

Pulsares Y Estrellas de Neutrones

Dany Page

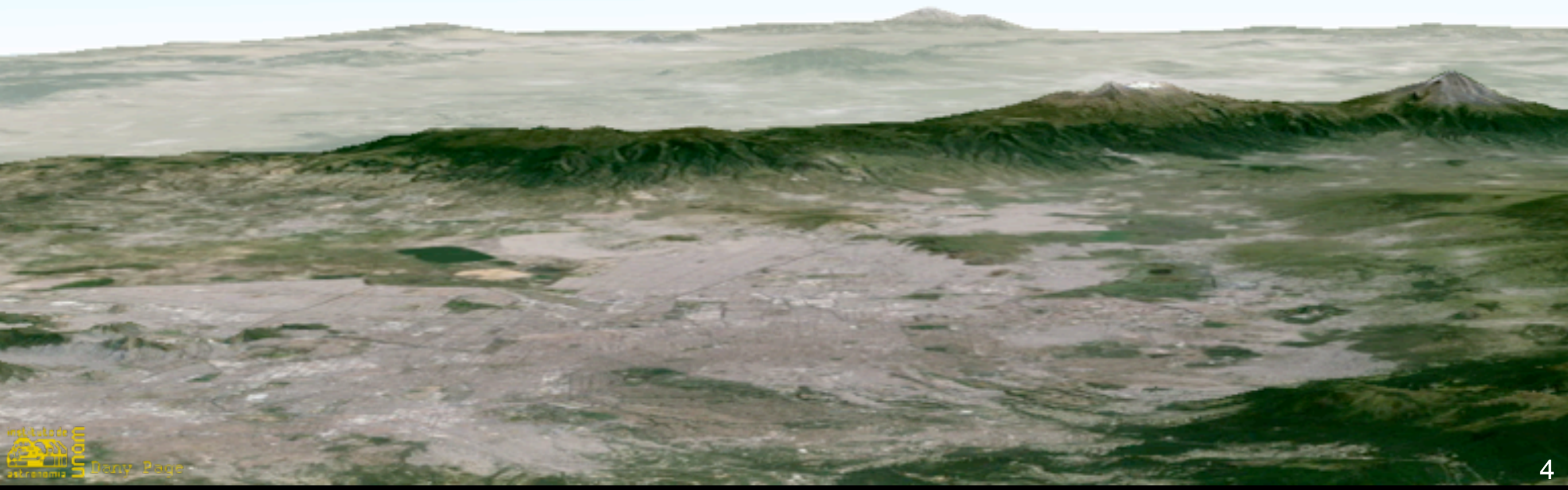
Instituto de Astronomía

Universidad Nacional Autónoma de México

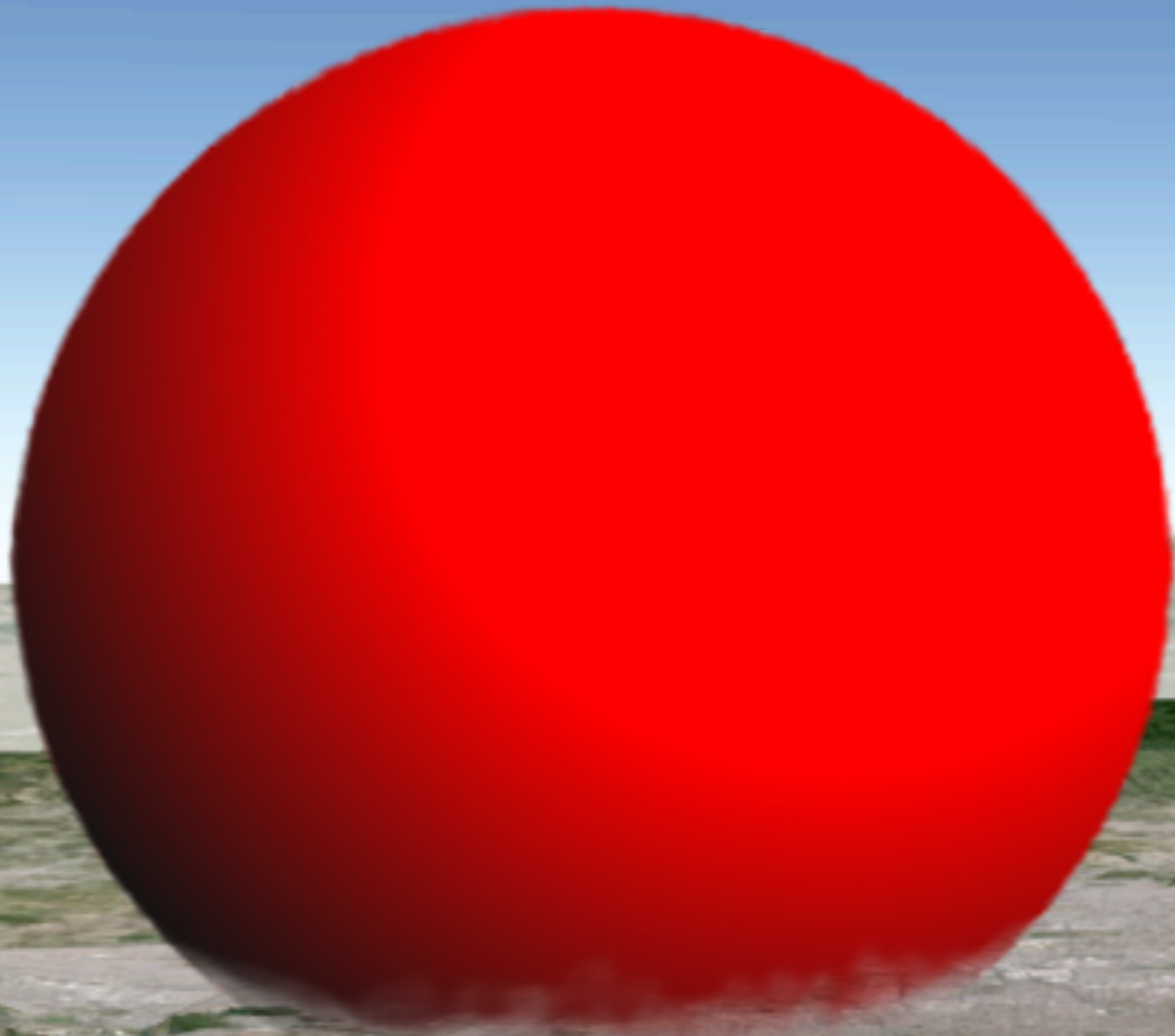
- Estrellas de Neutrones
- Pulsares
- Supernovas
- Campos Magnéticos
- Binarias de Rayos X

Estrellas de Neutrones

Valle de México



Una Estrella de Neutrones en el Valle de México



Una Estrella de Neutrones en el Valle de México



Una Estrella de Neutrones en el Valle de México

Masa: 1 a 2 M_{\odot}

Diámetro: ~ 25 km

Una Estrella de Neutrones en el Valle de México

Densidad central: $\sim 10^{15} \text{ g cm}^{-3}$
(mil millones de toneladas por cm^3 !)

Masa: 1 a 2 M_{\odot}



Diámetro: $\sim 25 \text{ km}$


Una Estrella de Neutrones en el Valle de México

Densidad central: $\sim 10^{15} \text{ g cm}^{-3}$
(mil millones de toneladas por cm^3 !)

