

Introducción a la Radioastronomía

- Carlos Mascareñas y Pérez-Iñigo
 - P.T.U. Area de Ciencias y Técnicas Navegación.
 - Oficial Radioelectrónico de la M/M.
 - Dr. Radioelectrónica Naval.
 - Radioaficionado (EA7GWJ).
 - Astrónomo aficionado.
 - Grupo Planetario "Prof. Pablo Bernardos" F.CC.NN.

Introducción a la Radioastronomía: Temario

- Introducción Histórica.
- Principios de Radiotecnía.
- La Ventana de Radiofrecuencia.
- Radiotelescopios.
- Imágenes.

Introducción Histórica (1).

- Guillermo Marconi
- Primera Comunicación transatlántica en 1901.
- Los buques disponen de Estación T.S.H.
- Utilizan bajas frecuencias para largo alcance.



Introducción Histórica (2).



Observatorio Astronómico Nacional, Madrid. España

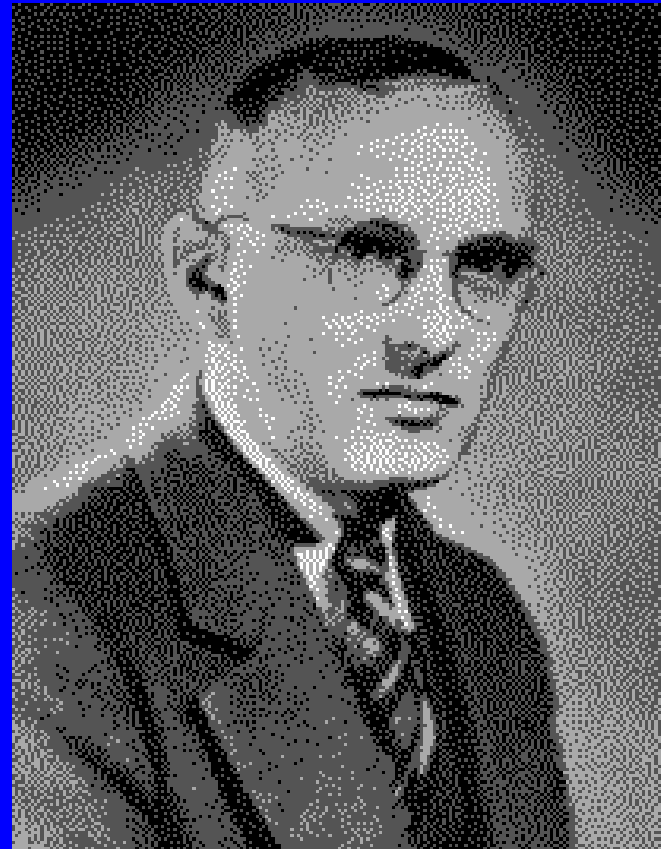
- 1912. Radioaficionados (Ham) por encima 1500 kHz.
- 1917. EE.UU. Entra en la Gran Guerra.
- XII. 1921. Ham EE.UU. Escuchado en Escocia
- 27.XI.1923. Primer contacto EE.UU.-Francia.

Introducción Histórica (3).

- La Onda Corta (3 - 30 MHz).
 - Permite largos alcances mediante refracciones Ionósfera-Tierra.
 - Se utilizan potencias modestas y pequeñas antenas.
 - 24 horas de cobertura utilizando distintas frecuencias.
 - Experimento de aficionados -> Explotación comercial.

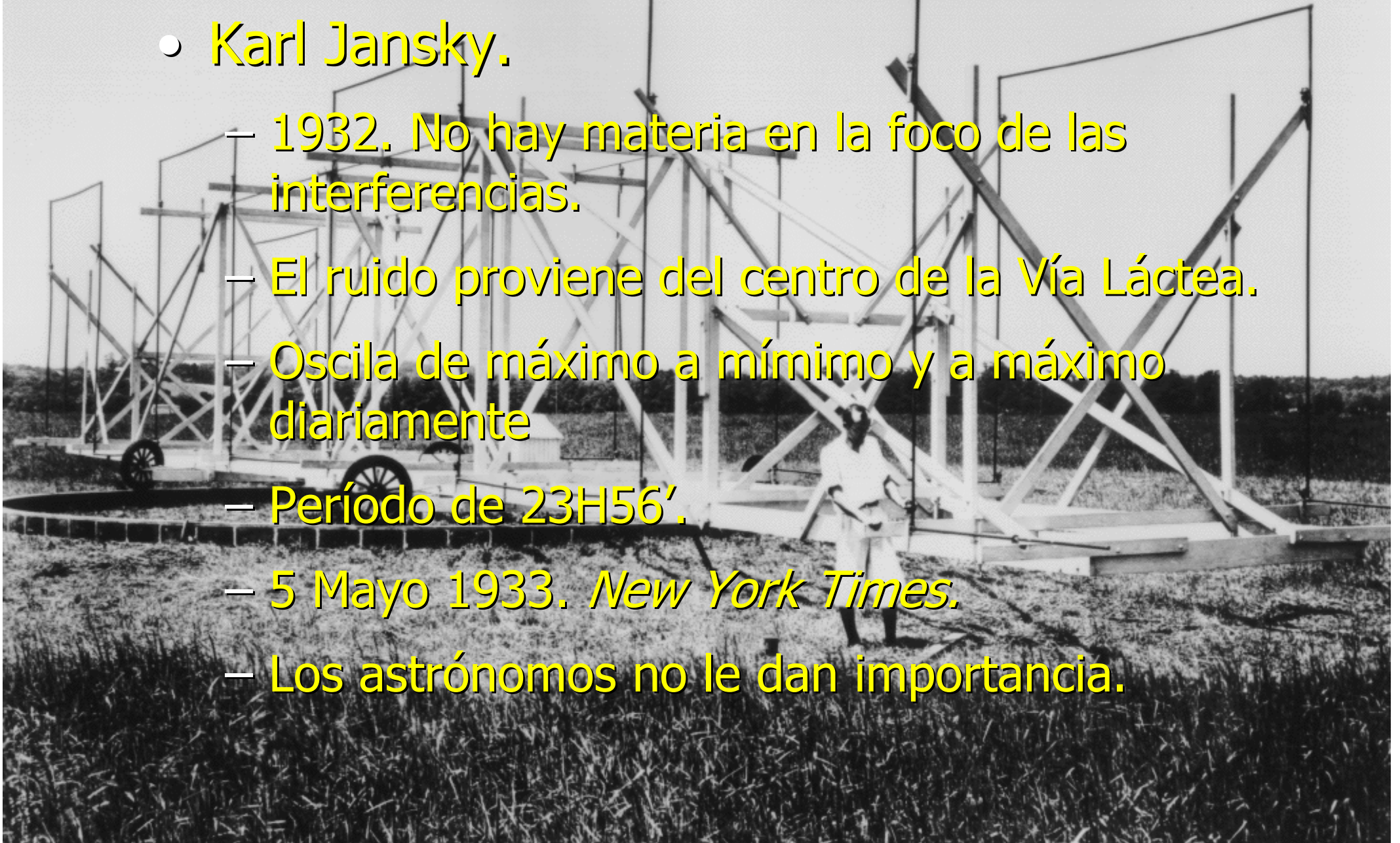
Introducción Histórica (4).

- Karl Jansky (1905-1950).
 - 1931. AT&T Bell Labs, New Jersey.
 - Fuente de interferencias en HF.
 - Mitigar el ruido.
 - Antena directiva 22 MHz (14,6 m).
 - Realiza observaciones sistemáticas.



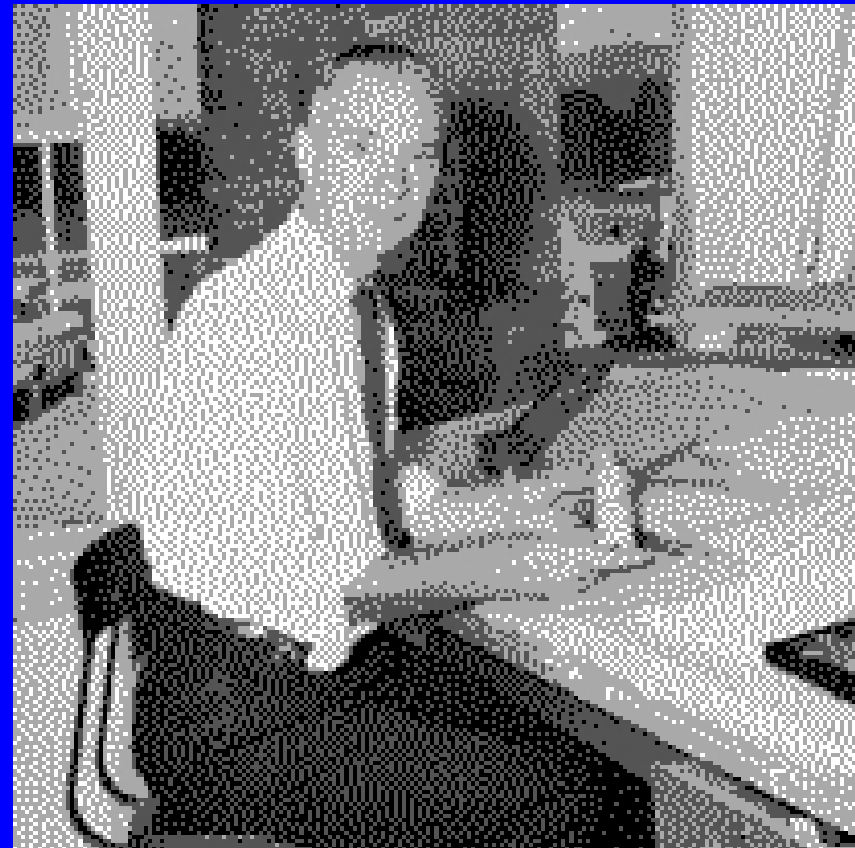
Introducción Histórica (5).

- Karl Jansky.
 - 1932. No hay materia en la foco de las interferencias.
 - El ruido proviene del centro de la Vía Láctea.
 - Oscila de máximo a mínimo y a máximo diariamente
 - Período de 23H56'.
 - 5 Mayo 1933. *New York Times*.
 - Los astrónomos no le dan importancia.



Introducción Histórica (6).

- Grote Reber
 - Radioaficionado.
W9GFZ.
 - 1937. Construye 1er R-T en su jardín.
 - Parábola de 9,75 m diámetro.
 - Longitud de Onda 1,87 m.
 - Diseño muy parecido al actual.
 - Primer Radioastrónomo.



Introducción Histórica (7).



- Grote Reber
 - Primavera 1939 recibe radiaciones cósmicas.
 - 1941. Empieza a publicar
 - Proceedings of the Institute of Radio Engineers.*
 - Astrophysical Journal.*
 - Nature.*
 - Journal of Geophysical Research.*
 - 1944. Primer mapa de radioestrellas.
 - 1997. El 10% de NRAO son radioaficionados.

Principios de Radiotecnia.

- Radiación Electromagnética.
- Características de la Ondas Electromagnéticas.
 - Frecuencia, Longitud de Onda y Período.
 - Polarización, Amplitud y Fase.
 - Modulación en Amplitud, Frecuencia y Fase.

Radiación electromagnética.

- Campo : término de la Física que determina una región que se encuentra bajo la influencia de algún tipo de fuerza.
- Las cargas eléctricas estacionarias producen campos eléctricos que al moverse producen, a su vez, campos eléctricos y magnéticos que se denominan radiación electromagnética.
- La radiación E/M se propaga a 299.792 km/s (c).

Características de las Ondas E/M.

- Frecuencia (f): La velocidad de oscilación de la radiación del campo E/M (Hz).

Hercio = Ciclo/s.

- Longitud de Onda (λ): Distancia entre dos valles o dos crestas sucesivas (m).

- Período (T): Duración de un ciclo (s).

- Fórmulas básicas:

$$c = f \times \lambda, \quad \lambda = c/f, \quad f = c/\lambda, \quad T = 1/f$$

Caract. de las Ondas E/M (2)

- **Amplitud:** Es la variación máxima de la fuerza de una OE/M en una longitud de onda (distancia cresta-valle de la Onda).
- **Fase:** Dos OE/M se encuentran en fase si sus máximos y sus mínimos coinciden, a la vez, en el tiempo.
- **Polarización (Campos E):** Vertical, Horizontal, Circular. Depende del emisor (antena).

Caract. de las Ondas E/M (2)

- Modulación: variación de la señal en...
 - **Amplitud.** Ocultaciones de astros. Pulsos.
 - **Frecuencia.** Efecto Doppler.
 - **Fase.** Cambio medio propagación.
- Ley de dispersión en la propagación.
 - Cuando una OE/M deja su fuente, se expande, en línea recta, como una esfera y su área se incrementa proporcionalmente al cuadrado de la distancia que ha recorrido ($4\pi R^2$).

