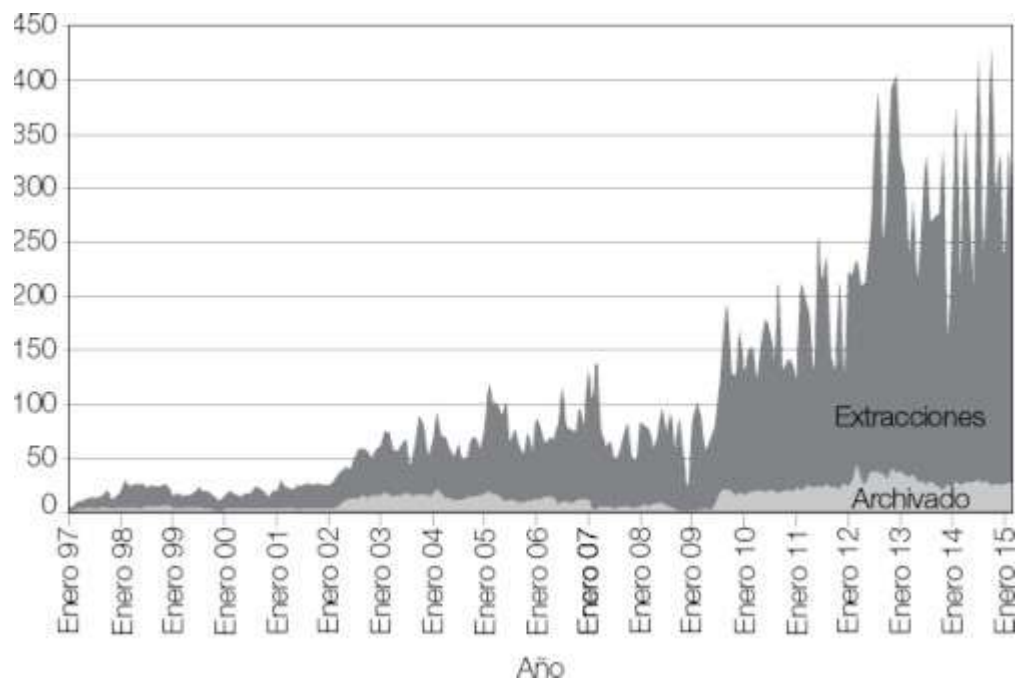


Imagen 9. Uso del archivo del Hubble. Noten cómo las extracciones son entre siete y diez veces mayores que la inclusión de datos nuevos.

§. Un álbum alucinante: las fotografías del Hubble

Las cámaras del Hubble tienen detectores similares a los de las cámaras digitales. Al igual que esas cámaras, las fotografías

originales son en blanco y negro, y se toman con filtros que, al combinarse, “crean” las imágenes en color que vemos.

Por ser tan energéticos y moverse tan rápido, los rayos impactan en una sola de las “fotos”. Entonces, combinando las imágenes con un algoritmo que selecciona sólo aquello que se “ve” en ambas y rechaza lo que sólo aparece en una, es posible eliminar la gran mayoría de los rayos y crear una imagen “limpia”, aunque todavía monocromática.

Por estar en el espacio, las imágenes que toma el Hubble, que son el resultado de la reducción automática ya descrita, están llenas de rayos cósmicos, cuya densidad fuera de la atmósfera es muy grande, y presentan miles de puntos y trazas como consecuencia del impacto de esos rayos. Para poder eliminarlos, en lugar de tomar una sola “foto” se hacen por lo menos dos, cada una de la mitad de la exposición total.

En el caso de las cámaras digitales y los televisores modernos, el color se crea combinando imágenes monocromáticas con tres filtros: rojo, verde y azul

En las cámaras de fotos, las imágenes también son procesadas de una manera similar a las del Hubble para eliminar los defectos de los detectores y de la óptica de la cámara. Como todos los telescopios, el Hubble tiene una gran cantidad de filtros, a fin de

detectar radiaciones en una longitud de onda específica que indican la presencia de un elemento químico (el nitrógeno, el oxígeno y el hidrógeno son los más comunes) en el objeto de interés. Para que la imagen tenga colores reales, lo que se hace es colorear las fotografías originales usando programas de computadora que emplean un tinte correspondiente a la longitud de onda del filtro, de manera tal que, al combinarlas, la imagen resultante es equivalente a lo que veríamos con nuestros ojos.

A veces el análisis de las imágenes no requiere la creación de una foto en color, sino simplemente asegurarse de que la imagen monocromática sea la mejor que puede obtenerse, esto es, que no tenga rayos cósmicos ni ningún defecto creado por el telescopio o sus componentes electrónicos. Es frecuente usar una gama de colores distinta dentro de los diversos niveles de negro, blanco y gris. De esta forma, con una coloración falsa (en el sentido de que no es el color real del objeto que se está estudiando, sino simplemente una coloración conveniente), es posible distinguir muy pequeñas variaciones o detalles en la imagen. Vale aclarar que, si bien los colores se añaden a los originales monocromáticos, lo que se ve y el resultado en color es verdadero, es decir que las imágenes no se alteran.

Hasta aquí hablamos de generalidades, de cómo se estudian los resultados una vez que los astrónomos los reciben y del trabajo que se hace para que todo esto funcione. El Hubble produce datos las veinticuatro horas del día los siete días de la semana. ¿Para qué se

usan? Porque acumularlos para que junten polvo en un cajón no sirve. ¡Hay que hacer algo con ellos!

Como veremos en los dos capítulos que siguen, el Hubble confirmó lo que se sospechaba que había ahí afuera y revolucionó nuestro conocimiento del universo.

Capítulo 5

Descubrimientos “esperados” y no tantos: enigmas de la astronomía del siglo XX

Contenido:

- §. *¿Joven o viejo? La edad del universo*
- §. *Los misteriosos y temibles agujeros negros*
- §. *Las poblaciones estelares*
- §. *Lentes gravitacionales*

*Hoy soy una estrella. ¿Qué seré
mañana? ¿Un agujero negro?
Woody Allen*

Si uno tiene una pregunta, es mejor que le encuentre una respuesta. De lo contrario, se corre el riesgo de pasar varias noches sin dormir. A veces la respuesta se encuentra pensando un poco en el problema, pero para la mayoría de nosotros es necesario usar herramientas. Un lápiz, un papel y una calculadora, por ejemplo. Y si es un poco más complicado, tal vez una computadora y un programa para dibujar.

Si se trata de algo realmente complicado –construir observatorios astronómicos o aceleradores de partículas, por ejemplo–, hay que diseñar y elaborar instrumentos especiales, y presentar propuestas a las entidades que financian la investigación científica. El caso del

Hubble no fue diferente: la NASA lo construyó para responder a ciertas incógnitas del universo.

Claro, se sabe que cuando uno quiere empezar a usar un artefacto nuevo primero consulta el manual de instrucciones o sigue las indicaciones de un amigo que ya lo conozca. Pero suele ocurrir que a veces se descubren usos que no se le habían ocurrido a nadie antes, o nuevos detalles a los que no se les había prestado atención. Todo esto, como veremos a continuación, pasó con el Hubble.

La decisión de construirlo se tomó, fundamentalmente, para responder una pregunta: “¿Cuál es la edad del universo?”.

Había otras, por supuesto, como si era cierto que todas las galaxias albergan un agujero negro en el centro o cuál es la historia de la evolución de las estrellas pero lo que se quería develar, sobre todo, era el valor de la constante de Hubble (que es otra manera de decir “la edad del universo”), desarrollada por el astrónomo Edwin Hubble (1889-1953). Como esta era la medición más importante para la cual había sido pensado, la elección de su nombre fue un homenaje a ese científico.

Pero ¿cuál es esa constante con nombre propio?

§. ¿Joven o viejo? La edad del universo

Desde los años treinta hasta mediados de la década de 1990, la manera de estimar las distancias a las que se encontraban las

galaxias era usando el método ideado por Edwin P. Hubble.¹⁸ Usando el telescopio más avanzado en ese entonces, Hubble (el astrónomo) descubrió estrellas variables en la que ahora sabemos es la galaxia de Andrómeda. Hasta ese momento no se sabía a ciencia cierta si estas “nebulosas” formaban parte de nuestra galaxia o no, y fue justamente Hubble (el astrónomo) quien determinó que se trataba de “islas” en el espacio. Ahora las llamamos galaxias y conocemos millones y millones en el universo, pero lo que descubrió Hubble (el astrónomo) en Andrómeda fue una estrella variable muy particular del tipo de las Cefeidas.

Esto vino muy bien porque las Cefeidas son una clase de estrellas cuya característica más saliente es que, cuanto más largo es el tiempo que pasa entre el mínimo y el máximo de luminosidad, más brillante es. Esto significa que, si se observan dos estrellas con igual período, ambas tienen la misma luminosidad sin importar dónde se encuentren. Lo importante es que la luminosidad es una característica que se usa para determinar la distancia a la que se encuentran las estrellas. Como ese tiempo entre máximos de luz es observable, a partir de ese dato se puede calcular su magnitud y su distancia. Si tiene una determinada magnitud, pero se la ve más débil, entonces está más lejos. De este modo se estimaban las distancias hasta no hace mucho.¹⁹

¹⁸ Entre sus contribuciones, se cuentan la existencia de galaxias externas a la nuestra y la expansión del universo. ¡Casi nada!

¹⁹ Para saber un poco más sobre este tema, lean *Viaje a las estrellas*, de Guillermo Abramson,

Una vez que descubrió esto, Hubble (el astrónomo) se dedicó a medir las distancias a cuanta galaxia estuviera a su alcance y develó otra incógnita: la velocidad a la que las galaxias se alejan de nosotros es proporcional a la distancia a la que se encuentran. Dicho de otro modo, las más lejanas se alejan más rápido. A esta proporción se llama ahora “Ley de Hubble” y a la constante de proporcionalidad entre la distancia y la velocidad, “Constante de Hubble”.

Detengámonos ahora en las dimensiones que acabamos de mencionar: una es la distancia y la otra la velocidad, que no es otra cosa que la distancia recorrida en una unidad de tiempo. Así entra el tiempo en todo esto, porque el valor de la constante de Hubble es inverso a la edad del universo. Así de simple.

Desde que Hubble empezó a medir las distancias a otras galaxias se compilaron largas listas de medidas que, por desgracia, no coincidían entre sí, ya que los astrónomos que las creaban utilizaban distintos métodos para tener en cuenta los errores de medición. Estos errores no eran sólo estadísticos, sino también los que podían generarse por el recorrido de la luz desde las galaxias hasta la Tierra y por las partes del universo que atravesaba. (¿Había

en esta misma colección.

nubes intergalácticas? ¿Nubes galácticas? ¿Ejemplares del Astrophysical Journal sin leer? ¿Las llaves de coches que sus dueños no encuentran? ¿Bolígrafos? ¿Las medias que se separan al lavar?)

Los valores de la constante de Hubble variaban entre alrededor de 50 y hasta 100. Eso implicaba un universo más viejo o más joven. Este problema se solucionó después de un largo estudio de estrellas Cefeidas llevado a cabo con el Hubble (el telescopio), que permitió determinar que el universo tenía $13,75 \pm 0,11$ miles de millones de años.²⁰ ¿Era esto lo que los discípulos de Hubble (el astrónomo) esperaban? Veamos.

Si las unidades de la Constante de Hubble son [espacio]/tiempo/[espacio], cuanto mayor es este número más pequeño es su inverso (que es la edad del universo). Resultó entonces un poco más joven de lo que estimaban los discípulos de Hubble (el astrónomo), que usaban una constante de 65.

Para Jeremy Mould, astrónomo de la Universidad Nacional de Australia, fue “muy excitante poder ver que los diferentes métodos para medir distancias convergieron al ser calibrados por el telescopio Hubble”.

²⁰ Para los técnicos: la Constante de Hubble resultó $69,32 \pm 0,80$ km/seg/Mpc (resultados del WMAP: Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, Sonda Microondas Anisotrópicas Wilkinson) después de tomar datos por nueve años. Y para aquellos que siguen esta historia, el cumpleaños del universo puede festejarse más precisamente, y su edad, conocerse aún mejor: $13\,772 \pm 0,059$ miles de millones de años. Sí, tan bien que la primera cifra de error es el segundo decimal. ¿Nada mal, eh?

§. Los misteriosos y temibles agujeros negros

A esta altura del partido, todos tenemos una idea de lo que son los agujeros negros supermasivos: esas “cosas” que se tragan lo que encuentran, incluso la luz. Sin entrar en muchos detalles teóricos, y usando las ecuaciones de la relatividad general de Einstein, los agujeros negros pueden definirse como un lugar con tanta masa que deforma el espacio de manera catastrófica haciendo que todo “caiga” y quede atrapado en su vertiginosa gravedad.

Nunca se los había visto (en realidad, no se habían dimensionado las consecuencias de tener uno cerca), pero se sospechaba que estos bichos existían ahí afuera. Desde los años sesenta, cuando se descubrieron los cuásares –esos objetos lejanos y brillantes que emiten grandes cantidades de energía–, se sospechó que la fuente de esa energía eran los agujeros negros. Cuando los físicos teóricos dedujeron que era posible que estos objetos estuvieran “ahí”, se consideró que eran los responsables de los jets que emanaban de algunas galaxias y de los espectros con fuertes líneas de emisión que indican que hay nubes de gas muy caliente en sus núcleos.

Pero cuando Hubble (el telescopio) empezó a observar cuásares y, en especial, galaxias activas (es decir, las que tienen jets), la sospecha se confirmó. ¿Por qué se creía que había un agujero negro en esos centros? Porque tenían una concentración de masa enorme y se movían a velocidades muy grandes, dos cualidades que son la “firma” de estos objetos.

Esta confirmación no fue difícil. Una de las primeras observaciones que se hicieron con uno de los espectrógrafos del Hubble fue de una de estas galaxias activas –la M87– que tenía un jet. Estas observaciones mostraron cómo la materia que estaba de un lado se movía hacia nosotros y la del otro se alejaba con velocidades muy grandes, lo que indicaba la presencia de un disco que rotaba con rapidez alrededor del centro de la galaxia, que es donde se encuentra el agujero negro. Ahí estaba la “firma” del agujero negro en el centro de la galaxia.

Cuando se obtuvieron imágenes de alta resolución de los núcleos de más galaxias activas, se pudo comprobar por primera vez que estaban esos discos de gas y polvo que rodean al agujero negro, los llamados discos de acreción que la teoría había predicho.

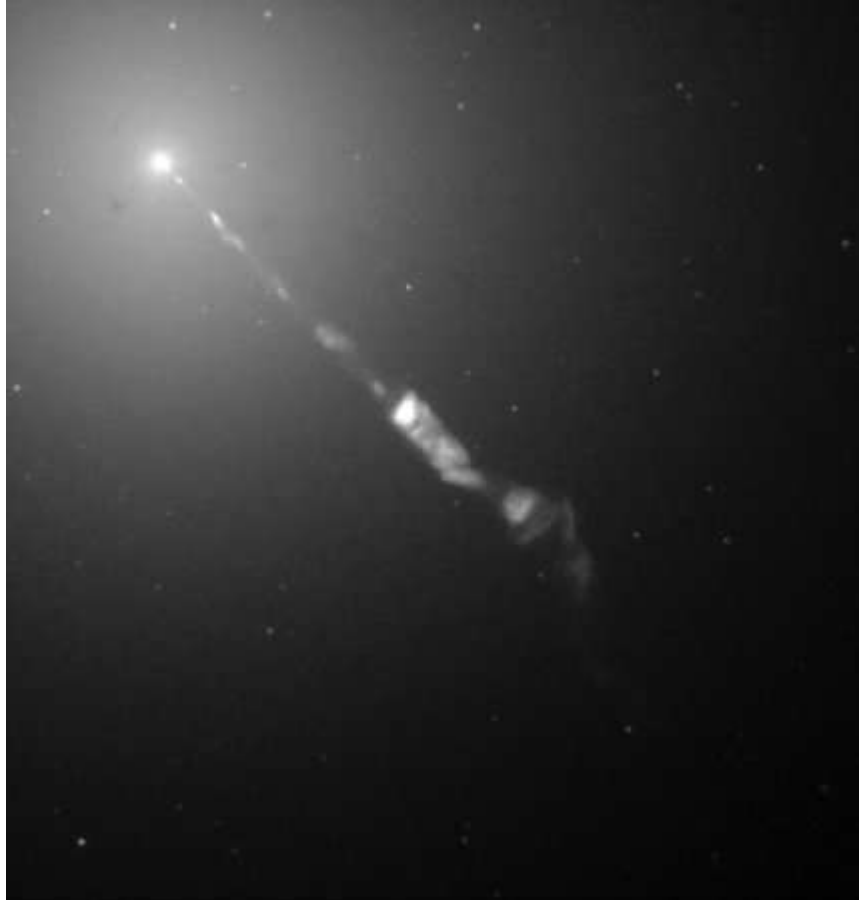


Imagen 10. Un jet en la Galaxia M87, que alberga un agujero negro en su núcleo.

Se trata de lugares en los que se acumula la materia que es atraída (y, finalmente, atrapada) por el agujero negro y que rota a su alrededor. Las excelentes observaciones del Hubble de los jets se ajustan a la perfección a los modelos teóricos de una espiral de electrones que se extiende y cuyo cono se va ensanchando, y luego se tuerce una y otra vez hasta acabar difundiéndose en el medio intergaláctico. Si eso es lo que sucede en estas galaxias especiales, ¿qué pasa con las más comunes, como la Vía Láctea?

El Hubble mostró que los agujeros negros masivos son comunes y están presentes en los centros de todas las galaxias observadas. Incluso hay uno cerca (en términos astronómicos): en el centro de la Vía Láctea, nuestra galaxia (o sea, a unos 25 000 años luz de la Tierra).

Como empezaron a verse con frecuencia, se pudo hacer una estadística y una correlación: resulta que el tamaño de los agujeros negros en los centros de las galaxias está relacionado con la cantidad de materia que se encuentra cerca del núcleo y con la masa total de la galaxia. Esto indica que el agujero negro es una parte integral de la galaxia y sin duda creció con ella. Según Roeland van der Marel, un científico que investiga estos objetos, eso quiere decir que los agujeros negros son mucho más comunes de lo que se pensaba antes de que se obtuvieran todas estas observaciones con el Hubble. Así que conviene estar prevenidos. Para Duccio Macchetto, astrónomo y directivo de la ESA que estudia este tipo de galaxias, este descubrimiento es una de las contribuciones más importantes del telescopio Hubble.

§. Las poblaciones estelares

Mirando el cielo nocturno nos maravillamos no sólo por la cantidad de estrellas que hay, sino porque no son todas iguales: unas son más rojas, otras más azules y algunas amarillas. ¿Es así desde los

inicios del universo? ¿Siempre estuvieron ahí? La respuesta a ambas preguntas es no.²¹

La increíble visión del telescopio Hubble permite captar con mucho detalle los lugares en los que nacen las estrellas (nos referimos, por supuesto, a los objetos astronómicos y no a las clínicas de maternidad de moda, a las que acuden las actrices de cine para sus partos) y confirmar las teorías acerca de la formación estelar y la de los sistemas planetarios. En particular, las imágenes obtenidas de la nebulosa de Orión muestran muchos de estos sistemas en formación.

Lo que se ve en medio de ella son fuentes de luz, estrellas en formación rodeadas por una corona de polvo. El tiempo y las condiciones de la zona decidirán si se va a crear otro sistema solar o si la estrella estará sola, aunque lo más probable es que tenga planetas rotando a su alrededor.