Masa: 1 a 2 M_{\odot}

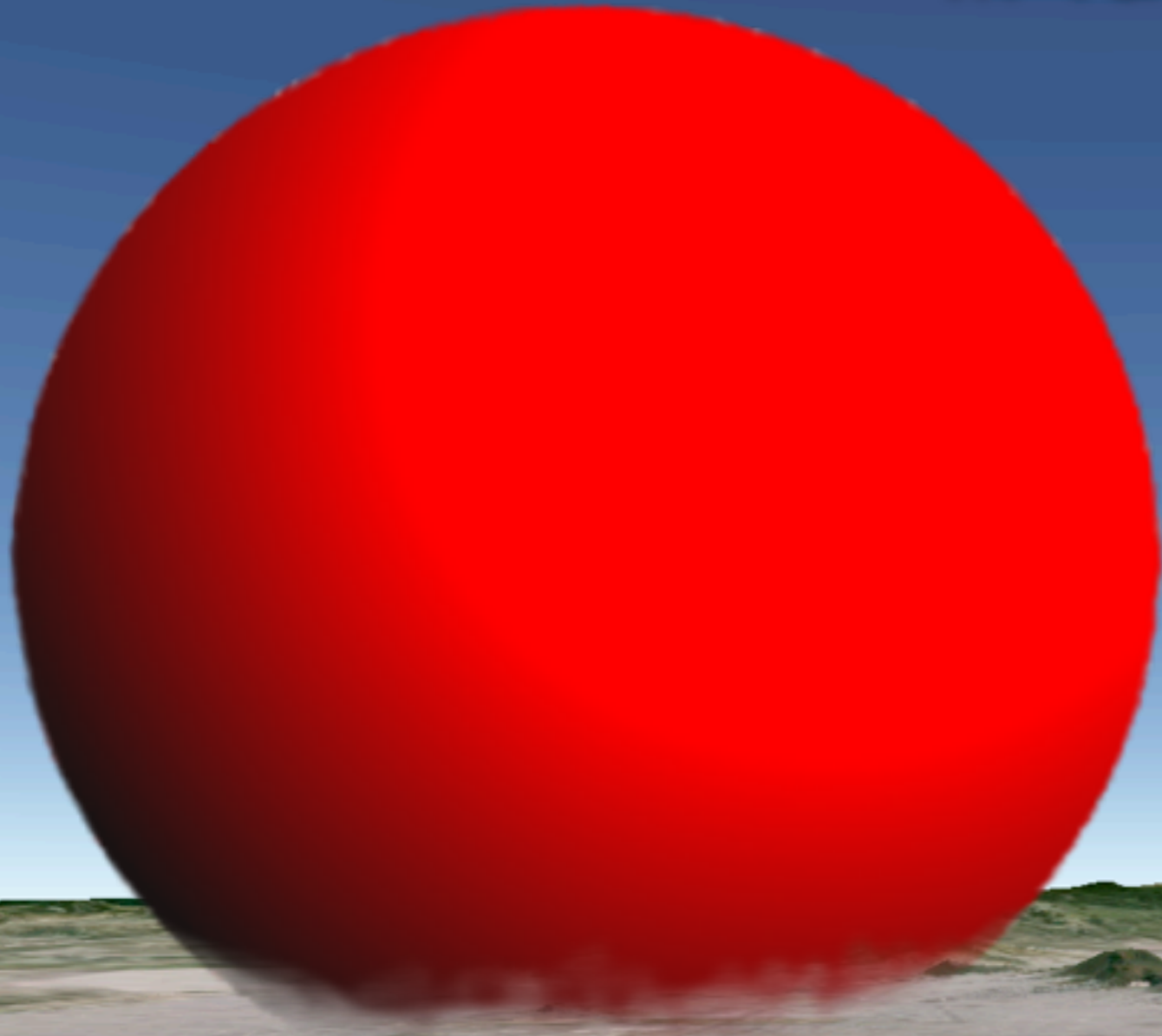


Diámetro: $\sim 25 \text{ km}$



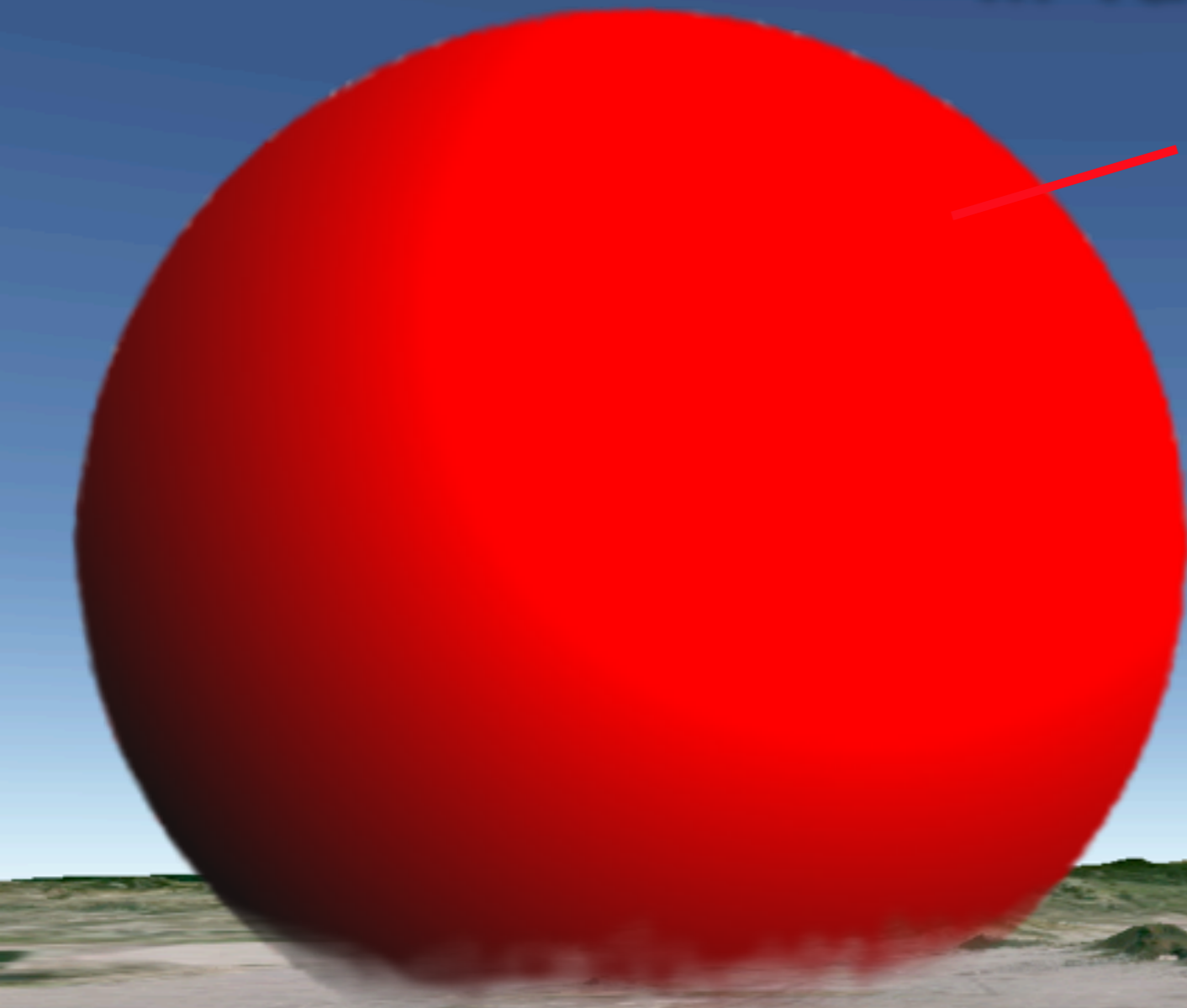
Una cucharada de materia de
estrella de neutrones pesa mas
que todos los edificios de la
Ciudad de México