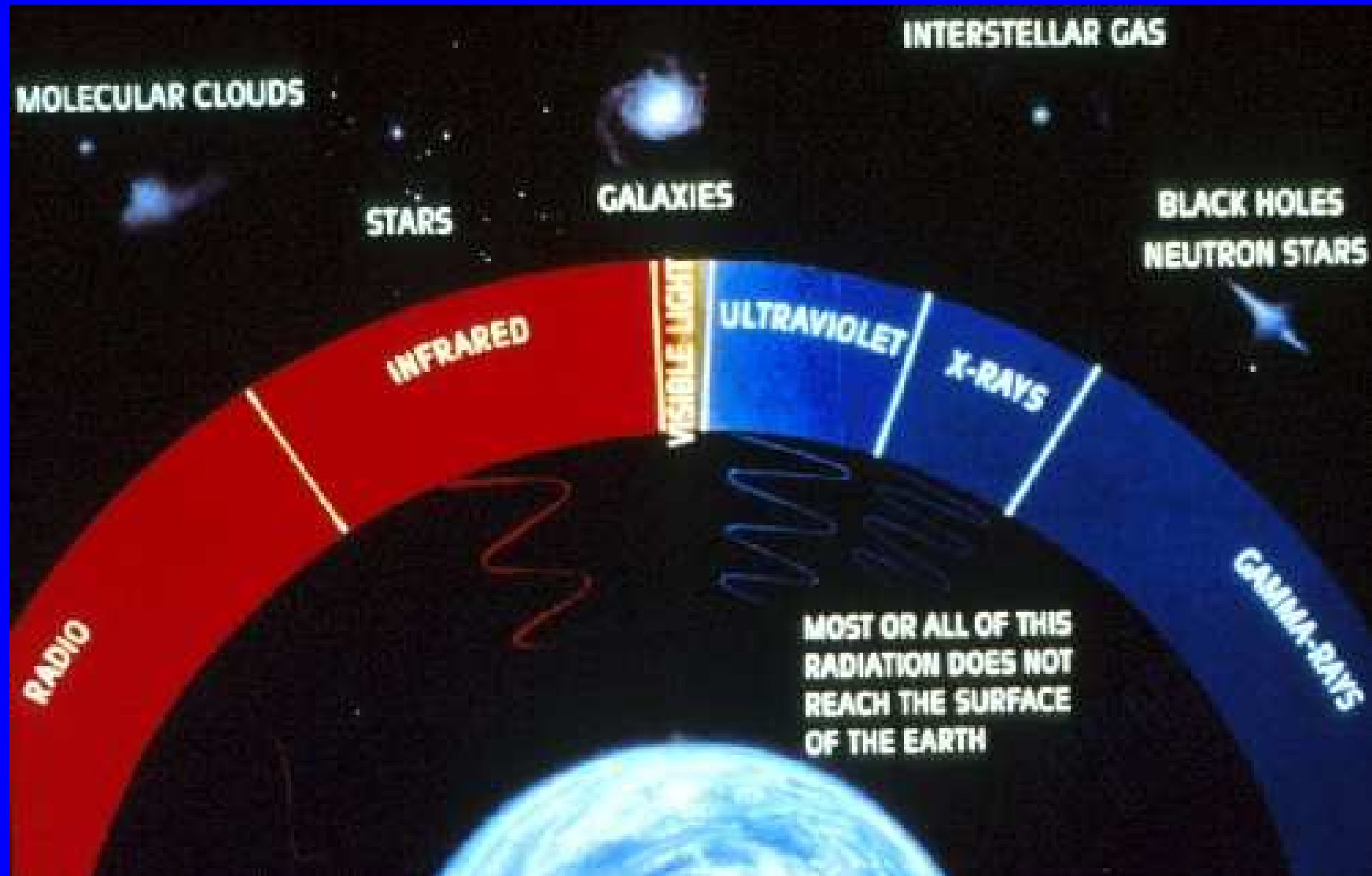
Ventana de Radiofrecuencia (1)

- La Luz es una radiación E/M a cuyas frecuencias son sensibles los ojos de los humanos y de la mayoría de las especies.
- El espectro E/M no tiene frecuencias límites superiores o inferiores, por lo tanto es mucho más amplio.

Incluyendo:

RF, IR, Luz, UV, Rayos-X y Rayos Gamma

Ventana de Radiofrecuencia (2)



Ventana de Radiofrecuencia (3)

- La radiación E/M se produce por:
- Radiación térmica:
 - La temperatura del material está relacionada con la emisión de un espectro continuo.
 - Hay emisiones específicas de hidrógeno y otros átomos o moléculas.
- Mecanismos no térmicos.
 - Emisiones debidas a radiación de sincrotrón.
 - Emisiones amplificadas de masers astrofísicos.

Ventana de Radiofrecuencia (4)

- Radiación térmica:
 - Cualquier cuerpo puede emitir calor (IR), luz o UV.
 - La vibración de las moléculas de un sólido hacen que éste alcance cierta temperatura. A más calor, más velocidad de vibración o agitación.
 - A más agitación, más colisiones moleculares.
 - La colisión molecular provoca radiaciones E/M a lo largo de todo el espectro.
 - La cantidad de radiación por cada frecuencia depende de la temperatura del cuerpo.

Ventana de Radiofrecuencia (5)

- Características del “Cuerpo Negro”.
 - 1) Un Cuerpo Negro con temperatura superior al cero absoluto emite energía en todas las longitudes de onda.
 - 2) Un Cuerpo Negro a alta temperatura emite más energía en todas las bandas que lo hace uno más frío.
 - 3) La mayor energía se emite en la longitud de onda más corta.

Ventana de Radiofrecuencia (6)

Tipo de Radiación	Rayos Gamma	Rayos X	Ultra-Violeta	Visible	Infrarrojo	Radio
Longitud de Onda en nm	<0.01	0.01-20	200-400	400-700	10^3 - 10^6	$>10^6$
Temperatura de Radiación	$> 10^8$ K	10^6 - 10^8 K	10^5 - 10^6 K	10^3 -5K	$10 - 10^3$ K	< 10 K
Fuentes Típicas	Reacción Nuclear	Corona Solar, Gases Intergalác Restos Supernov a	Restos Supernov a y Estrellas muy calientes	Exterior de las Estrellas	Nubes calientes de polvo y gas. Satélites. Planetas.	Nubes de polvo oscuras.

Ventana de Radiofrecuencia (7)

- Un haz de radiación E/M puede considerarse como una corriente de finos paquetes de energía llamados fotones.
- La Ley de Plank establece que la energía que porta un fotón es directamente proporcional a su frecuencia ($\text{Cte.}_{\text{Plank}} = 6.625 \times 10^{-27} \text{ erg seg}$).
- Si sumamos las contribuciones energéticas de todo el espectro, obtenemos la energía total emitida por el *Cuerpo Negro*

Ventana de Radiofrecuencia (8)

- Ley de Stefan-Boltzmann:
 - La energía total, emitida por segundo por metro cuadrado, por un Cuerpo Negro a una temperatura dada es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta.
- La densidad de flujo de la radiación se define como la energía recibida por unidad de área por unidad de anchura de banda en frecuencia.
- La potencia espectral es la energía observada por unidad de tiempo para un ancho de banda específico.

Radiotelescopios.

- El Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, con sede en Ginebra, diferencia los distintos tipos de Servicios de Radiocomunicaciones del Servicio de Radioastronomía.

¿Por qué?

- Porque la Radioastronomía no es un servicio de Radiocomunicación.

Radiotelescopios (2).

- Servicio de Radiocomunicación, dispone de:
 - Mensaje.
 - Transmisor.
 - Antena.
 - Medio de Propagación (Ruidos, Interferencias,...)
 - Antena.
 - Receptor
 - Mensaje

Radiotelescopios (3).

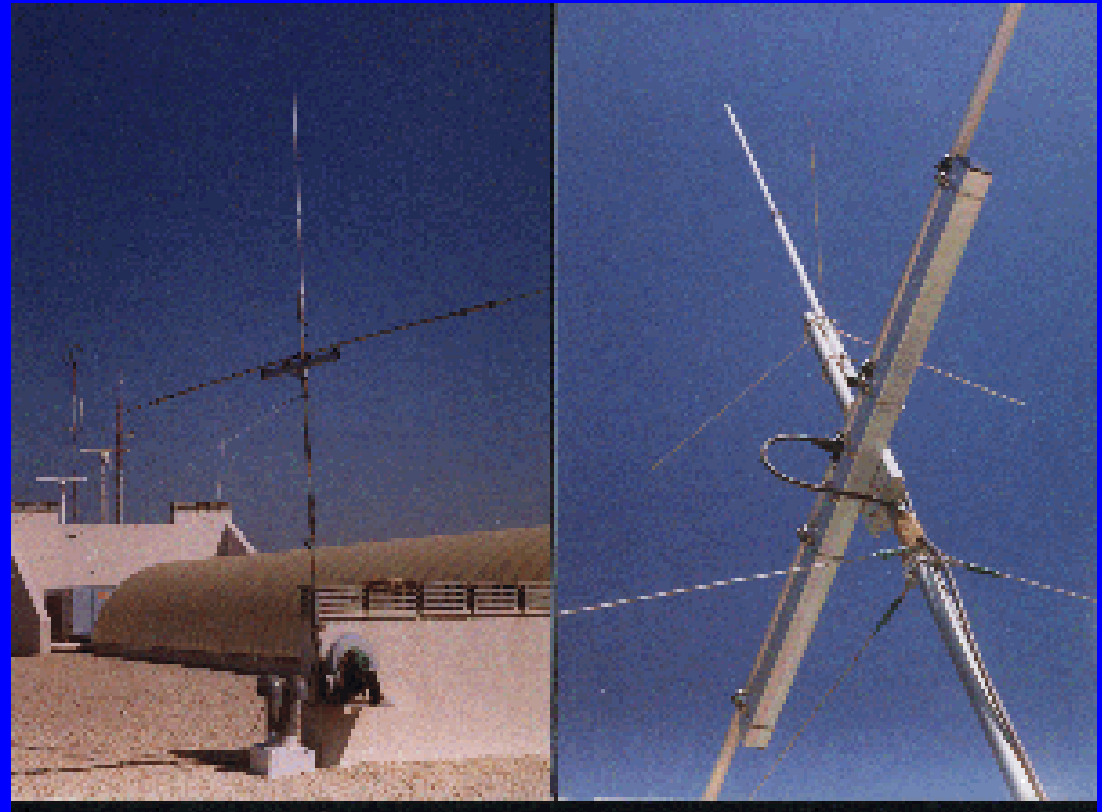
- Según la U.I.T., una Estación está compuesta:
 - por un Transmisor o un Receptor o una combinación de ellos, más sus elementos asociados que sirvan para asegurar los Servicios de Radiocomunicaciones o de Radioastronomía.
- Un Radiotelescopio es una Estación de Radio.
 - Antena + Servomecanismos.
 - Receptor + Amplificadores + Convertidores.
 - Registrador.
 - Calculador.

Radiotelescopios (Antenas 1).

- Antenas.
 - Son los elementos que se utilizan para recibir las radiaciones E/M.
 - Pueden ser:
 - Matrices de dipolos.
 - Matrices de antenas Yagi.
 - Cavidades resonantes.
 - Guías de ondas ranuradas.
 - Deben estar calculados para las frecuencias que se quieren recibir y disponer de altas ganancias y bajo nivel de ruido.

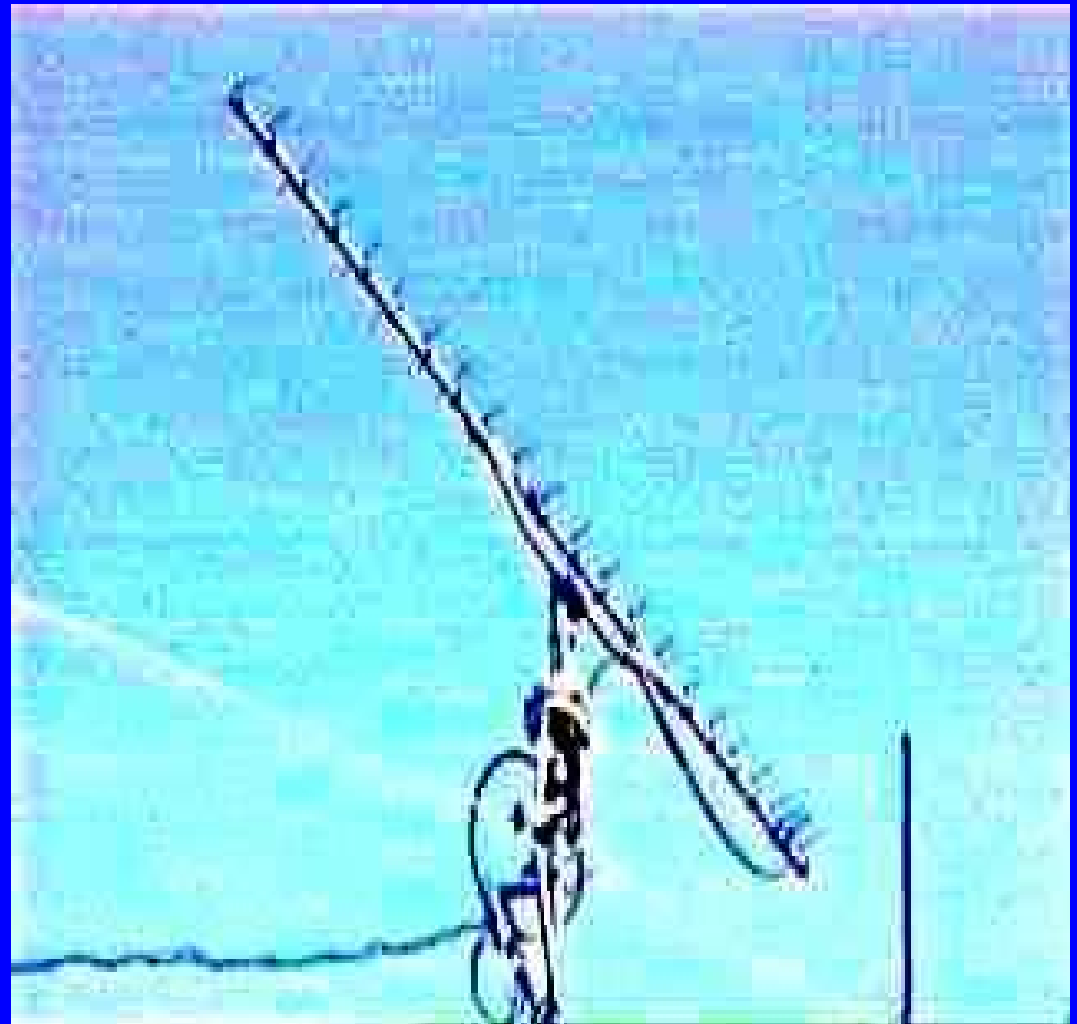
Radiotelescopios (Antenas 2).