Si bien estas son estrellas que están naciendo, no son las primeras (ni las segundas, ni las terceras), ya que el proceso es continuo desde el principio de los tiempos. Las que se están formando ahora son el resultado de la compresión de los gases debido a las radiaciones de las estrellas que ya forman parte de la nube (las que constituyen el Cinturón de Orión, por ejemplo). Llega un momento en que la presión que genera la gravedad es tan grande que lo único

²¹ No me refiero al movimiento de las estrellas que, combinado con el de la Tierra, el sistema solar y la galaxia, hace que no estén todo el tiempo en la misma posición del cielo (por ejemplo, la estrella polar, que en la actualidad señala el Norte, no siempre estuvo ahí ni se quedará “quieta”), sino a la evolución de las estrellas, cómo se forman y cómo desaparecen.

que puede hacer ese globo es decir basta de la manera que sabe hacerlo: con reacciones nucleares. Es a partir de este momento que comenzamos a llamarlas estrellas, porque ya son luminosas.

Las imágenes más famosas del Hubble hasta ahora son las de los denominados “Pilares de la Creación”, unas columnas de gas con los bordes brillantes debido a la radiación de estrellas que están detrás en las que se ven puntitas con un cuello fino, que en un tiempo (astronómico, ¡eh!, esperen sentados a verlo) se separarán y convertirán en nuevas estrellas.

El ojo del Hubble también se dedicó a observar qué les sucede a las estrellas cuando se les acaba el gas, que es su fuente de energía. Una colección de imágenes confirmó que las de masa mediana, llamadas nebulosas planetarias (se las denomina así porque antes se creía que eran los lugares donde se creaban los sistemas planetarios, cuando en realidad se trata de los últimos tiempos de estas estrellas), no sólo producen imágenes de una belleza única, sino que además sus espectros cuentan la historia de su vida.



Imagen 11. Una sección de la Nebulosa del Águila, los llamados “Pilares de la Creación”, donde vemos varias regiones en las que se están generando estrellas.

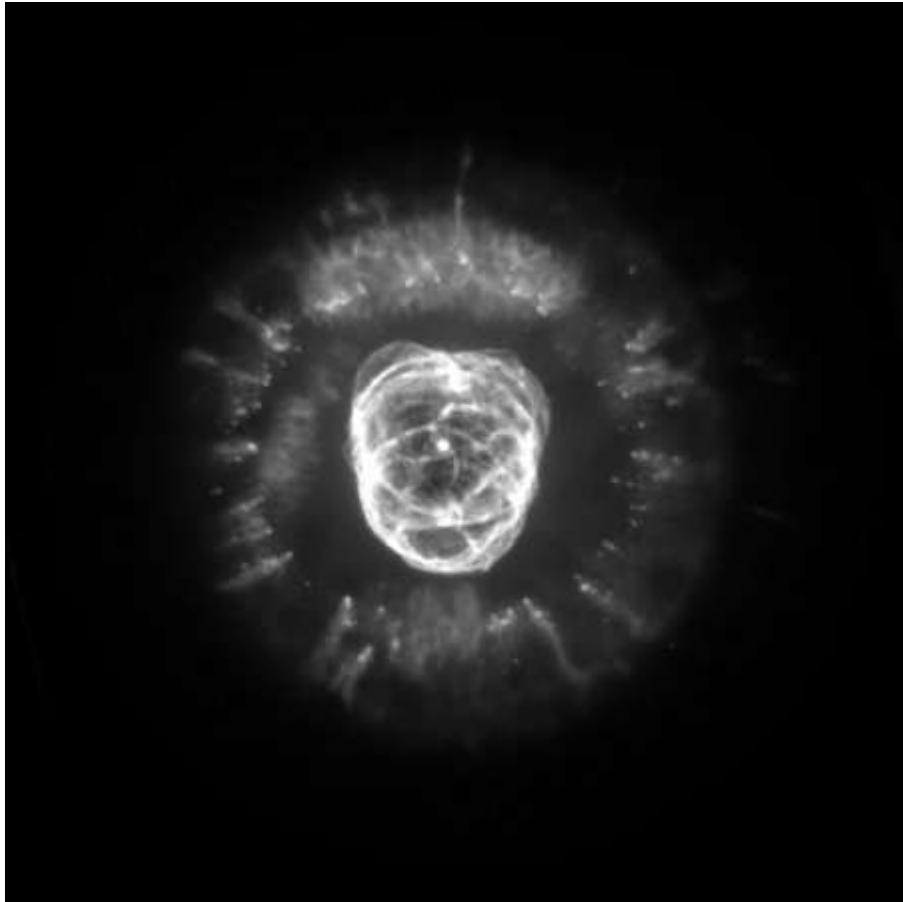


Imagen 12. Un hermoso ejemplo de una nebulosa planetaria (NGC 2392).

Para complicar las cosas un poco más, no todas las estrellas que forman los llamados cúmulos globulares (objetos esféricos compuestos por muchísimas estrellas, que están muy cerca unas de otras) tienen la misma edad. Los viejos libros de astronomía (esos escritos en el siglo XX), al describir los cúmulos, explicaban que todas las estrellas que los forman se crearon simultáneamente. Esta creencia se fundaba en el hecho de que no se podían ver en detalle las estrellas componentes del cúmulo. Pero cuando el Hubble

permitió sacar fotografías de las estrellas individuales del cúmulo y estudiarlas por separado, se comprobó que sus edades eran distintas. Otra contribución más del Hubble a la revisión de los libros de astronomía provocó el siguiente comentario en las redes sociales: “¿No podía haber publicado esto antes? ¡Acabo de poner en hora casi 10 000 estrellas y voy a tener que hacer todo de nuevo!”.

§. Lentes gravitacionales

Otra de las predicciones teóricas de la teoría de la relatividad general sostiene que, cuando un cuerpo es suficientemente masivo, la distorsión del espacio que provoca la gravedad alrededor de los objetos produce una desviación de la luz como si fuese una lente. Las galaxias, o los conjuntos de galaxias, son tan grandes y contienen tanta masa que actúan como si fueran una inmensa lente óptica (como la de los anteojos), que desvía la trayectoria de la luz y hace que parezca que los objetos que se encuentran más atrás están en otro lado. Esto se conoce como lente gravitacional. Es más, si el objeto lejano se halla en una posición privilegiada y la masa entre él y nosotros es lo bastante grande, se produce una distorsión tan fenomenal de la imagen que esta parece curva.

Según la relatividad general, si las condiciones entre distancias, posiciones y masas son las adecuadas, el objeto lejano debería verse como un anillo (llamado, ¡sí!, ¡adivinaron!, “Anillo de Einstein”).²²

²² ¿Habrá sido este el anillo que le dio Alberto a Mileva cuando le propuso casamiento? Esa es

Una de las primeras imágenes obtenidas con la Faint Object Camera (cámara de objetos tenues), que estaba a bordo del Hubble, fue, ni más ni menos, uno de estos objetos: la denominada “Cruz de Einstein”.

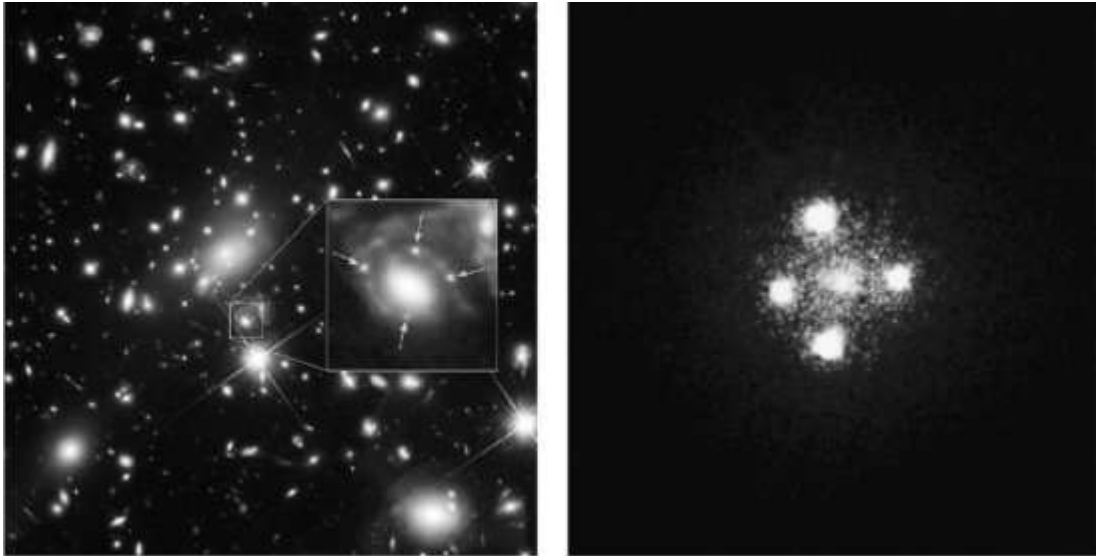


Imagen 13. Ejemplos de lentes gravitacionales. A la izquierda, la imagen de un cuásar obtenida por la FOC descrita en el texto, y a la derecha, una imagen de una supernova que se ve cuatro veces y ha sido amplificada gravitacionalmente por la galaxia.

En la foto hay cinco imágenes del mismo objeto: la del centro es la “real” y las otras son efectos de las lentes gravitacionales. Una imagen como la de la figura sirve no sólo para comprobar la teoría,

otra historia y la dejaremos para otro libro.

sino también para poder calcular distancias, masas y la estructura de lo que hay entre este lejanísimo cuásar y nosotros.

Pero la cosa no termina ahí. Cuando el Hubble obtuvo imágenes muy profundas que mostraban objetos aún más lejanos en un universo muy joven, pudieron verse algunas curvas de colores que, cuando se presta atención, se descubre que tienen el aspecto de una galaxia: un núcleo brillante más o menos azul rodeado de una zona un poco más amarillo-rojiza. Es decir, resultó ser la imagen de una galaxia aún más lejana, cuya luz pasó a través de una zona de muchísima masa.

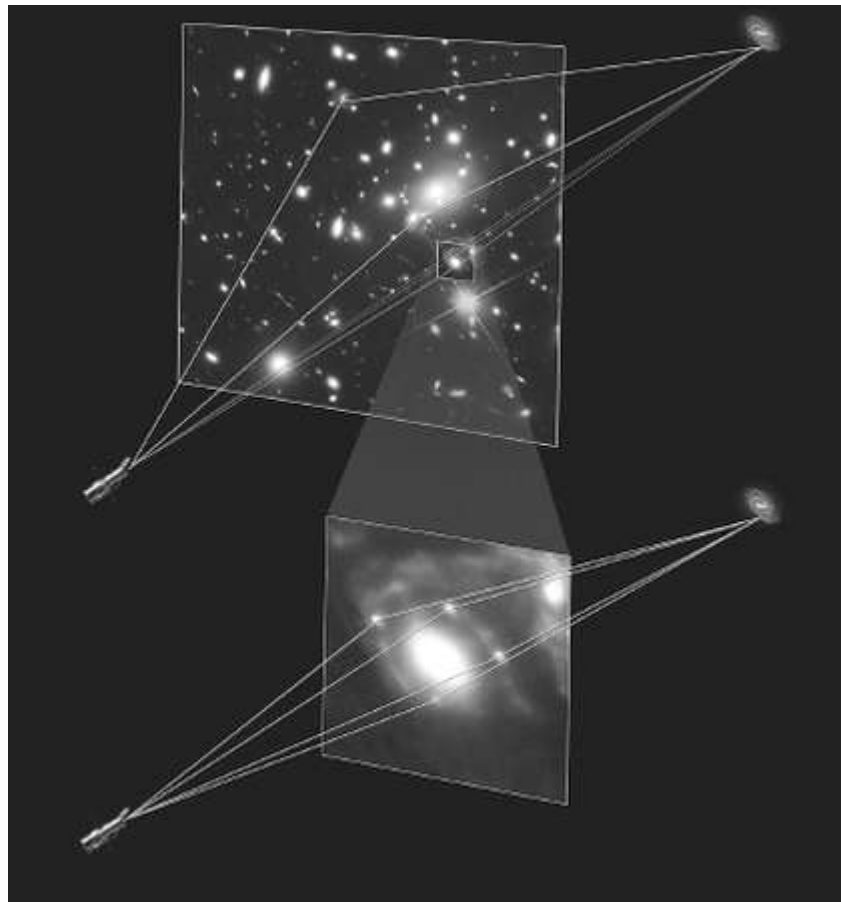


Imagen 14. El camino que siguió la luz para generar las múltiples imágenes de la supernova de la imagen anterior.

Todas estas observaciones, que sirvieron tanto para confirmar teorías acerca del funcionamiento del universo como para determinar en forma precisa, hace cuánto tiempo existe bastarían para afirmar que el Hubble merece un lugar destacado en la historia de la ciencia. Todos contentos y felices porque las esferas estelares giran como pensábamos. ¡Ja! Las observaciones son tan buenas que hay cosas que no se podían explicar con lo que se sabía hasta entonces. Las cuentas no daban y las predicciones fallaban porque no se observaba lo que se creía que debería estar ahí.



Imagen 15. Otro ejemplo de una lente gravitacional: un par de galaxias que pareciera que nos están sonriendo. El arco de la sonrisa es el resultado de la distorsión de la luz de una galaxia muy lejana por un cúmulo de galaxias que se encuentra entre nosotros y ella.

El valor de cualquier herramienta científica no reside sólo en lo que puede hacer para solucionar el problema que tenemos, sino en su capacidad de cuestionar y hacernos repensar las explicaciones y las teorías. Son estos nuevos descubrimientos los que revolucionaron el conocimiento del cosmos y elevaron al Hubble a la posición de ícono

de la ciencia moderna. De estos descubrimientos, y de lo poco que aún sabemos sobre algunos de ellos, trata lo que sigue.

Capítulo 6

Que las hay, las hay... Los descubrimientos inesperados

Contenido:

- §. *La materia oscura (¡prendan la luz!)*
- §. *La energía oscura (¡uy!, ¡qué miedo!)*
- §. *Un universo en expansión... ¡y plano!*
- §. *El origen de las explosiones de rayos gamma*
- §. *Fotos carnet de sistemas planetarios extrasolares*
- §. *Colisión de un cometa con Júpiter (¡cuidado!)*
- §. *La riqueza del Cinturón Kuiper y la “democión” de Plutón*
- §. *Un legado extraordinario*

*Hay más cosas en el cielo y la
Tierra, Horacio, que las que
sospecha tu filosofía.*

W. Shakespeare, Hamlet

El Hubble se construyó para poder estudiar con mayor detalle objetos o procesos que en cierto sentido eran conocidos ya que se sospechaba que existían, pero tenían detalles que los telescopios no alcanzaban a ver. No pasó mucho tiempo hasta que esas teorías pudieron comprobarse, se entendieran más profundamente estos eventos (muchas veces, con el uso de espectros que detallan la composición del objeto o de la materia que está a su alrededor) y se respondieran preguntas más específicas sobre lo que se estaba

viendo. Sin embargo, como sucede a menudo en las ciencias naturales, una cosa lleva a la otra y esta a una tercera o cuarta y, al final, se llega a un descubrimiento inesperado. Y el Hubble no es la excepción.

Algunos descubrimientos explican mejor determinados fenómenos visibles cuyas causas se desconocían (como el origen de los centelleos de rayos gamma o las causas de la colisión del cometa Shoemaker-Levy 9 con Júpiter, que presentaremos más adelante). Otros (como la existencia de los planetas extrasolares) fueron confirmaciones del tipo “no creo en las brujas, pero que las hay, las hay”: por ejemplo, por qué nuestro sistema solar tenía que ser único, o si no se deberían haber formado otros alrededor de otras estrellas.

Pero hay uno en particular que sólo pudo hacerse gracias al Hubble y que cambió por completo nuestro entendimiento de la física y de la composición del universo: el descubrimiento de la energía oscura, ese misterioso ente que produce una dilatación del espacio-tiempo y que, nuevamente, probó que Einstein no se había equivocado y que sus ecuaciones eran correctas (aunque él pensó que había cometido un error garrafal).

§. La materia oscura (¡prendan la luz!)

A mediados del siglo pasado, cuando ya estaba establecido que existían galaxias externas a la nuestra y que a muchas les gustaba estar cerquita de otras creando grandes concentraciones llamadas

cúmulos de galaxias,²³ se descubrió que había algo más que no se podía percibir. La atracción que la gravedad ejercía sobre la materia visible no alcanzaba para explicar por qué después de la zona en la que “terminaba” la parte observable de la galaxia (o sea, la que emite luz) las curvas de rotación (que representan cómo los componentes de esta giran alrededor de su núcleo), en vez de empezar a disminuir, porque no había materia que pudiera ejercer ninguna atracción gravitatoria en ese lugar, se mantenían constantes. Lo que ocurría era que sí había “algo”, pero resultaba “invisible”, dado que no era luminoso e interactuaba poco (¿nada?) con la materia normal y luminosa, aunque tenía masa. A ese algo, por ser totalmente desconocido, se lo llamó materia oscura, y su composición aún hoy se desconoce.

Otra manera de comprobar su existencia es a través de las lentes gravitacionales.

Las galaxias muy lejanas aparecen distorsionadas en las imágenes del espacio profundo y no se puede determinar el objeto o el conjunto de objetos que actúan como lente. Estamos de nuevo ante otro episodio de “No creo en las brujas, pero que las hay, las hay”, en este caso: “No vemos lo que produce eso que aparece en la imagen, pero hay algo

²³ Un graffitti explicaba que tal vez sea lo mismo que le pasa a los coches cuando hay muchos llenando al centro de la ciudad, como les gusta estar cerquita de otros coches se arman esas galletas increíbles de tránsito que lo paralizan por cuadras y cuadras.

ahí que hace que veamos los objetos del modo en que lo hacemos”. Estas consecuencias gravitacionales se utilizan para estudiar la materia oscura, pero el Hubble permitió hacer mucho más: investigar su estructura y su evolución.

La estructura es como la de una esponja, con lugares de mayor y menor concentración de materia oscura. Lo interesante es que estas concentraciones aumentan a medida que pasa el tiempo, lo que indicaría que, cuando el universo era más joven, la materia oscura estaba más dispersa.

§. La energía oscura (¡uy!, ¡qué miedo!)

Como ya dijimos, una de las primeras “tareas” del Hubble fue continuar el trabajo de Edwin Hubble, ya que se usaron estrellas variables del tipo Cefeidas tal como lo había hecho él unos sesenta años antes para determinar más precisamente la edad del universo. Este método funciona hasta una determinada distancia, aunque mucho más lejana que aquella que se puede alcanzar con telescopios terrestres. Fue por eso que se buscó otra manera de hacer mediciones astronómicas.

Lo que se precisa es otro objeto cuya luminosidad intrínseca sea siempre la misma pero que, dependiendo de la distancia a la que se encuentre, se vea más tenue. Uno de los objetos que puede usarse como patrón de luminosidad porque la luz que produce es siempre

la misma es la espectacular manera en la que mueren las estrellas: las supernovas.

Hay un tipo de estrellas binarias compuestas por una estrella “normal”, que se denomina gigante roja, y una enana blanca. Esta última es una estrella que en sus orígenes era como nuestro Sol, pero que se encuentra en el final de su vida: agotó su reserva de energía y, en consecuencia, la gravedad les está “ganando” a las fuerzas nucleares. Como colapsó al tamaño de la Tierra y tiene la masa del Sol, es muy, muy pesada, tanto, que se trata de uno de los objetos más masivos que se conocen. Al ser tan pesada, atrae la materia de su compañera hasta que alcanza una masa “mágica”: 1,4 veces la del Sol. Entonces, empiezan a producirse reacciones nucleares que la hacen explotar. Como esta explosión es constante, esto es, ocurre siempre que alcanzan esa masa (el llamado límite de Chandrasekhar), todas estas supernovas producen la misma luminosidad. Por lo tanto, que se las vea más débiles significa que están más lejos.

