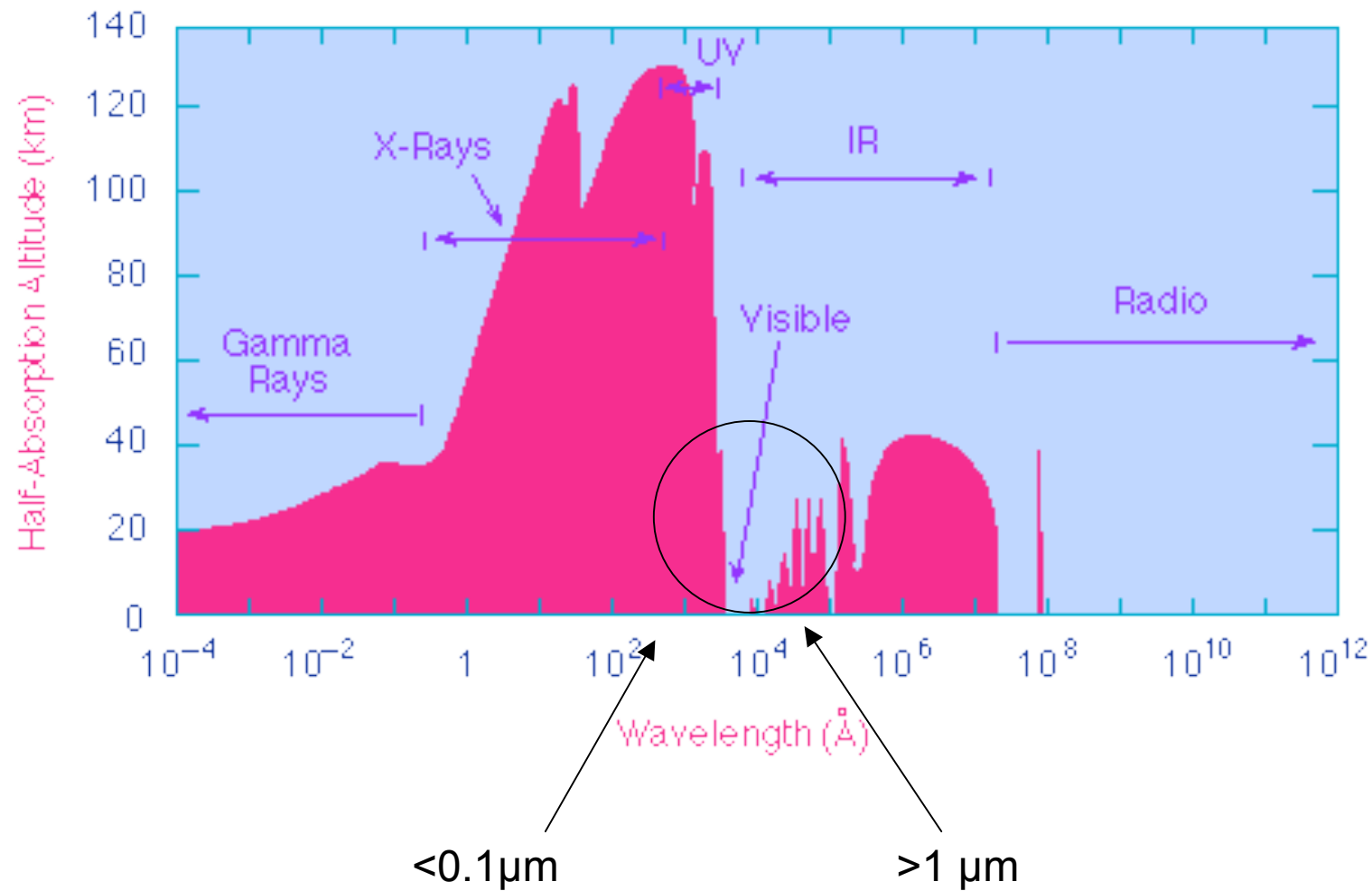


# Astronomía infrarroja cercana, óptica y ultravioleta



# Observaciones en los 3 rangos

## Visible:

- La astronomía tradicional - pero se han hecho avances en resolución y sensibilidad

## Rango UV:

- Solo accesible desde el espacio - la atmósfera bloquea radiación  $\lambda < 350$  nm
- Telescopios igual que en el visible, solo necesita superficie más lisa y reflejante en el UV

## Rango IR cercano:

- Atmósfera es un problema pero hay "ventanas"
- Se pueden usar los mismos telescopios como para observaciones en el visible
- También hay telescopios dedicados

# Avances tecnológicas en el visible: Detectores

## Placas fotográficas:

- 1845: Primeras fotografías del disco solar
- 1870: Placas usables de noche para observaciones de estrellas
- Posibilitan:
  - Resultados se pueden objetivar mas
  - Estudiar resultado al día siguiente
  - Hacer observaciones más profundas que el ojo

## 1980s: Desarrollo de los "Charge coupled devices" (CCDs)

- Eficiencia de captar fotones hasta más de 70% (placas fotográfica sólo de 2%) → aumento en eficiencia
- Posibilidad de estudiar resultados de una observación de inmediato en el ordenador
- Posibilidad de usarlos en satélites y mandar datos a la tierra

# Avances tecnológicas en el visible: Telescopios

A partir de finales del siglo 19 se construyeron algunos telescopios grandes, todos en Estados Unidos debido a donaciones de personas ricas, convencidos por el astrónomo **George Ellery Hale**.

**James Lick** (1796-1876), un fabricante de pianos, donó 700 000 \$ para construir "un telescopio potente, superior a cualquier telescopio que se ha construido antes...y también un observatorio asociado". Este telescopio (de 90cm diámetro) se inauguró en 1888 (encima de la tumba de Lick).