- Las matrices de dipolos se utilizan para recibir en Onda Corta (3 - 30 MHz).
- Normalmente en las frecuencias de:
 - 13360 - 13410 kHz
 - 25550 - 25670 kHz



Radiotelescopios (Antenas 3).

- Las matrices de antenas Yagi se utilizan para recibir en VHF (30 -300 MHz) y UHF baja (300-900 MHz) en las frecuencias de:
 - 73 - 74,6 MHz.
 - 322 - 328,6 MHz.
 - 406 - 410 MHz.
 - 608 -614 MHz.
 - 1400 - 1427 MHz.



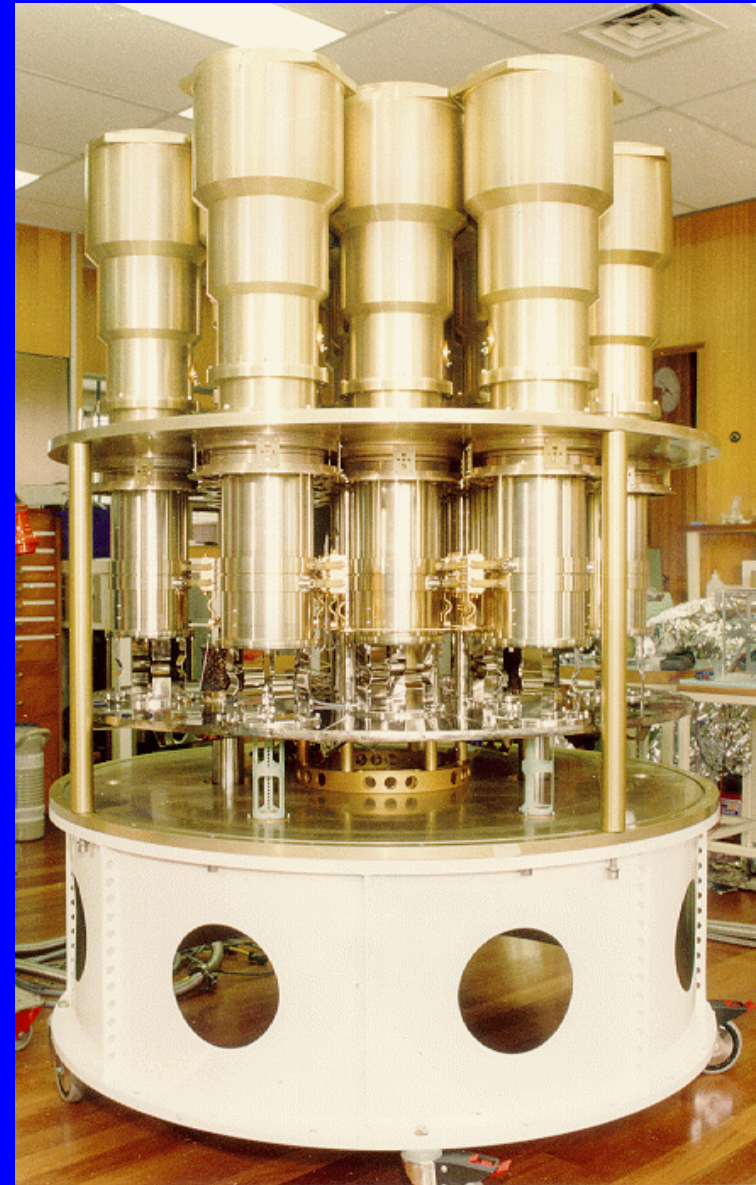
Radiotelescopios (Antenas 4).

- Las cavidades resonantes se utilizan para recibir en UHF banda alta (900 - 3000 MHz), en las frecuencias de:
 - 1400 - 1427 MHz
 - 1610,6 - 1613,8 MHz
 - 1660,5 - 1670 MHz
 - 2655 - 2700 MHz



Radiotelescopios (Antenas 5).

- Cavidades resonantes y guías de ondas ranuradas se utilizan para recibir en SHF y EHF, en las frecuencias de:
 - 4800 - 5000 MHz.
 - 10,6 - 10,7 GHz.
 - 14,47 - 14,5 GHz.
 - 15,35 - 15,4 GHz.
 - 15,35 - 15,4 GHz.
 - ... -275 GHz y ... más.



Radiotelescopios (Antenas 6).

- Las Parábolas son únicamente reflectores cóncavos que concentran varios haces de radiación E/M sobre un punto, denominado FOCO, en el cual se sitúa la verdadera antena.



Radiotelescopios (Receptores 1)

- Son transductores de Radiaciones E/M a señales eléctricas analógicas o digitales.
- Se componen de:
 - Amplificadores de Radiofrecuencia.
 - Osciladores Locales.
 - Mezcladores.
 - Amplificadores de Frecuencia Intermedia
 - Detectores.

Radiotelescopios (Receptores 2)

- Pueden disponer de LNBS (Low Noise Brancher) en la antena.
- Anchura de Banda suficiente.
- Alta Sensibilidad.
- Alta fidelidad.
- Salida para el Sistema de Registro.

Radiotelescopios (Receptores 3)

- Los Osciladores Locales se encargan, junto con los Mezcladores de bajar, la Onda E/M recibida, en frecuencia (FI) de manera que pueda ser procesada mediante circuitos y métodos más simples y precisos.
- Los detectores proporcionan datos sobre el proceso de Modulación que ha experimentado la Señal.

Radiotelescopios (Registradores)

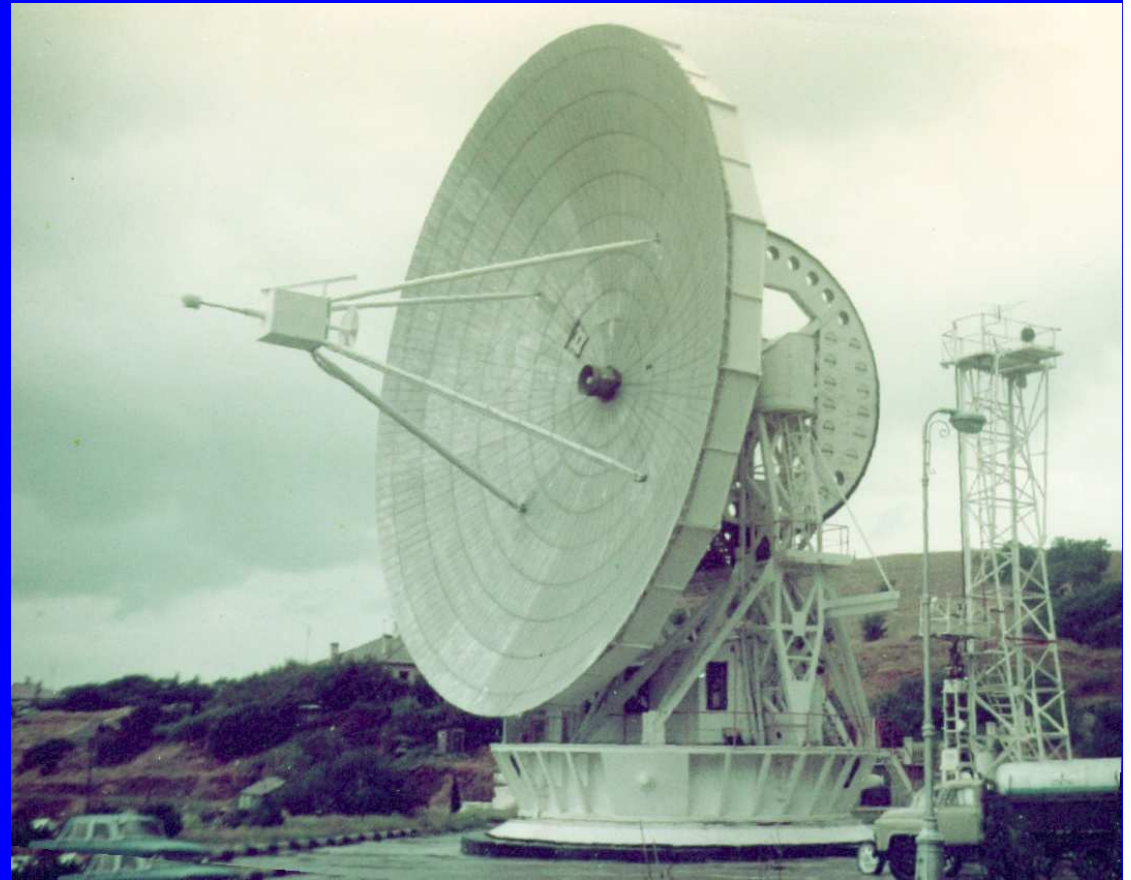
- Una vez que se obtiene la detección de la Onda E/M se convierte a formato audible o subaudible, analógico o digital, para su registro.
- El Registro se realiza mediante soporte magnético y/o disco duro de alta capacidad para su posterior procesado, en el que, a parte de los datos de amplitud de señal, audio y hora de registro se incluyen los de elevación y acimut del astro sobre el observador.

Radiotelescopios (Calculadores)

- La antena debe ser servodirigida hacia la fuente de ruido.
 - Tracking ($15^{\circ}/h$).
 - Precisión 1" - 1,5".
 - Depende del tipo de Montura.
- Barrido secuencial.
- Correlación de datos de amplitud, posición, hora y frecuencia.
- Reconstrucción digital de imágenes E/M

Radiotelescopios (Resumen).

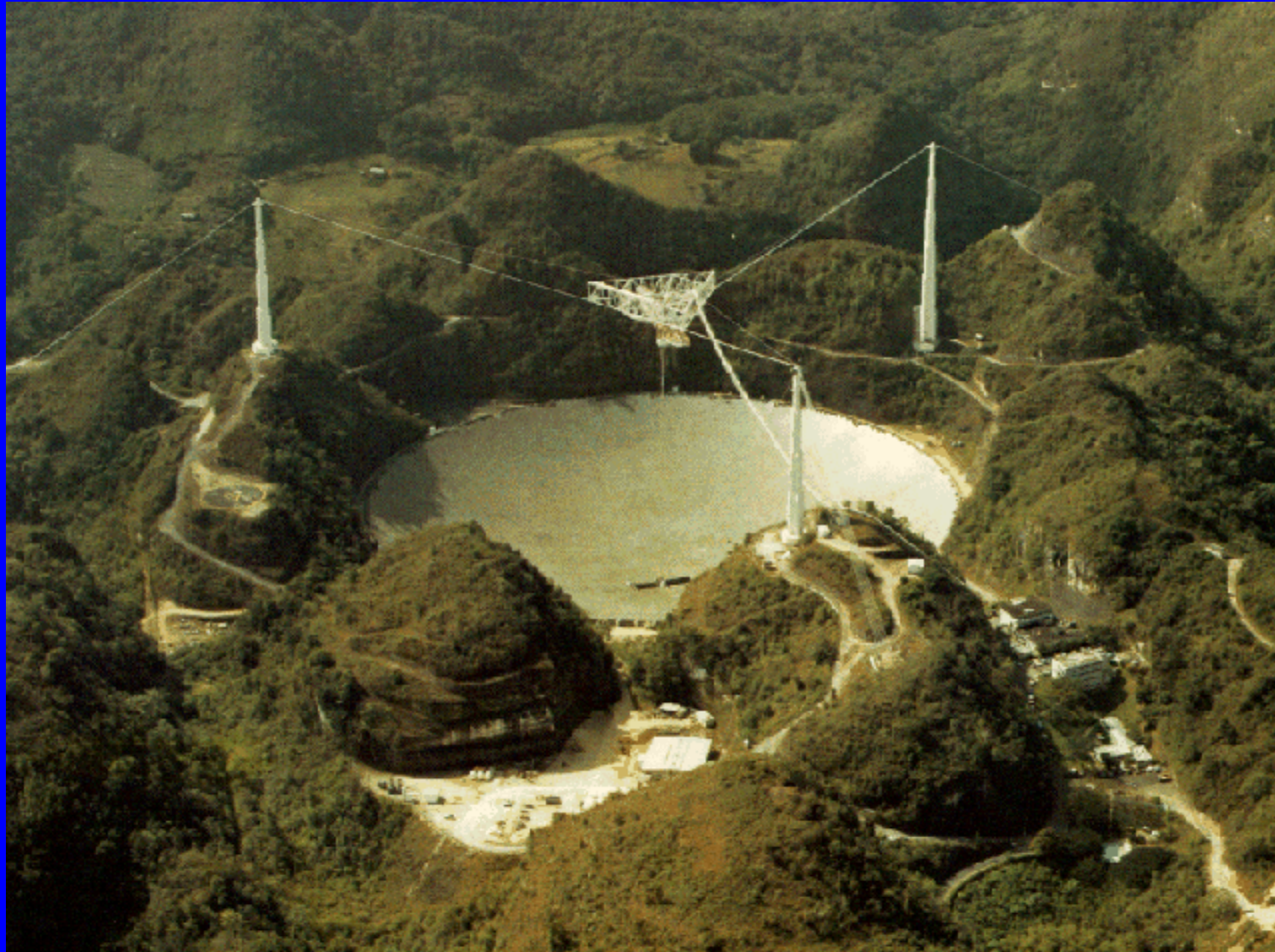
- La antena debe
 - moverse con precisión.
 - tener gran ganancia.
- El receptor debe
 - tener gran sensibilidad.
 - no debe tener ruido propio.
- Debe existir
 - sistema de lazo cerrado.
 - registrador.
 - algoritmo de integración.