Como las supernovas son explosiones muy grandes y luminosas (a veces, más brillantes que las galaxias de las que forman parte), pueden ser percibidas a grandes distancias. Gracias a ellas se lograron determinar con mayor precisión la edad del universo y la Constante de Hubble. En marzo de 2011 el error era del 3%, mientras que hace veinte años –y por casi unos cincuenta– había

sido del 50%; con las primeras determinaciones del Hubble este margen ya se había reducido al 10%.

Al observar más de cerca su comienzo (el Big Bang), se pudo seguir ahondando en la relatividad y en lo que Einstein había predicho en 1916. Y la cosa se complicó un poco.

Se sabe que todo empezó con el Big Bang, al que siguió una época oscura, otra de inflación, otra en la que se crearon los primeros átomos, y luego se formaron las primeras estrellas, las galaxias y las estructuras. Y el universo empezó a expandirse hasta el presente. Lo que se desconoce es qué pasará después: ¿una secuencia al revés? ¿Seguiremos así para siempre?

Cuando Einstein estaba trabajando en la física relativista, el modelo cosmológico vigente era distinto. Por empezar, no se sabía que había otras galaxias externas a la nuestra. Como vimos, eso lo descubrió Edwin Hubble. Tampoco se sabía que el universo se estaba expandiendo. Otro descubrimiento del Sr. Hubble.

Por eso, cuando Einstein escribió las ecuaciones que describían la física del universo incluyó un término al que llamó constante cosmológica. De esta manera, sus planteos suponían un universo estático e inmutable. Años más tarde, cuando Hubble (el astrónomo) descubrió la expansión del universo, esa constante ya no hacía falta

y Einstein consideró que ese había sido su mayor desacierto. ¿Era cierto que ni más ni menos que Einstein se había equivocado de esa manera? Hoy sabemos que no, y esa es la historia que interesa contar.

§. Un universo en expansión... ¡y plano!

Aunque las observaciones de supernovas cada vez más lejanas redujeron el margen de error en la medición de la edad del universo, crearon muchas otras preguntas que era necesario responder. En particular, al tratar de determinar si la expansión del universo seguiría por siempre o en algún momento se revertiría, o si el universo era plano, las respuestas no fueron las esperadas.

Resulta que no sólo el universo se está expandiendo, sino que esta expansión está acelerándose en un universo plano. La respuesta más probable es que Einstein, en realidad, no había metido la pata, sino que había que incluir la constante cosmológica en las ecuaciones para explicar lo que se veía.

Uno de los descubridores de la energía oscura, Adam Riess (que ganó, con los otros dos astrofísicos que la descubrieron, el Nobel de Física por eso), ha explicado que las observaciones que él hace con el Hubble son como las que realiza la policía en las rutas con radar. La diferencia es que él atrapa al universo corriendo a mucha velocidad porque “es como si la energía oscura apretara el acelerador a fondo”.

Sin entrar en detalles de la física, lo que está ocurriendo es como si el universo fuera una tela de látex que se estirara en los cuatro costados y las galaxias se alejaran entre sí cada vez más. Otra manera de decirlo es que se hace “lugar” y las cosas se separan. Y, como todo en esta vida cuesta algo, el espacio se crea porque, incluso allí donde no hay nada (el “vacío” del espacio), existe una energía que es como si este espacio pagara un impuesto por existir.

Volviendo a Einstein y su ecuación más famosa, $E = mc^2$, podemos entender lo anterior suponiendo la existencia de una energía prevalente por todo el universo. Como no sabemos qué es, ni su composición, ni de dónde viene, se la llamó energía oscura. Este descubrimiento, hecho con observaciones del Hubble en 1998, revolucionó (¡otra vez!) nuestro conocimiento acerca de la composición del universo.

Hay algo más que la materia ordinaria, la que se ve, y la oscura, la que no se ve pero está “ahí” y cuyos efectos se aprecian en el comportamiento de los objetos celestes: la energía oscura que no sólo existe, sino que conforma nada menos que el 74% del universo (sólo el 4% es la materia “normal”, que compone todo lo que vemos). Este descubrimiento llevó a Nino Panagia, astrónomo de la Agencia Espacial Europea y parte del equipo que estudia la energía oscura, a señalar:

Personalmente, la principal lección que he aprendido de este descubrimiento es que, en ciencia, es mejor mantener los ojos bien abiertos todo el tiempo, porque la naturaleza no se siente obligada a cumplir con nuestras ideas erróneas y, con frecuencia, lo que parecía impensable es verdad.

§. El origen de las explosiones de rayos gamma

Como vimos en el capítulo 1, el proyecto de la NASA de los Grandes Observatorios con sus satélites posibilitó realizar observaciones astronómicas y cubrir el espectro desde los rayos gamma hasta el infrarrojo. Así como el Hubble hizo nuevos e inesperados descubrimientos en las bandas óptica y ultravioleta, cada uno de los otros observatorios (que veremos con más detalle en el capítulo 8) también encontró procesos y objetos nuevos, entre otros, las detecciones de fuertes emisiones de rayos gamma.

Estas explosiones o brotes de radiación, los mayores del universo, provienen de muchas zonas del cielo y suelen tener corta duración. La única certeza es que no se producen en nuestra galaxia, sino a distancias cosmológicas.

Como el Hubble no es sensible a la radiación gamma, este telescopio es el último en la cadena de observación y el que identifica el origen de la emisión. Una vez que se detecta una de estas explosiones, los telescopios terrestres observan la zona tratando de identificar el objeto responsable, pero en general no tienen la resolución

suficiente para distinguir exactamente de cuál se trata, o si en efecto hay “algo” en ese lugar.

Una vez que se apunta el Hubble (esto debe hacerse lo más rápido posible, porque la luz proveniente de estos objetos se extingue de modo vertiginoso), se puede localizar al responsable o los restos que dejan las explosiones. La explicación más factible es que se trata de supernovas visibles desde la Tierra, en las que se mira en forma directa el centro de la explosión.

En el caso de las de corta duración, sin embargo, parecen provenir de la fusión de dos estrellas compuestas sólo de neutrones (o sea, que están en la última etapa de vida). Para el “cazador” de explosiones Andrew Fruchter, se deben a una combinación perfecta en la cual la estrella responsable perdió un poco de masa (no mucho, pero sí suficiente).

En cuanto a las explosiones que tardan más en desaparecer, de acuerdo con Fruchter sólo parecen verse en las zonas más brillantes de las galaxias, lo que sugeriría que las producen estrellas muy masivas (que tienen veinte veces más masa que nuestro Sol). Aunque los objetos son descubiertos por otros observatorios, sólo el

Hubble produce imágenes de una calidad tal que hacen posible estudiar la física del fenómeno con gran detalle y entenderlo.

§. Fotos carnet de sistemas planetarios extrasolares

El que presentaremos ahora es otro ejemplo de un descubrimiento en el cual el Hubble contribuyó a tener una comprensión más profunda de lo que se estaba observando y, en un caso (¡hasta ahora!), poder fotografiar el planeta.

El Hubble obtuvo un espectro de uno de esos planetas en cuya atmósfera se había detectado metano, un gas que podría indicar la presencia de vida.²⁴

Uno de los métodos que se usan para descubrir estos planetas: detectar las pequeñísimas disminuciones en la luz de la estrella que los alberga cuando el planeta pasa por delante, es algo en lo que el Hubble es muy eficaz, porque, a diferencia de otros telescopios espaciales, puede hacer estas observaciones en cualquier lugar del cielo.

Después de haber descubierto el posible planeta con un telescopio terrestre, los astrónomos buscaron en el archivo del Hubble y encontraron un par de imágenes, con dos años de diferencia, en las

²⁴ Lamentable te, el planeta está muy cerca de su Sol y, por lo tanto, hace muchísimo calor para que las que emitan ese metano sean posibles vacas que pudieran vivir en él (como es el caso en la Tierra).

que claramente se podía ver que el planeta se había movido siguiendo su órbita.

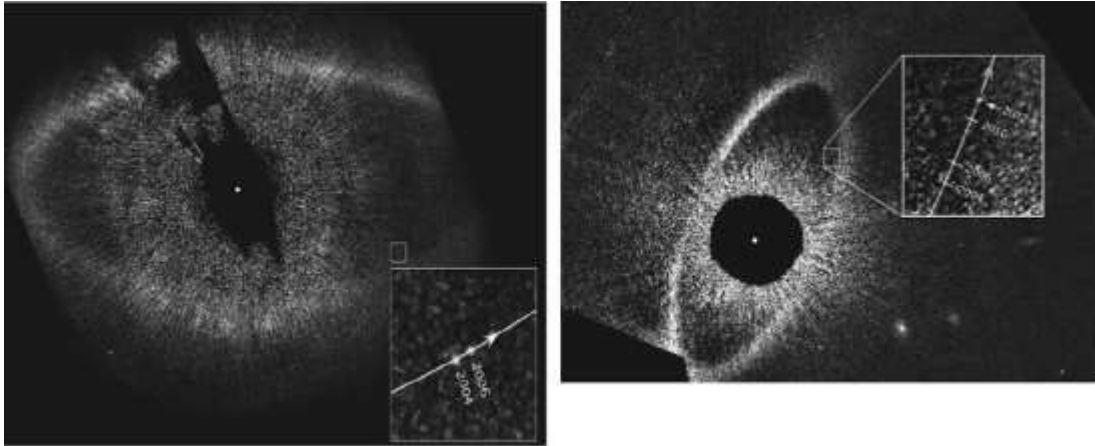


Imagen 16. Observaciones del planeta alrededor de la estrella Fomalhaut. Notar cómo el planeta se movió en su órbita. La imagen de la izquierda muestra la posición del planeta en 2004 y 2006, y la de la derecha, su posición en 2012.

§. Colisión de un cometa con Júpiter (¡cuidado!)

En marzo de 1993 los “cazadores de cometas” Carolyn y Eugene Shoemaker y sus colaboradores David Levy y Philippe Bendjoya descubrieron los restos de un cometa que se había desintegrado en su camino. Por su forma, lo llamaron “El collar de perlas”, algo más romántico que su nombre oficial: Cometa Periódico Shoemaker-Levy 9 (traducción: era el noveno que detectaban y daba vueltas alrededor del Sol).

Al calcular la órbita de estos cascotes de hielo descubrieron que ya no darían la vuelta al Sol como otras veces, sino que chocarían con Júpiter. ¡Una colisión de este tipo no ocurre todos los días!

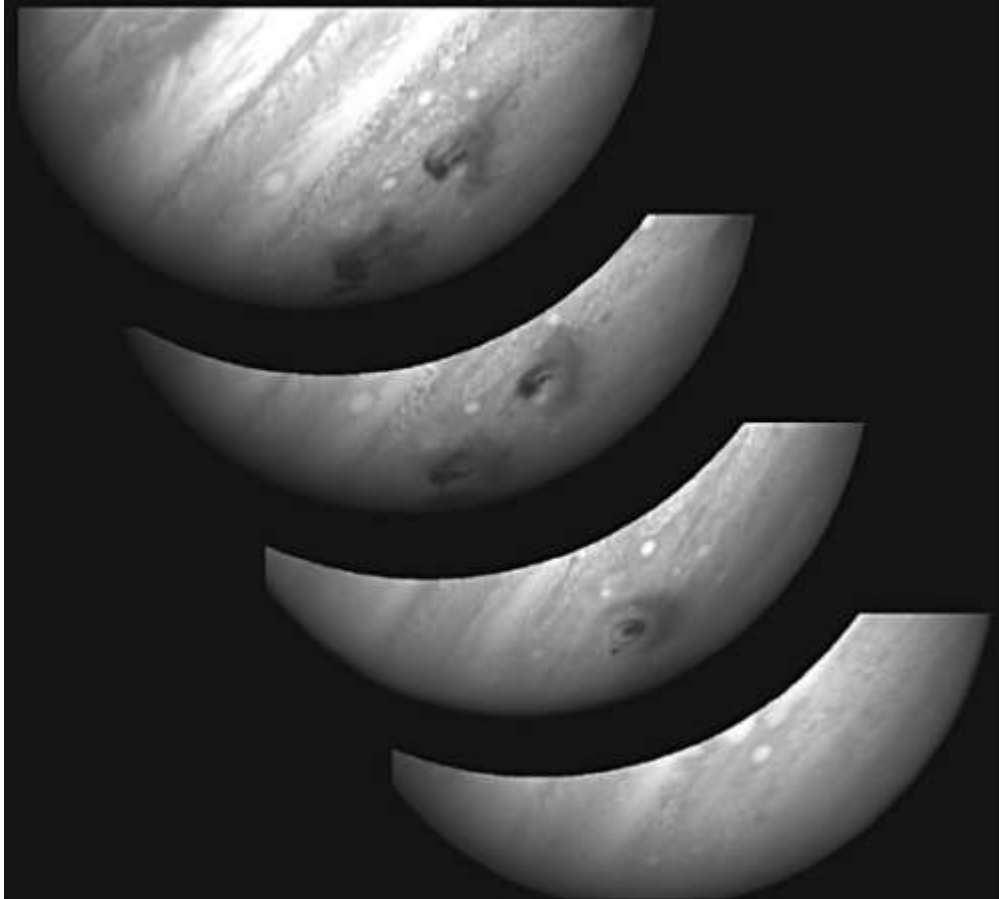


Imagen 17. Las nubes creadas por los impactos de los fragmentos del cometa Shoemaker/Levy 9 en Júpiter.

Un evento así no es fácil de ver “en vivo y en directo”. En general, sólo se detectan sus consecuencias: los cráteres en la Luna, la destrucción de 2150 km² de bosques en Siberia en 1905, el cráter de Chicxulub (México) producido por un meteorito hace sesenta y

cinco millones de años y que provocó la desaparición de los dinosaurios. Así, la comunidad astronómica mundial –tanto los aficionados como los profesionales– se preparó para, primero, seguir el cometa en su ruta hacia Júpiter y, después, y más importante, ser testigo de la colisión. Todos los telescopios apuntaron hacia allá, y el Hubble, por supuesto, no fue la excepción.

El telescopio estaba en las mejores condiciones: la primera misión de servicio había concluido con éxito hacía tan sólo tres meses y tenía una cámara nueva (la Wide Field and Planetary Camera 2 [WFPC2], cámara de campo amplio planetaria) recién instaladita en el telescopio, que estaba lista para sacar fotos increíbles del cosmos y realizar estudios que revolucionarían la astronomía.

Las imágenes del Hubble fueron las más espectaculares por los detalles que mostraron, tanto de la colisión original como de su evolución en la atmósfera de Júpiter. El impacto ocurrió en la parte del planeta que en ese momento estaba oculta, así que hubo que esperar una media órbita de Júpiter para lograr verla. Pero como puede apreciarse en la imagen 17, la espera valió la pena. El impacto provocó una explosión equivalente a seis millones de millones de toneladas de TNT. Esto de por sí ya es bastante atemorizante, pero si se tiene en cuenta que el círculo blanco que aparece en la foto corresponde al diámetro de la Tierra, da más miedo todavía.

La atmósfera de Júpiter quedó marcada durante un buen tiempo; las nubes negras causadas por la colisión fueron difundiéndose hasta desaparecer por completo y dejarnos en la atmósfera superior de ese planeta las bandas y los torbellinos a los que estamos acostumbrados. En esa época se consideraba que este tipo de colisiones eran raras y que ocurrían con poca frecuencia, aunque se pensaba que habían sido muy comunes cuando el sistema solar se estaba formando.

Unos dieciséis años después, la quinta misión de servicio al Hubble finalizó exitosamente y una nueva cámara, la Wide Field Camera 3 (WFC3, cámara de campo amplio), reemplazó a la venerable WFPC2. Un astrónomo aficionado de Nueva Zelanda informó que había una mancha oscura en la atmósfera de Júpiter. Una vez más, todos los telescopios apuntaron al gigante gaseoso y comprobaron que, en efecto, había habido otro choque. Esta vez no se logró ver al cometa responsable, pero sí sus consecuencias. La pregunta, entonces, es: ¿cada cuánto tiempo ocurren estas colisiones? ¿Cada vez que el Hubble es reparado un cometa se cae en Júpiter? Y, al tratarse de la última misión de servicio, ¿esto quiere decir que no habrá más colisiones como estas?

Bromas aparte, lo cierto es que el caudal del Cinturón de Kuiper, que es donde se generan todos estos cometas, es tan grande, que no podemos saber con certeza cuándo uno de los objetos que viven ahí

de lo más tranquilos se sentirá atraído por Júpiter o por el Sol y se encaminará hacia los confines más interiores del sistema solar.

§. La riqueza del Cinturón Kuiper y la “democión” de Plutón

El Hubble observó todos los planetas del sistema solar (salvo Mercurio, que está muy cerca del Sol y dañaría los instrumentos si lo hace) y muchas de sus lunas, además de asteroides y cometas. Las imágenes y los espectros permitieron conocer aún más la estructura y composición de estos compañeros de nuestro sistema solar. Por primera vez se consiguió hacer meteorología en Marte y estudiar en detalle las tormentas de polvo que en forma regular envuelven ese planeta. También se pudo estudiar el superhuracán que conforma la mancha roja de Júpiter y analizar cómo evoluciona o qué otras tormentas como esa se crean o desaparecen (en 2006, por ejemplo, surgió una mancha blanca).

Como siempre, lo más espectacular e inesperado ocurre al observar objetos lejanos o de baja luminosidad, que, en el caso del sistema solar, son los cometas, los objetos ubicados en la zona que está más allá de los planetas (el Cinturón de Kuiper) y Plutón. Con respecto a los primeros, Hubble descubrió que su núcleo en gran medida está compuesto por agua, algo que antes no se sabía. Otra de sus contribuciones al estudio del sistema solar se vinculó

con la redefinición de Plutón como planeta enano (lo que la prensa clasificó como su democión).

La cosa se siguió complicando cuando Max Mutchler descubrió dos objetos más alrededor de Plutón, que tenían más o menos sus dimensiones. Un secreto que, por un tiempo, sólo compartió con su hijo Sawyer, de 7 años.²⁵ ¿Cómo podía ser que un planeta tuviera el mismo tamaño que sus lunas? Estos datos obligaron a redefinir qué es un planeta y qué es un satélite, y a determinar qué son estas cosas que andan por ahí en los confines del sistema solar.

Después de largos debates, la Asamblea de la Unión Astronómica Internacional decidió que Plutón y los otros tres, al igual que todos los otros objetos con tamaños parecidos que viven en el Cinturón de Kuiper, eran planetas enanos. En consecuencia, el sistema solar ahora tiene ocho planetas que giran alrededor del Sol y un sinnúmero de objetos más pequeños en sus confines y que no giran individualmente alrededor del Sol.

§. Un legado extraordinario

¿Qué se observaría si se apuntara el Hubble durante una semana hacia una región del cielo en la que con los telescopios terrestres no se ve nada? La respuesta llegó en 1995 cuando Robert Williams, el director del STScI en ese entonces, dedicó casi todo “su” tiempo de

²⁵ Siguiendo la tradición de que quien encuentra nombra, Max los llamó Nix e Hydra.

observación a este experimento. La cámara WFPC2 obtuvo una increíble imagen (en realidad fueron dos: los campos profundos norte y sur) de no menos de diez mil galaxias en una zona que, a simple vista, tiene el tamaño de una región del cielo vista a través de una pajita como las que se usan para tomar gaseosas.

