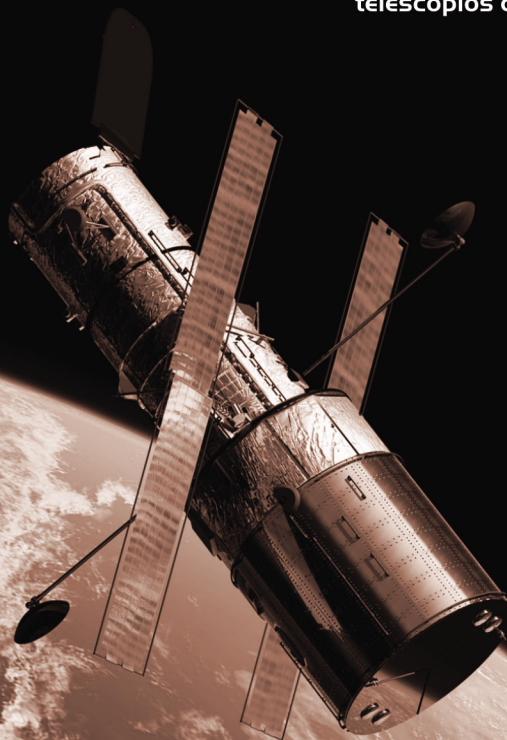


# PROGRAMA DE EJERCICIOS DE ASTRONOMÍA

**ESA/ESO**

Ejercicios de astronomía para estudiantes basados en  
observaciones del Telescopio Espacial Hubble de la  
NASA y la ESA, y de los  
telescopios del ESO



## INTRODUCCIÓN GENERAL





## Programa de Ejercicios de Astronomía de ESA/ESO

La Astronomía es una ciencia visual y accesible, lo que la hace ideal para propósitos educativos. En los últimos años la NASA<sup>1</sup>, la ESA<sup>2</sup>, el Telescopio Espacial Hubble y los telescopios del ESO<sup>3</sup> en los Observatorios de La Silla y Paranal en Chile han mostrado imágenes del Universo cada vez más profundas y espectaculares. Sin embargo, los telescopios del ESO y el Hubble no sólo han proporcionado nuevas imágenes sensacionales, sino que son también herramientas de incalculable valor para los astrónomos. Los telescopios tienen una resolución espacial/angular (nitidez de la imagen) excelente que permite a los astrónomos escudriñar el Universo a distancias mayores, nunca antes alcanzadas, y responder a preguntas sin resolver planteadas desde hace mucho tiempo.

El análisis de tales observaciones, aunque a menudo es muy sofisticado en cuanto a los detalles se refiere, es a veces suficientemente simple en principio como para dar a los estudiantes de secundaria la oportunidad de repetirlo ellos mismos.

Este programa de ejercicios ha sido producido por los socios europeos del proyecto Hubble, ESA (Agencia Espacial Europea), la cual tiene acceso al 15% del tiempo de observación del Hubble, junto con el ESO (Observatorio Europeo Austral).

El objetivo de este programa de ejercicios es presentar varios pequeños proyectos que contagiarán a los estudiantes parte de la entusiasmo y satisfacción de los descubrimientos científicos. Usando consideraciones físicas y de geometría elemental, el estudiante podrá obtener respuestas que son comparables a los resultados de análisis mucho más sofisticados descritos en la literatura científica.

Aquí damos una perspectiva general de la motivación y las ideas que hay detrás del Hubble y de las instalaciones del ESO, junto con una breve descripción de los telescopios, sus instrumentos y sus modos de operación, en detalle suficiente

como para clarificar los tipos de observaciones presentados en los ejercicios.

El lenguaje escogido para el Programa de Ejercicios de Astronomía de ESA/ESO es el inglés. Hay distintas razones para esta elección — es el lenguaje usado con mayor frecuencia entre los científicos. Un buen conocimiento y una experiencia práctica en el uso de este lenguaje es un valioso bagaje para todos los estudiantes, especialmente para textos en alguna medida técnicos como éste.

En la educación moderna se reconoce como importante cruzar barreras entre diferentes materias de estudio y conectarlas a través de actividades interdisciplinarias que desarrollan y fortalecen diferentes tipos de habilidades. Así, recomendamos el texto en inglés de estos ejercicios para que también pueda servir como un ejercicio en el uso práctico del inglés. Estamos haciendo lo posible por proporcionar versiones en algunos idiomas de los estados miembro de la ESA/ESO (ver los enlaces en <http://www.astroex.org>). Por otra parte, si se hace algún esfuerzo espontáneo para su traducción, estaríamos encantados de recibir estos ejercicios en otros idiomas (ver la última página de los ejercicios para conocer las personas de contacto).