Tipos de Radiotelescopios.

- Fijos.
 - Arecibo
 - Nançay.
- No se mueve la parábola o el segmento reflector, sino la antena o alimentador.
- El mayor radiotelescopio del Mundo está en Arecibo (Puerto Rico) y tiene 300 m. de diámetro. Situado en el cráter de un volcán apagado.

Radiotelescopio de Arecibo (1)



Radiotelescopio de Arecibo (2)



Radiotelescopio IRAM (Granada)

- Situado en el Pico Veleta a 3300 m al.
- 30 m diámetro.
- 70 μm precisión superficie parábola
- L.Onda milimétrica.
- 230 GHz (CO).
- Tracking 1"
- Sens= 30 mJy/s/mm



Radiotelescopio IRAM (Granada)(2)



- La radiación E/M es reflejada por el espejo secundario y enviada hacia el receptor mediante un agujero situado en el centro del reflector principal hacia un espejo que se encuentra en la intersección de los ejes de elevación y acimut.

Radiotelescopio IRAM (Granada) (3)



- Sala de Control.
- Mediante los medios más modernos se registran y procesan las señales recibidas, al mismo tiempo que se telecontrola la posición y seguimiento de las antenas.

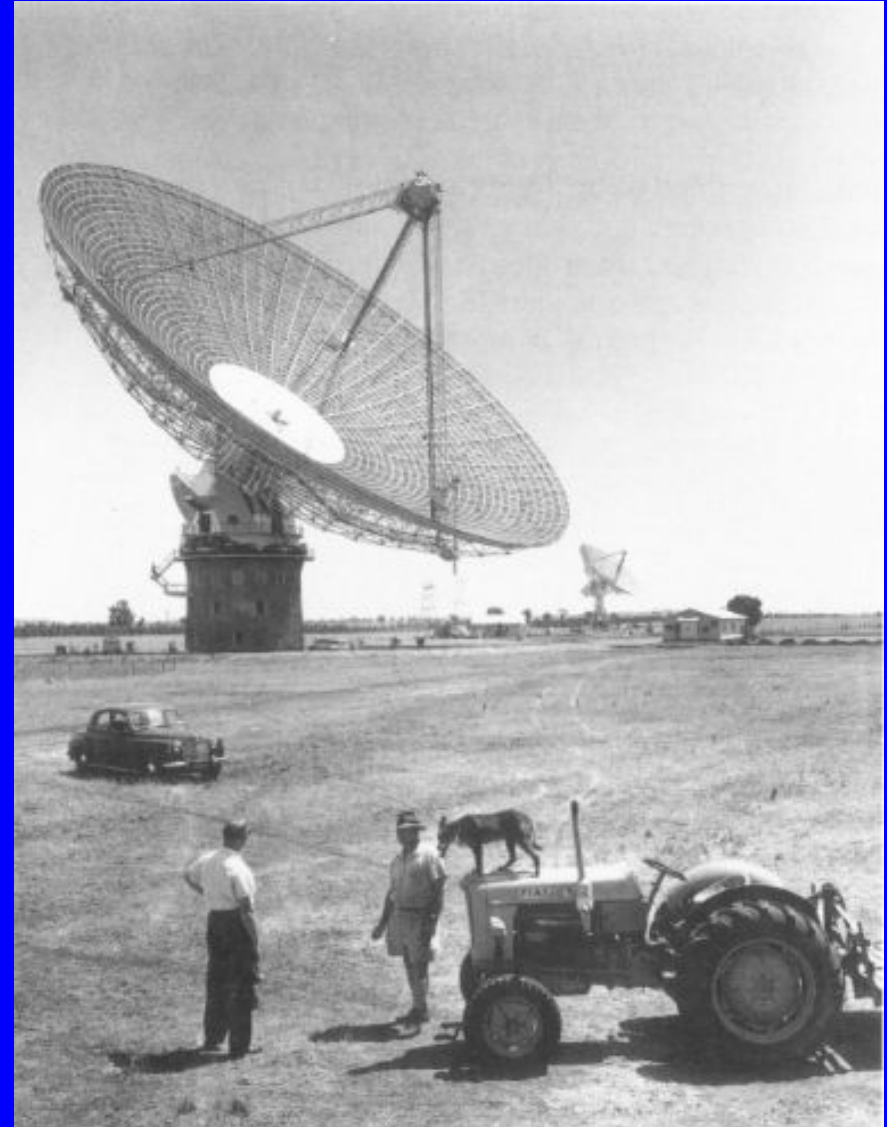
Radiotelescopio de Green Bank.

- Situado en West Virginia. EE.UU.
- Diámetro = 42,7 m.
- Anchura del Haz 6".
- Precisión de la superficie 1 cm.
- Frecuencia 1428 MHz (21 cm).



Radiotelescopio de Parkes

- National RA Observat.
- Parkes (Australia).
- 1960
- Se utilizó como antena de comunicaciones para enlaces con el Apolo XII en 1969.



Matrices de Radiotelescopios (1)

- Se utilizan grupos de radiotelescopios en posiciones conocidas, que permiten obtener mayor resolución angular a partir de técnicas de interferometría.

Very Large Array de Socorro. Nuevo México. EE.UU.



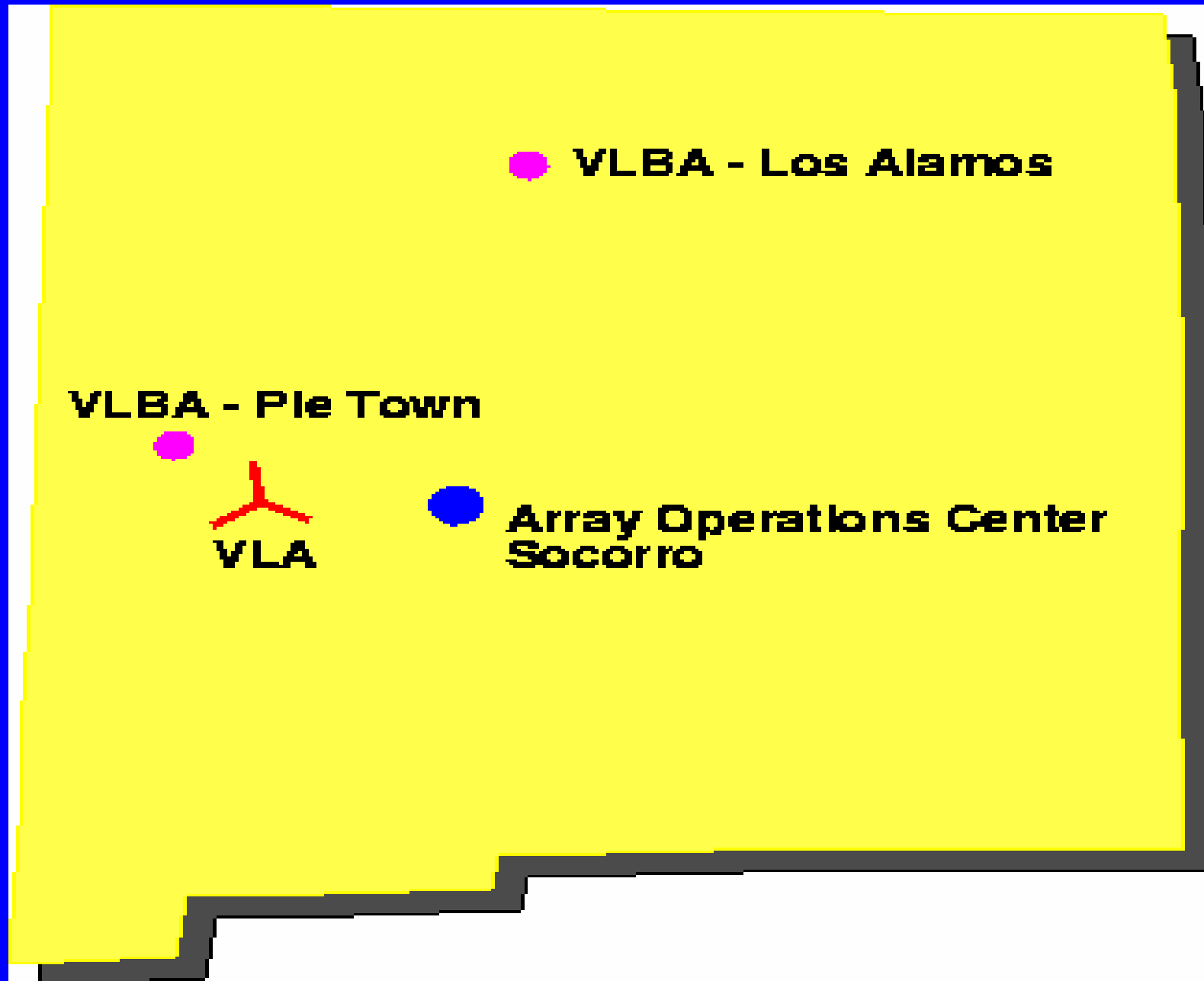
Matrices de Radiotelescopios (2)

- El VLA de Socorro contiene un total de 27 antenas parabólicas, de 25 m de diámetro cada uno, que se mueven sobre vías de ferrocarril a lo largo de 21 km configurados en forma de Y.
- Cada antena dispone de su propio receptor y las señales de los mismos se envían a un edificio central donde son combinadas para formar una imagen de alta resolución.

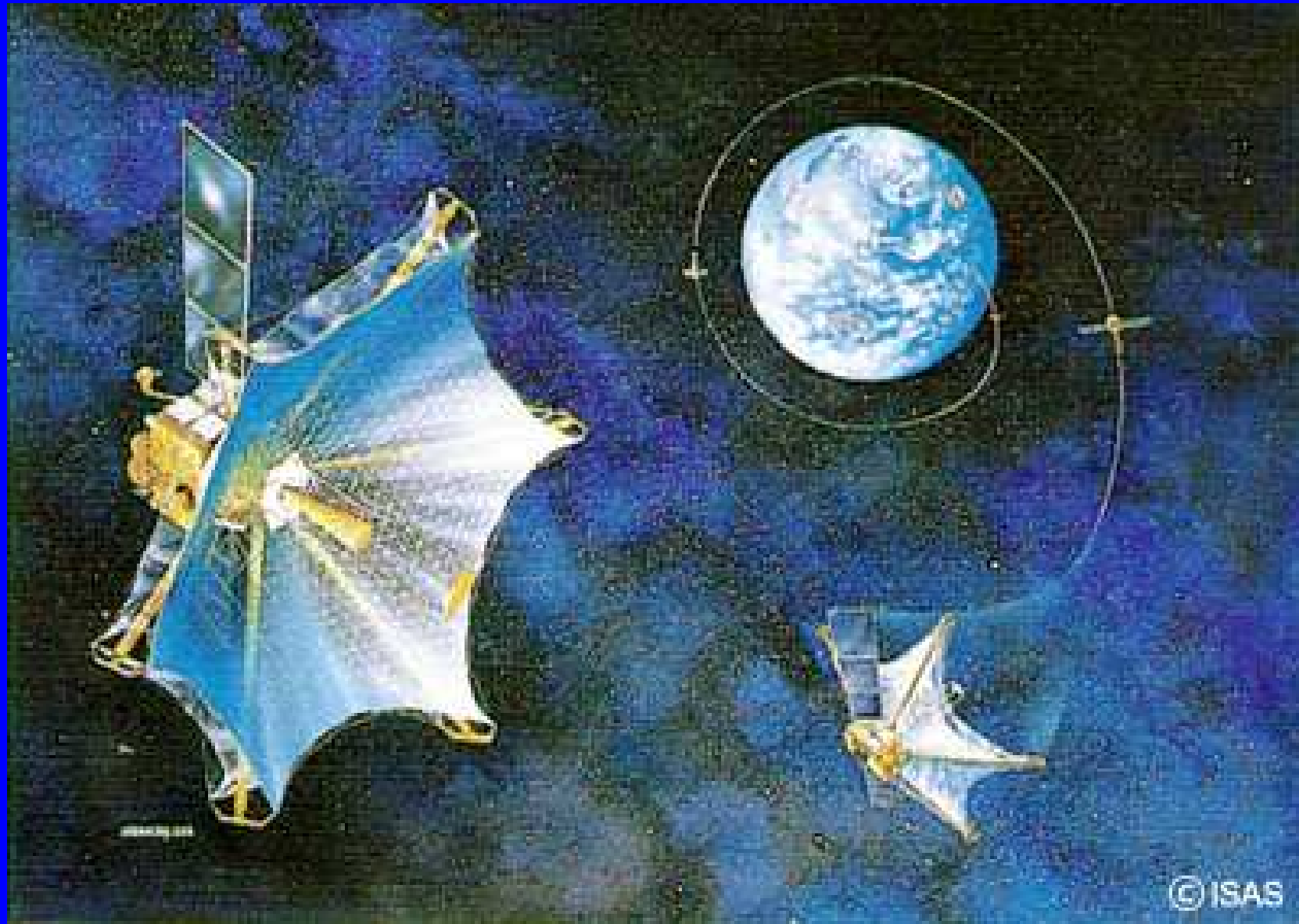
Matrices de Radiotelescopios (3)

- En Cambridge, Reino Unido, se utilizan 60 antenas para detectar radiación en λ de 2 metros.
- Se pueden lograr resoluciones más altas si las antenas se sitúan a miles de km de distancia, para lo cual es necesario realizar grabaciones separadas en cada antena y procesarlas en la Central.
- VLBI, Resolución 0.001".