**Charles T. Yerkes** (1837-1905) financió el **Yerkes Observatory** de la Universidad Chicago. Se construyó un telescopio de 1 m (1897), 10cm más grande que el de Lick

Hale construyó con financiación de J. Hooker y Carnegie Institution of Washington un telescopio de 1.5m y otro de 2.5m (1917) en **Mount Wilson**. (En su momento, cada telescopio era el más grande del mundo)

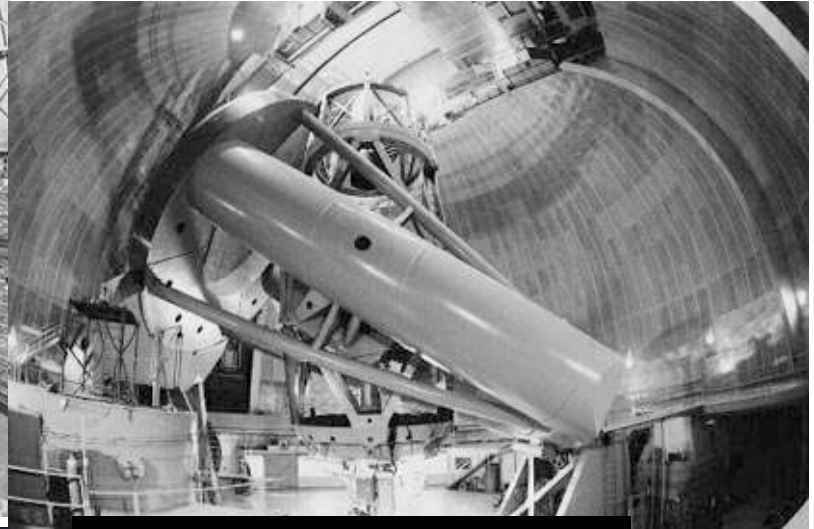
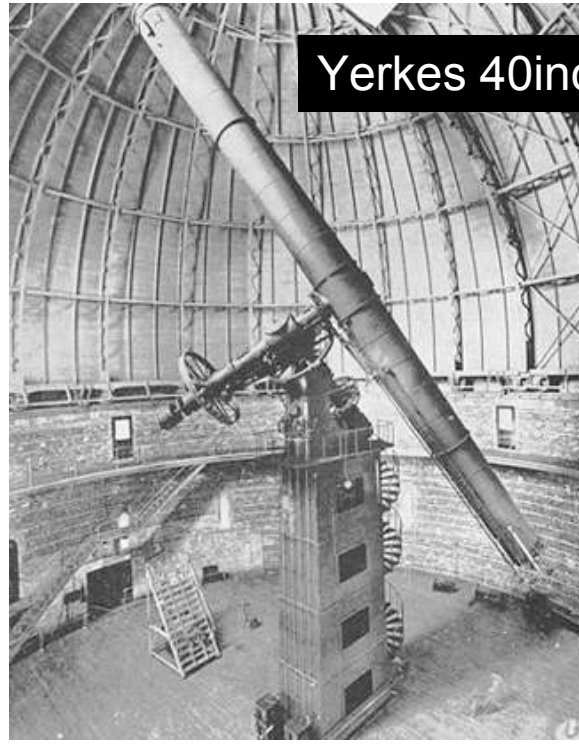
1948: Construcción del 200inch (=5m) telescopio en **Mount Palomar** (propuesta de Hale) → era el telescopio más importante hasta los años 1980.

→ En los años 1950, los telescopios más importantes del mundo eran privados, en mano de un grupo pequeño de astrónomos EEUU

Lick 36 inch refractor



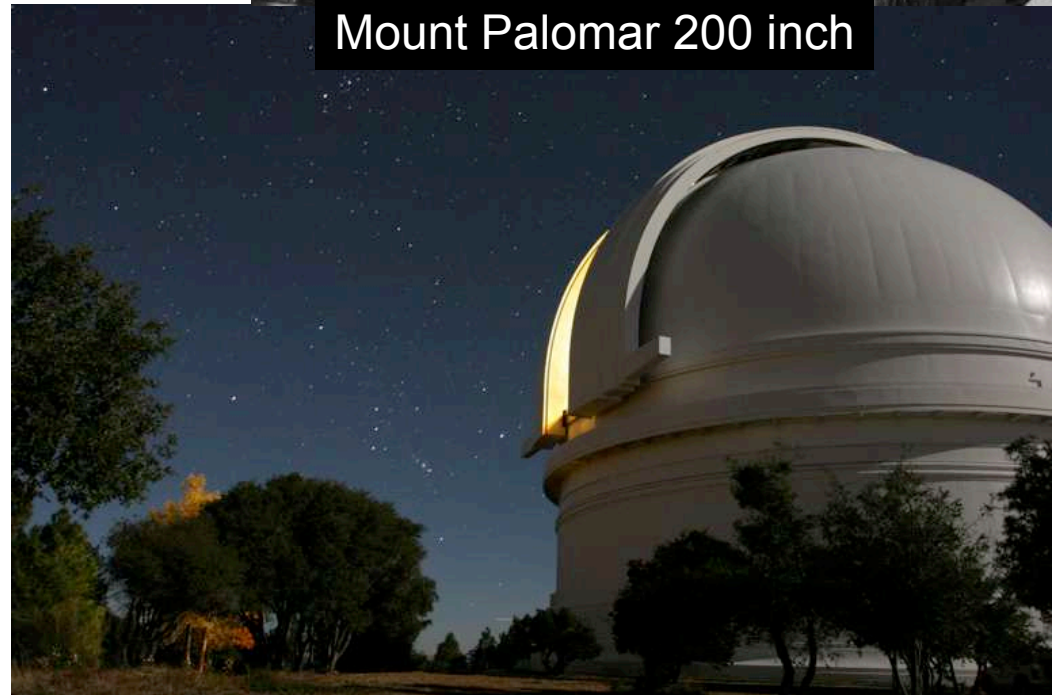
Yerkes 40inch refractor



Mount Palomar 200 inch



100 inch (2.5m) en Mount Wilson. Con este, Hubble descubrió la expansión del universo



# Avances tecnológicas en el visible: Telescopios grandes

A partir de los años 1970:

- Espejos con  $\approx 4\text{m}$  diametro (máximo posible con el diseño clásico)
- Grandes telescopio en la hemisferia sur