La claridad y la riqueza de la imagen permitieron estudiar en detalle, entre otras cosas, el modo en que evolucionan las galaxias y las estrellas que están dentro de ellas. Al tiempo de instalar la Advanced Camera for Surveys (ACS, cámara avanzada de investigación), de mayor resolución y capaz de detectar objetos aún más tenues, el experimento se repitió obteniendo la imagen llamada campo ultraprofundo de Hubble. Para Harry Ferguson, uno de los astrónomos del equipo que planeó las observaciones de campo profundo, estas imágenes que muestran galaxias hasta los límites más débiles con la mayor claridad posible y desde donde estamos hasta el horizonte del universo serán uno de los grandes legados del Hubble.

En la imagen del campo ultraprofundo aparecen galaxias de muchos colores, formas y tamaños. Las más jóvenes (aquellas que nacieron unos seiscientos millones de años después del Big Bang, o sea, hace unos trece mil millones de años) no se parecen mucho a las que hay ahora: son más rojas, más pequeñas y bastante distorsionadas, no simétricas. Esto nos dice que, al principio de los tiempos, las galaxias eran distintas a las corrientes. Las que vemos en la actualidad “crecieron” a partir de estas originales

combinándose entre sí y capturando el gas intergaláctico. Según Robert Williams, “estos datos podrían llegar a ser la doble hélice de la formación de galaxias”.

Otro resultado interesante y novedoso fue la determinación de que no todas las galaxias formaron sus estrellas al mismo tiempo y que el pico de formación estelar (en el que se produjo una verdadera “explosión demográfica”) ocurrió hace unos ocho mil millones de años.

La riqueza científica de estos resultados fue tan grande, que se realizaron observaciones en todas las longitudes de onda usando desde telescopios de rayos X hasta radiotelescopios.

La “industria” que crearon estas observaciones en el estudio del universo lejano es otro legado revolucionario del Hubble, y un ejemplo más de hasta qué punto cambió no sólo la astronomía sino también la física en general, en la medida en que demostró que lo que sabíamos sobre la composición, estructura y comportamiento del universo no era correcto. Estos descubrimientos, hechos tanto en objetos cercanos (siguiendo las estaciones de los planetas Marte y, un poco más allá, Urano) como en los más lejanos, así como las fotos (los espectros también, pero son más para los cognoscenti) que se publican en los diarios y blogs, hicieron que la gente se apropiara de él, que lo considerara su observatorio.

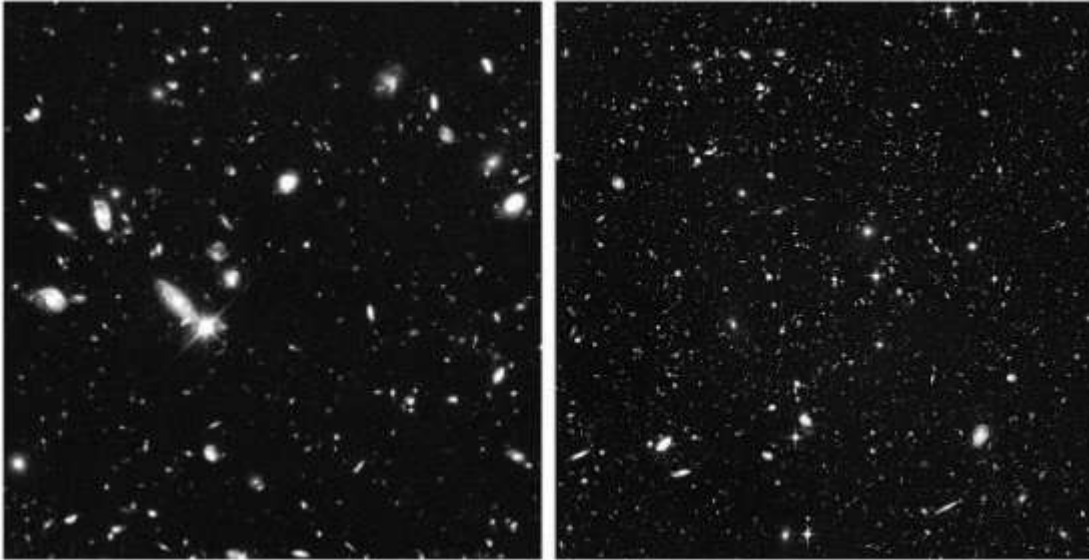


Imagen 18. El campo profundo de Hubble (izquierda) y el ultraprofundo (derecha). Salvo un par de estrellas en estas imágenes, el resto de los objetos son galaxias.

La ciencia que produce es única, al igual que el impacto que genera en las otras esferas de la sociedad. ¿Cómo se explica que un satélite haga despertar la imaginación de artistas, músicos, coreógrafos y que, cuando se anunció que se cerraría, haya producido una ola de protestas sin precedentes? ¿Cuál es la mística detrás de este tubo? A este misterio dedicaremos el próximo capítulo.

Capítulo 7

La revolución en telescopio

Contenido:

§. *El impacto del Hubble en las ciencias*

§. *Su huella en la sociedad, el arte y la industria*

[El Hubble] Nos ha enseñado a ver las propiedades de un universo que los seres humanos han podido, durante la mayor parte de su historia, sondear solamente con sus pensamientos.

Editorial del New York Times del 3 de mayo de 2002

§. El impacto del Hubble en las ciencias

Sin lugar a dudas, el Hubble es el instrumento más productivo, novedoso y revolucionario de la astronomía de los últimos cuatrocientos y tantos años. Los descubrimientos “esperados”, o sea aquellos que dieron origen al telescopio, no sólo permitieron responder las preguntas originales, sino que hicieron surgir otras nuevas, que a su vez abrieron otros caminos del saber. Algunos, como la energía oscura, obligaron a reescribir los textos de astronomía. No se trató simplemente de agregar un capítulo o

corregir unos gráficos: hubo que empezar de vuelta, porque cambiaron totalmente las ideas que se tenían sobre el universo.

El Hubble fue el primero de los Grandes Observatorios puesto en órbita por la NASA. Nunca antes se había lanzado un satélite tan complejo y con un potencial de descubrimiento tan grande. Además, fue el primero que esa institución sólo manejó como satélite y en el que las operaciones científicas quedaron a cargo de una entidad independiente.

También marcó la conversión de la astronomía en Big Science,²⁶ el ámbito en que los proyectos involucran miles de millones de dólares y a miles de personas.

Cuando fue construido el telescopio, se pensó que el tiempo que se podría dedicar a las observaciones sería de un poco más de un tercio de cada órbita, porque, durante la mitad de esta, la Tierra oculta el objeto de interés. Para diseñar y ejecutar el detallado plan de observaciones, el Instituto del Telescopio Espacial desarrolló un

²⁶ Al ponerse en órbita, el costo de operar el Hubble era de 250 millones de dólares por año; actualmente es inferior a los cien millones (esto incluye los subsidios a la investigación que el proyecto otorga). Construirlo demandó 1,6 mil millones. Si a esto le agregamos los costos de las misiones de servicio (lanzamiento, instrumentos, personal adicional) vemos que, millones más, millones menos, estamos hablando de una suma importante. El telescopio Webb, sucesor del Hubble, va a tener un costo total de 8,835 mil millones de dólares. Esto incluye su diseño, construcción, operación por cinco años y los subsidios a los investigadores que analizaran los datos obtenidos con este telescopio. En comparación, el costo de otro programa Big Science, el Gran Colisionador de Hadrones (Large Hadron Collider), que descubrió el bosón de Higgs, costó 4 mil millones de dólares.

programa, llamado Spike, que sirve para optimizar la utilización de cada órbita. Gracias a la experiencia de los ingenieros y los técnicos dedicados a programar las observaciones, usando Spike pueden realizarse observaciones durante casi toda la mitad de la órbita accesible. Este nivel tan alto de eficiencia es uno de los éxitos más resonantes del instituto y también marcó un hito en el modo de hacer la astronomía.

Antes se la practicaba de una manera clásica: una vez aceptada una propuesta se le otorgaba un tiempo de observación en el cronograma del observatorio (en realidad, “un número de noches”), los astrónomos viajaban al observatorio y, con la ayuda del personal técnico y de investigación local, realizaban sus observaciones al pie del telescopio. Estas se grababan en cintas, que se llevaban a sus respectivas instituciones. Salvo el cronograma del uso del telescopio y la lista de observaciones a realizarse en ese semestre, no quedaba ningún otro registro de la investigación que se había efectuado en el observatorio. Con el Hubble todo esto cambió.

El programa del Hubble creó una manera secuencial de observar y funciona como un servicio que se brinda a los investigadores: el telescopio se ocupa de recolectar los datos y pasárselos listos para que estos los analicen. Ya no hace falta que estén presentes ni que se paseen nerviosos por los pasillos mientras se toman los datos.

Además, todas las observaciones y sus parámetros (las coordenadas hacia donde se apuntó el telescopio, las estrellas guía utilizadas, el tiempo de observación, la fecha, el instrumento y sus parámetros, e informaciones sobre temperatura y estado del instrumento y del satélite, entre otras cosas) se conservan en un archivo.

Hasta la creación de este archivo, la NASA guardaba los resultados obtenidos por sus misiones espaciales de una manera estática y “en bruto”. Aunque “estaba todo incluido”, a veces era difícil volver a usarlos porque la tecnología había cambiado y ya no se podían leer. Sería como distribuir este libro en código Morse y tratar de leerlo con una tableta electrónica.

§. Su huella en la sociedad, el arte y la industria

El Hubble también es único en otro aspecto: no existe un experimento, instrumento o proyecto científico tan reconocido por el público ni que se use como medida de excelencia, con la salvedad del Proyecto Apolo, posiblemente el único igual de famoso.

El impacto del telescopio en la sociedad quedó demostrado en 2004 cuando la NASA decidió cancelar la última misión de servicio con el transbordador espacial y, desde alumnos en escuelas primarias, editores de diarios, científicos de distintas especialidades (no sólo astrónomos) hasta políticos criticaron la medida y pidieron que se

reconsiderara la decisión y extendieran las operaciones del telescopio.

Cuando la NASA desarrolló los planes para el telescopio espacial, se encargó de determinar que los descubrimientos debían difundirse a través de publicaciones en revistas académicas y comunicados de prensa accesibles a todo el mundo, así como de programas especiales de televisión y lecciones de ciencia y matemática para escuelas primarias y secundarias. Así, las noticias sobre las misiones de servicio y acerca de las primeras observaciones llegaron a millones de personas.

Además de decorar innumerables aulas y oficinas, las imágenes del Hubble también fueron expuestas como obras de arte en museos (por ejemplo, en el Museo Walters Art de Baltimore, en los Estados Unidos, y en el Palazzo Loredan de Venecia, en Italia), galerías de arte (como la de la Academia Nacional de Ciencias de Washington, en Estados Unidos), en paseos (por ejemplo, en Mendoza, Argentina) y bibliotecas. Incluso espectros tomados con el Hubble también se convirtieron en objetos de arte al ser proyectados en las paredes externas del Museo de Ciencias en Baltimore y del Palazzo Cavalli Fazzetti, en Venecia.

Los sistemas desarrollados para operar el Hubble y sus datos han sido usados también en la industria. La empresa Celera Genomics Group empleó el programa de calibración automática para procesar sus datos bioinformáticos a fin de generar el mapa del genoma humano, y el que se usa para organizar las observaciones y crear el plan anual es utilizado por la industria de semiconductores para optimizar el planeamiento, la fabricación y la prueba de sus nuevos productos. Asimismo, se lo aplica para los turnos de diagnóstico por imagen en hospitales. De esta forma, las escasas y costosas máquinas de imágenes (tomógrafos, rayos X y resonancia magnética, por ejemplo) pueden ser utilizadas de un modo más eficiente.



Imagen 19. Espectros obtenidos con el Hubble proyectados en las paredes del Palazzo Fazetti, en Venecia.

En un proyecto llevado a cabo entre astrónomos del Instituto del Telescopio Espacial y médicos de los hospitales Johns Hopkins y Georgetown, se utilizaron las técnicas y los sistemas empleados para detectar y medir la intensidad de fuentes luminosas (en términos astronómicos, para “hacer una fotometría”) a fin de encontrar y estudiar microcalcificaciones en mamografías. Como si de estrellas en un cúmulo se tratara, se detectaron las calcificaciones y luego se extrajo el “fondo” (en este caso, tejidos), para obtener una imagen “limpia” que permitiera estudiarlas con mayor detalle, método que podría servir para una detección más temprana de estas calcificaciones y para prevenir tumores cancerígenos.



Imagen 20. Imágenes del Hubble exhibidas como obras de arte en el Museo Walters, de Baltimore.

Un punto luminoso en medio de un fondo difuso en una imagen puede ser una estrella en formación o el comienzo de un tumor en un tejido humano. Como lo que se ve en el monitor es similar, para estudiarlo es posible usar las mismas herramientas.

Desde principios de la década de 1960, se pusieron en órbita otros satélites astronómicos mucho más pequeños que sólo podían hacer un tipo de observaciones, por ejemplo, tomar espectros en una franja estrecha en el rango ultravioleta. No eran, como el Hubble, observatorios con muchas posibilidades de obtener datos. Luego de él se diseñaron otros tres observatorios y, como veremos en el

capítulo que sigue, entre los cuatro cubren todo el espectro electromagnético –desde el infrarrojo hasta los rayos gamma–. Aparte de estos cuatro, la NASA y las agencias espaciales europea y japonesa pusieron en órbita otros satélites “compañeros” que los complementan. Este “ejército” creó la edad de oro de la astronomía que estamos disfrutando en estos momentos.

Capítulo 8

Completando el cuarteto estelar: los otros Grandes

Observatorios en órbita

Contenido:

§. *El observatorio de rayos gamma Compton*

§. *Los instrumentos*

§. *Vida y obra de un gigante*

§. *El observatorio de rayos X Chandra*

§. *Los misterios resueltos por el Chandra*

§. *Y como si todo esto fuera poco...*

§. *Encuentros lejanos. El telescopio espacial Spitzer*

§. *Más allá del sistema solar*

Todos para uno, uno para todos.

Alejandro Dumas, Los Tres

Mosqueteros

(¡que al final fueron cuatro!)

Como vimos, una de las ventajas de poner telescopios en órbita es que permiten realizar observaciones en longitudes de onda que la atmósfera absorbe, es decir, aquellas que desde la Tierra no se pueden ver. Esto ha permitido dar lugar a nuevos descubrimientos para entender un poco más la historia, la estructura y la composición del universo.

Los telescopios espaciales fueron diseñados y construidos por investigadores de todo el mundo que llegaron a la astronomía por varios caminos, incluido el de la física. En consecuencia, la astronomía incorporó el lenguaje de estos científicos, sobre todo su forma de medir las longitudes de onda: el sistema métrico se usa para las observaciones ópticas, ultravioletas e infrarrojas, mientras que en las de rayos X o gamma se usa eV (que como vimos en el primer capítulo son una manera más fácil de medir la longitud de las ondas en esta banda).

Después del éxito obtenido con los primeros satélites científicos, se decidió poner en órbita verdaderos observatorios que cubrieran todas las longitudes de onda. Y como cuatro ojos ven más que dos, así nació el programa de los Grandes Observatorios de la NASA: el Compton Gamma Ray Observatory (CGRO, observatorio de rayos gamma Compton), que se ocupaba de los rayos gamma; el Chandra X-Ray Observatory (CXO), de los rayos X; nuestro Hubble, de la banda óptica y un poquito a cada lado –el ultravioleta y el infrarrojo–, y el Spitzer, a cargo del infrarrojo.

Los “compañeros” de estos Grandes son los europeos XMM-Newton, en rayos X, y Herschel, en el infrarrojo; los satélites Suzaku y ASCA, de la agencia espacial japonesa, y otros más pequeños de la NASA.

Hagamos un breve recorrido por los otros tres grandes observatorios que completan el cuarteto de jinetes estelares capaces de hacernos viajar por el tiempo y el espacio sin necesidad de movernos (demasiado).

§. El observatorio de rayos gamma Compton

En la naturaleza, los rayos gamma se producen de dos maneras: en supernovas, cuya temperatura de explosión es de alrededor de los cien millones de grados (de las que seguramente también emanan rayos X), y de forma gravitacional en las interacciones de los agujeros negros o de estrellas de neutrones, cuando capturan la materia que tienen a su alrededor.

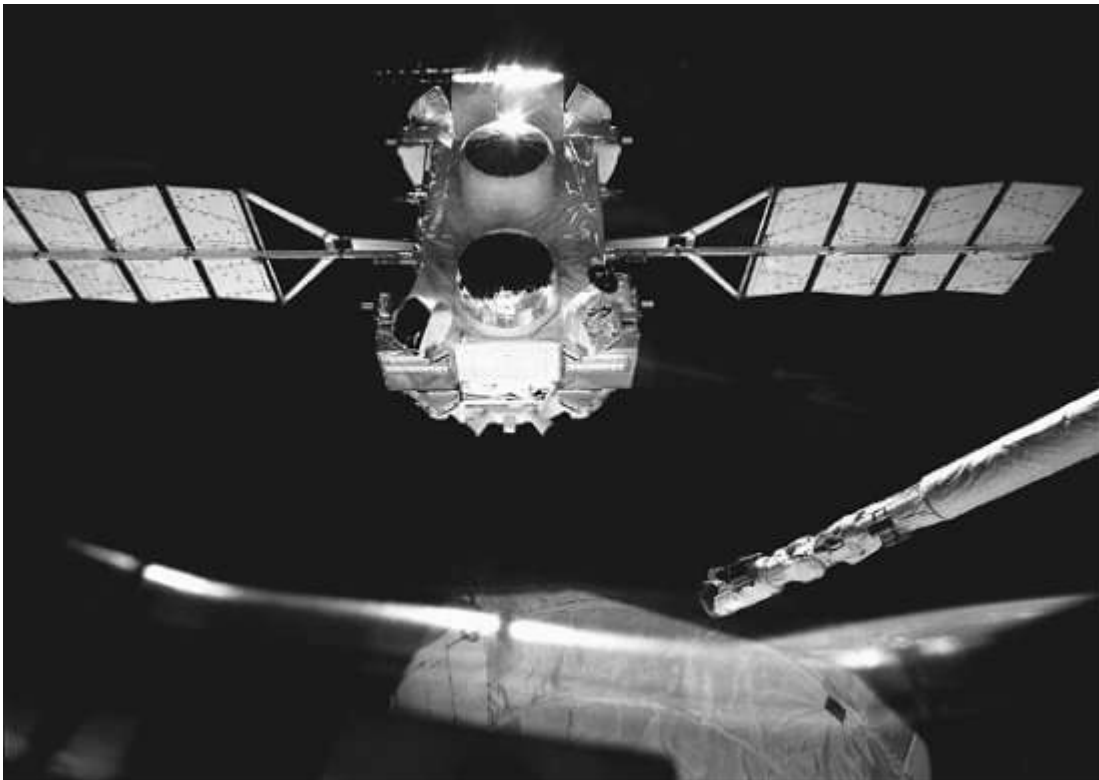


Imagen 21. El Observatorio Compton al ser puesto en órbita por el transbordador Atlantis, en 1991.

El CGRO, que fue puesto en órbita el 5 de abril de 1991 por el transbordador Atlantis y prestó servicios casi una década, es el segundo de los Grandes Observatorios y fue bautizado así en honor a Arthur Compton, quien a principios del siglo XX había trabajado en los choques (scattering, en la jerga de los físicos) entre fotones muy energéticos y electrones. Este fenómeno –conocido como efecto Compton– probó, en los albores de la mecánica cuántica, que la luz (los fotones) y la materia (los electrones) tienen propiedades de ondas y de partículas, es decir, que a veces se comportan como si fueran un objeto que se puede localizar y, otras, como una oscilación que se propaga (¡qué paranoia e' Mandinga!).