Matrices de Radiotelescopios (4)



Matrices de Radiotelescopios (6)



Radiotelescopios de Aficionados

- Suelen ser Radioaficionados (HAM) o Universidades.
- Existen kits específicos.
- Modificaciones TVSAT comercial.
- Coste moderado.
- Baja resolución.
- Pocos experimentos.
- Pocas frecuencias.



Radiotelescopios de Aficionados (2)

ICOM R7100

Broadband
Receiver

Computer

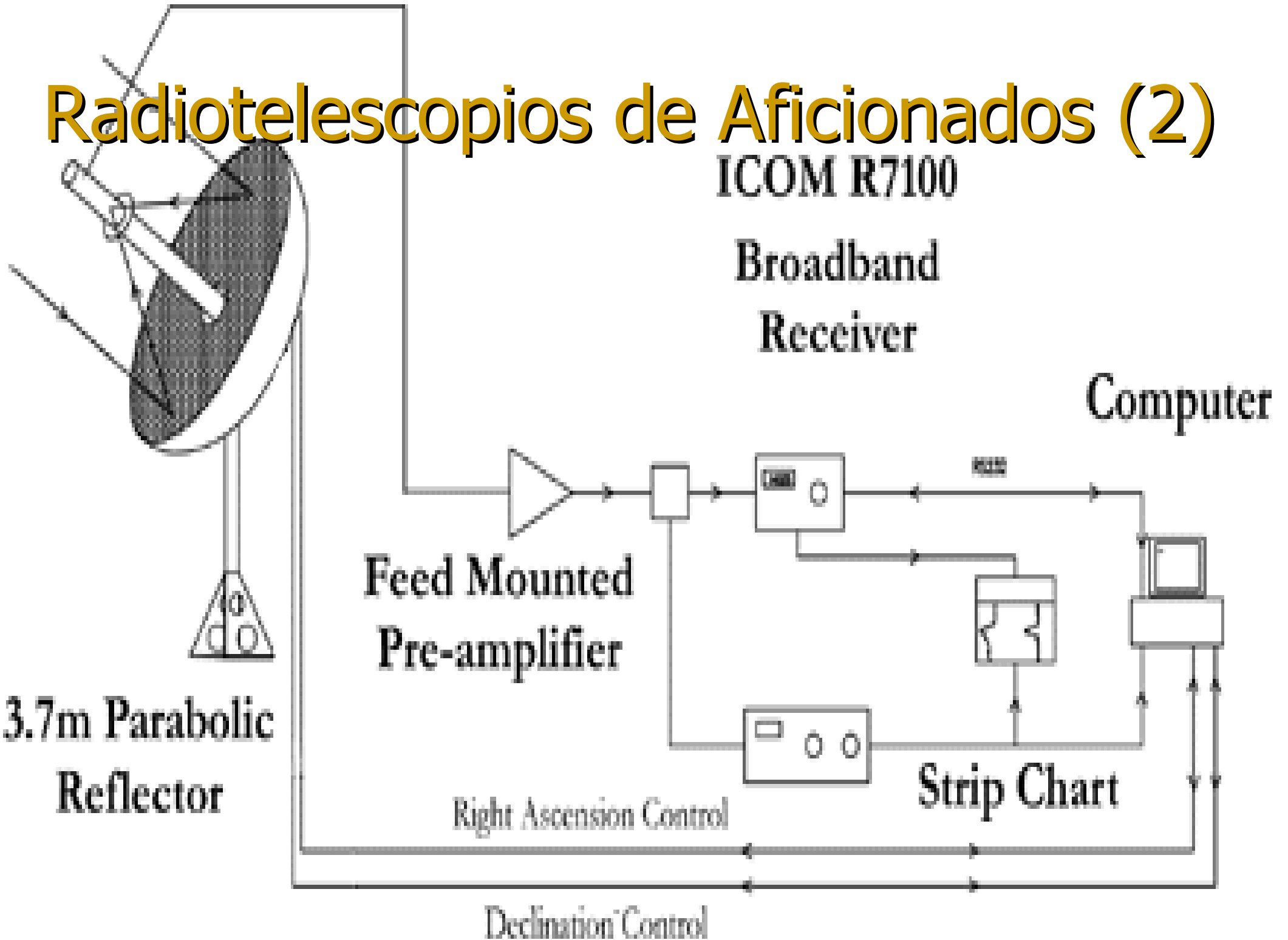
3.7m Parabolic
Reflector

Feed Mounted
Pre-amplifier

Right Ascension Control

Strip Chart

Declination Control



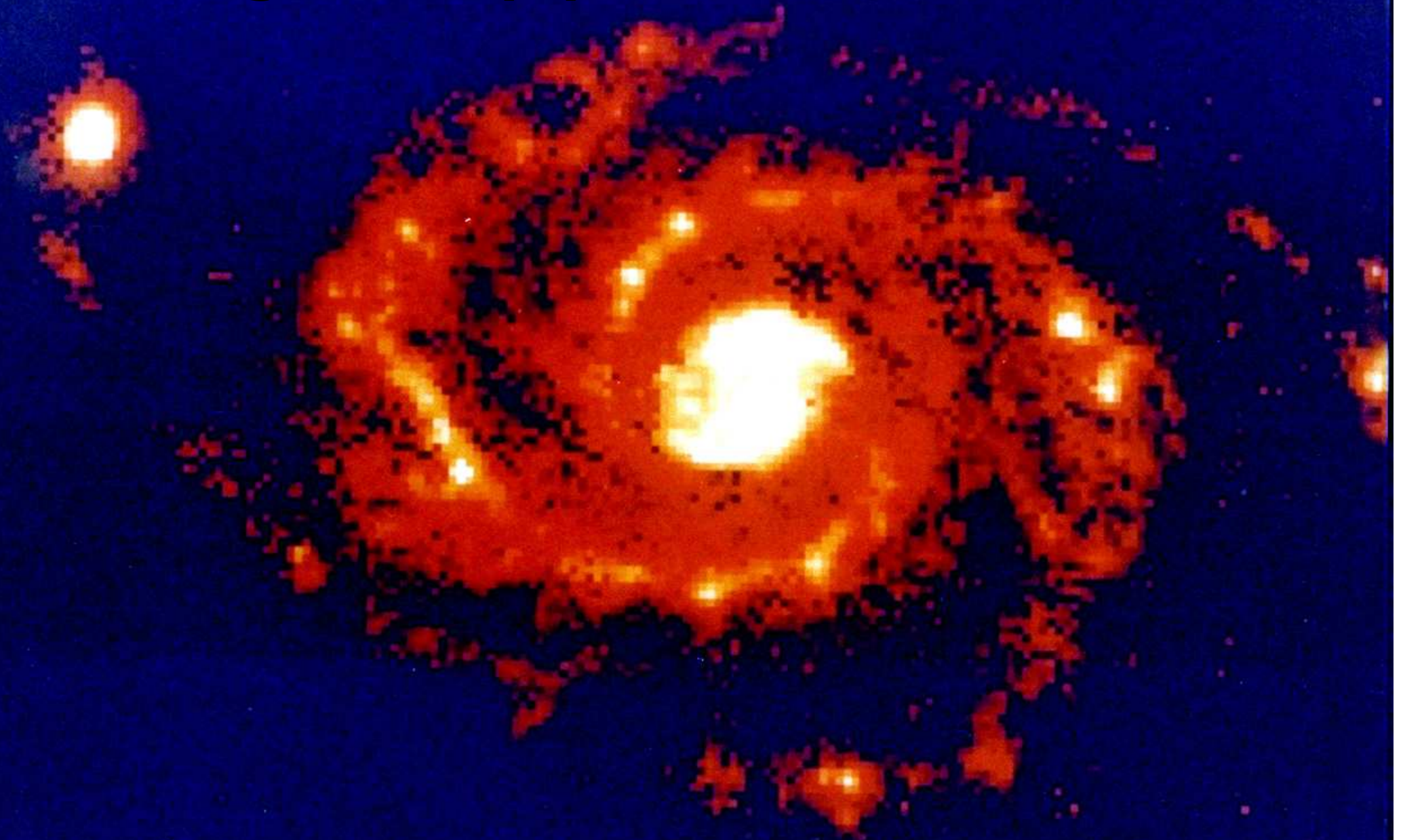
Radiotelescopios de Aficionados (3)

- Las parábolas se adquieren de 2ª mano.
- Los LNB se modifican si es necesario.
- Rotores caseros o Az/El.
- Los receptores se aprovechan de Ham o Sat.
- Se integran con PCs
- Se publican los resultados en revistas Ham.
- Society Amateur of Radio Astronomy (SARA)

Imágenes.

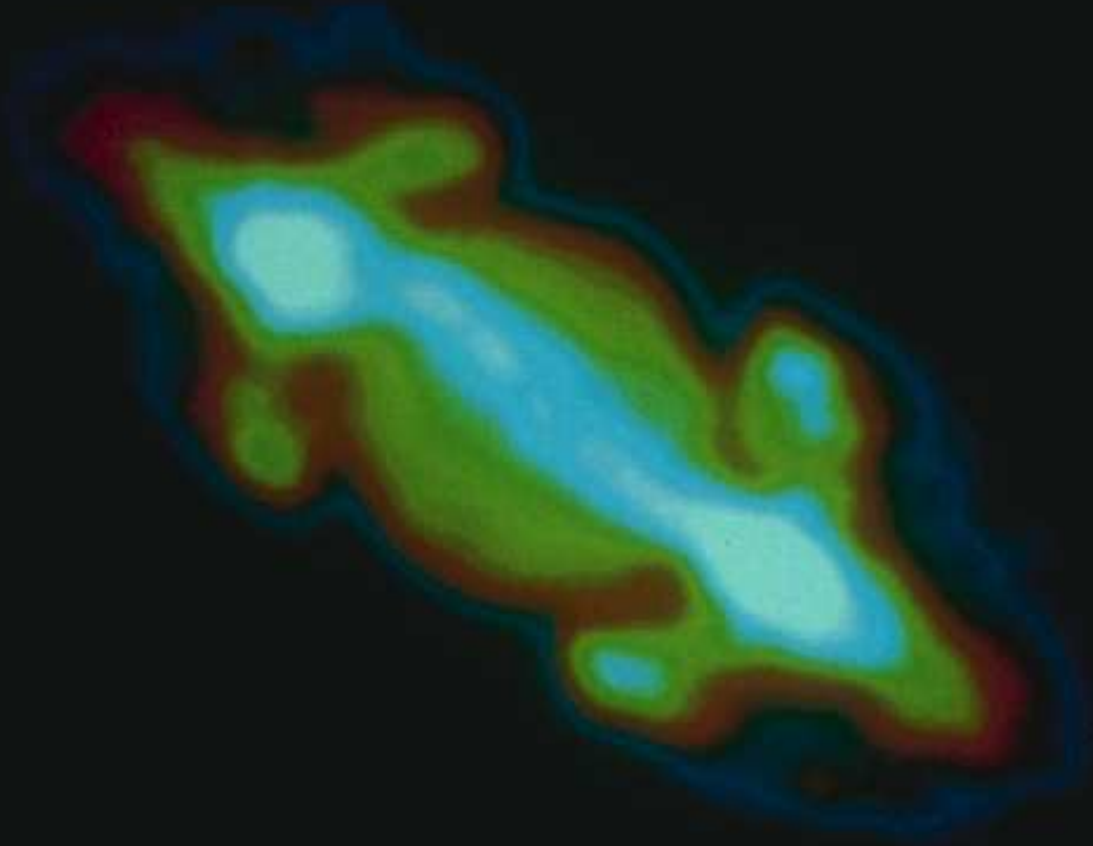
- Son imágenes sintéticas.
- No parecidas a las fotografías.
- Se obtienen por barridos.
- Se mide la intensidad de la señal E/M.
- Se integran ambos datos.
- Es necesario mover la antena.