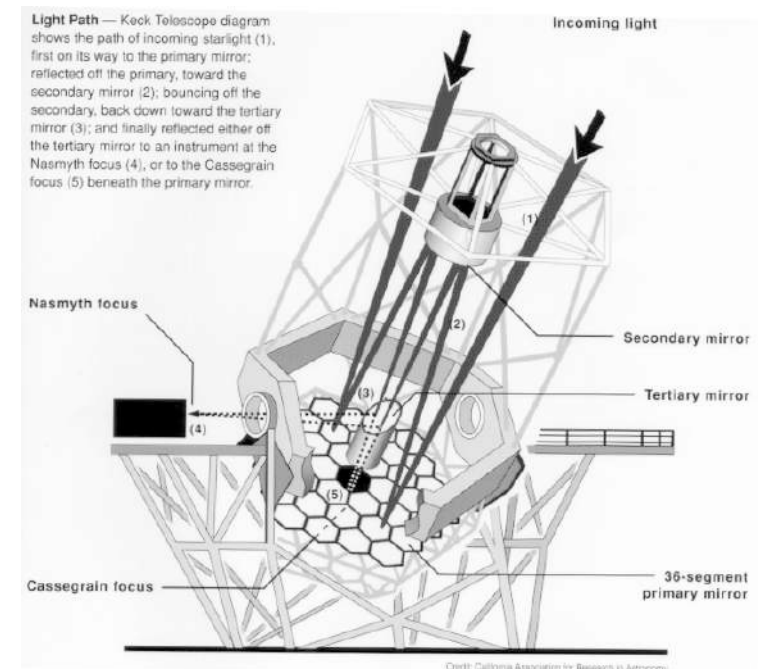
Algunos ejemplos:

- 1971: 3.6m en La Silla (Chile) de la ESO (European Southern Observatory)
- 1973: 3.8m Kitt Peak (Arizona) (EEUU)
- 1976: 3.8m Cerro Tololo (Chile) (EEUU)
- En los 70: 3.9m Anglo-Australian Telescope (New South Wales)
- En los 70: 3.6m French-Canadian telescope en Mauna Kea (Hawaii)
- En los 70: Telescopios en La Palma por España, Gran Bretaña, Dinamarca y Suecia

# Avances tecnológicas en el visible: Telescopios grandes

- Gran diámetro: 8 a > 10m posible desde los año 1990
    - Más sensibilidad
    - Problema de construcción → se deforma por su propio peso
    - Solución:
      - Espejos monolíticos delgados
      - Espejos segmentados
- En los dos casos hace falta óptica adaptiva para apoyar espejos y mantenerlos en forma  
Imprescindible: Ordenadores potentes

- Hoy hay 12 telescopios con diámetros de más de 8 metros en el mundo - uno de ellos español: Gran Telescopio Canarias (GTC) (Canarias, España)





Los telescopio Keck :

- Espejos de 10m
- Pagado por la fundación Keck y con acceso para varios universidades californianas y la NASA

GTC:

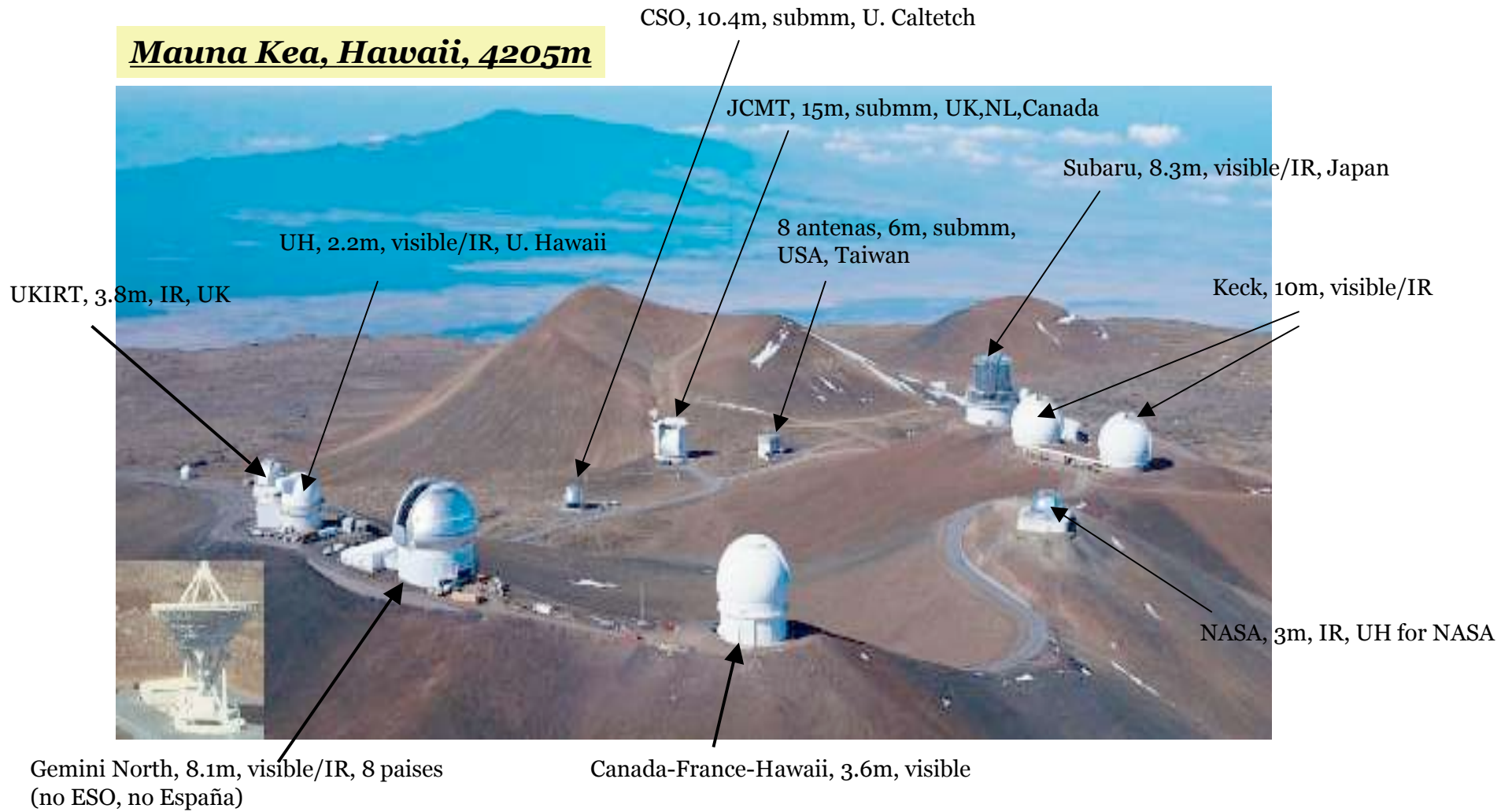
- Espejo de 10.4m
- Proyecto español, con participación mejicana y de EEUU
- En funcionamiento desde 2008