El CGRO, que también fue una colaboración entre la NASA y científicos europeos, tenía cuatro instrumentos que usaban distintas técnicas para detectar los rayos gamma y determinar su origen.

Al igual que todos los observatorios, el CGRO permitió confirmar teorías que se habían postulado para explicar observaciones anteriores y, algo más importante todavía, realizó descubrimientos nuevos que cambiaron nuestra manera de entender el comportamiento de las zonas de altas energías del universo.

§. Los instrumentos

El primero de sus cuatro instrumentos, el BATSE (Burst and Transient Source Experiment, experimento para fuentes explosivas y transitorias), monitoreaba el cielo en forma constante y detectaba explosiones de rayos gamma entre los 20keV a 1MeV. (Recordar que, como se vio en el capítulo 1, cada parte del espectro electromagnético se mide, por razones históricas, con distintas unidades y que en el caso de los rayos gamma, en vez de nuestro bien conocido metro, es el electrón-Voltio.) Estas detecciones eran posteriormente seguidas por observaciones en el óptico, para poder determinar con mejor precisión el objeto que las causaba.

El segundo, el Compton Telescope (COMPTEL, telescopio Compton), podía medir la energía (entre 1 y 30 MeV), el tiempo exacto y la localización de la emisión gamma, cosa que permitió crear mapas del cielo en estas longitudes de onda. También se usó para observar los rayos gamma emitidos por el Sol durante una tormenta solar.

El tercero, el EGRET (Energetic Gamma-Ray Experiment Telescope, experimento para rayos gamma energéticos), otro de sus instrumentos, detectaba emisiones gamma entre los 20 y los 30 GeV. Era muy preciso para esas longitudes de onda, tenía un campo visual bastante grande y la fidelidad suficiente para determinar el tiempo de arribo de los rayos.

Y el último, el OSSE (Oriented Scintillation Spectrometer Experiment, espectrómetro de centelleo que se puede orientar), permitía obtener espectros, en particular de fuentes que oscilan entre los 50 KeV y los 10 MeV.

§. Vida y obra de un gigante

El CGRO sirvió para establecer la naturaleza cosmológica de los destellos de rayos gamma (gamma-ray bursts), ya que permitió detectar de modo uniforme emisiones provenientes de todas las direcciones. También ayudó a establecer que las galaxias activas eran la fuente primordial de rayos gamma de altísima energía y que, cerca del centro de la Vía Láctea, había una región bastante grande en la que electrones y positrones (esas partículas similares a los electrones pero con carga positiva) se “aniquilaban” (como ocurre en toda interacción entre opuestos).

Pero como todo tiene un final, a principios de 2000 la NASA decidió desorbitarlo de manera controlada cuando sólo dos de sus giróscopos seguían funcionando. Aunque era posible manejarlo, si llegaba a fallar uno de ellos el satélite sería inoperable y sus partes podrían caer en zonas habitadas y causar serios problemas (¡imaginen lo que hubiera podido pasar si a alguien le caía en la cabeza uno de sus cinco mil tornillos de titanio!).

Pero, si bien el Gran Observatorio de rayos gamma desapareció, esto de ningún modo marcó el fin de la astronomía en esas longitudes de onda. Otros telescopios siguieron –y siguen– observando esas emisiones, entre ellos, el High Energy Transient Explorer 2 (HETE-2, Explorador para Fuentes Transitorias de Alta Energía),²⁷ construido

²⁷ Un dato interesante es que el HETE-1 fue lanzado en el mismo cohete que el satélite

especialmente para detectar esas explosiones y distribuir lo más rápido posible la información sobre la localización del evento. El HETE-2 fue reemplazado en 2004 por el satélite Swift, el cual, aunque también está dedicado en forma exclusiva a la detección de explosiones de rayos gamma, tiene un telescopio que puede realizar observaciones de emisiones de rayos X.

§. El observatorio de rayos X Chandra

Como su nombre lo indica, la astronomía de rayos X estudia el cosmos a través de observaciones hechas en esas longitudes de onda (de 1,24 keV a 124 keV; nuevamente, recordar que se trata de unidades usadas para medir la longitud de onda de los rayos X, como si se tratara de partículas en lugar de ondas). Los rayos X se producen cuando la materia está a millones de grados de temperatura. Las imágenes obtenidas por el CXO no son como las de las radiografías que nos sacamos cuando se sospecha que tenemos alguna fractura, en las que nuestro cuerpo se coloca entre la fuente de rayos X y el detector (hoy en día ya no se usan las placas de celuloide) y se obtiene la imagen del hueso, sino que detectan la fuente de los rayos.

Por fuera, los telescopios de rayos X son similares a los ópticos, porque, en esencia, son largos cilindros abiertos en

argentino SAC-B y, debido a que el cohete no funcionó bien, no alcanzaron una órbita adecuada y dejaron de funcionar a la semana.

un lado para que entre la luz y detectores al final del tubo. Pero por dentro son muy distintos, ya que los rayos X son haces de luz de una longitud de onda muchísimo menor que la de la luz óptica y no se reflejan en los espejos de la misma manera que ella.



Imagen 22. Un dibujo del observatorio Chandra.

La luz X se enfoca desviándola por una superficie que, primero, es parabólica y, luego, hiperbólica, es decir que el espejo tiene otra curvatura. Bueno, en realidad es un poquito más complicado que eso: un “espejo” de rayos X es una colección de cilindros concéntricos bañados en iridio (a diferencia de los telescopios ópticos, que tienen baño de plata o de aluminio), cuya forma es esta mezcla de superficies. Al final del camino, como en todo telescopio

que se precie de tal, están los detectores, optimizados para esas longitudes de onda.

Este observatorio fue bautizado con el nombre del prestigioso astrofísico teórico Subrahmanyan Chandrasekhar, conocido con el apodo Chandra, quien realizó investigaciones fundamentales en el estudio de la estructura de las estrellas (por lo que recibió el Premio Nobel en Física en 1983) y también sobre los agujeros negros.

El Chandra fue puesto en órbita por el transbordador Columbia el 23 de julio de 1999. A diferencia del Hubble, cuya órbita es “donde lo dejó” el transbordador, la órbita de Chandra se encuentra mucho más lejana y es mucho más elíptica: tiene un perigeo (cuando está más cerca de la Tierra) de 10 000 kilómetros y un apogeo (cuando está más lejos) de 140 000 kilómetros (casi un tercio de la distancia hasta la Luna). Para alcanzar esta órbita Chandra fue lanzado con un cohete propio (que se prendió una vez que el Columbia estaba bien lejos).

Además, es un metro más largo que el Hubble (tiene unos 14 metros) y sus requerimientos de energía para funcionar (que cubren dos paneles solares) son modestos: alrededor de 2 kW (el equivalente a un secador de pelo).

Su resolución es tal que, si fuera un telescopio óptico, podría mostrar con claridad una señal de carretera ubicada a más de 19 kilómetros.

Asimismo, cuenta con cuatro instrumentos: una cámara HRC (High Resolution Camera, cámara de alta resolución), dos espectros con

redes de dispersión, uno de alta energía (High Energy Transmission Grating [HTG], red de transmisión de alta energía) y otro de baja (Low Energy Transmission Grating [LTG], red de transmisión de bajas energías), y un espectrómetro que también produce imágenes (Advanced Charged Couple Imaging Spectrometer [ACIS], espectrómetro y cámara avanzada con dispositivo de imágenes acopladas).

§. Los misterios resueltos por el Chandra

Como el resto de los Grandes Observatorios, el CXO ha hecho descubrimientos revolucionarios desde el sistema solar hasta los confines del universo.

Junto con el Hubble estudió la materia y la energía oscuras. En particular, permitió descubrir que en el universo hay seis veces más materia de la que se ve.

Como vimos, la materia oscura, obviamente, no se puede observar, pero se hace “sentir” por su atracción gravitatoria. En las imágenes de cúmulos de galaxias o de interacciones entre ellos obtenidas con Chandra, el gas intergaláctico no se comporta como si sólo los objetos que se ven estuvieran presentes. Por ejemplo, en el cúmulo de galaxias con el nombre 1E0657-556 (“usted llámelo como quiera, doctor, yo lo llamo el Cúmulo Bala”), que se formó por la interacción entre dos cúmulos, el gas caliente no se distribuye de manera

uniforme, sino que parece la punta de una flecha. (¡De ahí el nombre!, ¡qué vivo!) Esto ocurre porque una parte sufre una fricción semejante a la que ejerce el aire sobre los objetos que vuelan. Además, las galaxias que se ven están agrupadas cerca de la materia oscura, o sea que no las frena como sucede con el gas intergaláctico.

Por otro lado, las observaciones muestran que los cúmulos de galaxias que se forman por la asimilación a esta gigantesca estructura de las galaxias vecinas se han suprimido debido a la aceleración de la energía oscura.

El Chandra ayudó, además, a resolver un misterio que venía desde los albores de la astronomía de rayos X (a fines de los años sesenta y principio de los setenta). Los observatorios anteriores detectaban un resplandor difuso que no se sabía a qué atribuir y que, gracias a CXO, sabemos que se deben a cientos de agujeros negros supermasivos que producen rayos X al absorber el gas a su alrededor. Es como tener en el techo oscuro muchas luces pequeñas que contribuyen a iluminar el ambiente de manera tenue.



Imagen 23. Efectos de la existencia de materia oscura en el gas del Cúmulo Bala (1E0657-556).

Las observaciones de remanentes de supernovas y pulsares (esos cadáveres de estrellas muy compactos que rotan muy rápido) mostraron anillos y flujos de gas nunca vistos hasta entonces. Es más, a partir de estas imágenes se pudo determinar que estas estrellas de neutrones girando a gran velocidad generaban voltajes millones de veces más fuertes que los rayos que vemos en una tormenta eléctrica.

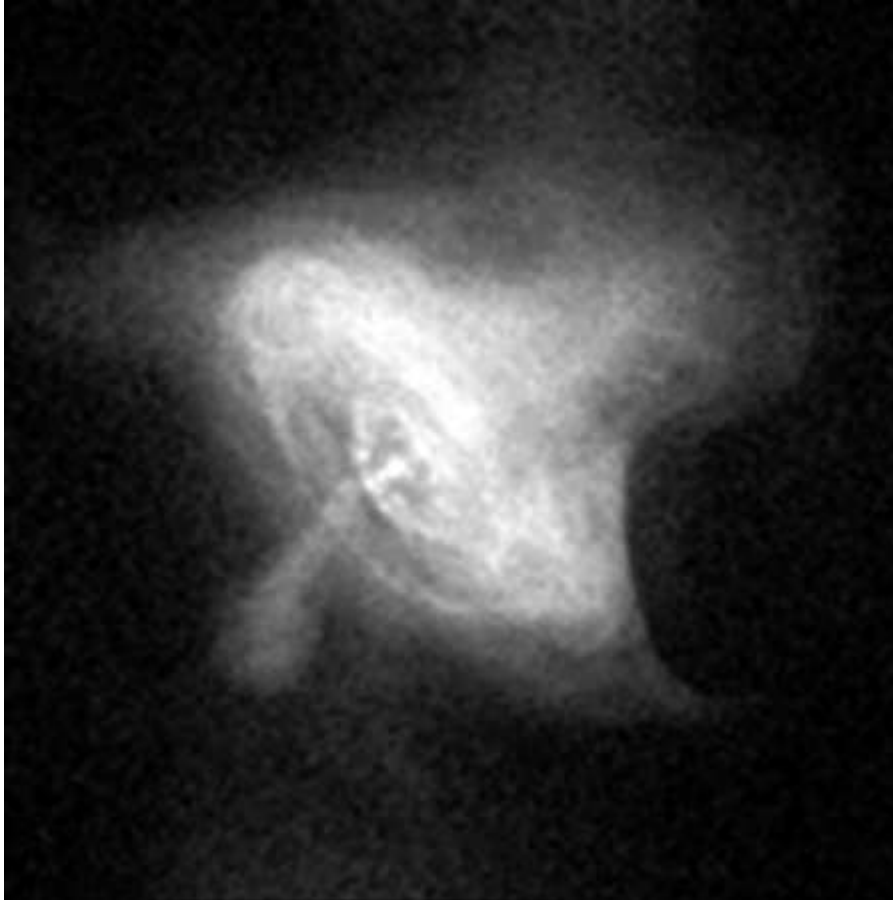


Imagen 24. Imagen obtenida por el observatorio Chandra del remanente de la supernova que explotó en el año 1054 en el Cúmulo del Cangrejo.

Siguiendo la línea del científico por el que el observatorio lleva su nombre, observaciones de estrellas similares a nuestro Sol pero más jóvenes permitieron descubrir que tienen violentas explosiones muchísimo más energéticas y frecuentes que las del astro rey. (¡Igualito a los hijos adolescentes!)

Del mismo modo que con el Hubble, la NASA creó un centro para las operaciones científicas del CXO, el Chandra X-Ray Center (en

Cambridge, Massachusetts), que realiza las mismas actividades que el Instituto del Telescopio Espacial.

§. Y como si todo esto fuera poco...

La historia del Chandra es muy similar a la del Hubble: reducción de presupuesto, rediseño, amenazas de cierre, nuevo rediseño, cambio de los instrumentos, puesta en órbita y revolución de la astronomía X. Como con los rediseños había perdido algunas de sus capacidades, la Agencia Espacial Europea salió a su rescate y en 1999 puso en órbita el X-ray Multi-Mirror Mission-Newton (XMM-Newton, misión con espejos múltiples de rayos X- Newton), un complemento ideal ya que juntos se acercan a la propuesta original para este Gran Observatorio.

A diferencia del Chandra, el XMM-Newton tiene un telescopio adicional que le permite obtener imágenes en el óptico que se toman al mismo tiempo que los espectros X, lo que permite “ver” el objeto emisor de la radiación sin necesidad de hacer observaciones posteriores. Además tiene un campo de vista grande y dos cámaras, una de mayor resolución que la otra, y logra obtener espectros de objetos más tenues que Chandra. La European Photon Imaging Camera (EPIC, cámara europea de imágenes de fotones) es su cámara principal y, además de las imágenes y espectros de los objetos, también puede determinar de modo preciso el tiempo en que llegó un fotón. El Reflection Grating Spectrometer (RGS, espectrómetro de reflexión con red de difracción) posee una red de

dispersión, mecanismo que por primera vez se usa en un telescopio de rayos X.

§. Encuentros lejanos. El telescopio espacial Spitzer

El último de los Grandes Observatorios, el Spitzer, fue puesto en órbita (esta vez mediante un cohete) el 25 de agosto de 2003. Estudia las emisiones infrarrojas y, por eso, debe operar frío, bien frío (por debajo de los 250 °C bajo cero, ¡brrrr!).

Las radiaciones infrarrojas son originadas por procesos térmicos, de ahí que, para estar seguros de que lo que se está observando es la radiación del objeto en cuestión y no la radiación debida a las partes del telescopio, tanto a la óptica como los filtros y los instrumentos se mantienen bien fríos. Observando en el infrarrojo, se puede ver a través de las nubes de polvo interestelar y, también, estudiar los primeros objetos formados en el universo, ya que debido al corrimiento al rojo de sus espectros, estos objetos primordiales se ven...“¡rojos!”

Con el propósito de mantener la temperatura de operación tan baja, el satélite incluía un termo con 360 litros de helio líquido. Debido a que este elemento se evapora, para minimizar su evaporación se lo insertó en una órbita en la que la Tierra está siempre “detrás”, y que permite mantenerlo a unos 238 °C bajo cero, a fin de evitar que el Sol lo caliente. Es decir, está a la misma distancia del Sol

que nuestro planeta (150 millones de kilómetros) y se va alejando de nosotros unos 15 millones de kilómetros por año. Por ejemplo, el 31 de mayo de 2011 se hallaba a 143 170 627 kilómetros de la Tierra.

Sin embargo, el helio se evaporó, dando por terminada la misión “fría” del Spitzer, que duró seis años en lugar de los dos y medio originales. Como había investigaciones que se podían hacer con la óptica a temperaturas no criogénicas, el 27 de julio de 2009 inició una misión “caliente”.

El Spitzer está optimizado para realizar observaciones en el infrarrojo entre los 3 y los 180 μm . Comparado con sus colegas, es bastante pequeño: su espejo de berilio mide sólo 0,85 metros (el de Hubble es de 2,4 metros). Su novedoso diseño y la selección de esa órbita inusual permitieron que pudiera tener menores dimensiones y, en consecuencia, que resultara menos costoso, porque era más fácil hacer las pruebas y cabía dentro de un cohete más pequeño.

Asimismo, cuenta con tres instrumentos: una cámara infrarroja (Infrared Array Camera [IRAC], cámara infrarroja de matriz), un espectrógrafo (Infrared Spectrograph [IRS], espectrógrafo infrarrojo) y un fotómetro (Multiband Imaging Photometer [MIPS], fotómetro y cámara multibanda).

El Centro Científico Spitzer (Spitzer Science Center) es el organismo encargado de manejarlo y posee responsabilidades similares a las del Instituto del Telescopio Espacial, con la única diferencia de que los datos se archivan en la Infrared Space Archive, una organización localizada en el mismo edificio pero que es independiente del centro de operaciones científicas (misterios de la burocracia espacial...). Por su parte, las operaciones están a cargo del Jet Propulsion Laboratory de la NASA.

Una interesante innovación que introdujo el observatorio fue el diseño de su termo para que el helio durase más. El telescopio y el termo fueron lanzados calientes, y una vez que se alcanzó la órbita deseada este y la cámara que alberga los instrumentos empezaron a enfriarse.

Como ya habrá logrado deducir el lector perspicaz y atento, tiene ese nombre en homenaje a Lyman Spitzer, científico del que ya hablamos, quien, además de haber sido un ardiente defensor del Hubble, hizo grandes contribuciones al estudio del medio interestelar (su libro es un clásico en el tema), de plasmas en el espacio, de dinámica estelar y de fusión termonuclear. ¡Casi nada!

§. Más allá del sistema solar

Los descubrimientos del Spitzer van desde la detección de planetas alrededor de otras estrellas hasta la composición de los cometas y galaxias que se encuentran a miles de millones de años luz de la Tierra, algo que nunca antes se había podido hacer con tanto

detalle. Por ejemplo, encontró galaxias masivas a más de 12,7 mil millones de años luz y estudió zonas de formación estelar a unos 11,48 mil millones de años luz. Al igual que Chandra, pero en el caso del infrarrojo, explicó la naturaleza del fondo, que ya se había observado con otros telescopios de menor resolución, que se ubica entre los 200 y los 20 μm y es creado por galaxias con mucho polvo que producen gran cantidad de luz en estas longitudes de onda (es decir, galaxias diferentes a las “normales”, que no generan tanta radiación infrarroja por no tener tanto polvo).

Tres de los descubrimientos que se hicieron con él fueron inesperados: el primero es que los discos en los que se forman los sistemas planetarios son todos similares, aunque se trate de estrellas muy diferentes; el segundo es que estos se crean bastante rápido (en términos astronómicos), ya que se observaron planetas del tamaño de la Tierra en sus últimas etapas de formación a menos de diez millones de años y, por último, que las estrellas con masas menores a cien veces la masa del Sol se crean con el mismo proceso que las que tienen una masa equivalente a él. Además, tiene el privilegio de haber sido el primer telescopio que observó un planeta extrasolar: no la mera indicación de que estaba ahí, sino que lo “vio”.