... va camino hacia la UNAM



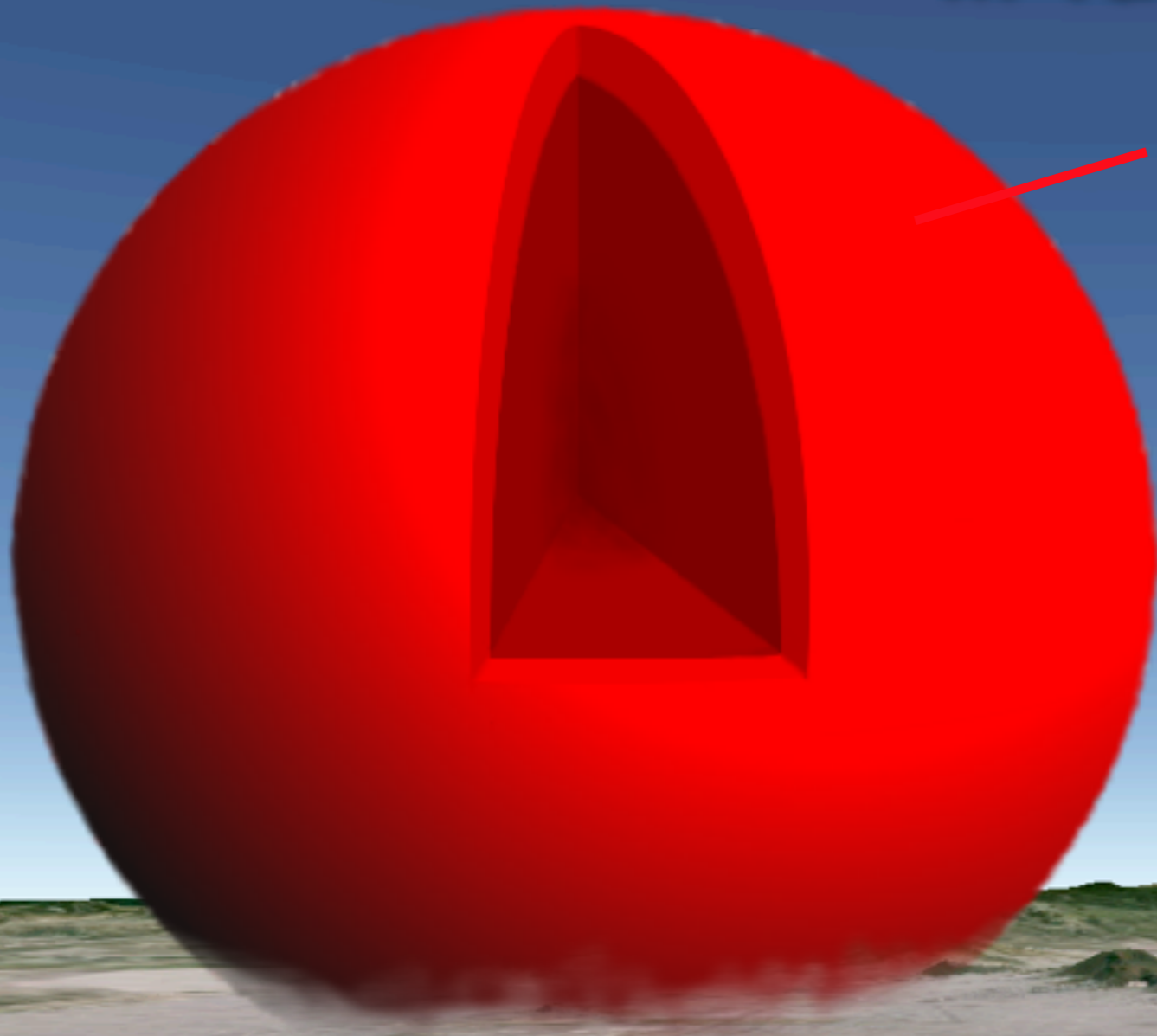
... va camino hacia la UNAM

Atmósfera y Oceano

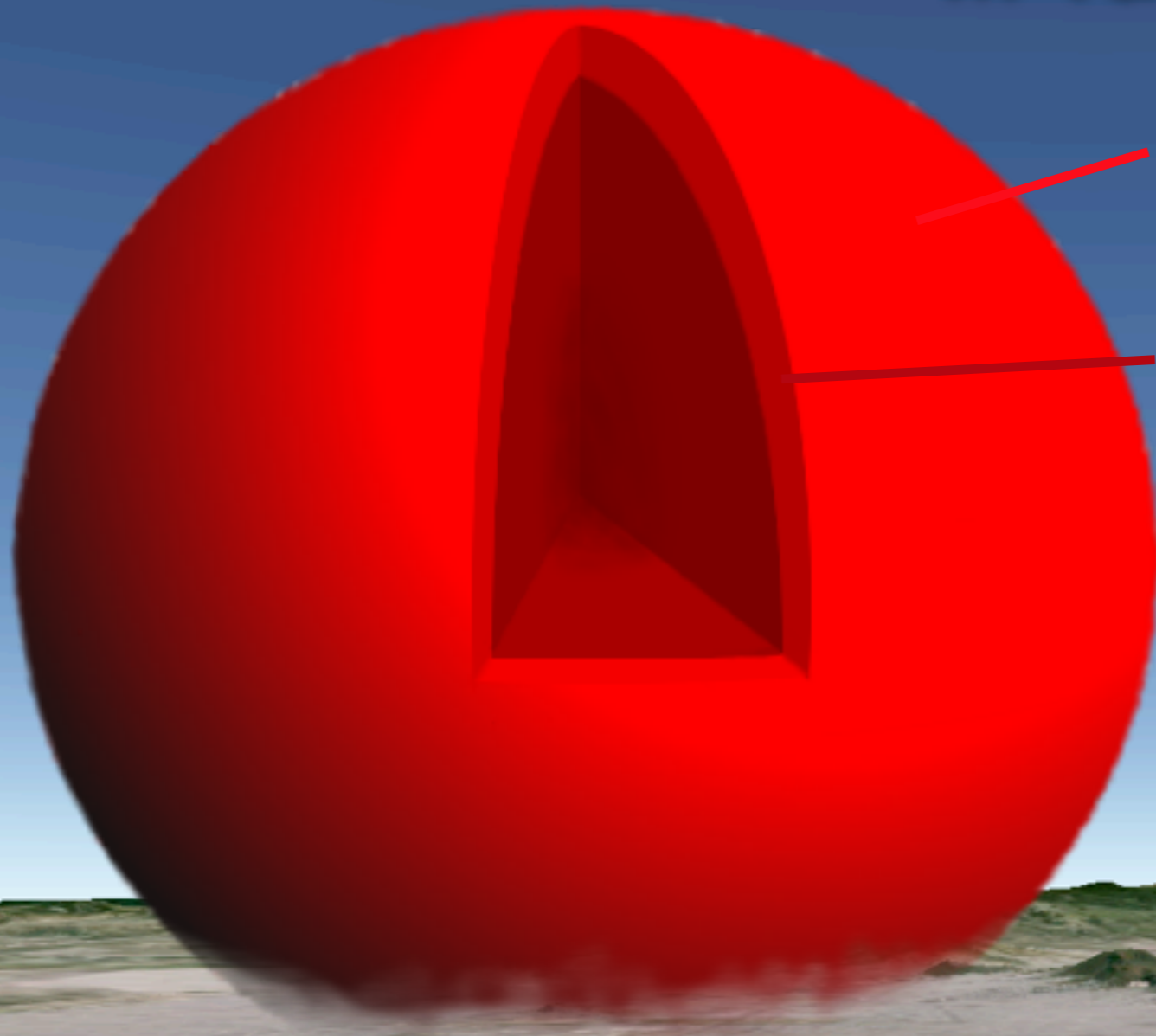


... va camino hacia la UNAM

Atmósfera y Oceano



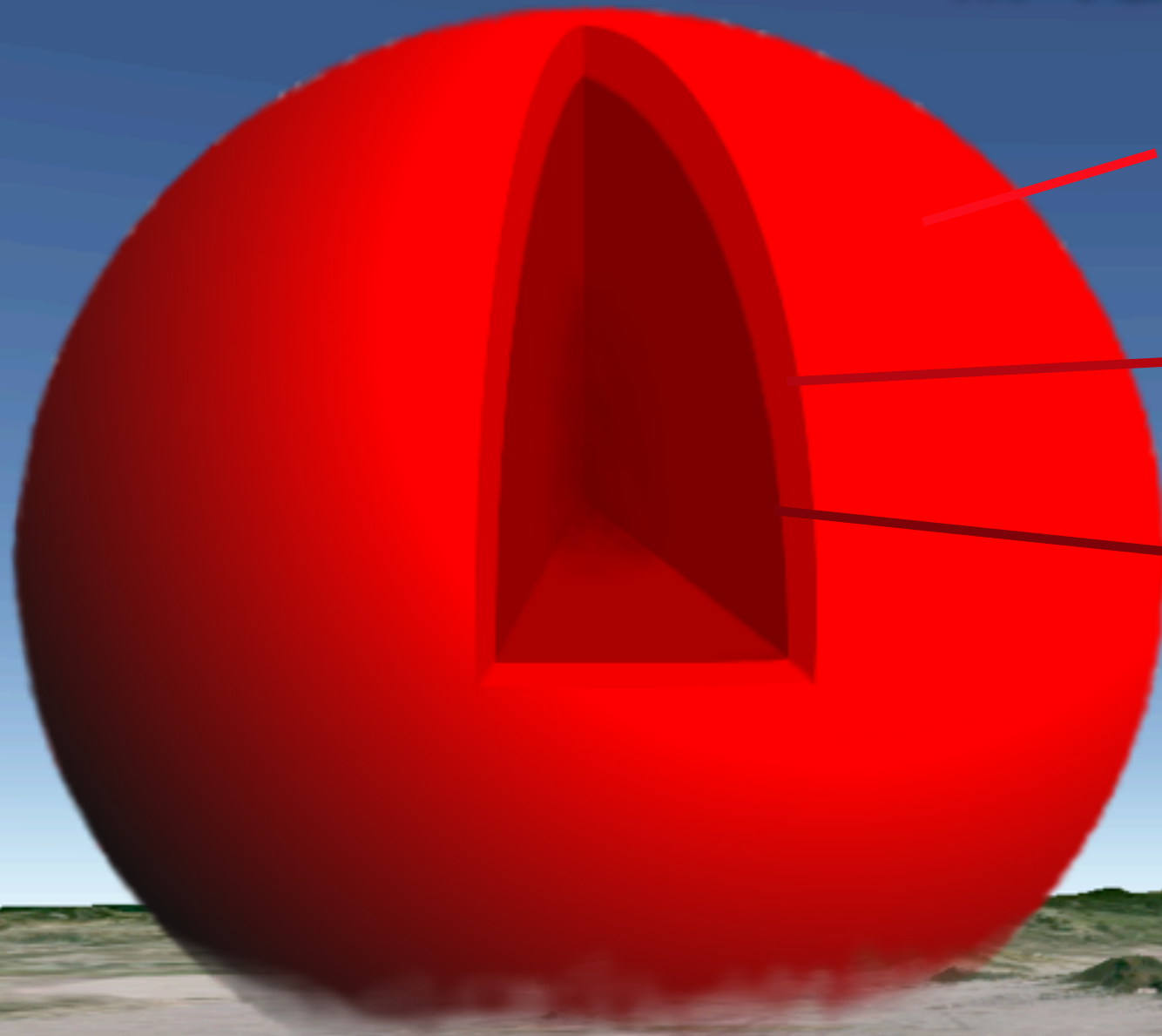
... va camino hacia la UNAM



Atmósfera y Oceano

Corteza metálica (~ 1 km)