# Algunos sitios importantes con telescopio

## ***Mauna Kea, Hawaii, 4205m***



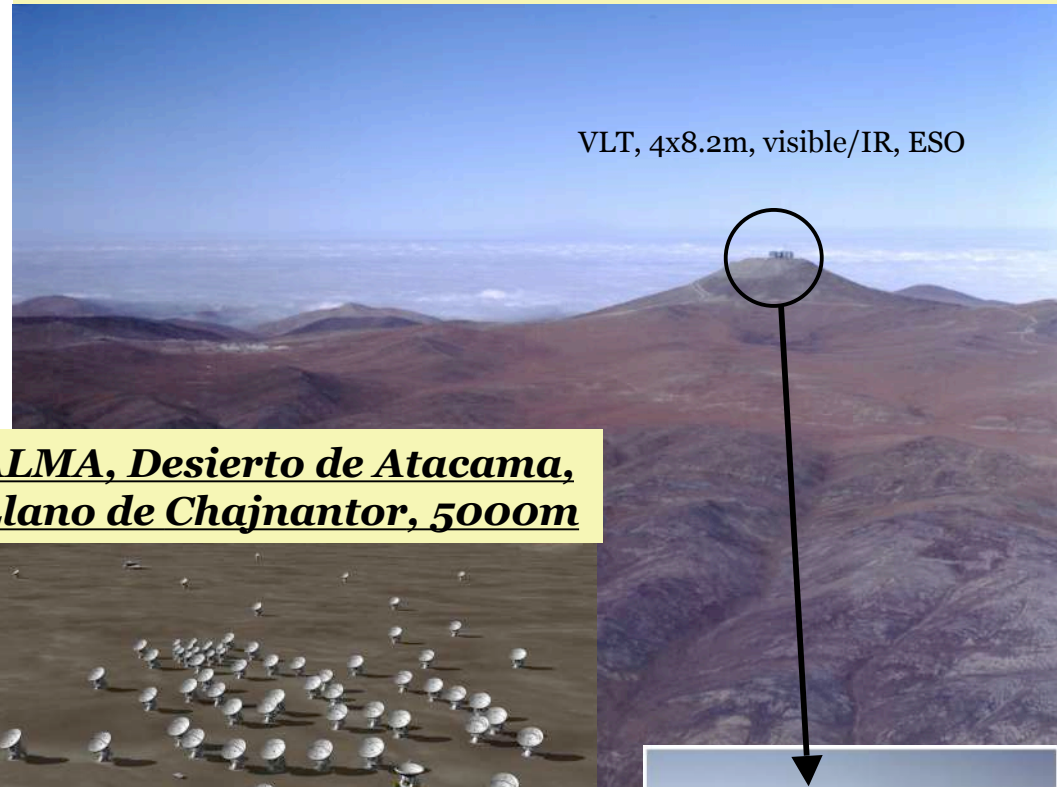
**CHILE**

***La Silla, Chile, 2400m***



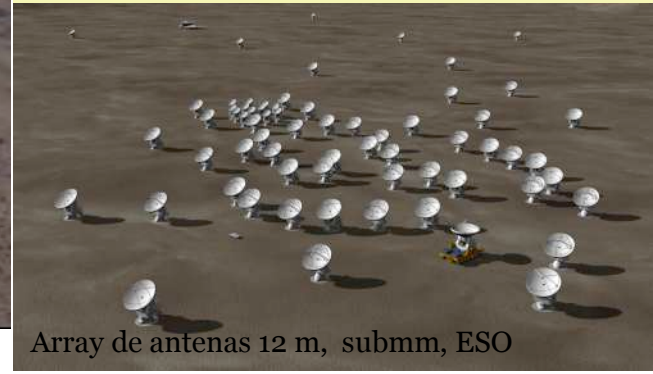
© ESO Education & Public Relations Department  
Latitude 29° 15' south & Longitude 70° 44' west

***Cerro Paranal, Desierto de Atacama, Chile, 2600m***



VLT, 4x8.2m, visible/IR, ESO

***ALMA, Desierto de Atacama, Llano de Chajnantor, 5000m***



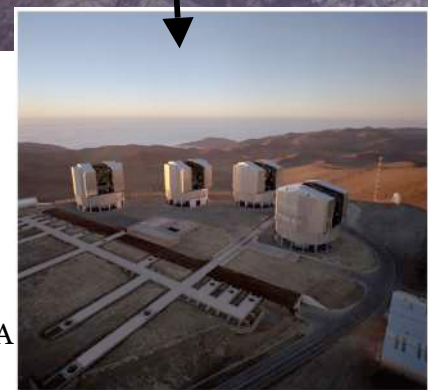
Array de antenas 12 m, submm, ESO  
© ESO Education & Public Relations Department

***Cerro Pachón, Chile, 2740m***



SOAR 4.1 m, visible/IR, Barzil, USA  
Gemini South, 8.1m, visible/IR

Latitude 30° 14' 16.8" S & Longitude 70° 44' 01.4" W



The VLT Array on the Paranal Mountain

Además,

- Las Campanas (Magellan, 2 x 6m, USA)
- Cerro Tololo (CTIO)

ESO PR Photo 14a/01 (24 May 2000) © European Southern Observatory

**Roque de los Muchachos, La Palma, 2400m**



TNG, 3,9m, visible/IR  
Italia

GTC, 10m, visible/IR  
España+México+U. Florida

NOT, 2.5 m, visible/IR,  
Nórdico

WHT, 4.2 m, visible/IR,  
UK,NL,España

INT, 2.5 m, visible/IR,  
UK,NL,España

**Además:**

- MAGIC, 2 x 17m Cherenkov telescope
- Torre solar sueca + Torre Holandesa
- experimento SUPERWASP
- Mercator telescope, 1.2m,Bélgica
- Liverpool robotic telescope, 2m
- The Carlsberg Meridian Telescope

**España**



Telescopio de 30m del  
Instituto de Radioastronomía  
Milimétrica (IRAM) en Sierra  
Nevada

**Calar Alto, Almería, 2170m**



1.23 m, visible/IR, Alemania+España

2.2 m, visible/IR,  
Alemania+España

3.5 m, visible/IR, Alemania+España

Avances tecnológicas en el visible:  
**Óptica activa y adaptiva**



Óptica activa:

- Corrige la forma del espejo en función de la temperatura y la elevación
- Es necesario para un buen rendimiento de espejos grandes

Óptica adaptiva:

- Corregir las fluctuaciones de la atmósfera
- Primero hay que medir estas fluctuaciones
- Necesita una estrella de referencia.
- Como no siempre hay estrellas cerca se produce “estrella artificial” con laser cuyo luz refleja de la atmosfera alta

# Avances tecnológicas en el visible: Interferometría óptica

Se combina de forma coherente la señal recibido por dos o más antenas

Ventajas:

- **Más sensibilidad** (más superficie de antena)
- **Mejor resolución angular**: Se simula la resolución de una antena con diámetro igual a la distancia entre las antenas

Se puede hacer en:

- Keck
- Very Large Telescope (ESO, Chile):
  - 4 telescopios de 8.2m
  - Diseñado desde el comienzo para el uso interferométrico
  - El primer telescopio se puso en marcha en 1999, ahora funcionan los 4 y se hace interferometría combinando 2x2 telescopios



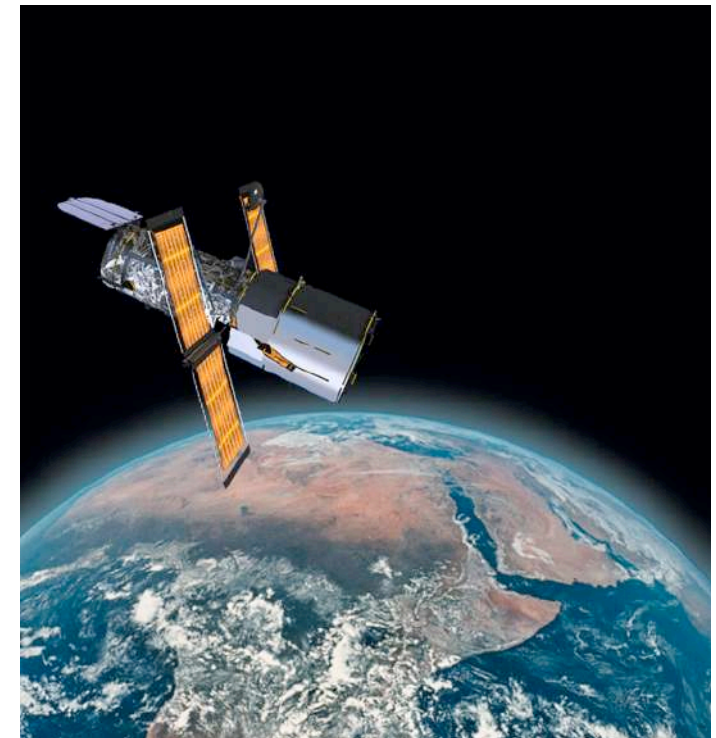
VLT at Paranal

# Avances tecnológicos en el visible: Hubble Space Telescope

Un largo camino.....

- Primera ideas hace tiempo (1923 por Hermann Oberth, científico de tecnología de cohetes)
- 1946 propuesto por astrofísico Lyman Spitzer
- Una motivación: Resolver estrellas Cefeides y determinar la constante de Hubble.
- Discusiones serias sobre un "Large Space Telescope"
- A partir de los 1970s
  - Telescopio de gran tamaño era demasiado caro
  - Hacerlo más barato
- 1977: contrato entre NASA y ESA sobre colaboración de un Space Telescope
- Construcción empezó en 1979
  
- Es el único satélite en el rango visible

- Observa UV → IR
- Diametro del espejo: 2.4m
- Resolución angular:  $\approx 0.1''$