Todos los ejercicios se construyen con un texto sobre el tema, seguido por una serie de cuestiones, medidas y cálculos. Los ejercicios pueden utilizarse bien como texto en una clase de formato tradicional, o bien pueden crearse grupos más pequeños y repartírselos como parte de un “trabajo de proyecto”, ya que los ejercicios son bastante autosuficientes.

Se ha procurado que los ejercicios sean independientes entre sí y puede elegirse una selección de ellos para ajustarse al tiempo disponible. Sin embargo, recomendamos que las partes relevantes de la sección Herramientas Matemáticas se trabaje junto con los estudiantes antes de trabajar en los ejercicios, a menos que el contenido les sea familiar.

<sup>1</sup>Administración Nacional Aeronáutica y del Espacio (en inglés National Aeronautics and Space Administration — cuyo acrónimo es NASA)

<sup>2</sup>Agencia Espacial Europea (en inglés European Space Agency — cuyo acrónimo es ESA)

<sup>3</sup>Observatorio Europeo Austral (en inglés European Southern Observatory — cuyo acrónimo es ESO).



## El Telescopio Espacial Hubble

El Telescopio Espacial Hubble fue desplegado desde la bahía de carga del Transbordador Espacial "Discovery" el 26 de Abril de 1990, sesenta y siete años después de que el pionero alemán en la investigación de cohetes H. Oberth apuntara las ventajas potenciales de realizar observaciones astronómicas desde el espacio, lejos de la atmósfera terrestre. Las primeras propuestas serias para un gran telescopio astronómico espacial fueron recibida por la NASA a principios de los años sesenta. Tras una serie de estudios de viabilidad, un programa conjunto NASA/ESA fue finalmente aprobado e iniciado en 1977. Con respecto a la resolución, el Hubble superaba el rendimiento de todos los telescopios en Tierra por un amplio margen, incluso aunque, con un espejo primario cuyo diámetro era de sólo 2.4 m, no es un telescopio grande.

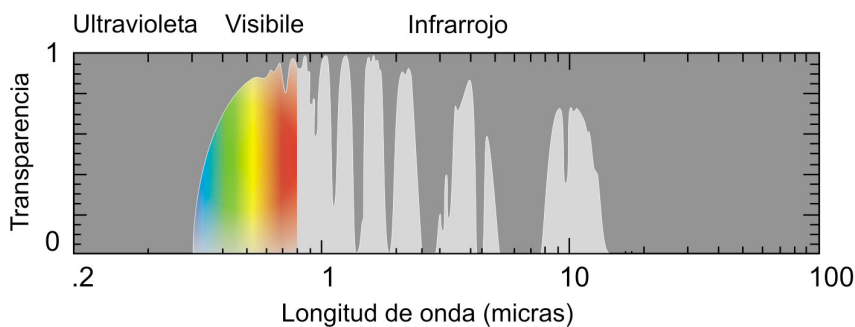
Todas las imágenes tomadas por los telescopios en Tierra están afectadas por distorsiones debidas a que la luz pasa a través de capas turbulentas de la atmósfera de la Tierra. Con independencia del tamaño del telescopio, este inevitable "emborronamiento" limita la resolución efectiva, que típicamente se puede obtener en las imágenes astronómicas basadas en Tierra, a aproximadamente medio segundo de arco (1 segundo de arco =  $1/3600$  grados). Sin embargo, en el espacio la luz se propaga libremente (las estrellas no titilan) y el rendimiento límite de cualquier telescopio se determina únicamente por la calidad propia de los elementos ópticos y la precisión con la cual puede mantenerse apuntado un objeto durante una exposición. Así, las imágenes tomadas por el Hubble muestran un detalle cinco veces mayor que unas imágenes similares tomadas desde Tierra. La resolución de las imágenes tomadas desde Tierra es aproximadamente equi-

valente a leer los titulares de un periódico desde una distancia de un kilómetro, pero ¡con el Hubble es posible leer a esa distancia también la letra pequeña!

Es en primer lugar esta drástica mejora de cinco veces en la calidad de la imagen lo que hace al Hubble tan especial. El Hubble no sólo capacita a los astrónomos para estudiar objetos astronómicos familiares a un nivel mucho mayor de detalle discernible, sino que también permite detectar y estudiar objetos desconocidos hasta la fecha varias veces más débiles que los observables desde Tierra. De esta manera, el Hubble ha aumentado el volumen del espacio que ha sido observado astronómicamente.