¡Cuánto hemos avanzado en cuatrocientos años! Sobre todo en los últimos cincuenta, por no hablar de los últimos quince o de hace una hora. No hay ventanas por donde no se puedan mirar las maravillas del universo. Así como el Hubble y el resto de la flotilla

astronómica tanto en el espacio como en la Tierra, permitieron explicar fenómenos que se intuían y otros nuevos, y también generaron nuevas preguntas acerca de lo que en el universo. Por eso, es fundamental crear nuevas herramientas para formularlas de manera que puedan ser respondidas. ¿Con telescopios mucho más grandes? ¿Hasta dónde crecerán los espejos? Y, en el espacio, ¿cómo se puede hacer para superar al Hubble? A eso dedicaremos el próximo capítulo.

Capítulo 9

Señales del futuro: el sucesor del Hubble

Contenido:

§. *¿Qué queda en el tintero científico?*

§. *El telescopio Webb, un origami gigante*

§. *Los instrumentos del nuevo gran observatorio espacial*

§. *Filtro solar factor un millón*

§. *La era Big Science*

*Tiempo presente y tiempo pasado,
están ambos posiblemente
presentes en el tiempo futuro, y el
tiempo futuro contenido en el
tiempo pasado.*

T. S. Eliot, Cuatro cuartetos

Los Cuatro Grandes de la Astrofísica Espacial y sus compañeros hicieron que el conocimiento avanzara de una manera increíble y, en consecuencia, abrieron las puertas a nuevas preguntas y conjeturas acerca de qué más podía haber “ahí afuera”. Nuevamente, científicos e ingenieros se pusieron a trabajar para desarrollar y construir nuevas máquinas del tiempo.

En 1989, un año antes de que el Hubble estuviera en órbita, mientras esperaba su turno para ser lanzado, se empezó a pensar en un telescopio espacial que lo complementara. Sí, unos veinticinco años antes de entrar en funcionamiento, porque ese es

más o menos el tiempo que se tarda entre la idea y el lanzamiento de un observatorio de este tipo.

Como muestra la historia del Hubble, se empieza con los problemas a resolver y con propuestas acerca de cómo “empujar” la ingeniería espacial. Después habrá tiempo para la realidad de presupuestos y factibilidad, pero esta es la fase del “¿y por qué no?”

El telescopio espacial Webb –un proyecto internacional de la NASA, la Agencia Espacial Europea y la Agencia Espacial de Canadá–, por la envergadura de su desafío y la manera en que se lo operará, es en cierto modo el sucesor del Hubble. Como hará observaciones en el rango del infrarrojo y no del óptico o ultravioleta, no es su sucesor “directo” en términos astronómicos, pero en todos los restantes aspectos entra cómodo en la categoría de Gran Observatorio.

Con él se responderán las preguntas que dejaron pendientes los descubrimientos hechos con el Hubble, el Chandra, el Spitzer y el Compton (los telescopios, eh). Por eso es un observatorio infrarrojo: porque esas son las longitudes de onda en las que se tienen que realizar las observaciones para conseguir estas respuestas.

El Webb posee un diseño totalmente distinto a las imágenes que tenemos de un telescopio y es el observatorio más complejo, avanzado e innovador que se haya puesto en órbita hasta ahora. El

diámetro de su espejo es de 6,5 metros y, extendidos, los paneles que lo protegen del calor tienen el tamaño de una cancha de tenis.

El observatorio debe su nombre al segundo administrador de la NASA, James E. Webb, quien la dirigió entre 1961 y 1969. Webb contribuyó al establecimiento de la investigación espacial en la agencia y a la creación de métodos de subsidios para que la comunidad científica analice los datos, desarrolle proyectos y planee y construya nuevas misiones científicas.



Imagen 25. El modelo 1:1 del Webb armado en el Centro Espacial Goddard de la NASA. Adelante puede verse parte del personal que actualmente trabaja en esta misión

§. ¿Qué queda en el tintero científico?

Primero, resta aún hacer observaciones directas y detalladas de planetas que orbiten otros soles: el Webb permitirá estudiar los espectros de esos exoplanetas para buscar indicios de vida en ellos. Hasta ahora, conocemos sólo uno en el que hay vida. (Note el lector perspicaz que escribimos “vida” y no “vida inteligente”, porque de eso hay quienes dudan de que exista incluso en la Tierra.)

Haciendo mirar hacia atrás a los telescopios espaciales, podemos aprender cómo se ve la Tierra desde el espacio: un hermoso y frágil planeta ubicado en una zona privilegiada (ni muy cerca ni muy lejos de su estrella), con temperaturas templadas que permiten que haya agua líquida en su superficie. En los espectros de otros planetas, entonces, vamos a buscar esos signos que vemos en el nuestro:

- vapor de agua, que indica que puede ser habitable;
- metano, que marca la presencia de bacterias,
- oxígeno y ozono, compuestos generados por organismos vivos que producen fotosíntesis (como las plantas, por ejemplo), y
- dióxido de carbono, que puede señalar la presencia de actividad volcánica.

El Webb nos permitirá elegir, entre todos los planetas que están rondando otros soles, aquellos que muestren estas “señales” y en los que habrá una muy buena posibilidad de que alberguen vida.

El Hubble confirmó las teorías sobre cómo se crean las estrellas y nos indicó dónde buscar estas regiones de

formación estelar. El Webb nos permitirá “ver” más que manchas alargadas con un centro más oscuro, esto es, estudiar cómo se forman estos sistemas planetarios y de qué modo se crea un equilibrio entre planetas gigantes (como Júpiter en nuestro sistema solar) y pequeños y rocosos (como Marte o la Tierra).

Pero, antes de existir los planetas, la estrella debe nacer y empezar a brillar. No hay duda de que esto sucede, porque lo vemos directamente al levantar los ojos en cualquier noche clara. Cómo se crea este balance entre la gravedad que fuerza un colapso y la energía nuclear que la hace brillar es todavía un misterio, y las diversas teorías que intentan explicarlo necesitan una confirmación. Así como el Webb ayudará a comprender cuáles son los mecanismos de formación de las estrellas y los sistemas planetarios, también contribuirá al estudio de la formación de las galaxias.

El Hubble nos enseñó cuán viejo es el universo y cuándo pudieron haberse creado las primeras galaxias. Pero, aunque sabemos dónde y cómo buscarlas, aún no podemos distinguir las. El Hubble llega a “ver” cómo era el universo hasta hace 13 220 millones años y, desde el otro extremo, las observaciones hechas en la banda de microondas nos muestran que, cuando tenía unos 380 000 de años, era una sopa de partículas subatómicas, que eventualmente se combinaron, y formaron átomos y el resto de lo que vemos. El Webb podrá realizar observaciones en esta área en la que aparecieron las

primeras estrellas, que fueron las que hicieron que los átomos neutros se ionizaran y empezaran a perder sus neutrones y electrones.

Este proceso fue incrementándose, y la cantidad de materia sin carga (sobre todo hidrógeno) fue cada vez menor porque estas zonas de ionización crecían y se combinaban entre sí. Al final, se terminaron las épocas oscuras en que la luz no podía ir mucho más allá de estas estrellas y el universo empezó a parecerse a lo que conocemos hoy.

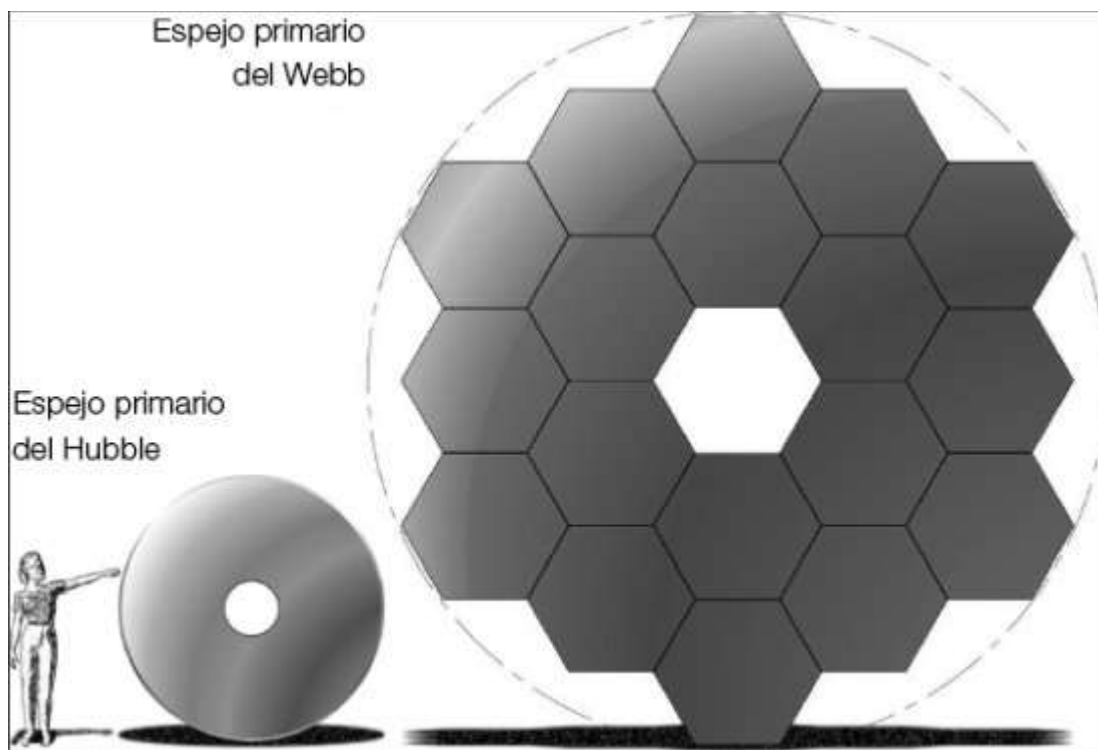


Imagen 26. Comparación de los tamaños de los espejos del Hubble y del Webb.

Como la radiación de estos objetos primordiales tardó tanto en llegar a nosotros (¡casi desde el principio de los tiempos!), la vemos en la banda infrarroja debido a que la expansión del universo, que fue descubierta por Edwin Hubble, hizo que también estas ondas se expandieran, es decir, que su longitud de onda se agrandara. Aunque lo que “salió” de la estrella era radiación ultravioleta, lo que vemos es radiación infrarroja.

Del mismo modo que contamos con hipótesis acerca de lo que pasó cuando se formaron estas primeras estrellas y galaxias, también tenemos ideas –que necesitan confirmarse con observaciones– sobre cómo se formaron las estructuras y filamentos que se ven en el universo. Sabemos que las enormes galaxias que vemos son resultado de colisiones y fusiones, pero no estamos seguros de que esto siga sucediendo (es decir, si era habitual en el pasado, si hubo una época en que era muy frecuente y después se calmó un poco para volver a comenzar más tarde). Entre otras cosas, el Webb permitirá explicar y determinar qué fue lo que pasó (y está pasando) con estas fusiones.

§. El telescopio Webb, un origami gigante

El espejo del Webb está formado por dieciocho segmentos hexagonales (cada uno de 1,3 metros), fabricados con berilio y recubiertos de una finísima película de oro que refleja de manera perfecta la radiación infrarroja. No todos los segmentos están pulidos con la misma curvatura ya que, al combinarse, cubren las

distintas zonas que forman el espejo principal. Tampoco están pulidos con la curvatura óptima, porque esta recién puede determinarse una vez armado y, sobre todo, cuando se encuentra a la bajísima temperatura que se necesita para realizar esa clase de observaciones.

Después de la pésima experiencia con el espejo del Hubble se puso especial énfasis en probar cada segmento por separado y en conjunto y, en particular, hacer estas pruebas a bajas temperaturas. También se testeará en forma exhaustiva el telescopio armado con todos sus componentes en el vacío y a bajas temperaturas, similares a las del espacio, en una cámara gigantesca del centro Johnson de la NASA (que es la que se usó para las pruebas de las naves del proyecto Apolo).

Los segmentos del espejo principal están montados en una estructura que los fija en su lugar y tienen soportes que les permiten moverse e inclinarse, y especialmente modificar su curvatura. Por ser un espejo compuesto por partes, una vez en órbita se va a monitorear la curvatura y ajustarla de ser necesario. Muchas de estas técnicas se aprendieron con telescopios terrestres cuyos espejos también estaban compuestos por segmentos (como, por ejemplo, los casos del Keck, del Gran Telescopio de Canarias y

del Gran Telescopio de Sudáfrica), pero nunca se hizo algo así en el espacio y tan lejos de la Tierra.

§. Los instrumentos del nuevo gran observatorio espacial

El Webb tiene cuatro instrumentos: una cámara (Near-Infrared Camera [NIRCam], cámara para el infrarrojo cercano), un espectrógrafo (Near-Infrared Spectrometer [NIRSpec], espectrómetro para el infrarrojo cercano), otro que produce imágenes y espectros (Mid-Infrared Instrument [MIRI], instrumento para el infrarrojo medio) y, por último, el FGS/NIRISS (Fine Guidance Sensor/Near Infrared Imager and Slitless Spectrograph, sensores de guía finos/cámara infrarroja cercana y espectrómetro sin ranuras), que sirve para apuntar el telescopio y tomar imágenes y espectros.

La NIRCam tiene un campo de vista y de resolución muy grande, y permite realizar observaciones entre 0,6 y 5 μm . Se usará para monitorear la calidad de las imágenes y para determinar si hace falta corregir la curvatura del espejo principal. Aparte, tiene otros dos modos de operación: uno permite obtener espectros con un prisma que tiene una red de difracción en uno de sus lados (grism) y el otro, usar un coronógrafo para estudiar objetos muy tenues que estén cerca de otro brillante.

El NIRSpec produce espectros entre los 0,6 y los 5 μm , y tiene un diseño revolucionario que permite observar cien objetos a la vez a través de su sistema de 248 000 microaperturas (cada una de 100 x 200 μm), que son independientes y pueden ser forzadas a estar

abiertas (si hay un objeto de interés en ese lugar del cielo donde está apuntada) o cerradas.



Imagen 27. El observatorio Webb plegado dentro del cohete que lo pondrá en órbita.

EL MIRI producirá imágenes de extraordinaria calidad, espectros con una resolución de 3000 entre los 5 y los 28,3 μm y también coronografías (es decir, permitirá sacar una foto de la estrella cubriendo su parte más brillante) a 10,65, 11,4 y 23 μm , y espectros

de baja resolución entre los 5 y los 10 μm . Tiene un solo detector, de 1024 x 1024 píxeles, cada uno de 25 μm .

El FGS/NIRISS es parte de la contribución de la Agencia Espacial Canadiense al proyecto, y funciona entre los 0,8 y los 5 μm .

§. Filtro solar factor un millón

Como vimos en el caso del Telescopio Espacial Spitzer, para realizar observaciones en el infrarrojo los detectores y el espejo deben estar muy fríos, a unos 233 °C bajo cero. Para eso, el Webb cuenta con un escudo protector de cinco capas muy finas, de unos 150 metros cuadrados cada una, que bloquean la luz y el calor. La protección que proveen es el equivalente a ponerse una crema contra quemaduras solares con un índice de protección solar de 1,2 millones (las que se usan para evitar quemaduras en pieles sensibles tienen un FPS de 40).

La órbita elegida para el Webb también ayuda a mantenerlo frío: estará en el punto Lagrangiano 2 (L2), un lugar del espacio en el que la gravedad del Sol, la Tierra y la Luna se compensan y los objetos ubicados en él mantienen su posición porque no son atraídos por ningún objeto celeste. L2 está a un millón y medio de kilómetros de la Tierra (tres veces la distancia a la Luna). Es decir, a diferencia de lo que ocurre con el Hubble, la Tierra no interferirá en la órbita del Webb.

El observatorio es tan grande que, para lanzarlo con el Ariane V (el mayor cohete activo actual),²⁸ es necesario plegarlo y enrollarlo. En el camino hay que empezar a abrirlo: el espejo principal está doblado en tres, el secundario y los tirantes que los mantienen en posición se encuentran plegados, y los escudos solares están enrollados; de ahí que parezca un origami. Todas las maniobras necesarias para “armarlo” fueron ensayadas muchas veces tanto con maquetas a escala como con los elementos reales.

El Webb tardará alrededor de tres meses y medio en llegar a L2. Como en el camino se empezará a hacer la implementación y la puesta en funcionamiento del observatorio, las primeras observaciones se harán más o menos un mes después del lanzamiento.

§. La era Big Science

Los Grandes Observatorios, en particular el Hubble (y esperamos que el Webb también), han logrado cumplir e incluso superar las expectativas. El conocimiento que ahora poseemos sobre el universo es mucho más profundo y radicalmente distinto del que se tenía unos pocos años atrás. Los descubrimientos nos llevaron a

²⁸ El mismo que se usó para poner exitosamente en órbita el primer satélite de comunicaciones argentino, el ARSAT-1, en octubre de 2014.

reevaluar desde la consideración de Plutón como un planeta hasta la composición del universo mismo, y nos marcaron el camino para lograrlo.

Si queremos ver detalles de un planeta que albergue vida y que sea del mismo tamaño que el nuestro, es necesario que el área colectora del telescopio sea grande. Si es un telescopio espacial, debe tener un espejo con un diámetro no menor a 8 metros, preferentemente de 16 metros (es decir, tres a seis veces el tamaño del Hubble). Además, sus instrumentos deben poder captar planetas que brillen cien mil millones de veces menos que su sol, que es la misma diferencia con la que se ven nuestro Sol y la estrella Sirio.

Esta es una de las preguntas, tal vez la más importante, que nos seguiremos haciendo al operar los telescopios terrestres y espaciales de las siguientes décadas.

Los primeros telescopios terrestres de esta nueva era de descubrimientos son:

- El Very Large Telescope (VLT, Gran Telescopio) del Observatorio Europeo Austral (ESO, European Southern Observatory), un conjunto de cuatro telescopios con espejos primarios de 8 metros que pueden funcionar juntos como si fueran uno solo o individualmente. VLT está en la cima del cerro Paranal, en el norte de Chile. VLT es actualmente el telescopio más avanzado para realizar observaciones astronómicas desde la superficie de la Tierra.

- El Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array (ALMA, Gran Telescopio Milimétrico/Submilimétrico de Atacama) es un conjunto de 66 radiotelescopios de 12 y 7 metros construidos en el Llano de Chajnantor, una planicie al norte de Chile ubicada a 5000 metros sobre el nivel del mar. ALMA fue inaugurado en marzo de 2013. Las antenas que lo componen pueden moverse y ubicarse de distintas maneras con una distancia mínima de 150 metros (todas bien, bien juntitas) hasta los 16 kilómetros. El ALMA es capaz de captar entre los 3 milímetros y los 400 μm con una resolución de 0,01 segundos de arco. Entre otras cosas, realiza observaciones sin precedentes de las zonas de formación estelar, del gas en otras galaxias y de objetos extragalácticos muy, muy lejanos, de cuando el universo tenía sólo 480 millones de años.



Imagen 28. El Gran Telescopio del Observatorio Europeo Austral en la cima del monte Paranal, en el norte de Chile.

Los nuevos observatorios que estarán funcionando en la era del Webb son increíbles:

- El Telescopio Europeo Extremadamente Grande (European Extremely Large Telescope E-ELT) cuenta con un espejo de 39 metros con 798 segmentos de 1,45 metro cada uno (el Webb tiene 18 de más o menos ese tamaño), estudiará otros sistemas planetarios y tratará de ver si las constantes de la física son

universales o cambian con el tiempo y/o el espacio. Empezará sus operaciones en 2024.²⁹



Imagen 29. Una fotografía de algunas de las antenas que componen ALMA.

- El Telescopio Gigante “Magallanes”, que con sus siete segmentos de 8,4 metros cada uno también hará descubrimientos en las áreas de evolución galáctica, poblaciones estelares y sobre la composición y naturaleza del universo.
- El Large Synoptic Survey Telescope (LSST, Gran Telescopio de Estudios Sinópticos) creará un mapa del universo en tres dimensiones.