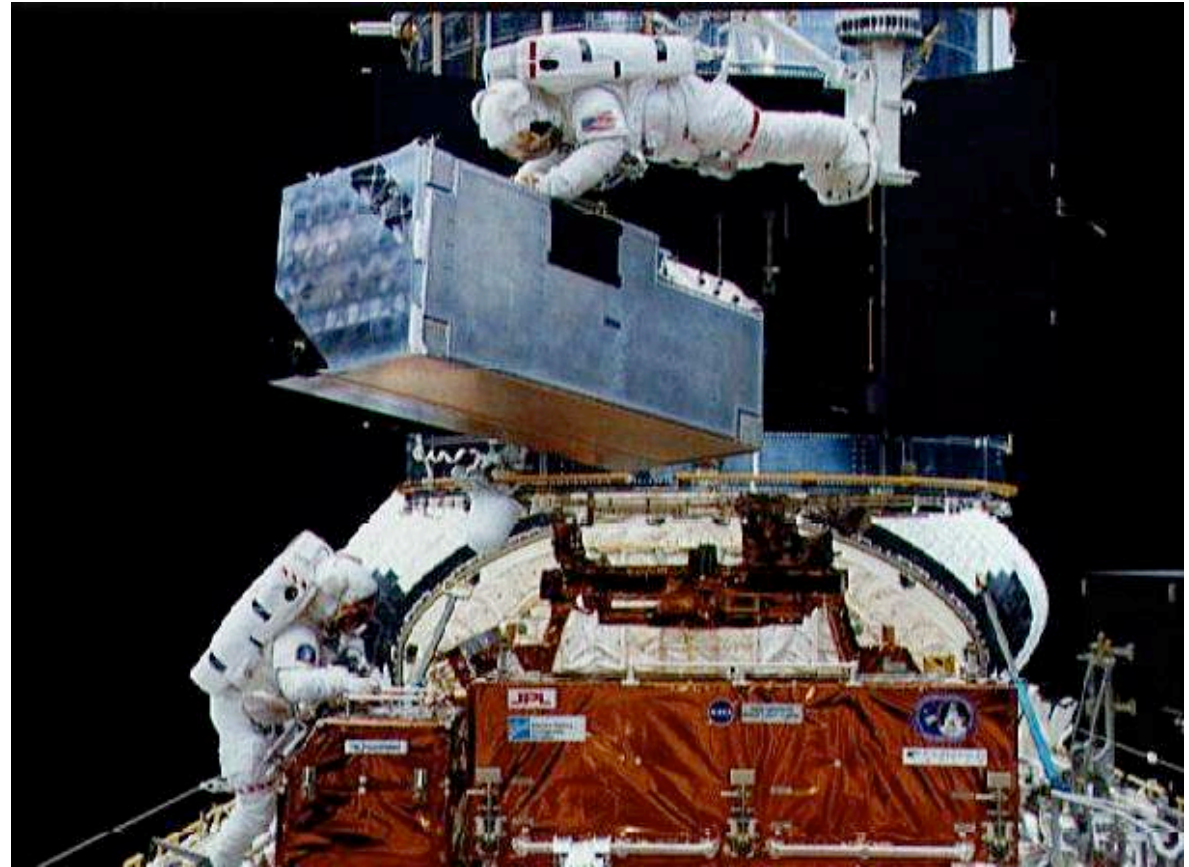


# El problema

- 1986 → explosión del Challenger → se retrasó el lanzamiento
- Primera luz en 1990
- Después de algunas semana quedó claro que había un problema
  - Aberración esférica del espejo
  - La curvatura en el centro no era la misma que en las afueras, faltaban  $2\mu\text{m}$  (1/50 parte del grosor de un pelo) en el centro
  - → Critizismo enorme

# La solución

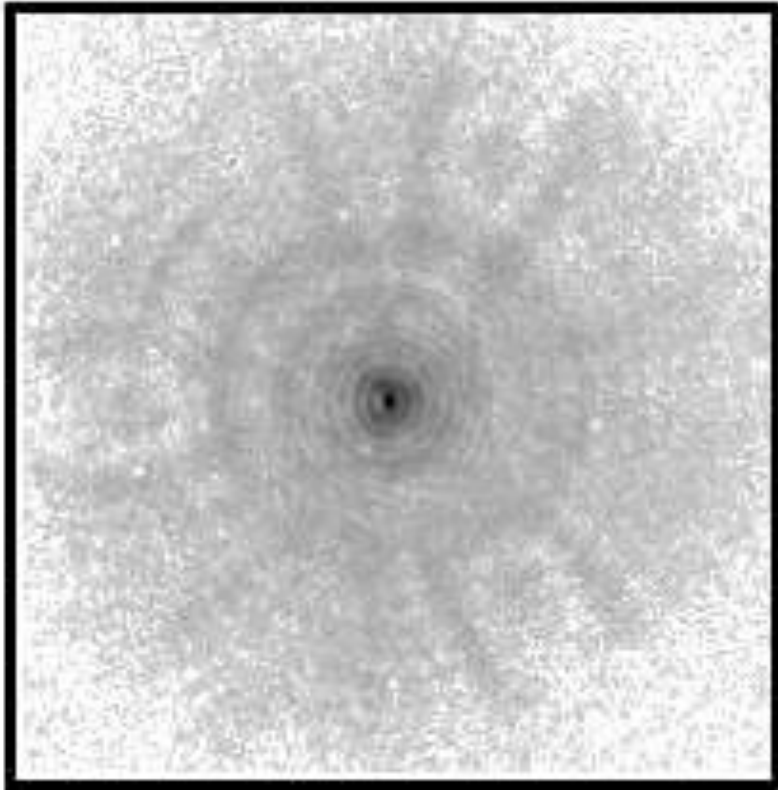
- Costar (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement):
- Cambiaron receptores por nuevos con óptica correctiva
- Misión fue en 1993 - y fue un éxito
- Costes hasta entonces: 2.3 mil millones \$
- Costes anuales: 235 millones \$ (8\$ por segundo)



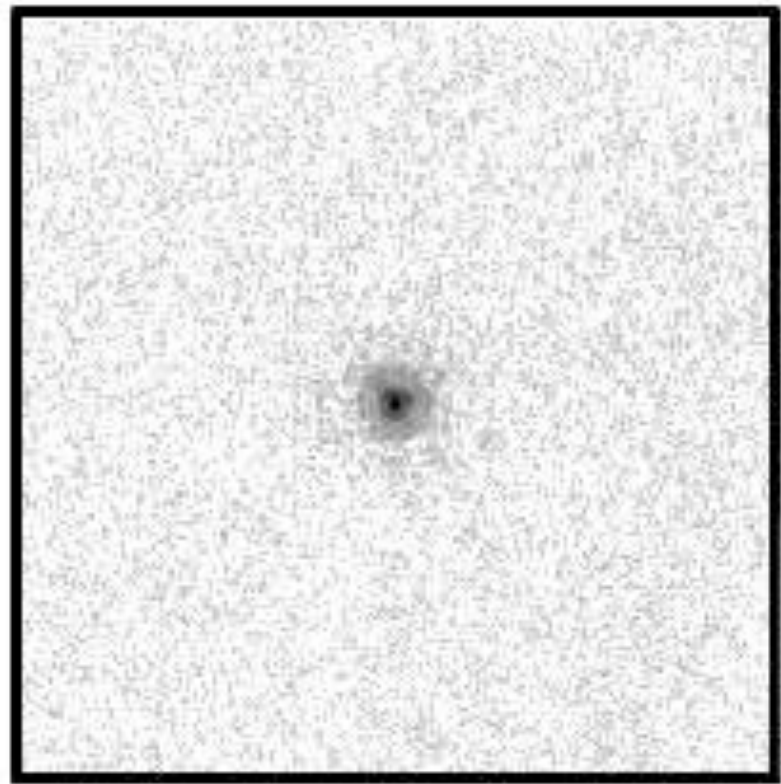


Resolución ahora la deseada:  $\sim 0.1$  segundo de arco

- Eso es aprox. 10 veces mejor que la resolución en telescopios de los 1990
- Es aprox. 3-4 veces mejor que la resolución (rutinaria) en los mejores telescopios actuales



BEFORE COSTAR



AFTER COSTAR



Wide Field Planetary Camera 1



Wide Field Planetary Camera 2

Galaxy ESO 510-G13



Hubble  
Heritage

01-23

**Tadpole Galaxy • UGC 10214**

**HST • ACS**

NASA, H. Ford (JHU), G. Illingworth (UCSC/LO), M. Clampin (STScI),  
G. Hartig (STScI), the ACS Science Team and ESA • STScI-PRC02-11a



# Presente y futuro del HST

- En 2003: accidente del space-shuttle Columbia
- → NASA paró viajes al Space Shuttles para reparaciones y reemplazar instrumentos (hasta entonces han tenido lugar 3 viajes)
- Ahora:
  - Varios Giroscopios (instrumentos para apuntar el telescopios) están roto, ya no hay redundancia. Si se rompe uno más sufre apuntado
  - En Enero 2007 se ha roto una cámara
- En Octubre 2006 se ha aprobado un cuarto viaje de servicio al HST, y por el momento (2010) funciona bien