Los telescopios que operan en el espacio también son capaces de recoger luz radiada por objetos astronómicos en un rango mucho más amplio del espectro electromagnético que los telescopios basados en Tierra, los cuales están restringidos a longitudes de onda no absorbidas por la atmósfera (ver Fig. 1).

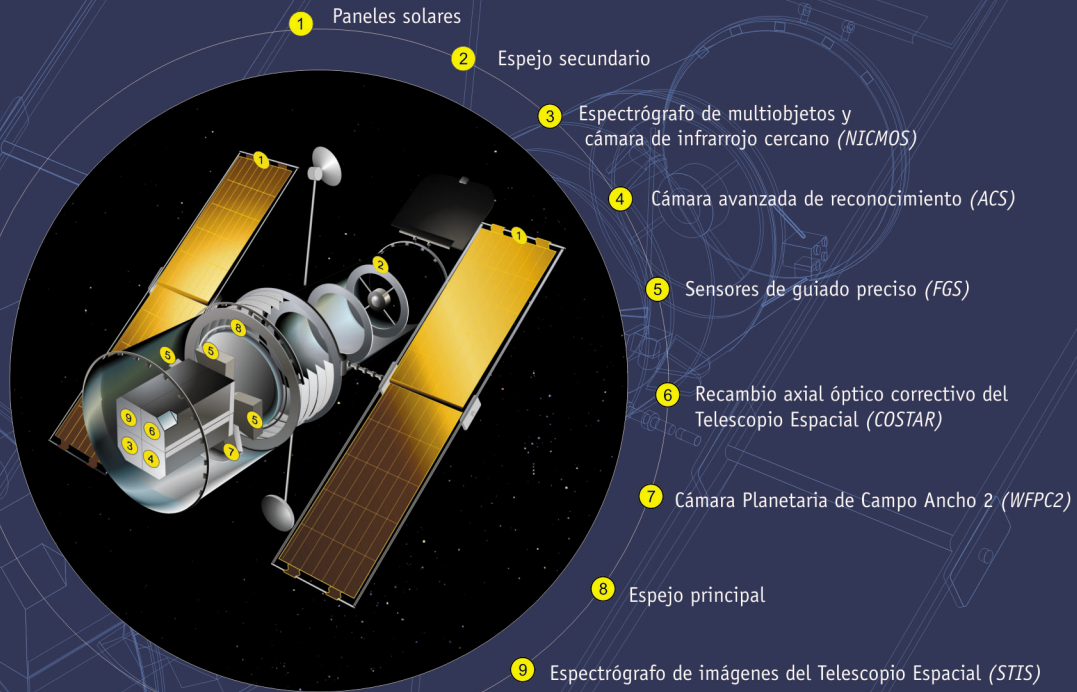
Esto significa que el Hubble no es solamente capaz de ver los objetos celestes en luz visible, sino también en ultravioleta e infrarrojo. La región espectral del ultravioleta es de particular importancia para los astrónomos, ya que contiene la mayoría de las llamadas "transiciones atómicas" de los elementos comunes. Todos los elementos químicos tienen su propia huella característica por ser capaces de absorber y emitir luz de unas determinadas longitudes de onda, y es identificando estas huellas en el espectro de los objetos celestes como puede determinarse su composición química, temperatura y propiedades físicas.



**Figura 1: Absorción de radiación por la atmósfera de la Tierra.**

Los objetos astronómicos emiten luz en un rango amplio de longitudes de onda, pero únicamente ciertas longitudes de onda pueden penetrar la atmósfera de la Tierra. El resto es absorbido y dispersado por la atmósfera. El diagrama muestra la transparencia de la atmósfera en función de la longitud de onda. Puede verse que la luz ultravioleta es casi totalmente absorbida o dispersada y que una gran parte de la radiación infrarroja también es absorbida.

# Telescopio Espacial Hubble



## Los Instrumentos

El complemento de instrumentos a bordo del Hubble — 2 cámaras, 2 espectrógrafos de imágenes y un conjunto de 3 sensores de guiado preciso— permite hacer una amplia variedad de observaciones.

La segunda Cámara Planetaria de Campo Ancho (WFPC2) es la cámara principal del Hubble. Es capaz de tomar imágenes del cielo a través de un rango amplio de filtros en una banda que se extiende desde la longitud de onda 1.000 nm en el infrarrojo cercano hasta 115 nm en el ultravioleta.