... va camino hacia la UNAM

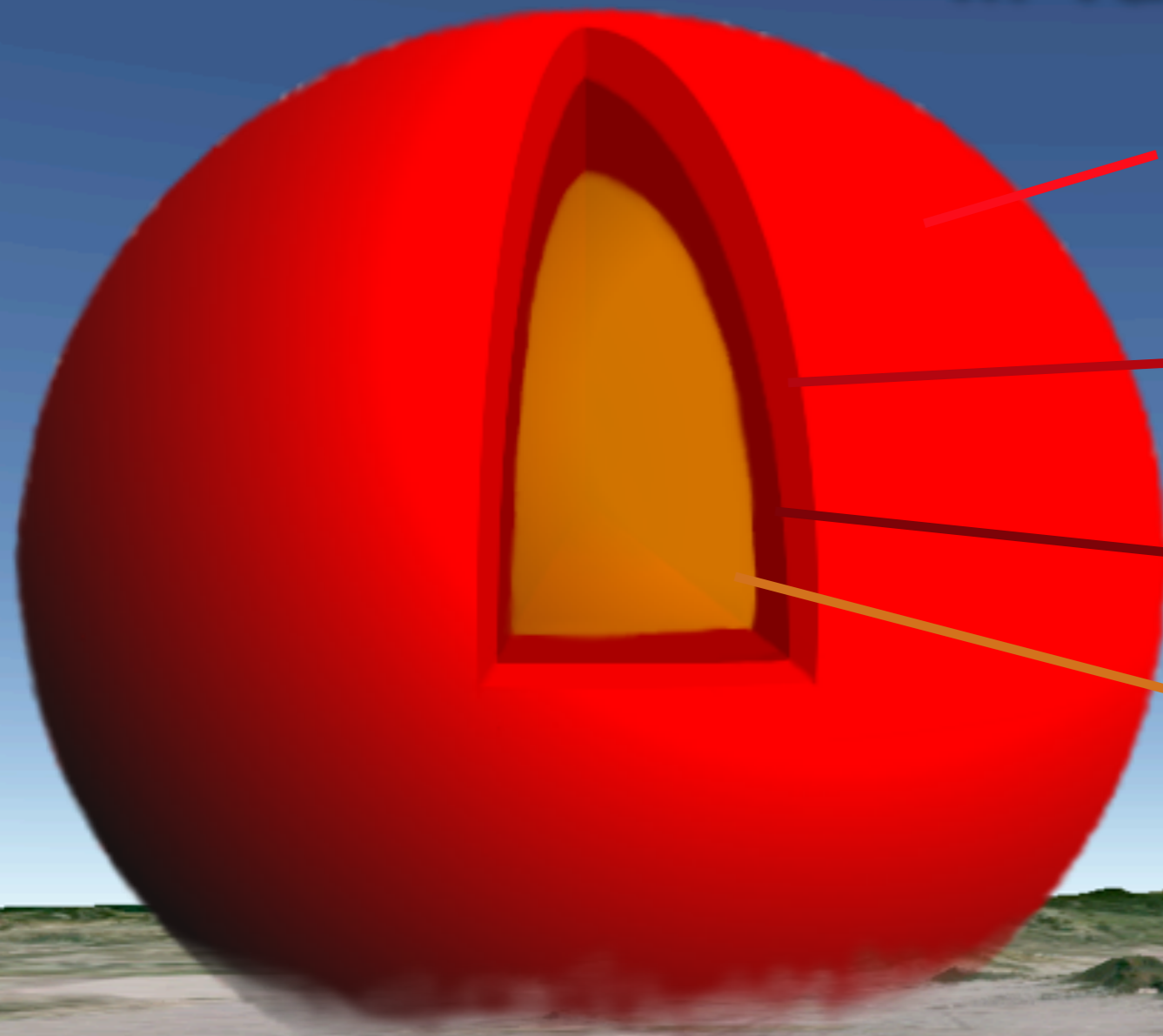


Atmósfera y Oceano

Corteza metálica (~ 1 km)

Carozo: $\rho > \rho_{\text{nuc}}$
($\rho_{\text{nuc}} = 2.8 \times 10^{14} \text{ g cm}^{-3}$)

... va camino hacia la UNAM



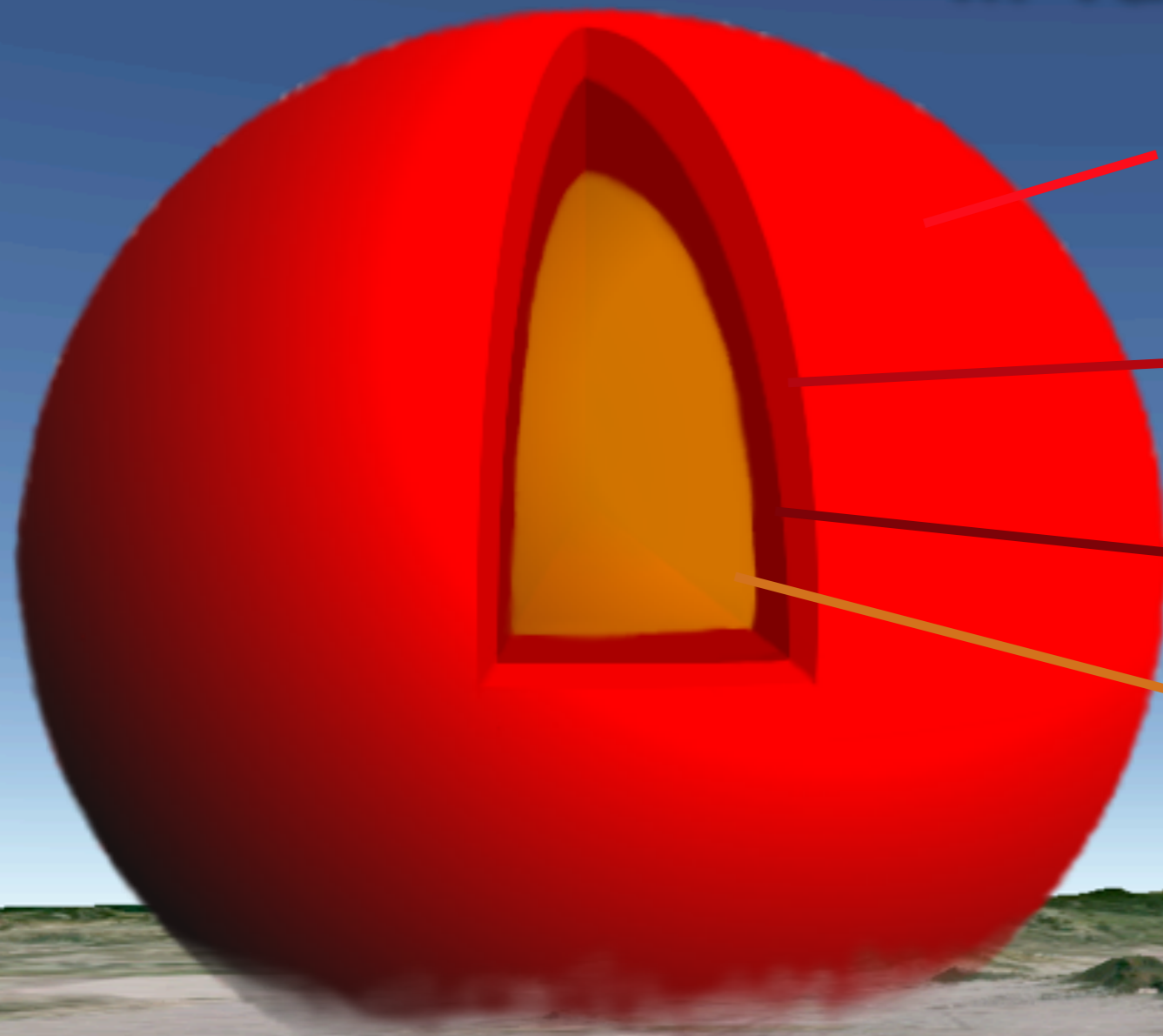
Atmósfera y Oceano

Corteza metálica (~ 1 km)