Sucesor: **James Webb Space Telescope**

- Telescopio con espejo de 6.5m
- Observa solamente en IR para ser sensible para objetos lejanos
- Lanzamiento previsto en 2013

# Avances en el IR cercano

- Los primeros detectores se desarrollaron en los 1960s.
- Diferencia con el visible: Tienen que estar a temperaturas bajas (90K)
- Hasta los 1980s se usaban detectores de solo un pixel
- Después poco a poco los campos de visión de los receptores se han hecho más grande
  
- Hoy: No hay diferencia en rendimiento con el visible
- Problema: fondo es luminoso
  - Hay que hacer observaciones on-off
- Se puede observar en NIR en un telescopio visible pero existen también telescopios dedicados a NIR, p.e. UKIRT (Hawaii) de 3.8m y que observa entre 0.8 y 2.5  $\mu\text{m}$ . Ventajas:
  - Espejos secundarios para las observaciones on-off
  - Se puede aislar receptor mejor de entorno

# Ciencias en el IR

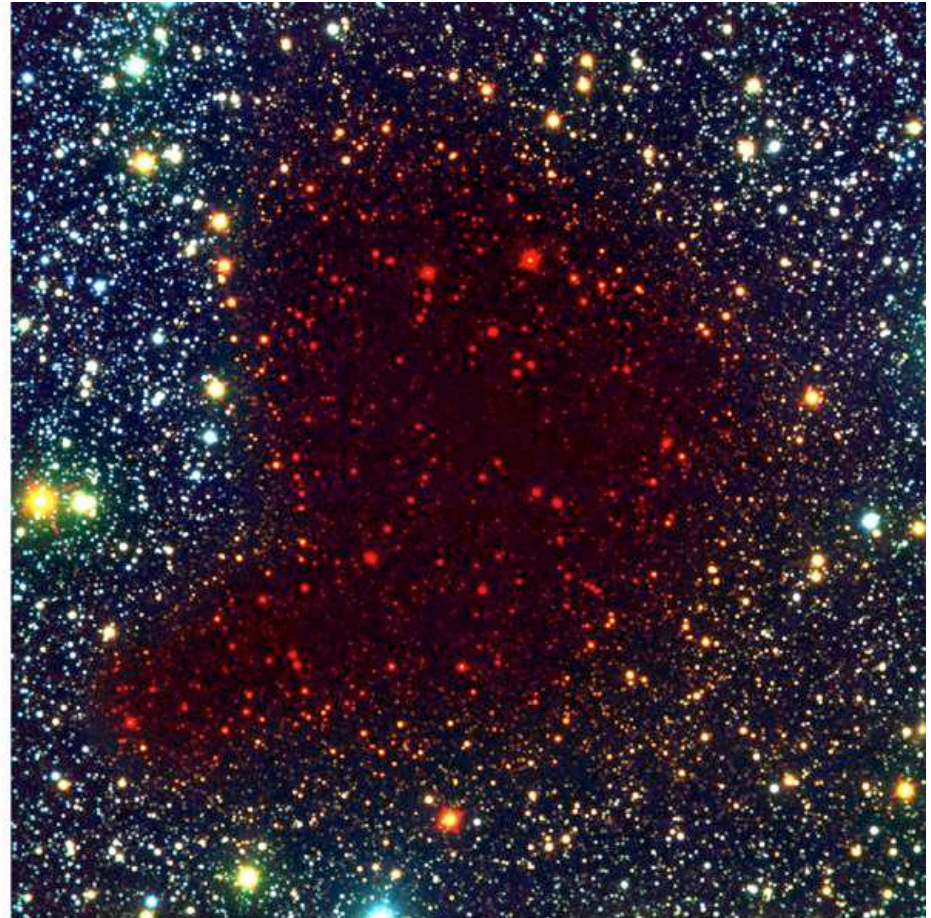


## Ventajas:

- Penetrar el polvo
- Pesando las galaxias: Sensible a la emisión de estrellas de baja masa



B, V, I



B, I, K

Pre-Collapse Black Cloud B68 (comparison)  
(VLT ANTU + FORS 1 - NTT + SOFI)