## La Nave Espacial

Espejo principal	Óptica Ritchey-Chrétien	2.4 m
Longitud total		15.9 m
Diámetro (paneles solares plegados)		4.2 m
Paneles solares desplegados		12.1 m
Peso		11,110 kg
Precisión de apuntado	7 milisegundos de arco durante 24 horas	

## La Órbita

Altitud (inicial)	598 km
Inclinación respecto al ecuador	28.5 grados
Tiempo de vida de la misión	20 años (hasta el 2010)

Más información general y técnica acerca del Telescopio Espacial de la NASA y la ESA puede encontrarse en el Centro de Información de la Agencia Espacial Europea del Hubble: <http://hubble.esa.int>

## El Telescopio VLT del ESO

El Telescopio VLT (Telescopio Muy Grande) del ESO es el telescopio óptico-infrarrojo más grande del mundo. Las iniciativas dirigidas a la realización de un gran telescopio europeo comenzaron ya a finales de los setenta. El diseño básico del VLT fue concienzudamente discutido entre los astrónomos europeos a principios de los ochenta. Basado en un concepto meticuloso y un plan financiero asociado para la construcción y la subsiguiente fase de operaciones, el Consejo del ESO dio luz verde al proyecto del VLT en Diciembre de 1987.

El ESO, una organización de investigación intergubernamental, fue fundada en 1962 por Bélgica, Francia, Alemania, Holanda y Suecia, "deseosos de crear conjuntamente un observatorio equipado con instrumentos potentes en el Hemisferio

Sur y consecuentemente promover y organizar la cooperación en la investigación astronómica". Desde entonces Dinamarca, Italia, Portugal y Suiza se han unido al proyecto. El Reino Unido se unió en el año 2002. Más recientemente, otros países han expresado también su interés de unirse al ESO.

El ESO opera en dos excelentes observatorios, Paranal y La Silla. Cerro Paranal, una montaña de 2635 m (24 grados 37 minutos Sur, 70 grados 24 minutos Oeste), se encuentra al norte de Chile, a 12 km del Pacífico, a 130 km al sur de Antofagasta, a 1200 km al norte de Santiago de Chile y a 600 km al norte de La Silla. Esta localidad se encuentra en una de las áreas más secas de la Tierra, el Desierto de Atacama. Ya que el mal tiempo es el mayor enemigo de los astrónomos, el ESO llevó a cabo unos extensos estudios climáticos antes de elegir Cerro Paranal como el lugar adecuado para el VLT. En este lugar hay hasta 350 noches claras por año.

El VLT se compone de cuatro telescopios unidad (UT) de 8.2 m cada uno; esta medida indica el diámetro de los cuatro espejos principales. Los espejos secundarios y terciarios son mucho más pequeños. Cuando la luz pasa a través de la atmósfera de la Tierra, las imágenes se distorsionan: esto es por lo que las estrellas titilan. El sistema de óptica adaptativa se ha desarrollado para corregir este efecto indeseable, de forma que las imágenes registradas por el telescopio llegan a ser tan nítidas como si el VLT estuviera en el espacio.

El VLT está equipado con muchos instrumentos astronómicos diferentes. Los cuatro telescopios de 8.2 m entraron en operación a finales de 2000. Muchos resultados científicos apasionantes han sido ya obtenidos.

Se están construyendo tres Telescopios Auxiliares (AT) de 1.8 m. Es posible usar cada UT de forma independiente o, cuando finalice las construcciones de los AT, combinar todos los telescopios en un Interferómetro VLT (VLTI). El VLTI tendrá la misma nitidez de imagen que tendría un telescopio de 200 m de diámetro. Las primeras observaciones con el VLTI tendrán lugar en 2001.

### Figura 2: Mapa de Chile

Se indica la localización de los dos observatorios de ESO en Chile, La Silla y Paranal.



## El Telescopio VLT del ESO

### ANTU y FORS

Los trabajos de construcción en Cerro Paranal comenzaron en 1991, y seis años más tarde, en 1997, llegó el primero de los cuatro espejos a su destino final. Tras la instalación, ANTU (UT1) vio la luz, tal y como estaba programado la noche del 25 al 26 de Mayo de 1998. ANTU significa (El Sol) en el idioma Mapuche. Los otros tres telescopios gigantes vieron la luz en Marzo de 1999, Enero de 2000 y Septiembre de 2000, respectivamente.