Carozo: $\rho > \rho_{\text{nuc}}$
($\rho_{\text{nuc}} = 2.8 \times 10^{14} \text{ g cm}^{-3}$)

Superfluido

... va camino hacia la UNAM



Atmósfera y Oceano

Corteza metálica (~ 1 km)

Carozo: $\rho > \rho_{\text{nuc}}$
($\rho_{\text{nuc}} = 2.8 \times 10^{14} \text{ g cm}^{-3}$)

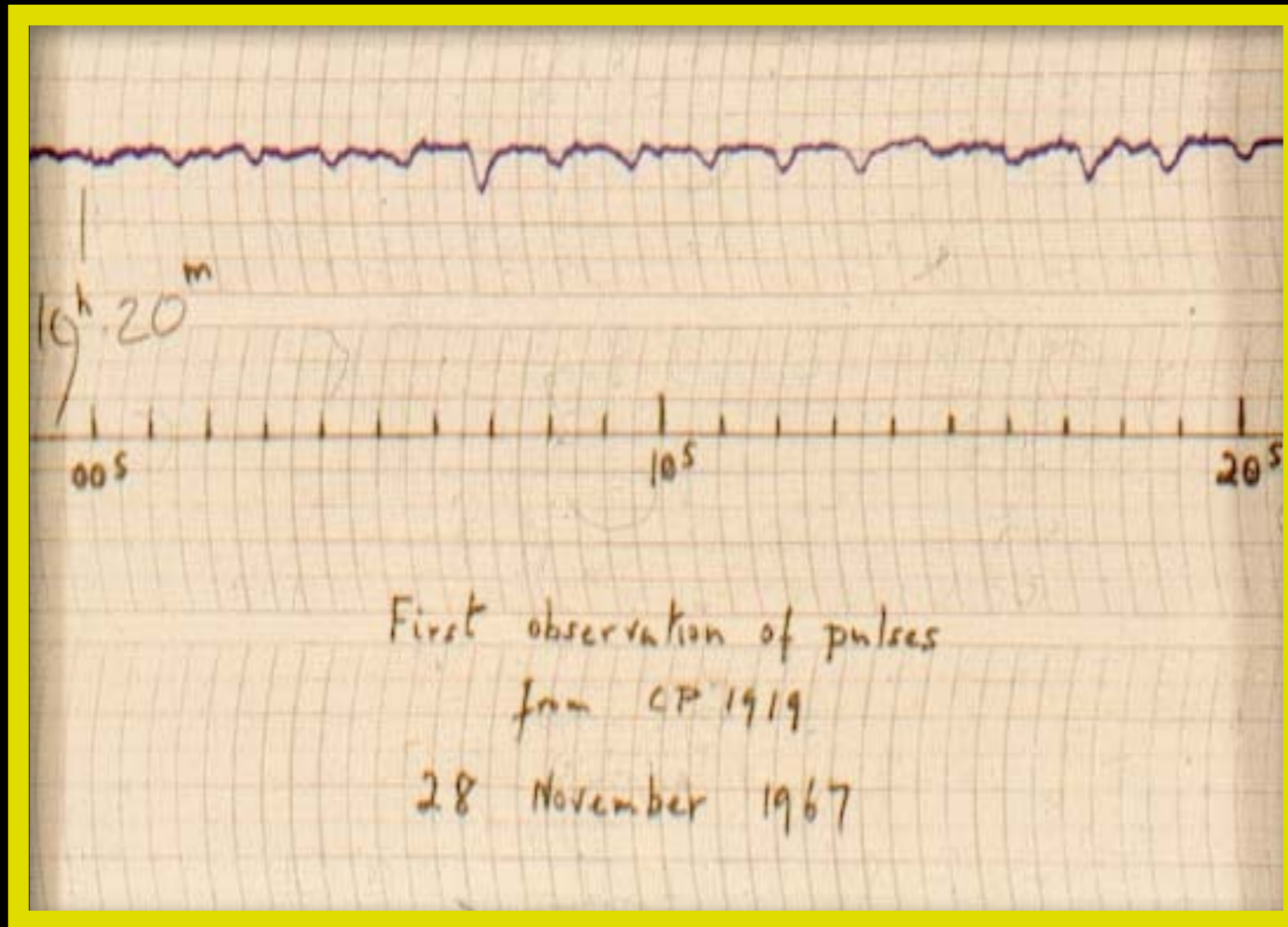
Superfluido

Superfluido en estrellas de neutrones: postulado en 1959 por A. Migdal

Primera evidencia observacional: enfriamiento de "Cas A"

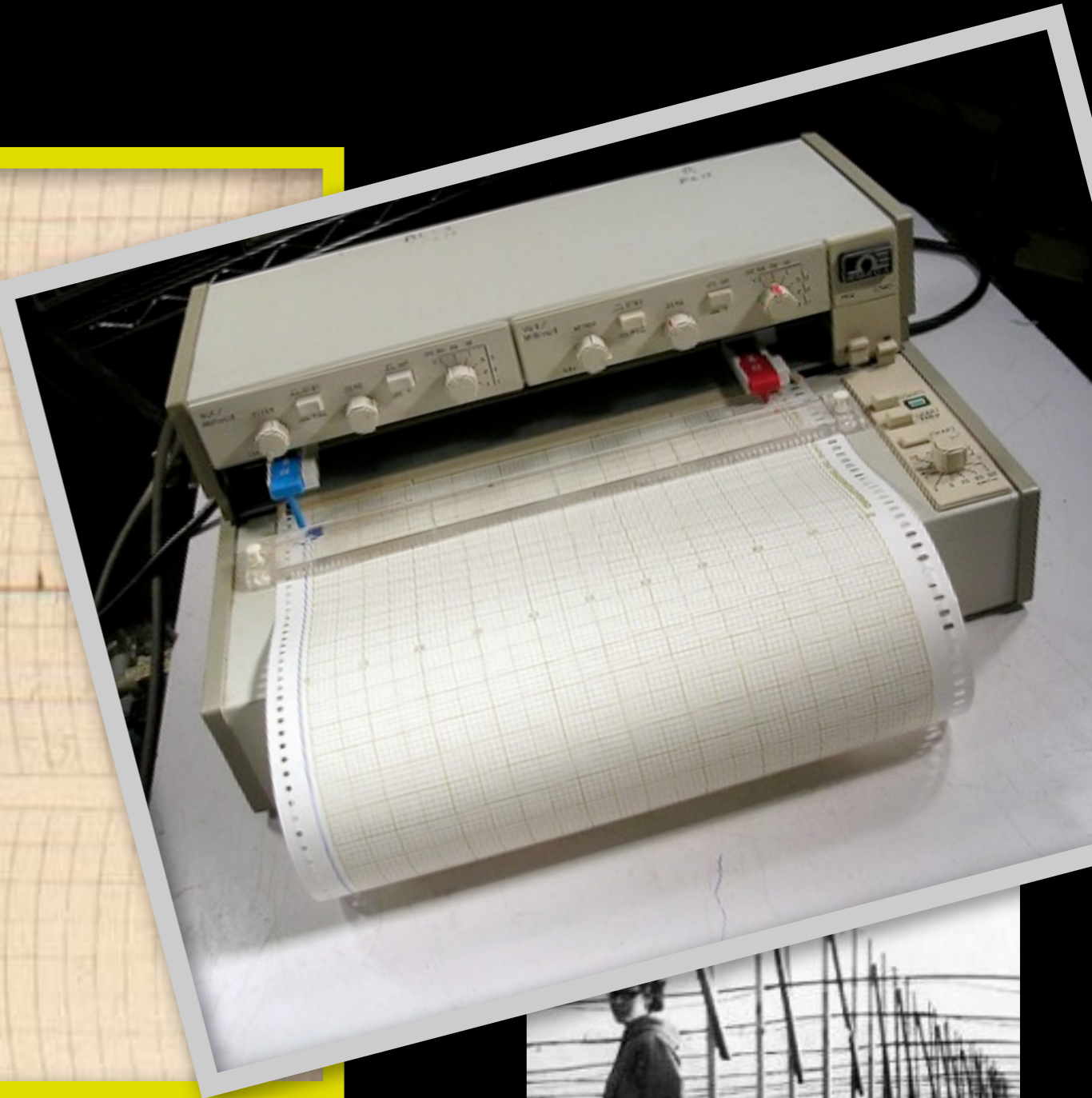
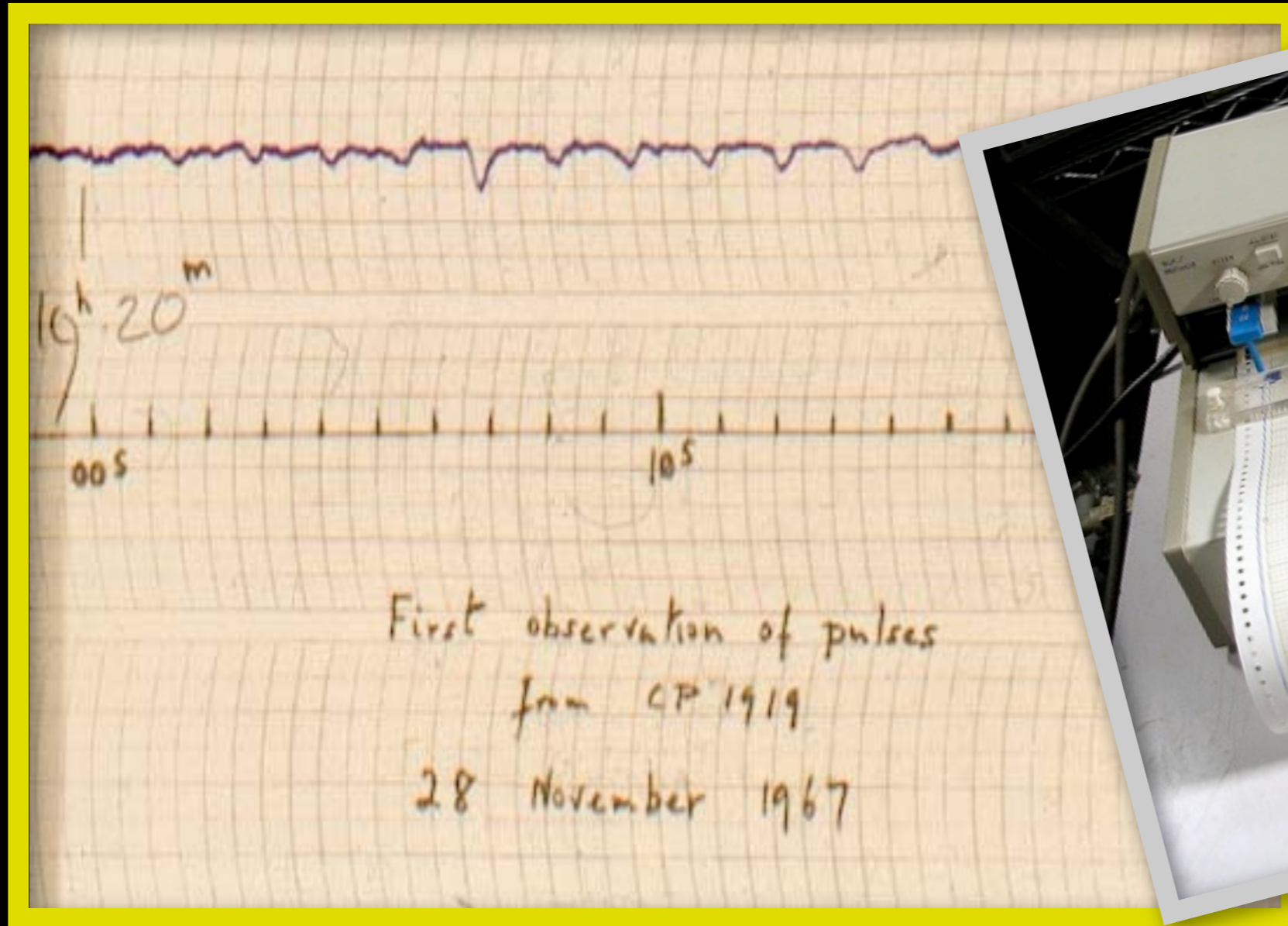
Pulsares