Imágenes (2)



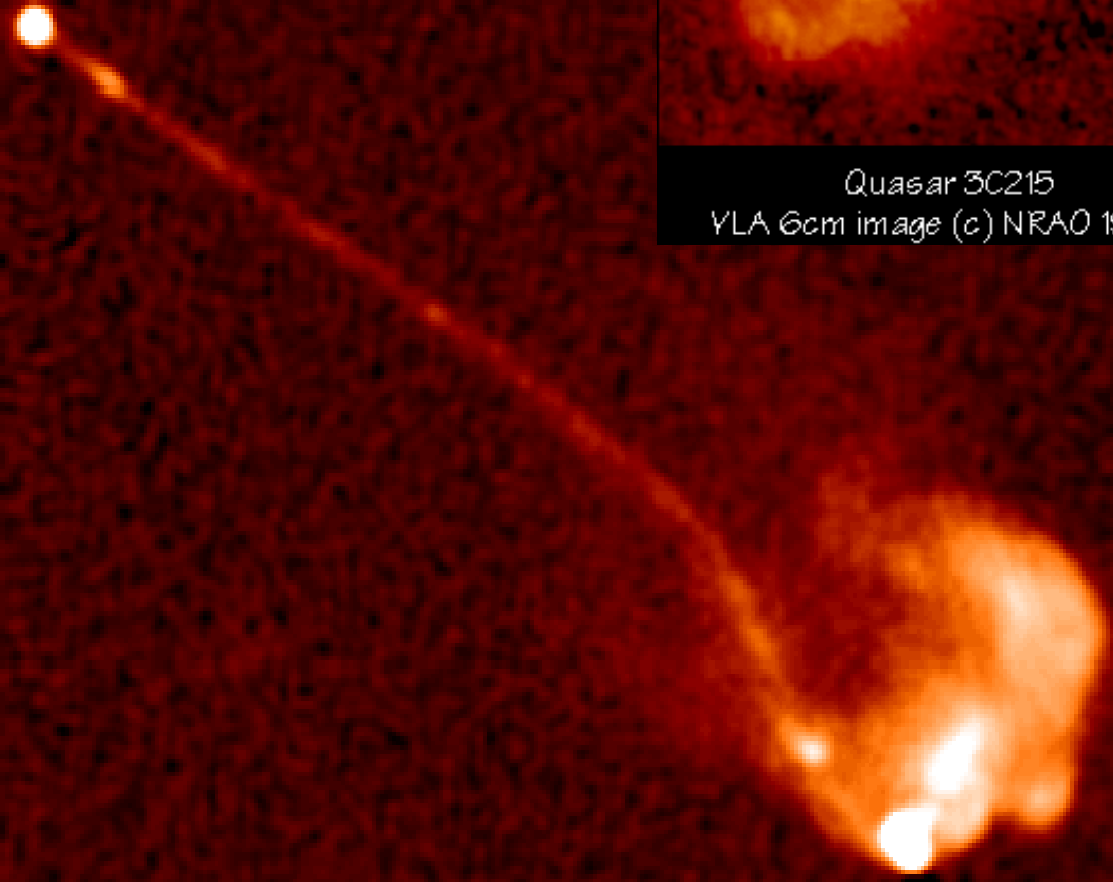
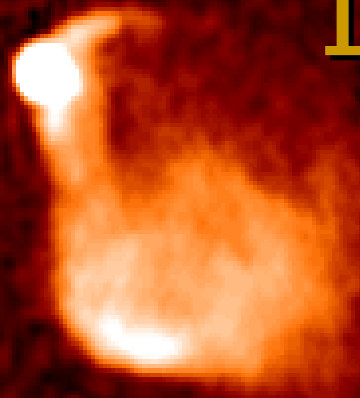
- M51

Imágenes (3)



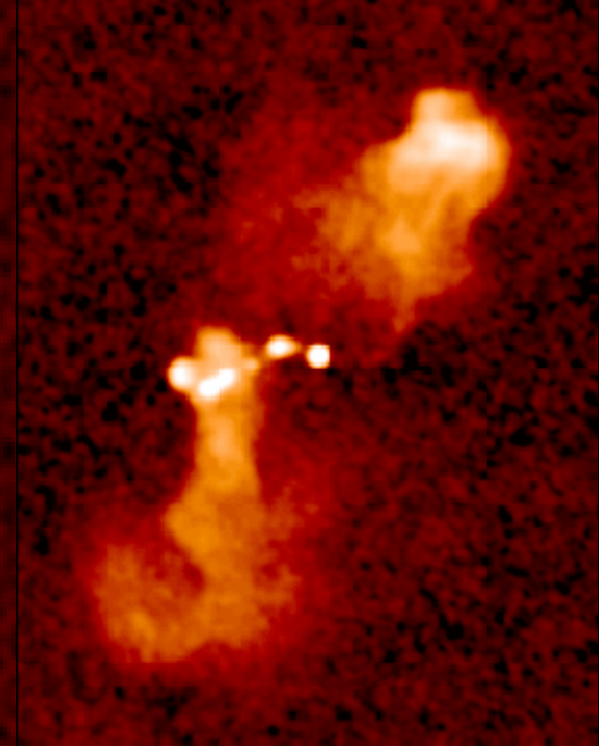
- Júpiter

Imágenes (4)



Quasar 3C175

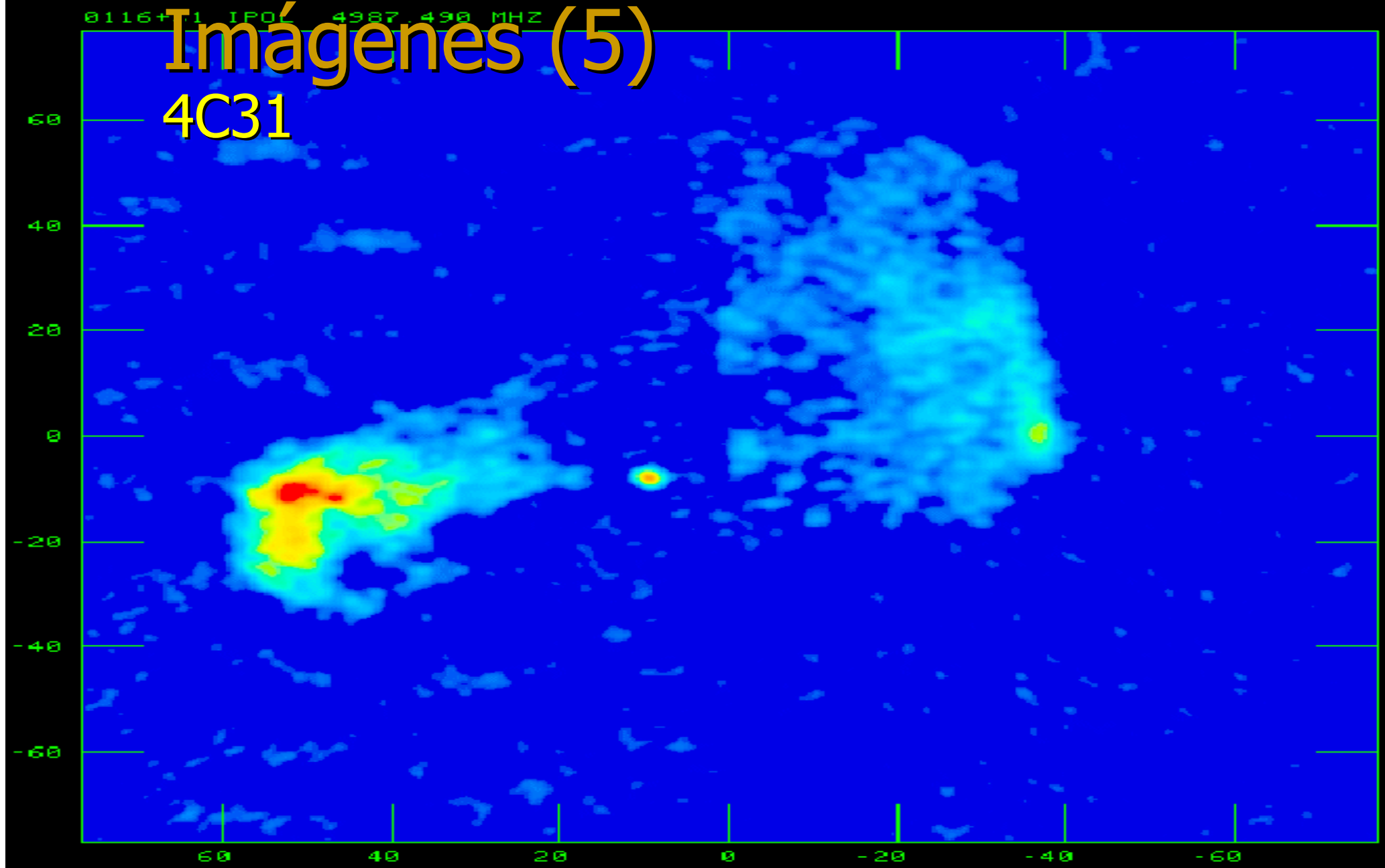
YLA 6cm image (c) NRAO 1996



Quasar 3C215
YLA 6cm image (c) NRAO 1996

Imágenes (5)

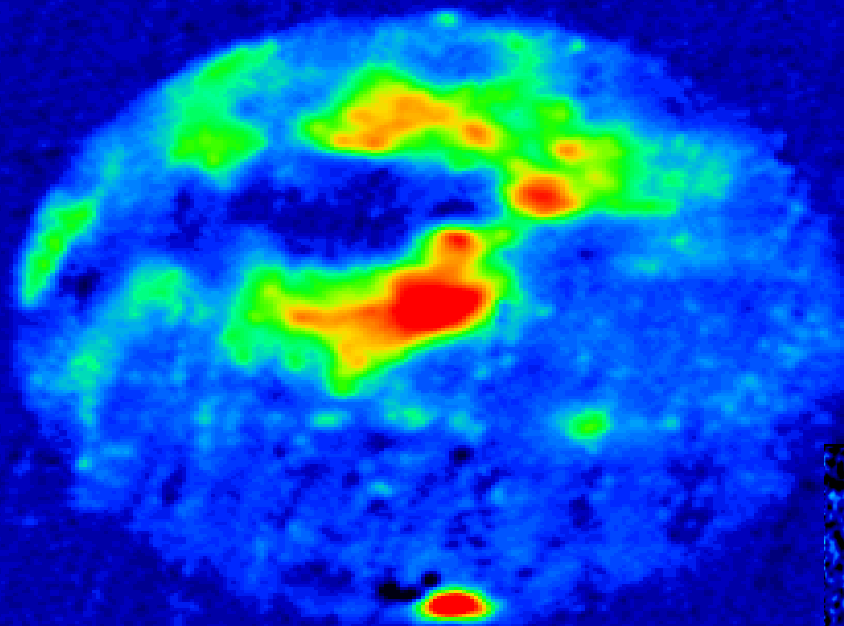
4C31



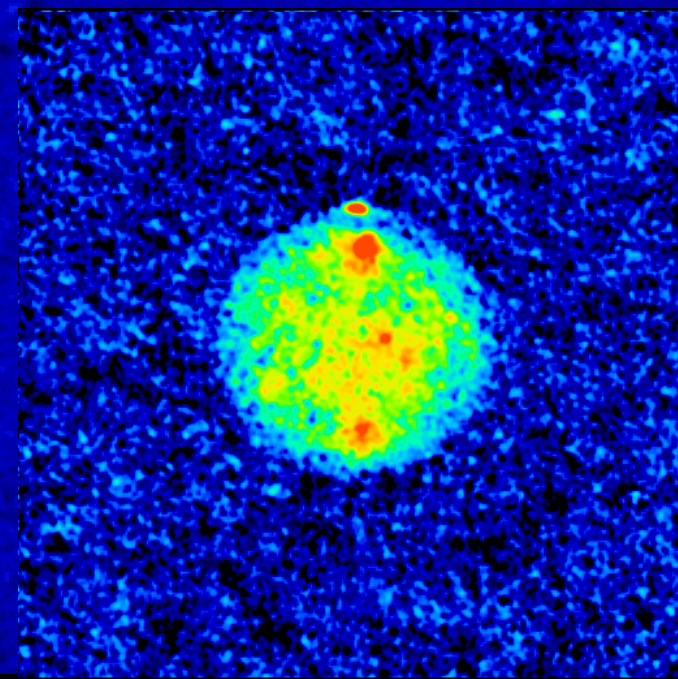
CENTER AT RA 01 19 35.00058 DEC 32 10 50.0666
PEAK = 2.0600E-02 JY/BEAM
IMNAME= 4C3104-5HR.CONVL.1



Imágenes (6)