²⁹ Este observatorio fue soñado a fines del siglo pasado por Roberto Gilmozzi, un astrónomo italiano que en ese tiempo estaba en el STScI trabajando para la Agencia Espacial Europea y al poco tiempo se incorporó al Observatorio Europeo Austral. Su sueño consistía en un telescopio con un espejo de 100 metros de diámetro (“¿Y por qué no? –me dijo una noche cenando en casa–. Pensá que lo que necesitamos es un salto cuántico, 30 o 40 metros no valen la pena... se van a ver muchas cosas, pero lo ‘grande’ está en 100 metros”). Las restricciones fiscales y la ingeniería lo volvieron a la realidad terminando en un telescopio con un espejo primario de 39 metros y con un costo de 1012,5 millones de euros para diseñar y construir.

- El Square Kilometer Array (Telescopio de un Kilómetro Cuadrado) es una colección de radiotelescopios distribuidos en un área de un kilómetro cuadrado, con una sensibilidad cincuenta veces mayor que la de los telescopios corrientes, y podrá observar las primeras galaxias y su evolución (como el Webb, pero a otras longitudes de onda).

Las mejoras en la velocidad de conexión a internet y la telefonía móvil, que dan acceso a aún más zonas, harán que la colaboración entre científicos y la combinación de observaciones con múltiples telescopios sean mucho más corrientes y sencillas. La importancia de los archivos también será mayor, porque se consultarán como enciclopedia de referencia para completar estos nuevos proyectos. Las colaboraciones entre astrónomos profesionales y amateurs (que tienen ahora acceso a los mismos datos) afianzarán la era de los ciudadanos-científicos, en la que proyectos masivos (como la clasificación de los miles de millones de objetos del Sloan Digital Sky Survey, catálogo digital Sloan) serán mucho más comunes.

La era de la Big Science que inauguró el Hubble se expandirá. ¡No podemos ni imaginarnos el contenido de los libros de astronomía que leerán nuestros nietos!

Capítulo 10

Una mirada personal

La primera vez que vi el Hubble, fue cuando emergió lentamente del baúl del transbordador Discovery en abril de 1990. El Discovery fue lanzado a eso de las 8:30 de la mañana del 24 de abril de 1990 desde el Centro Espacial Kennedy, en Florida, y todos los que trabajábamos en el Instituto del Telescopio Espacial pero no viajamos a presenciar el despegue nos reunimos con nuestras familias en el auditorio para ver el lanzamiento. Muchos fueron a sus puestos de trabajo casi de inmediato tras el despegue: luego de tantos años llegaba el momento en que las operaciones iban a empezar y había que comunicarse con el telescopio, saber cómo estaba y mandarle los comandos para que los ejecutara, esta vez, de verdad y en el espacio.

La excitación se esfumó al poco tiempo cuando las primeras imágenes resultaron borrosas y no se podían corregir. El espejo era perfecto, pero su curvatura era errónea (véase el capítulo 3). En esa época yo estaba a cargo de los asistentes de investigación que serían la primera línea de ayuda para que los astrónomos aprendieran a usar los datos del telescopio. Guiados por colegas con experiencia en observaciones de radio en las que había que hacer correcciones para obtener imágenes más nítidas, aprendimos a usar técnicas para mejorarlas. Nos organizamos para entrenarnos, primero entre

nosotros y, después, para transmitir esas técnicas al resto de la comunidad científica.

Fueron años difíciles porque, tras tanto esfuerzo (y tanto dinero), los resultados no fueron los esperados y las críticas no tardaron en llegar. Por suerte la solución estaba en camino, dado que ya había planes para visitar el telescopio en tres años.

Tuve oportunidad de estar con mi familia en el lanzamiento de la segunda y la cuarta (y última) misión de servicio. ¡Qué experiencia! Para la de 2009 nos encontrábamos sentados en las gradas a unos cinco kilómetros de la torre. Todos contamos los últimos diez segundos y, después, hubo un silencio total. A lo lejos se veía el transbordador, que empezaba a ascender de a poco con una luz muy brillante en los motores, hasta que llegó el ruido atronador y la Tierra tembló. Nadie se movía. Todos seguíamos con los ojos esa mole que subía cada vez más rápido. Por último, los cohetes auxiliares se separaron y fue entonces cuando empezaron los gritos y los aplausos.

Hasta ese momento crucial (un agujero en estos cohetes había sido el responsable de la catástrofe del Challenger), todos conteníamos la respiración. Después, al revisar las películas y constatar que nada había golpeado las alas (lo que produjo el accidente del Columbia), la tranquilidad fue total. En muy poco tiempo la nave estaba en el

espacio, y nosotros, pegados a las pantallas viendo trabajar a los astronautas.

Cada misión de mantenimiento era una aventura de la que participaba no sólo el personal que trabajaba en el Hubble, sino también las familias y los amigos. Durante la tercera misión las caminatas se hicieron de noche (para nosotros en la Tierra). Después de cenar nos íbamos bien abrigados a la casa de unos colegas para mirar los arreglos por el canal de cable de la NASA. Nuestros hijos, en pijama, acurrucados en el suelo, comentaban lo que veían. Sin duda muchas carreras, más de un plan y no pocas hipotecas se pusieron en juego en esos días. Recibir a las tripulaciones para festejar el éxito de las reparaciones también eran grandes acontecimientos, y nunca dejó de emocionarnos la oportunidad que estábamos teniendo al poder participar de esta aventura.

En ningún momento perdí la capacidad de asombro ni dejé de saber dónde me encontraba ni lo que estaba haciendo. Llamar a ganadores del Nobel por su nombre de pila y que reconocieran lo que uno había hecho, o trabajar para un astronauta que había viajado cinco veces al espacio y arreglado el Hubble en tres oportunidades no cambió a la persona que escribe estas líneas. Las maravillas que me ha permitido ver el Hubble, los descubrimientos que hizo y, en particular, las oportunidades de crecer en el plano profesional y de trabajar con un equipo internacional de astrónomos, ingenieros, programadores, expertos en bases de datos,

administrativos, empleados del gobierno, de la industria, profesores y alumnos es única, y me enorgullecerá siempre.

Apéndice 1

El Hubble por dentro

Este apéndice brinda una descripción más completa del telescopio Hubble, su óptica, los doce instrumentos científicos y el pseudoinstrumento de ingeniería que fueron instalados en el observatorio.

Los instrumentos

§. Cámara de objetos tenues (Faint Object Camera [FOC])

Esta cámara, uno de los instrumentos axiales con los que el Hubble fue puesto en órbita, consiste en un contador de fotones que permite obtener imágenes y espectros desde el ultravioleta hasta el óptico (desde alrededor de 110 nm a 650 nm).³⁰ También permite determinar la polarización (o sea, las distintas orientaciones en que se puede propagar la onda de luz) de los objetos que estudia; fue el primer instrumento que permitió alcanzar la resolución teórica del Hubble y es una de las contribuciones de la Agencia Espacial Europea al proyecto.

§. Espectrógrafo de objetos tenues (Faint Object Spectrograph [FOS])

³⁰ Recordando el capítulo 1, cuando hablamos de unidades, el nanómetro (nm) es una fracción del metro. Para la gente que usa guardapolvo, es 10⁻⁹m, y en palabras: un mil millonésimo de metro. Una distancia de un nanómetro es muy, muy pequeña: un cabello mide cien mil nanómetros, y un virus, alrededor de cien.

El FOS es uno de los dos espectrógrafos originales a bordo del Hubble y permite obtener espectros que están entre los 115 y los 850 nm (o sea, del ultravioleta al infrarrojo cercano).

La luz incidente atraviesa una de las aperturas, un polarizador (si se realizan observaciones de espectropolarimetría) y un filtro (de ser necesario), para luego ser dispersada por una red de dispersión o un prisma o reflejada por un espejo (cuando se quiere crear una imagen).

§. Espectrógrafo Goddard de alta resolución (Goddard High Resolution Spectrograph [GHRS])

El GHRS es el otro espectrógrafo original del Hubble y permite obtener espectros en el ultravioleta entre 115 y 320 nm.

Los siete dispersores, echelles para los cognoscenti, y los espejos utilizados para adquirir los datos están montados en un carrusel que puede girar. Dependiendo de la configuración utilizada, se pueden obtener o bien una imagen de la apertura de entrada o bien un espectro (de una o dos dimensiones).

§. Cámara de campo ancho y cámara planetaria (Wide Field and Planetary Camera [WF/PC])

La WF/PC (también conocida como WF/PC-1) fue la primera cámara en utilizar CCD (Charge Couple Devices, o en español, dispositivo de carga acoplada), tan comunes en las de hoy en día, en un observatorio espacial (recuerden que el telescopio se empezó a

diseñar en los años setenta). Era uno de los instrumentos originales del Hubble, cuyas imágenes, debido a la aberración esférica del espejo primario, no resultaron de la calidad esperada.

En realidad esta cámara eran dos: la planetaria, cuyo campo visual era del tamaño del planeta Júpiter, y la de campo ancho, con un espectro de 2,6 x 2,6 minutos de arco (tal como se vería una pelota de tenis a cien metros de distancia). Un prisma piramidal dividía la imagen proveniente del primario en cuatro haces que eran dirigidos a cada detector. Este prisma podía girar y, así, elegir entre los dos modos de operación del instrumento. Sus 48 filtros permitían observar desde los 115 nm (en el ultravioleta) hasta los 1100 nm (infrarrojo cercano).

§. Fotómetro de alta velocidad (High Speed Photometer [HSP])

El HSP también fue uno de los instrumentos originales del Hubble del que no suele hablarse demasiado, ya que se lo utilizó muy poco y fue reemplazado durante la primera misión de servicio, en diciembre de 1993, por el que permitió corregir la aberración de la FOC, del FOS y del GHRS. Aunque no fue fácil elegir qué instrumento retirar del telescopio durante esa misión de servicio, se decidió sacarlo porque la aberración esférica afectó mucho los resultados que se podían obtener, y era el que menos se usaba y el que tenía una tecnología ya superada en ese entonces.

§. Sensores finos para guiar (Faint Guidance Sensors [FGS])

Los FGS son los únicos instrumentos a bordo del Hubble que cumplen dos funciones: se usan para operarlo y, además, para realizar observaciones científicas de paralaje o movimientos propios, que se pueden obtener con una precisión de hasta 0,2 milisegundos de arco (un tamaño menor que el modo en que se vería una persona que estuviese en la Luna). También se usan para detectar los diámetros de los objetos, y si son dobles, para estudiar la estructura que está muy cerca de ellos y las variaciones en objetos estelares.

El Hubble cuenta con tres, y son los únicos instrumentos a bordo que no tienen una corrección a la aberración esférica del espejo primario. Permiten realizar observaciones de astrometría de objetos brillantes de hasta tercera magnitud³¹ (como son tan brillantes, resultan necesarios filtros de densidad neutra para atenuarlas alrededor de cien veces).

Varias generaciones de FGS fueron instalados a bordo del Hubble. Aprovechando el conocimiento adquirido al estar en órbita, los nuevos FGS se fueron modificando para optimizar su operación.

§. Cámara de campo ancho y planetaria 2 (Wide Field and Planetary Camera 2 [WFPC2])

La WFPC2 fue instalada a bordo del Hubble durante la primera misión de servicio, en diciembre de 1993, como reemplazo de la WF/PC. Está compuesta por cuatro CCD iluminados de manera

³¹ La magnitud es una medida del brillo de una estrella.

frontal y sus cámaras incluyen elementos ópticos para corregir la aberración esférica del espejo primario del Hubble.

El tamaño de la imagen en el modo planetario es el mismo que el de la WF/PC. Las imágenes que se obtienen con ella tienen forma de L porque sólo posee tres detectores para el campo ancho que se combinan con el planetario.

La WFPC2 contaba con 48 filtros que permitían obtener imágenes entre 120 nm (en el ultravioleta) y 1 μm (en el infrarrojo cercano).

§. Cámara infrarroja y espectrógrafo de objetos múltiples (Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer [NICMOS])

La NICMOS fue instalada durante la segunda misión de servicio, en febrero de 1997, en el lugar en que originalmente estaba el FOS, y sus tres cámaras permitían obtener imágenes y espectros en el infrarrojo cercano (desde 0,8 a 24 μm).

Como todo detector limitado por el fondo brillante del cielo, su manera de realizar observaciones es distinta de la de otros instrumentos, en los que basta con indicar la posición y empezar la exposición: además de la imagen del objeto de interés, es necesario obtener otra en un lugar cercano que sólo tenga “cielo” para “restársela” después a la primera.

Para operar una cámara infrarroja (tanto en telescopios terrestres como espaciales), los detectores y los filtros deben estar fríos porque, de lo contrario, el calor que emiten el telescopio, el instrumento y el medio ambiente que los rodea interfieren en las

observaciones. Por eso la NICMOS fue puesta en órbita con un bloque sólido de nitrógeno dentro de un termo, que permitía mantener una temperatura de operación de 212 °C bajo cero.

Al poco tiempo de entrar en operaciones se produjo un cortocircuito térmico y la cámara, que debía durar por lo menos cinco años, empezó a perder el nitrógeno aceleradamente. En enero de 1999 (dos años después de su instalación) perdió por completo su capacidad para permanecer fría y dejó de utilizarse.

Pero, por suerte, este no fue su fin. En 2002, durante la misión de servicio 3B se instaló una “heladerita”, que funciona con neón y permite bajar las temperaturas de los detectores y filtros lo suficiente para poder realizar observaciones. Lamentablemente, y por razones que se desconocen, esa “heladerita” dejó de funcionar en 2008 y no se la pudo reparar. Si bien es una pérdida, es más una pérdida de ingeniería porque, para esa época, ya casi nadie pedía utilizar NICMOS. En términos científicos, se siguió adelante usando otros instrumentos, en particular la cámara WFC3, instalada en mayo de 2009 durante la última misión de servicio, que permite realizar observaciones en el infrarrojo y la “suplanta”.

§. Espectrógrafo y productor de imágenes del telescopio espacial (Space Telescope Imaging and Spectroctrometer [STIS])

El STIS fue instalado en el telescopio durante la segunda misión de servicio, en febrero de 1997, para ocupar el lugar del GHRS. Puede producir tanto espectros como imágenes desde el ultravioleta al

infrarrojo gracias a la composición original de sus detectores, sus CCD y una nueva generación de contadores de fotones bidimensionales. Como estos últimos son muy sensibles, hay que protegerlos de fuentes brillantes, es decir que, antes de realizar cualquier observación, es necesario asegurarse de que no haya ningún objeto en su campo visual que pueda dañarlos.

La óptica del STIS incluye elementos que corrigen la aberración del espejo primario del Hubble. La rueda que incluye los dispersores se puede orientar en tres dimensiones a fin de elegir los elementos adecuados para realizar la observación (y combinarlos con la rueda que incluye las distintas aperturas).

En agosto de 2004, debido a una falla en uno de los circuitos electrónicos, el lado 2 ya no pudo usarse más (el lado 1 había dejado de hacerlo en mayo de 2001, cuando se quemó un fusible). Recién en 2009, durante la última misión de servicio, se cambió la plaqueta y volvió a funcionar.

§. Óptica correctora COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement)

COSTAR no es un instrumento propiamente dicho, ya que con él no pueden hacerse observaciones en forma directa porque no tiene detectores. Se trata de una caja con tres brazos –uno para la FOC, otro para el FOS y el último para el FOS–, en cuyas extremidades hay espejos que corrigen la aberración esférica del espejo primario.

Está hecho como modelo de ingeniería y cuenta con las mismas dimensiones que las de los instrumentos axiales.

Su construcción no sólo requirió precisión de ingeniería para garantizar que los brazos se extendieran hasta bloquear perfectamente las entradas de los instrumentos, sino también de óptica, para que los espejos tuvieran la “antiaberración” correcta y corrigieran los haces que entraban en los instrumentos.

Su instalación, durante la primera misión de servicio, permitió que los instrumentos axiales recuperaran su sensibilidad a cambio de modificar un poco su campo visual. Estaba ubicada donde se encontraba el HSP y en la última misión de servicio fue reemplazada por el espectrógrafo para observar los orígenes cósmicos (Cosmic Origins Spectrograph [COS]).

§. Cámara avanzada de investigación (Advanced Camera for Surveys [ACS])

La ACS es uno de los instrumentos axiales del Hubble que se construyeron con tecnologías heredadas de aquellos que estaban a bordo. Fue instalada en la misión de servicio 3A en el lugar que ocupaba la FOC y posee tres canales que permiten ver entre el ultravioleta y el infrarrojo cercano, obtener espectros (con un grism o un prisma), utilizar un coronógrafo para detectar objetos muy tenues que estén alrededor de uno más brillante y realizar observaciones polarimétricas. Una novedad que añadió este instrumento fue la incorporación de un filtro que no es sensible a la

luz del Sol pero sí a las radiaciones ultravioleta de los objetos celestes.

En 2006 una falla electrónica la dejó fuera de servicio durante un par de semanas, hasta que se reiniciaron las observaciones usando el lado 2, que cuenta con circuitos electrónicos redundantes. Lamentablemente volvió a fallar en enero de 2007, esta vez debido a un cortocircuito en la fuente. Se pudieron reiniciar las operaciones, pero sólo de manera parcial, hasta que, durante la última misión de servicio, los astronautas cambiaron varios de los circuitos que fallaron y eso restauró la mayoría de sus funciones.

§. Espectrógrafo para observar los objetos de origen cósmico (Cosmic Origins Spectrograph [COS])

El COS es un espectrógrafo que realiza observaciones sólo en el ultravioleta y aprovecha al máximo las posibilidades del Hubble. Fue instalado durante la última misión de servicio y ocupa el lugar de la COSTAR. Se construyó usando la caja y varios elementos del GHRS y complementa el STIS, el otro espectrógrafo a bordo del telescopio, ya que opera totalmente en el ultravioleta (desde los 90 nm hasta 320 nm).

§. Cámara de campo amplio (Wide Field Camera 3 [WFC3])

La WFC3 reemplazó a la WFPC2 y provee imágenes del mismo tamaño que ella. Fue instalada durante la última misión de servicio y, para construirla, se usó la caja de la cámara WF/PC. Tiene

incorporada óptica para corregir la aberración del espejo primario y poder observar en alta resolución desde los 200 nm (en el ultravioleta) a los 17 000 nm (en el infrarrojo), complementado así a la NICMOS y la ACS. Asimismo cuenta con 62 filtros que se pueden usar en el canal óptico/ultravioleta y 15 para el infrarrojo. También tiene un grism en el canal óptico/ultravioleta y dos en el infrarrojo, que permiten obtener espectros.

Las misiones de servicio

Después de haber sido puesto en órbita, el Hubble fue visitado cinco veces por astronautas de la NASA y la ESA para cambiar y arreglar algunos de sus instrumentos y partes.

§. Misión de servicio 1

Realizada en diciembre de 1993, fue uno de los proyectos más importantes de la NASA después del Apolo, porque la reputación y la propia continuidad de la agencia estaban en juego luego de las pobres condiciones en las que el Hubble había sido puesto en órbita. Por fortuna resultó un éxito total, que lo hizo renacer y empezar a producir los resultados y las imágenes tan espectaculares que todos conocemos.

§. Misión de servicio 2

En febrero de 1997 el transbordador Discovery transportó al equipo de astronautas que instaló la cámara infrarroja y un nuevo

espectrógrafo, y reemplazó los aparatos que servían para orientar y mantener en posición el telescopio. Los grabadores de cinta con los que fue puesto en órbita fueron cambiados por otros de estado sólido, como los que están en los reproductores de música portátiles que usamos actualmente.