El Descubrimiento del Primer Pulsar (1967)



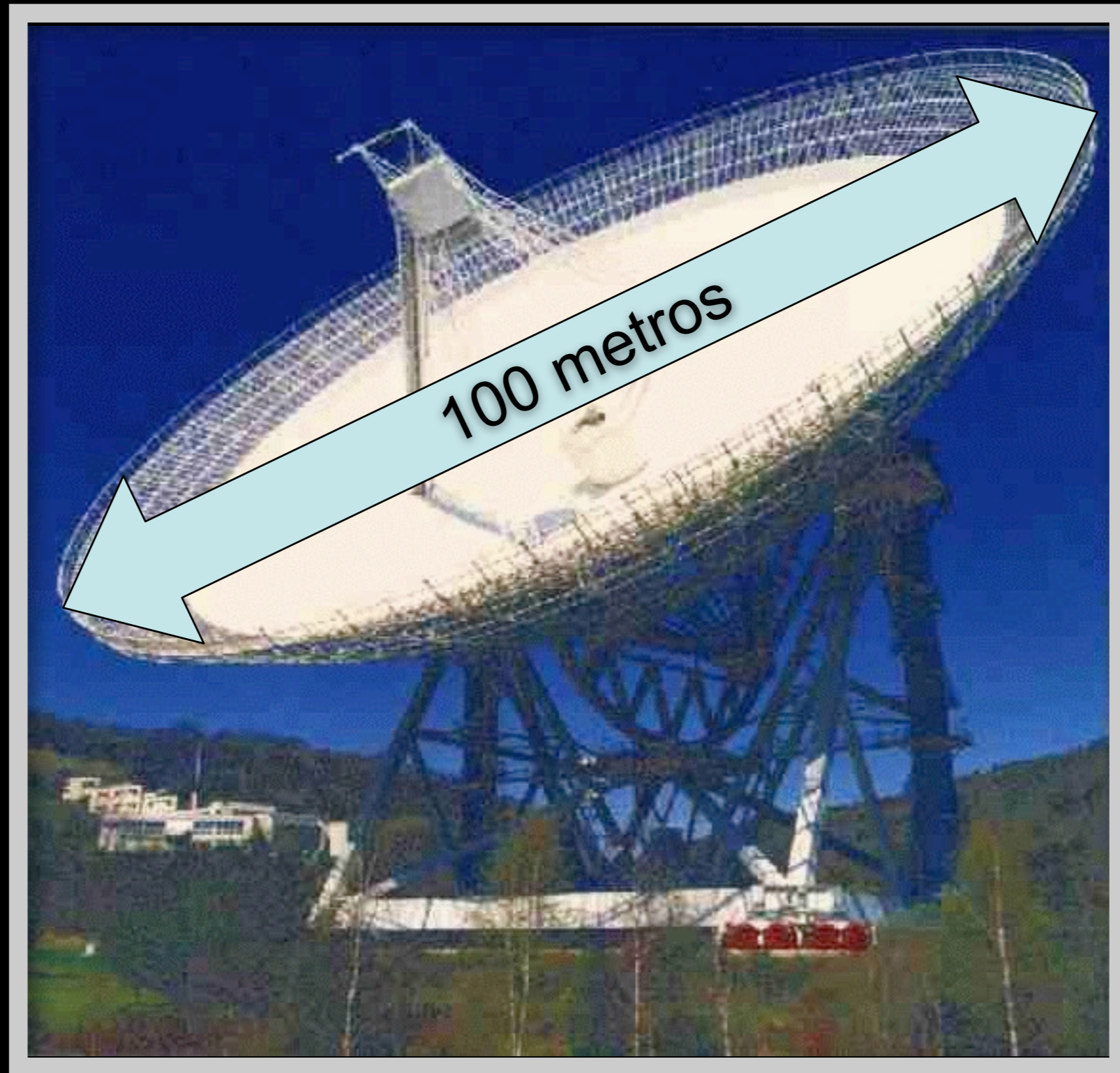
Jocelyn Bell

El Descubrimiento del Primer Pulsar (1967)