Los UT del VLT tienen monturas llamadas altacimutales. En tales monturas el tubo del telescopio se mueve alrededor del eje horizontal (el eje de altura). Los dos rodamientos que soportan el tubo, se montan sobre una horquilla que rota alrededor del eje vertical (el eje azimutal) permitiendo así apuntar a cualquier punto del cielo.

El 15 de Septiembre de 1998, FORS1 (Espectrógrafo y Reductor Focal, en inglés Focal Reducer and Spectrograph — cuyo acrónimo es FORS1), montado sobre ANTU, vio la luz e inmediatamente

comenzó a obtener excelentes imágenes astronómicas. FORS1 y los demás instrumentos del VLT han abierto nuevas oportunidades para la Astronomía Europea.

FORS1, y su gemelo (FORS2), son el producto de uno de los estudios tecnológicos más concienzudos y avanzados nunca realizados en un instrumento astronómico basado en Tierra. Los instrumentos FORS son “instrumentos multi-modo” que pueden usarse en varios modos diferentes de observación. Por ejemplo, es posible tomar imágenes con dos escalas diferentes (con diferentes aumentos) y pueden obtenerse espectros de diferentes resoluciones de uno o múltiples objetos. De este modo, FORS puede detectar primero las imágenes de galaxias lejanas e inmediatamente grabar sus espectros de forma que puedan encontrarse el tipo y las distancias de esas estrellas en las galaxias.

Más información acerca del VLT del ESO pueden encontrarse en: <http://www.eso.org>.

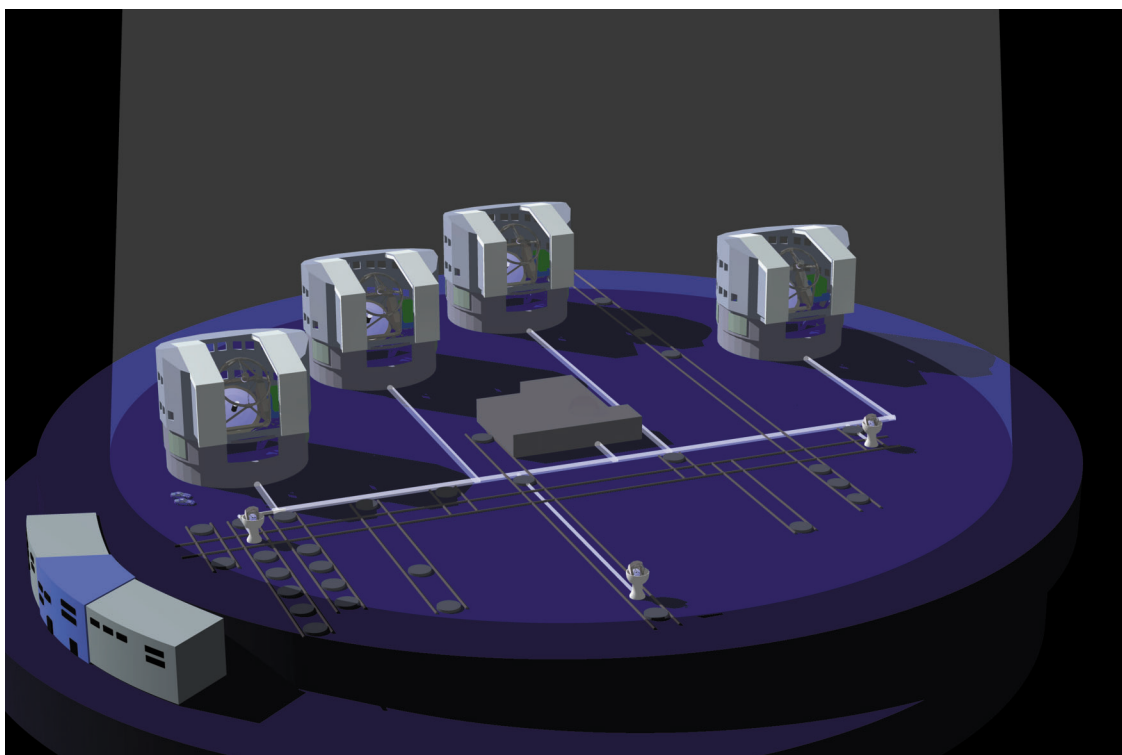


Figura3: Un esquema del interferómetro VLT



[www.astroex.org](http://www.astroex.org)