Marte



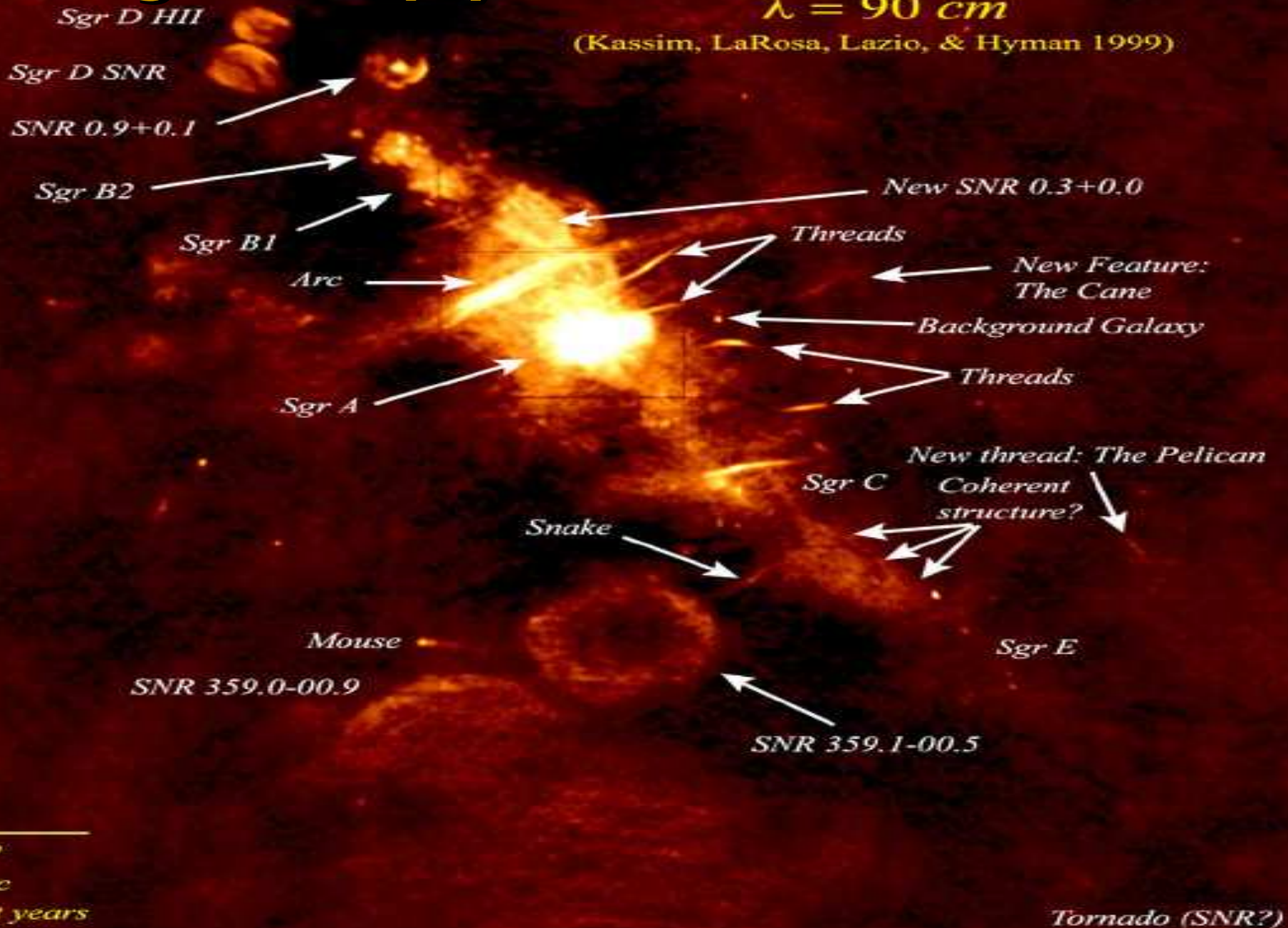
Mercurio

Imágenes (7)

Wide-Field Radio Image of the Galactic Center

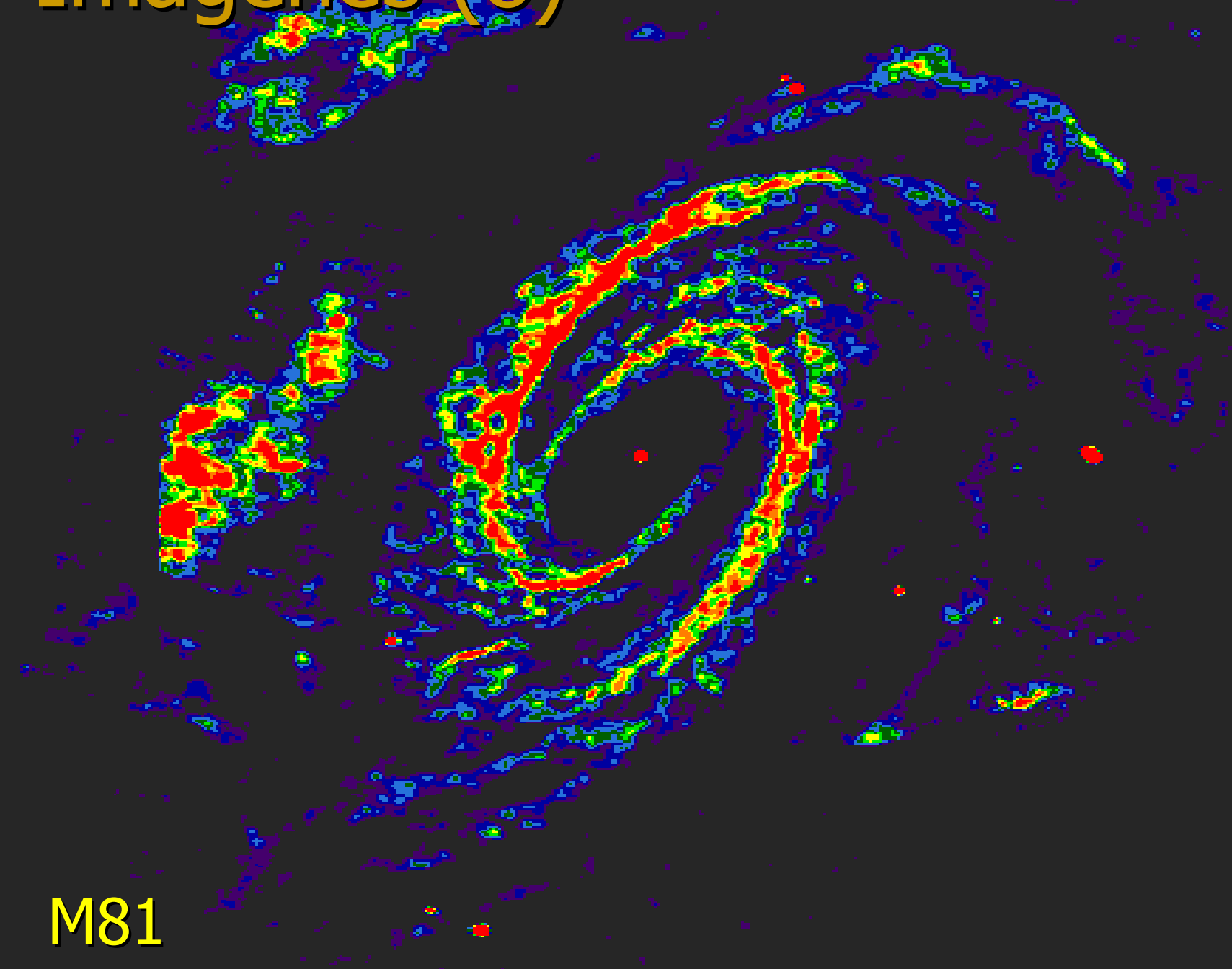
$\lambda = 90 \text{ cm}$

(Kassim, LaRosa, Lazio, & Hyman 1999)



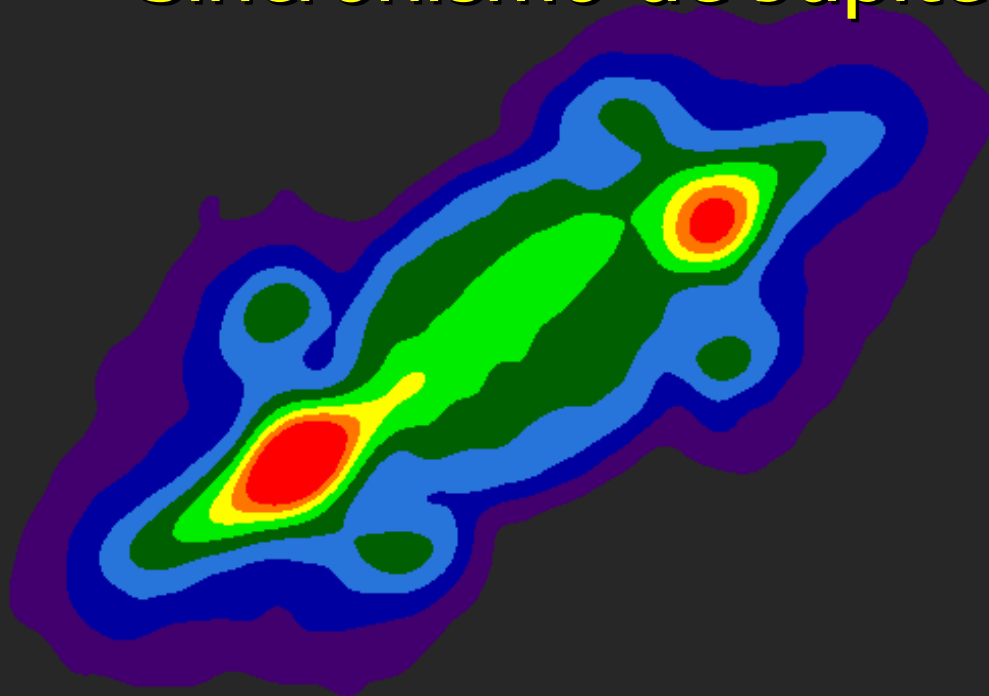
~0.5°
 ~75 pc
 ~240 light years

Imágenes (8)

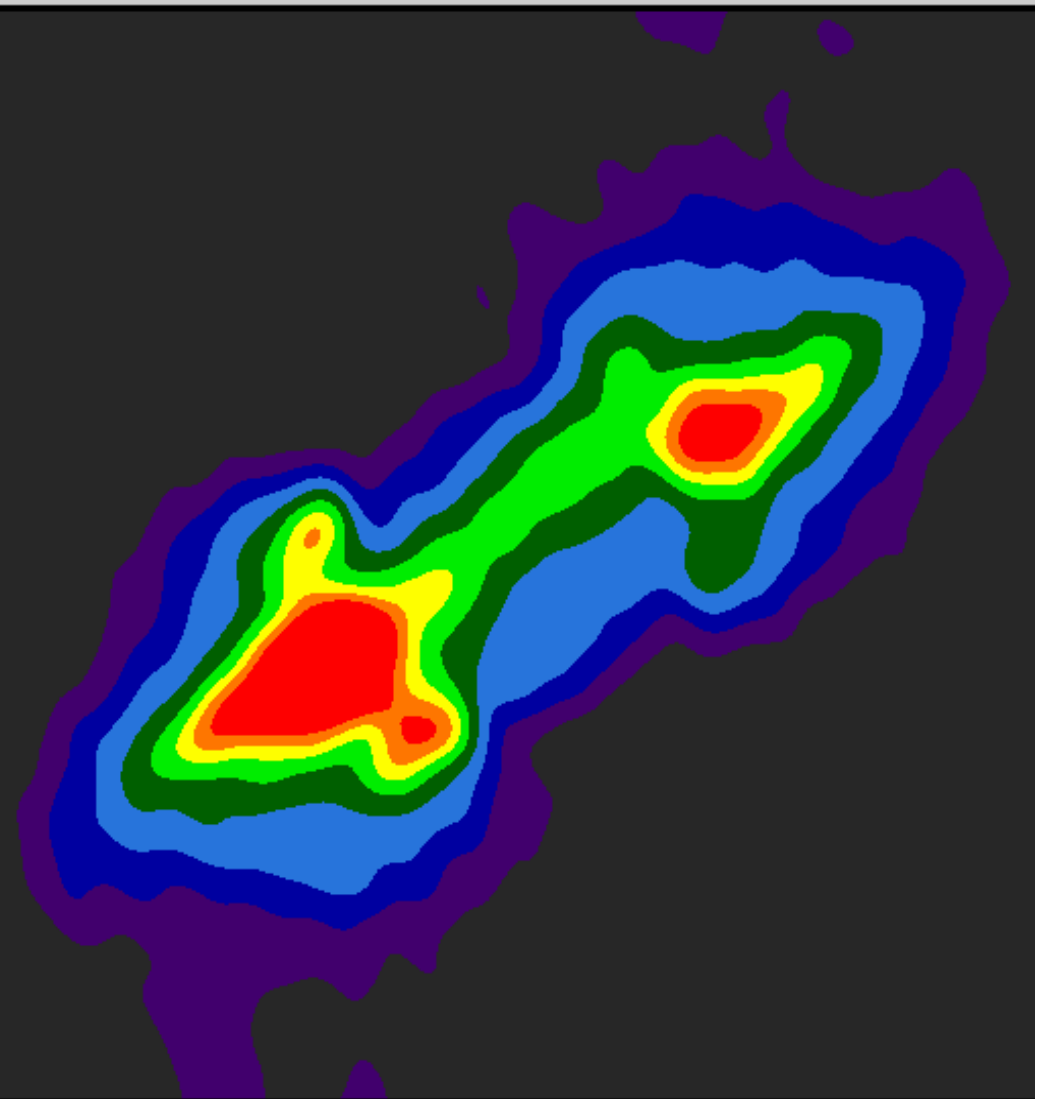


M81

Imágenes (9) Sincronismo de Júpiter



June 24, 1994

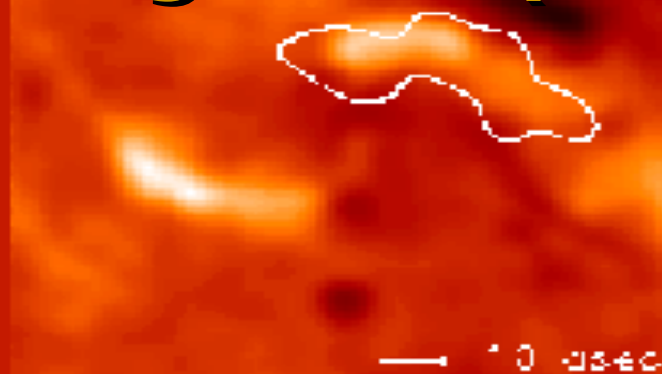


July 19, 1994

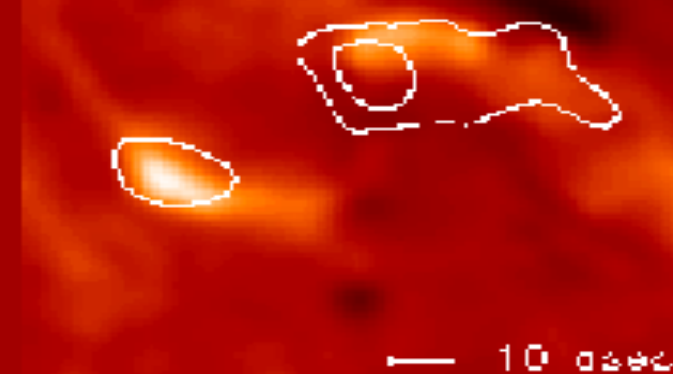
Jupiter at 20 cm, cml = 110 degr.
Imke de Pater (UCB/VLA/NRAO)