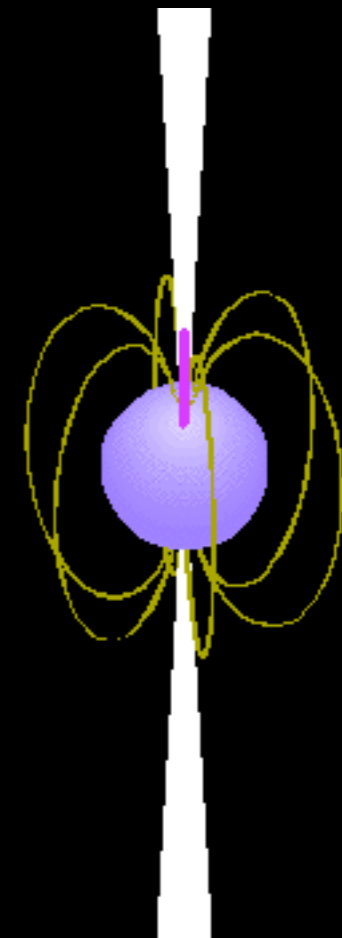
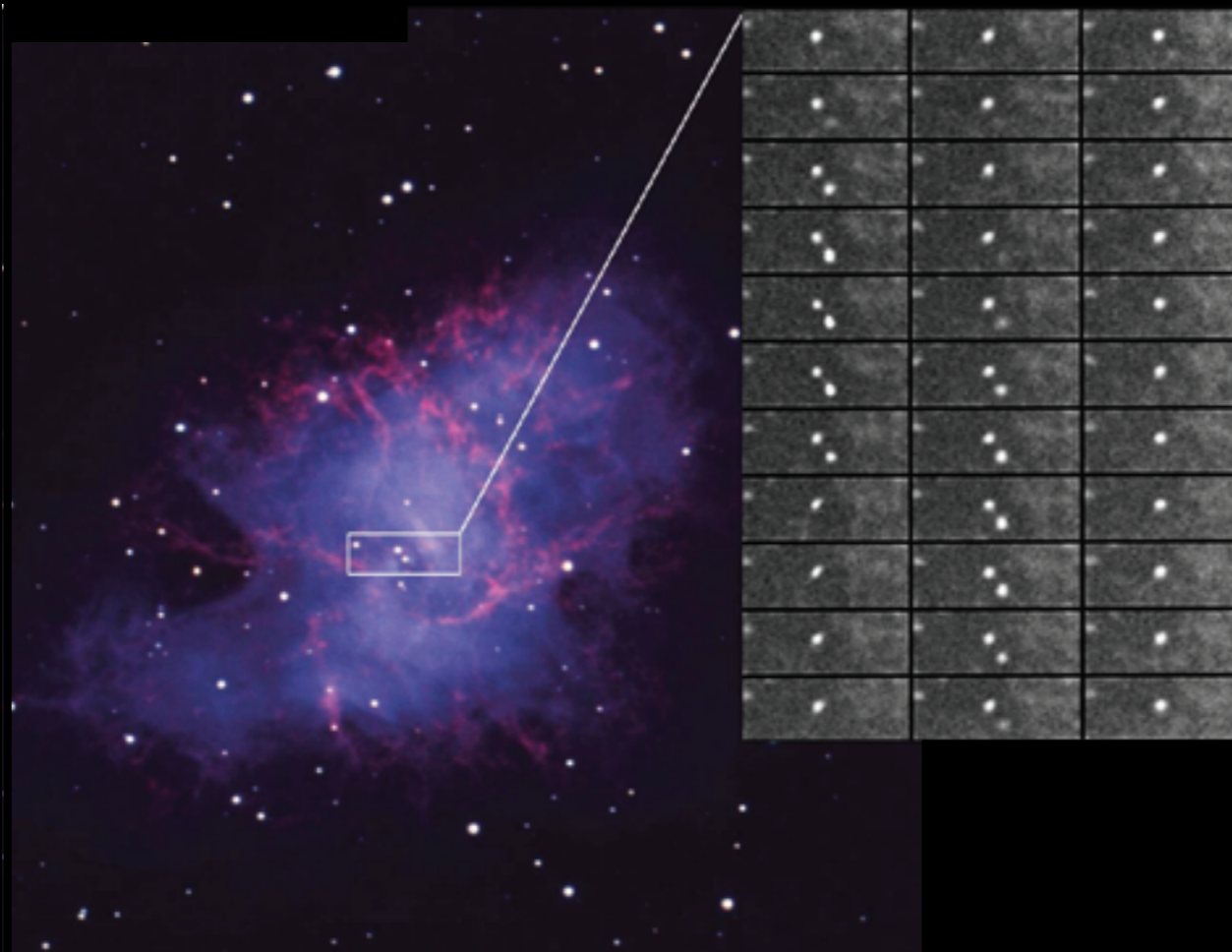
Jocelyn Bell

El Radio-Telescopio de Effelsberg (Bonn)



El Pulsar del Cangrejo

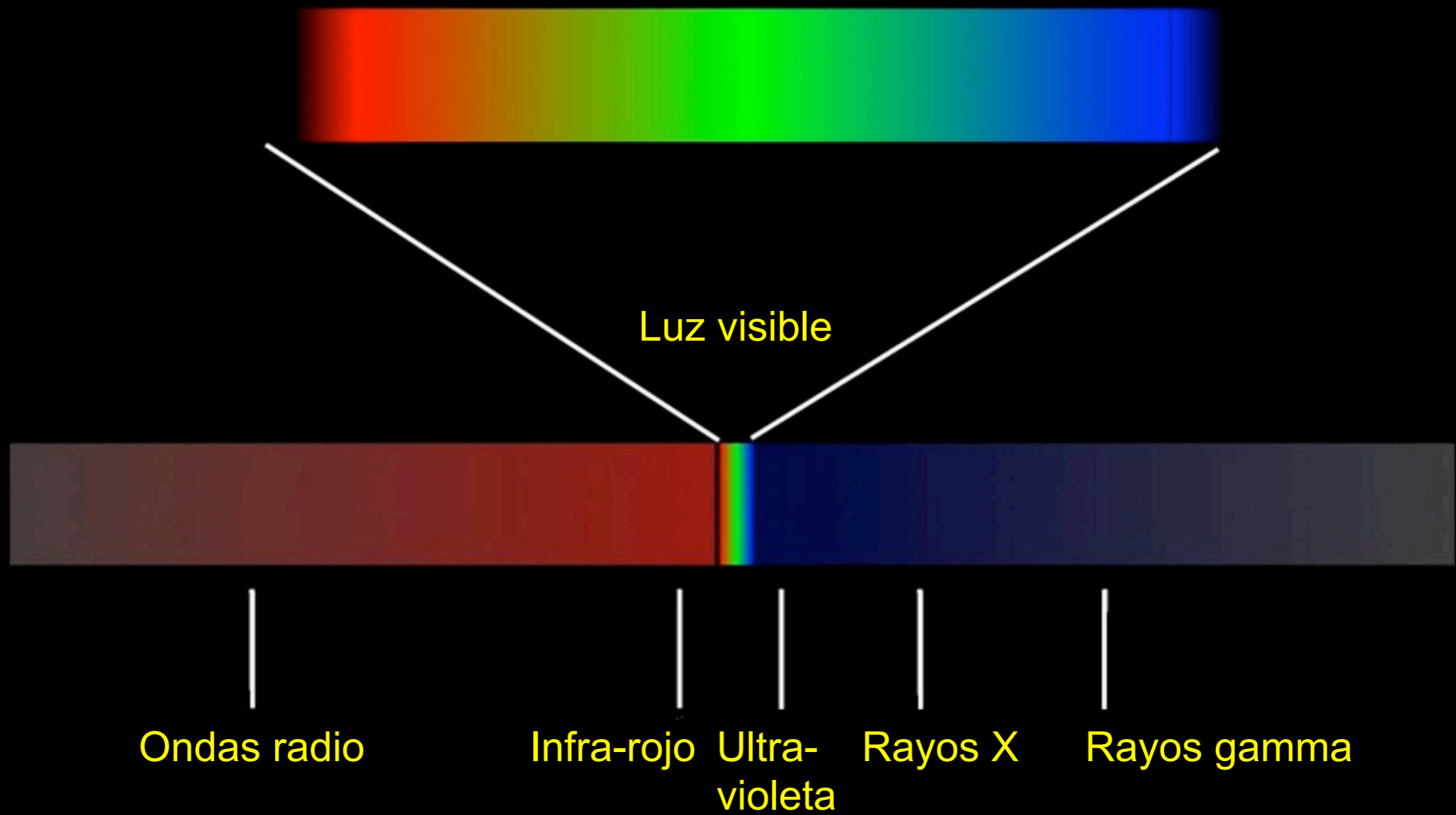
Periodo de rotación:
33 milisegundos



© 2004 The Trustees of Amherst College. www.amherst.edu/~qsqgreenstein/progs/animations/pulsar_beacon/

Solo un puñado de pulsares se ven en el óptico:
la gran mayoría se had descubierto en ondas radio