§. Misión de servicio 3A

A fines de 1999, falló un cuarto giróscopo y esto hizo que el Hubble perdiera la movilidad para apuntar (sólo podía quedarse en una posición fija). Dada la envergadura del problema, se realizó una misión de urgencia para “salvarlo” que transportó todos los giróscopos que había que instalar y lo que estaba listo de las cosas que se iban a llevar en la misión originalmente programada. Se cambió la computadora, y se le agregó más memoria y mejores instrumentos de comando, además de tres FGS. El complemento de instrumentos no era grande, lo importante era que el Hubble siguiera hurgando el universo, y para eso había que cambiar los giróscopos.

§. Misión de servicio 3B

El resto de la tercera misión de servicio original se completó en marzo de 2002. Los astronautas instalaron nuevos paneles solares, la cámara ACS y la “heladerita” que enfrió la cámara NICMOS, y cambiaron otras partes del satélite que servían para orientarlo.

§. Misión de servicio 4

La última misión, que se realizó en mayo de 2009 a bordo del transbordador Atlantis, fue la más ambiciosa y compleja de todas. Además de instalar dos instrumentos (WFC3 y COS), reparar la aislación térmica del satélite y cambiar giróscopos, los astronautas arreglaron de una manera increíble dos instrumentos que no habían sido diseñados para ser arreglados en órbita de esta forma. No sólo tuvieron que extraer cientos de tornillos, sino que debieron cambiar placas, que, como sucede con las que hay dentro de un televisor en el que los distintos elementos están soldados a la base, tenían bordes afilados que podían cortarles los guantes. Uno de los tornillos de una de las manijas del STIS (las manijas habían resultado útiles antes para mover los instrumentos, pero en este caso fueron un problema) se trabó y no había forma de sacarla para acceder al interior del instrumento. Después de muchas deliberaciones y pruebas en Tierra se les indicó a los astronautas que la rompieran “tironeando”. (¿Qué? ¿Houston, me pueden repetir la orden?). La manija cedió y se logró cambiar la parte electrónica que había fallado (y colorín colorado, este espectrómetro está arreglado).

§. La verdadera y última misión del Hubble

Cuando –esperamos que en muchos años– el Hubble ya no funcione más (o todos los giróscopos se rompan, o los instrumentos fallen), se le instalará un cohete para que caiga de una manera controlada en

algún lugar del océano Pacífico, como se hizo con el Compton y la estación espacial Mir. En la misión de servicio 4 se agregó un arnés en la parte inferior para enganchar allí el cohete.

Apéndice 2

Donde se almacenan los ingredientes, se cocina la sopa, se la guarda calentita y se la distribuye lista para la cena

Cuando la NASA decidió construir el telescopio consideró que, además de ser una maravilla tecnológica y de ingeniería, se trataba de una empresa de interés nacional y científico. Por eso pidió asesoramiento a la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos sobre cómo operarlo. La Academia le recomendó que creara una institución controlada por la comunidad astronómica que estuviera a cargo de la parte científica, una institución pequeña que incluyera tanto astrónomos como personal técnico y de ingeniería y que representara los intereses de esa comunidad. Así fue como en 1981 se creó el Instituto del Telescopio Espacial, en la ciudad de Baltimore.

Sus responsabilidades fueron evolucionando con los años y se hicieron más evidentes en áreas técnicas como las encargadas del software y la ingeniería, y en la difusión y el uso pedagógico de los descubrimientos del Hubble. Como parte del arreglo entre la NASA y la ESA, entre el personal del instituto hay quince científicos e ingenieros trabajando en las operaciones científicas del observatorio. Esta colaboración empezó en la infancia del proyecto Hubble, cuando a mediados de los años setenta F. Duccio

Macchetto, en ese entonces a cargo de la parte europea de las operaciones del observatorio IUE,³² dirigió un estudio que promovió la colaboración entre las agencias espaciales. El hecho de que la ESA fuera una parte integral del proyecto ayudó no sólo en el aspecto financiero (la ESA “paga” con servicios, instrumentos u otros elementos del telescopio y con personal, no hay intercambio formal de dinero), sino que, al ser un proyecto internacional, fue más difícil cancelarlo gracias a los compromisos contraídos entre las agencias. Desde el principio fue un programa distinto. Por ejemplo, antes de que estuviera en órbita, un comité especial redactó los Proyectos Clave del Hubble, que contenían las investigaciones astronómicas que sólo con el Hubble podía realizar y que debían considerarse prioritarias. La más importante, sin duda, era determinar la edad del universo, pero ¡no era la única!

§. El Catálogo de estrellas guía

Dar indicaciones sobre una posición o señalar cómo llegar a un determinado lugar es relativamente fácil en la superficie de la Tierra (“siga derecho, en la esquina doble a la izquierda, y a doscientos metros está la pizzería” o “apunte el telescopio unos grados más arriba”); son instrucciones que se entienden y pueden ejecutarse. Pero en el espacio no existe arriba ni abajo, ni derecha ni izquierda, y hay que usar otras referencias. Por ejemplo, las estrellas de cuya

³² Y cuando se creó el STScI fue uno de los miembros de su dirección, aparte de ser también el científico a cargo de la FOC y jefe de la División de Telescopios Espaciales de la ESA.

posición se tiene certeza permiten saber a qué región del cielo se está apuntando.

El Hubble necesita encontrar el objeto celeste que va a observar y, al mismo tiempo, mantener esa posición fija y estática con muchísima exactitud. Si bien desde la antigüedad se compilaron catálogos de estrellas enumerando su posición y su magnitud, ninguno tenía la precisión necesaria como para impedir que el telescopio se moviera más de unos 0,007 segundos de arco (algo equivalente a mantener un rayo láser apuntando a una moneda que está a 450 kilómetros de distancia). Además, para poder operarlo hace falta identificar alrededor de cien estrellas guía en un área de un grado cuadrado (como comparación, el diámetro de la Luna llena vista desde la Tierra es de 0,5 grados). Por eso el instituto elaboró un Catálogo de estrellas guía para ser usado por el telescopio espacial.

Su elaboración empezó en 1982, cuando las mejores observaciones se realizaban sacando fotos en placas de vidrio en lugar de hacerlo en el celuloide, que se usaba en esa época para las que se tomaban durante las vacaciones. (Tengan en cuenta que recién estaban comenzando a desarrollarse las primeras cámaras con detectores electrónicos, como los de las cámaras de fotos corrientes que tenemos ahora.) Para realizar el Catálogo era necesario contar con una colección de placas que cubriera todo el cielo en ambos hemisferios y de manera uniforme. Esto se logró con un proyecto exclusivo para el telescopio espacial: se tomaron 1477 fotos en los

dos hemisferios; cada una de ellas fue digitalizada para poder analizarla, y cubría un área de 6,5 x 6,5 grados.

Después de un riguroso control de calidad en el que se separaron las estrellas de las “no estrellas” (o sea, los objetos no puntuales que aparecían en las imágenes), el Catálogo, que incluye un poco menos de 20 millones de objetos, estuvo listo, aunque se siguió trabajando para hacerlo más preciso, a fin de mejorar el sistema para apuntar el telescopio.

Como las placas se obtuvieron con un solo filtro y de una sola vez, no se contaba con información acerca de las características intrínsecas de las estrellas guía (lo que en astronomía se conoce como el color de las estrellas) ni se sabía cómo se movían (lo que en astronomía se denomina movimiento propio de las estrellas). Esto se solucionó en una segunda época tomando fotos con otros filtros, que también se digitalizaron pero con un sistema mejorado que permitía mayor certeza y que detectaba objetos más tenues. Con estos datos se armó el Segundo catálogo de estrellas guía.

La creación de estos catálogos fue revolucionaria, tanto por el uso general que se les dio como por las imágenes que se usaron para confeccionarlos. En el instituto se desarrolló un sistema que permitía obtener imágenes de una pequeña sección de cielo y esto resultó de suma utilidad para realizar observaciones desde la Tierra, es decir, para guiar los telescopios terrestres. Tanto el catálogo como las imágenes se convirtieron en el estándar que usan todos los observatorios en el mundo.

El primer catálogo conformó el Relevamiento Digital del Cielo (Digital Sky Survey [DSS]), que se distribuyó en CD y al que pudieron acceder astrónomos (profesionales y amateurs), alumnos y profesores (consideren que fue creado en la última década del siglo pasado, cuando el acceso a internet de banda ancha no era nada común). Aunque hoy en día, gracias a Google Sky o al WorldWide Telescope, estamos acostumbrados a navegar por el cielo en internet, no hay que olvidar que el precursor de estos sistemas (y del que se tomaron los datos para realizarlos) fue el DSS.

§. Ingeniería de sistemas aplicada a la ciencia

Otra gran contribución del Instituto del Telescopio Espacial fue el método que desarrolló para trabajar en un proyecto tan complejo. Su primer director, Riccardo Giacconi, lo bautizó con el nombre de “Ingeniería de sistemas aplicada a la ciencia”. La filosofía de Giacconi era que “se debía trabajar todos los días [...] de tal manera que cada uno de nosotros, y la astronomía en su totalidad, se enriquecieran con lo que hacíamos”.

No existe ningún misterio acerca del objetivo de esta metodología. En su forma tradicional, la ingeniería de sistemas se ocupa de diseñar, construir y operar grandes proyectos que, hasta el advenimiento del Hubble, se resumían en la construcción de represas, fábricas o cohetes para ir a Luna. Pero el Hubble fue el primer proyecto astronómico de esta magnitud y, en consecuencia, requería un enfoque especial.

¿En qué consiste? Simplemente, en pensar de una manera global cuál es la mejor aplicación o el mejor instrumento para resolver un determinado problema científico. Para hacerlo, es necesario considerar todos los aspectos e involucrar al personal experimentado, a fin de encontrar la solución que maximice los resultados que se buscan obtener con el observatorio.

Esta metodología se usa, por ejemplo, para diseñar los sistemas de reducción automática de datos, de conformación del archivo y de distribución de la información, y la secuenciación de las observaciones, así como también en el análisis de los resultados de los proyectos que utilizan más tiempo del telescopio.

Gracias al éxito que se obtuvo con el Hubble, esta metodología se adoptó en muchos otros proyectos, como el observatorio de rayos X Chandra o el diseño y construcción del telescopio VLT del Observatorio Europeo Austral. Fue así también como se trabajó para planear y construir las herramientas y los sistemas de apoyo de las misiones de servicio al Hubble.

No existe mejor legado que mostrar cómo hacer las cosas bien con ejemplos exitosos, y el indicador más evidente de este éxito es lo conocido que es el telescopio en todo el mundo. En el aspecto formal, el Hubble es el observatorio más productivo de la historia de la astronomía: cada año se publican en revistas especializadas alrededor de ochocientos artículos que usan datos tomados por él, en tanto que los observatorios terrestres generan menos de la mitad de estudios.

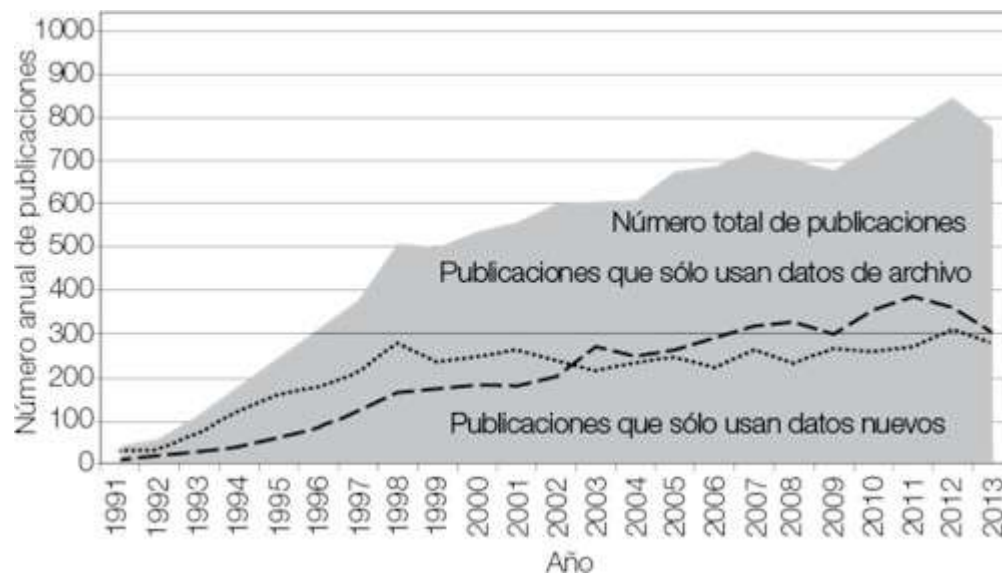


Imagen 30. El número anual de publicaciones que usan datos del Hubble. Es interesante notar que las que usan datos del archivo superan a las que usan datos nuevos.

Referencias y créditos

Para saber más, ver las imágenes y los espectros o trabajar con los datos de las misiones espaciales descritas en este libro se pueden consultar:

- Hubble: www.stsci.edu, www.hubblesite.org, hubble.nasa.gov
- Misiones de servicio del Hubble: hubble.nasa.gov/missions/intro.php
- Spitzer: www.spitzer.caltech.edu
- Chandra: chandra.harvard.edu
- Webb: www.jwst.nasa.gov

Las imágenes son cortesía de:

Imagen 2: basada en un diagrama creado por Krishnavedala y publicado en Wikimedia bajo la licencia Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International.

Imágenes 3, 5, 6, 7, 21, 22, 25 y 26: NASA.

Imagen 4: NASA, Mauro Giavalisco, Lexi Moustakas, Peter Capak, Len Cowie y el equipo GOODS.

Imágenes 8, 9 y 30: datos cortesía de STScI.

Imagen 10: NASA y el equipo Hubble Heritage (STScI/AURA).

Imagen 11: NASA, ESA y el equipo Hubble Heritage (STScI/AURA).

Imagen 12: NASA, Andrew Fruchter, el equipo ERO [Sylvia Baggett (STScI), Richard Hook (ST-ECF), Zoltan Levay (STScI)].

Imagen 13: izquierda: NASA, ESA, STScI; derecha e imagen 14: NASA, ESA, y S. Rodney (JHU) y el equipo FrontierSN, T. Treu (UCLA), P. Kelly (UC Berkeley) y el equipo the GLASS, J. Lotz (STScI) y el equipo Frontier Fields; M. Postman (STScI) y el equipo CLASH, y Z. Levay (STScI).

Imagen 15: NASA y ESA.

Imagen 16: izquierda, NASA, ESA, P. Kalas, J. Graham, E. Chiang, E. Kite (Universidad de California, Berkeley), M. Clampin (NASA Goddard Space Flight Center), M. Fitzgerald (Lawrence Livermore National Laboratory), y K. Stapelfeldt and J. Krist (NASA Jet Propulsion Laboratory); derecha: NASA, ESA, y P. Kalas (Universidad de California e Instituto SETI).

Imagen 17: R. Evans, J. Trauger, H. Hammel y el equipo HST Comet Science y NASA.

Imagen 18: izquierda: Robert Williams y el equipo Hubble Deep Field (STScI) y NASA; derecha: NASA, ESA, R. Windhorst (Arizona State University) y H. Yan (Spitzer Science Center, Caltech).

Imagen 19: Tim Otto Roth.

Imagen 20: NASA, ESA, Museo de Arte Walters y Z. Levay (STScI).

Imagen 23: NASA, CXC/M. Markevitch y otros, STScI, Magellan/U.Arizona/D.Clowe y otros, ESO WFI; Magellan/U.Arizona/D.Clowe y otros.

Imagen 24: NASA, CXC, SAO.

Imagen 27: Arianspace, NASA, ESA.

El telescopio de las estrellas: El Hubble www.librosmaravillosos.com Daniel Golombek

Imagen 28: J. L. Dauvergne & G. Hüdepohl-
atacamaphoto.com/ESO.

Imagen 29: ESO/B. Tafreshi twanight.org.

Las traducciones de los textos en inglés fueron hechas por el autor.

Bibliografía comentada

Guillermo Abramson, Viaje a las estrellas. De cómo (y con qué) los hombres midieron el universo, Buenos Aires, Siglo XXI, 2010.

Un libro sobre las medidas en astronomía y cómo se producen. Abramson detalla las distintas técnicas para determinar distancias y el modo en que fueron evolucionando con la mejora de los instrumentos.

Italo Calvino, “Al nacer el día” y “Todo en un punto”, en Las cósmicas, Barcelona, Minotauro, 1985.

Dos cuentos sobre la formación de estrellas y el Big Bang, por un maestro de la narrativa del siglo XX.

Elsa Rosenvasser Feher, Cielito lindo. Astronomía a simple vista, Buenos Aires, Siglo XXI, 2008.

La autora nos presenta una completa guía del cielo, con instrucciones de qué y cómo observar.

Riccardo Giacconi, Secrets of the Hoary Deep, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2008.

Un recuento personal del nacimiento de la astronomía en rayos X y del telescopio espacial Hubble, en el que el autor describe la metodología que estableció para manejar proyectos complejos en ciencias espaciales.

Marcelo Levinas, Las imágenes del universo. Una historia de las ideas del cosmos, Buenos Aires, Siglo XXI, 2006.

Una historia de las teorías cosmológicas de Occidente desde la antigüedad hasta el siglo XVII.

Malcolm Longair, *Alice and the Space Telescope*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1989.

Longair narra el desarrollo y lo que se esperaba del Hubble como si fuera un cuento y utilizando los personajes de Lewis Carroll.

Govert Schilling y Lars Lindberg Christensen, *Eyes on the Skies: 400 Years of Telescopic Discovery*, Noordwijk, the Netherlands, ESA, 2009.

Esta obra relata la historia de los telescopios espaciales actualmente en órbita y de los telescopios construidos por el Observatorio Europeo Austral.

Robert W. Smith, *The Space Telescope: A Study of NASA Science, Technology and Politics*, Cambridge, Nueva York, Cambridge University Press, 1989.

Smith nos presenta la historia definitiva del proyecto Hubble. Mediante entrevistas a todos sus protagonistas y documentos originales, da cuenta de los vaivenes políticos y científicos durante su larga historia, desde los primeros planes hasta la puesta en órbita.

Edward Weiler, *Hubble: A Journey through Space and Time*, Nueva York, Abrahams, 2010.

Weiler, astrofísico que estuvo involucrado en el proyecto Hubble durante una buena parte de su carrera en la NASA, en la que también se desempeñó como su director de Ciencia, cuenta aquí

brevemente la historia del telescopio y dedica la mayor parte de su libro a describir las imágenes más espectaculares.

Acerca del autor

Daniel Golombek

dannygolombek@gmail.com

Se crió en Olivos (provincia de Buenos Aires). Es licenciado en Física por la Universidad de Buenos Aires, máster en Física por The Johns Hopkins University y doctor en Astronomía por la Universidad Nacional de La Plata. Se incorporó al Instituto del Telescopio Espacial (Space Telescope Science Institute, STScI) en Baltimore, Estados Unidos, siendo estudiante de grado. A lo largo de su carrera en el instituto trabajó en todas las facetas de las operaciones científicas del telescopio espacial Hubble. Durante dos años y medio fue Científico Visitante en la sede central de la NASA, donde estuvo a cargo de los aspectos operativos de doce observatorios espaciales y tres programas de subsidios a la investigación. Al reincorporarse al instituto integró la oficina de Administración de Programas y más tarde la oficina del director como jefe de gabinete y, luego, jefe de Comunicaciones Estratégicas. Desde 2013 trabaja en la División de Educación del Instituto Americano de Física (American Institute of Physics, AIP).