Imágenes (10)

(a) 15:55:36 LT

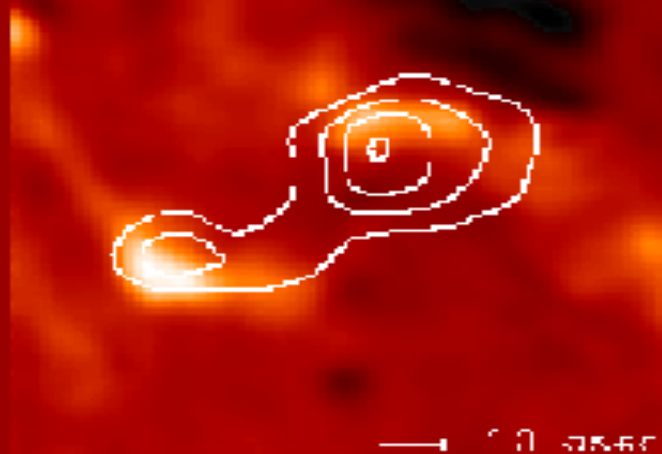


(b) 15:56:54 JT

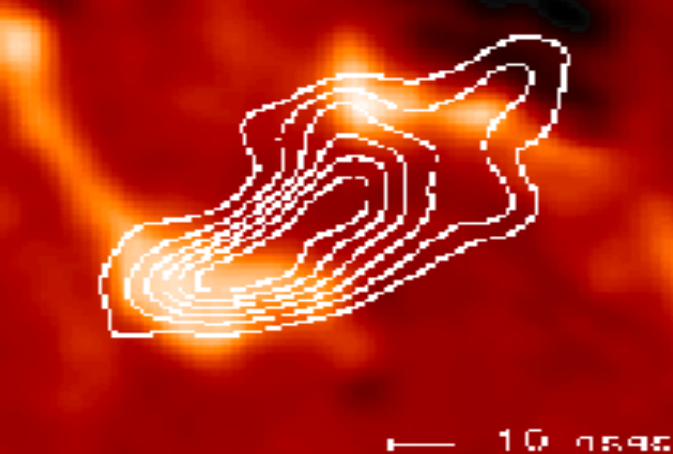


17 June 1989
High Speed Fax Camera (intensity);
Very Large Array, 6 km (Contours)

(c) 15:58:12 LT



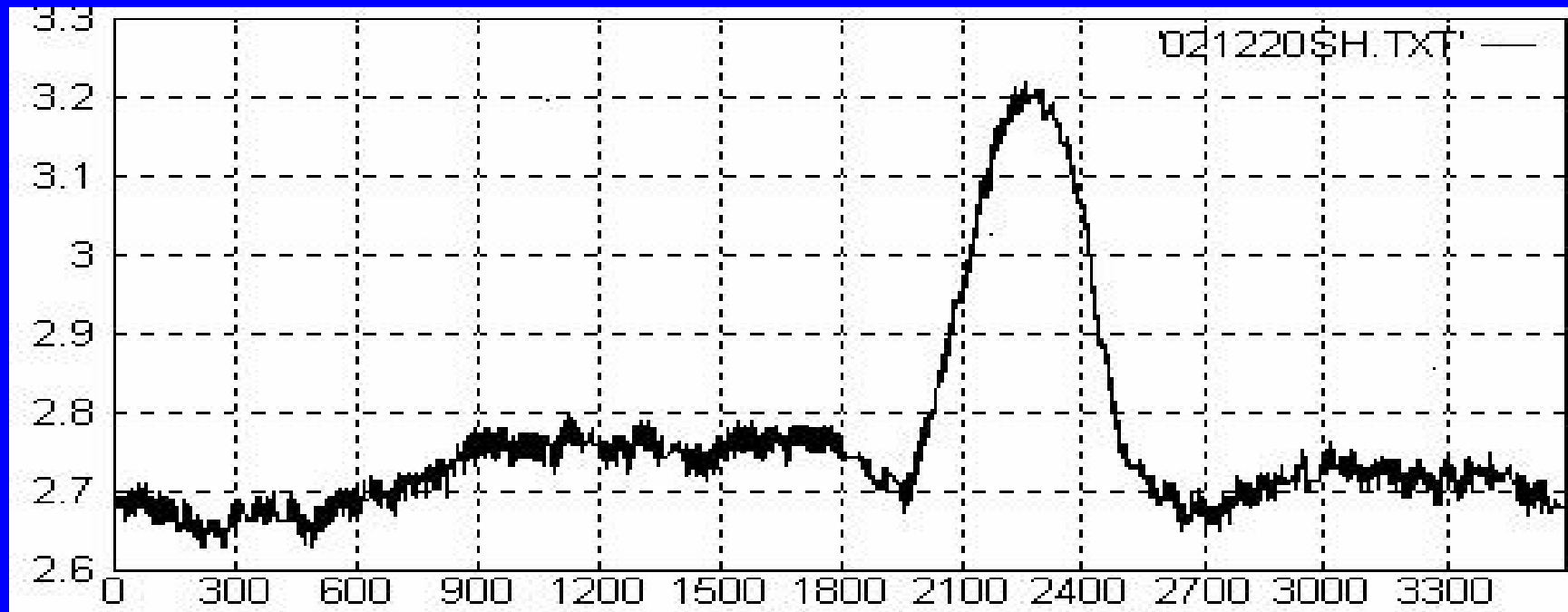
(d) 16:02:00 JT



Llamaradas solares E. visible/R-T

Resumen

- La Radioastronomía, básicamente, consiste en la recepción y medida de campos E/M, a través de receptores de radio y del tratamiento de éstas junto con la posición exacta de la antena.



Taurus A

Agradecimientos

- Rectorado de la Universidad de Cádiz.
 - Vicerrectorado de Extensión Universitaria.
 - Facultad de Ciencias Náuticas.
 - Grupo Planetario "Prof. Pablo Bernardos".
 - Depto. de CC. y TT. Navegación,...
 - Sección Departamental del Depto. ISA, IE y E.
- Observatorios y autores citados a continuación, en la Bibliografía por difundir la cultura en Internet y creer en Karl Jansky y Grote Reber.

Bibliografía

- Libros.

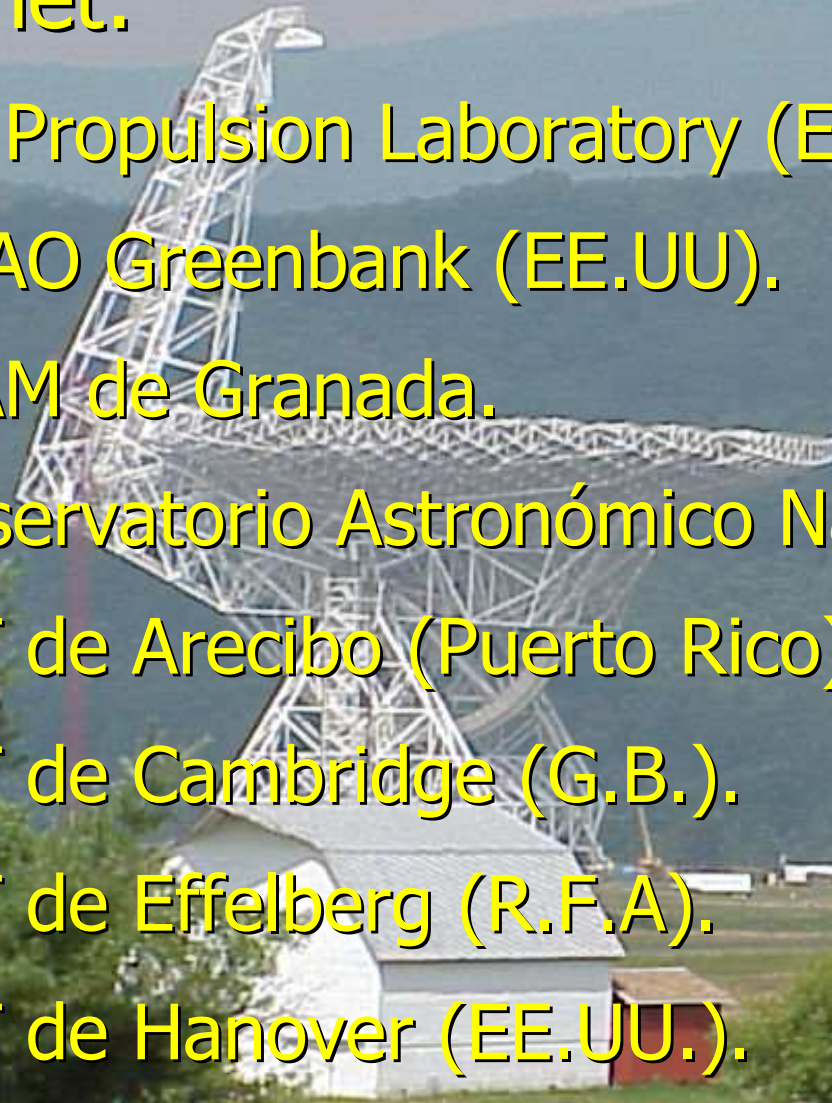
- FISHER MILLER, D. *Basics of Radio Astronomy for the Goldstone-Apple Valley Radio Telescope*. JPL D-13835.
- BAKULIN; P.I. *et alii. Curso de Astronomía General*. Ed. MIR. Moscú. 1987.
- ROSADO; J.L. *Astronomía para todos*. UNED. Madrid.
- ARRL. *The ARRL Handbook for radio amateurs*. American Radio Relay League. Newington. Connecticut. 1991.
- ARRL. *The ARRL antenna book*. American Radio Relay League. Newington. Connecticut. 1990. 3ª Edición.
- DIXON; M.V. *Microwave Handbook*. Vol.1 Radio Society of the Great Britain. 1991.

Bibliografía (2)

- Libros (Cont).
 - ASIMOV; I. *Introducción a la Ciencia. Vol I.* Colección Muy Interesante. Ed. Orbis S.A. Barcelona 1985.
 - HACK; M. *EL Universo.* Nueva Colección Labor. Barceloan 1973.
 - ROUSSEAU; P. *Astronomía sin telescopio.* Colección Muy Interesante. Ed. Orbis S.A. Barcelona 1986.
 - ASIMOV; I. *Guía de la Tierra y el espacio.* Ariel Ciencia. Barcelona 1993.

Bibliografía (3)

- Internet:
 - Jet Propulsion Laboratory (EE.UU.).
 - NRAO Greenbank (EE.UU.).
 - IRAM de Granada.
 - Observatorio Astronómico Nacional. R-T Yebes.
 - R-T de Arecibo (Puerto Rico).
 - R-T de Cambridge (G.B.).
 - R-T de Effelberg (R.F.A.).
 - R-T de Hanover (EE.UU.).



Bibliografía (4)

- Internet (2):
 - R-T Simeiz (Crimea).
 - R-T de Metzell (R.F.A.).
 - R-T de Nançay (Japón)
 - R-T de Northern Cross (EE.UU).
 - VLA de Socorro (EE.UU).
 - R-T VIRAC.
 - R-T de Parkes (Australia).
 - Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Agradecimientos.

- A todos ustedes por haber aguantado esta aproximación a la Radioastronomía con infinita paciencia.

MUCHAS GRACIAS

Introducción a la Radioastronomía.

FIN

— — — — —
■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Me parece
que hicimos
algo mal...

Mejor
apagalo!