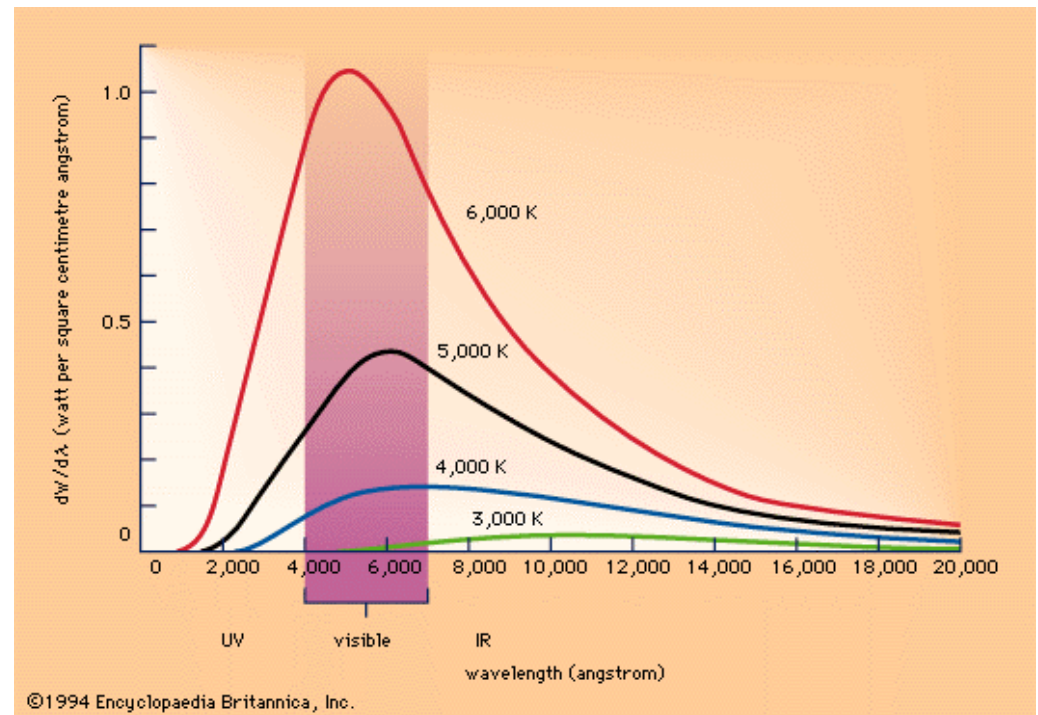
# Avances en UV

- 1960s y 1970s: cohetes y globos
- 1968: Orbiting Astronomical Observatory (OAO, proyecto de EEUU): primer barrido del cielo en UV
  - Parte de una serie de pequeños satélites
- 1978: Lanzamiento del International Ultraviolet Explorer (IUE)
  - Proyecto de NASA, ESA y PPARC (UK)
  - Lanzado 1978, apagado 1996
  - Satélite con gran éxito
  - Problema: pequeña apertura
- 2003: Galaxy Evolution Explorer (Galex)
  - En órbita ahora
  - Espejo de 50cm
  - Observa en el rango 135-175nm (UV lejano) y 175-280 (UV cercano)



# Ciencia en visible, IR y UV

- Se ven estrellas:
- Continuo:
  - NIR: estrella de poca masa
    - los más abundantes
    - contribuyen mayor parte a la masa total
    - "estrellas viejos"
  - UV: estrellas de masa alta
    - "estrellas jóvenes"
    - se forman pocos y hay pocos
  - Visible: entremedio
- Visible: Líneas de regiones HII



Ya tenemos imágenes en UV y IR de igual calidad que en visible



Andromeda Galaxy  
GALEX



Andromeda Galaxy  
Visible light image (John Gleason)

# M51



**Ultraviolet  
GALEX**



**Visible  
DSS**



**Near Infrared  
2MASS**

# Discos XUV

- Muchas galaxias demuestran discos muy extendidos en UV
- Fue un resultado inesperado porque normalmente las estrellas jóvenes se forman más adentro
- Demuestran que las estrellas se pueden formar también en (relativamente) gran cantidad en las afueras
- Qué pasa cuando estas estrellas se hacen más viejas? Se difunden y su emisión es más difícil de distinguir del fondo



Imagen del Satélite Galex de NGC 1512  
Rojo: visible  
Azul: UV

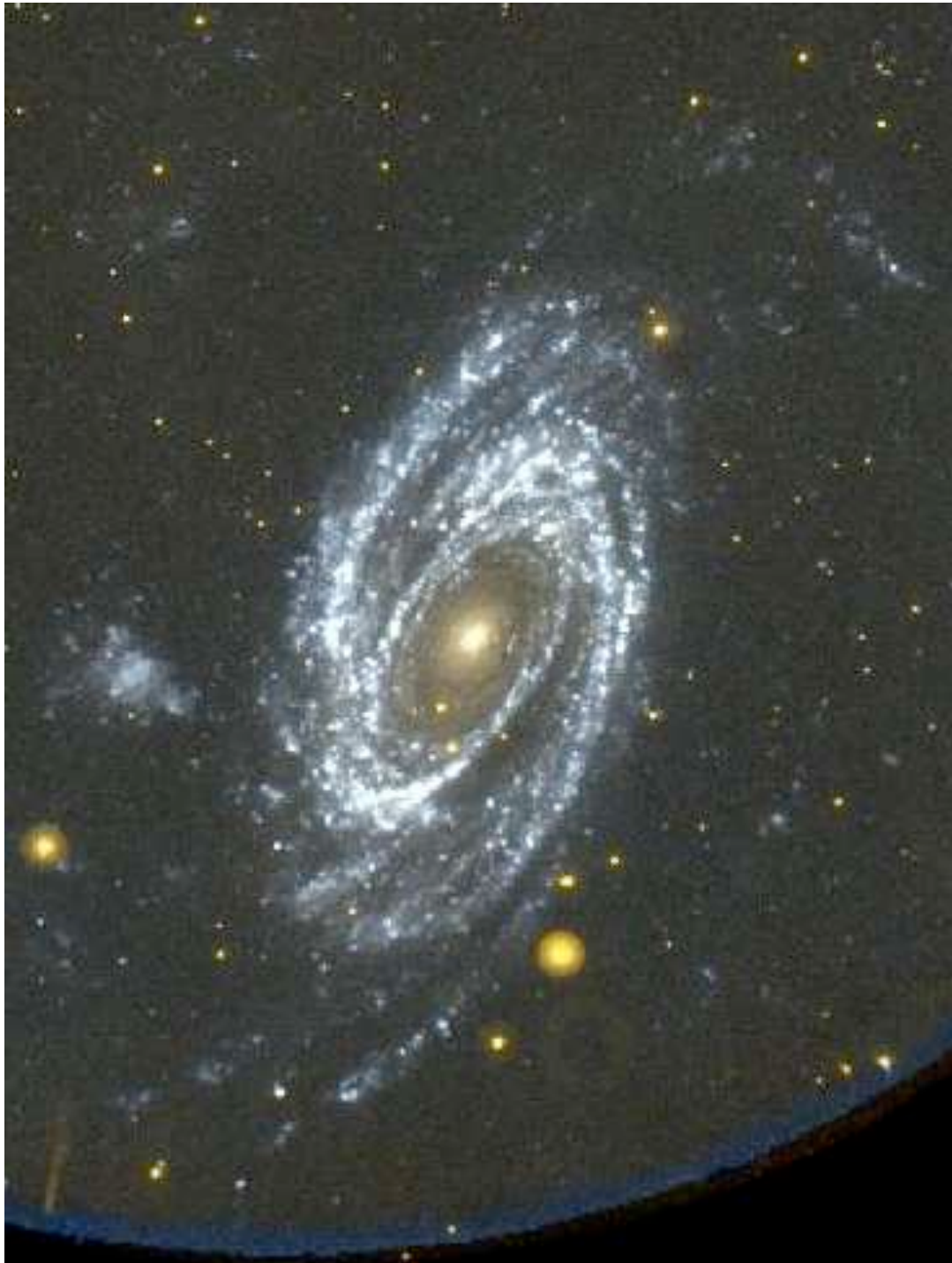


Imagen de Galex del  
grupo M81/M82

→ Formación de  
estrellas a gran  
distancias del  
centro