El Espectro Electromagnético



Chandra



Lanzado el 23 de julio de 1999

Chandra: rayos X

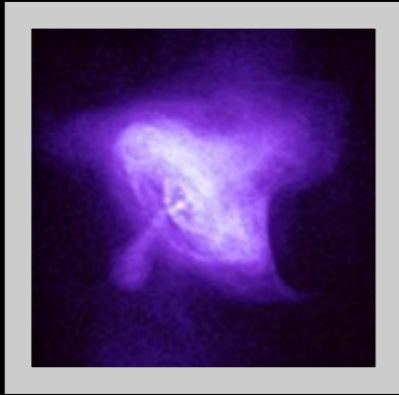
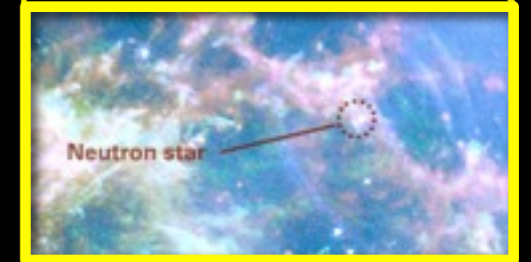
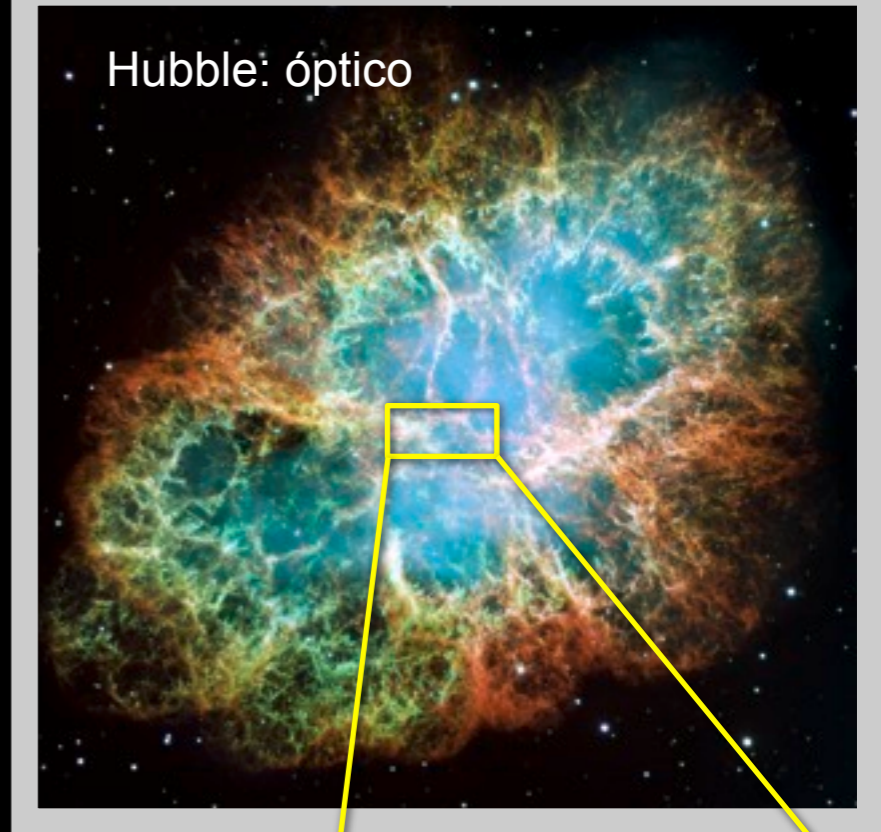


Imagen compuesta:
óptico + rayos X



Hubble: óptico



El Pulsar del Cangrejo

Chandra: rayos X

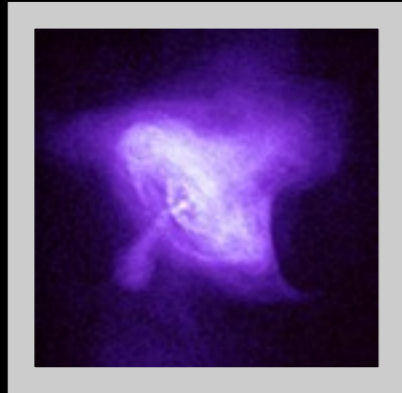
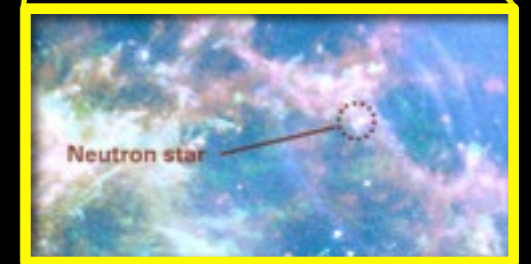
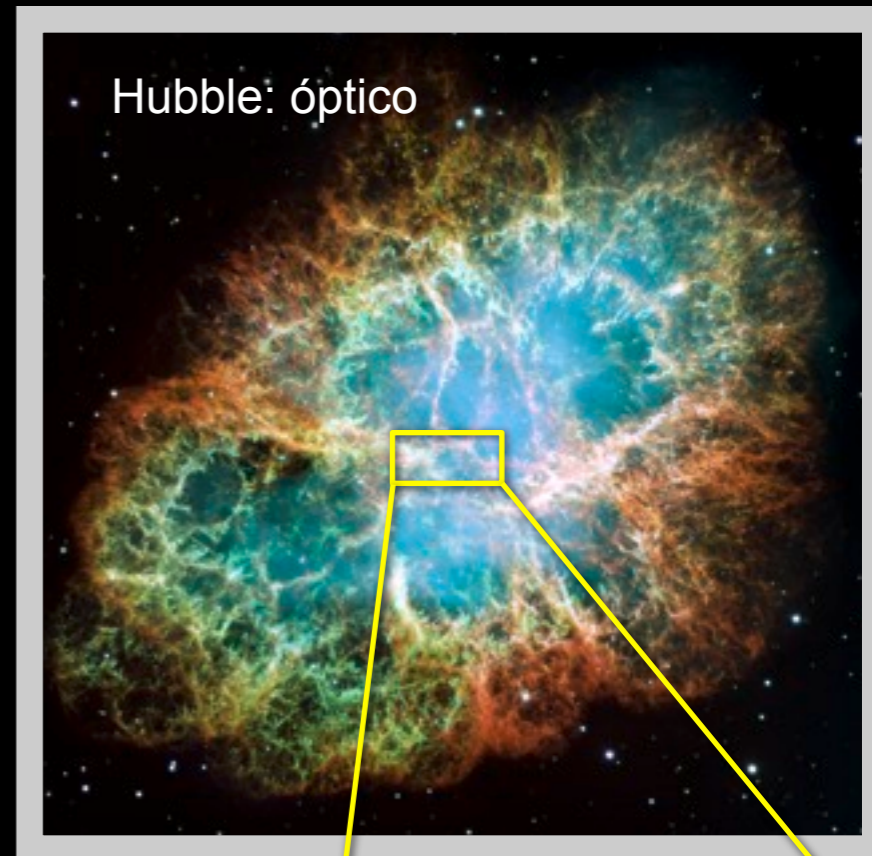


Imagen compuesta:
óptico + rayos X



Hubble: óptico

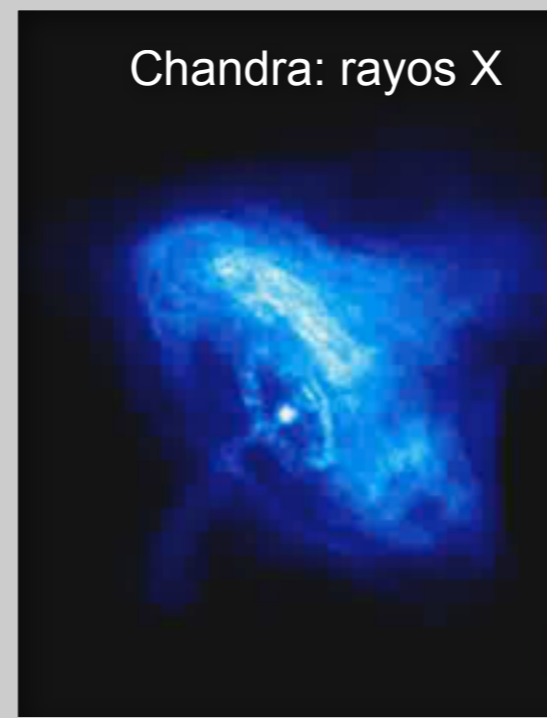


El Pulsar del Cangrejo y su maquinaria en acción



Animación "artística"

Chandra: rayos X

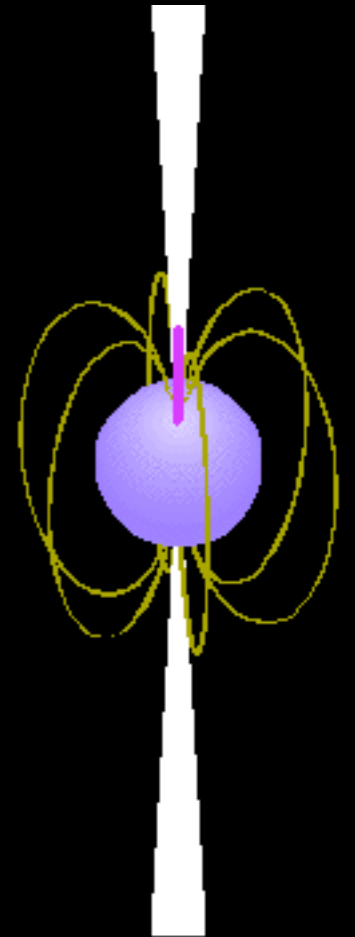
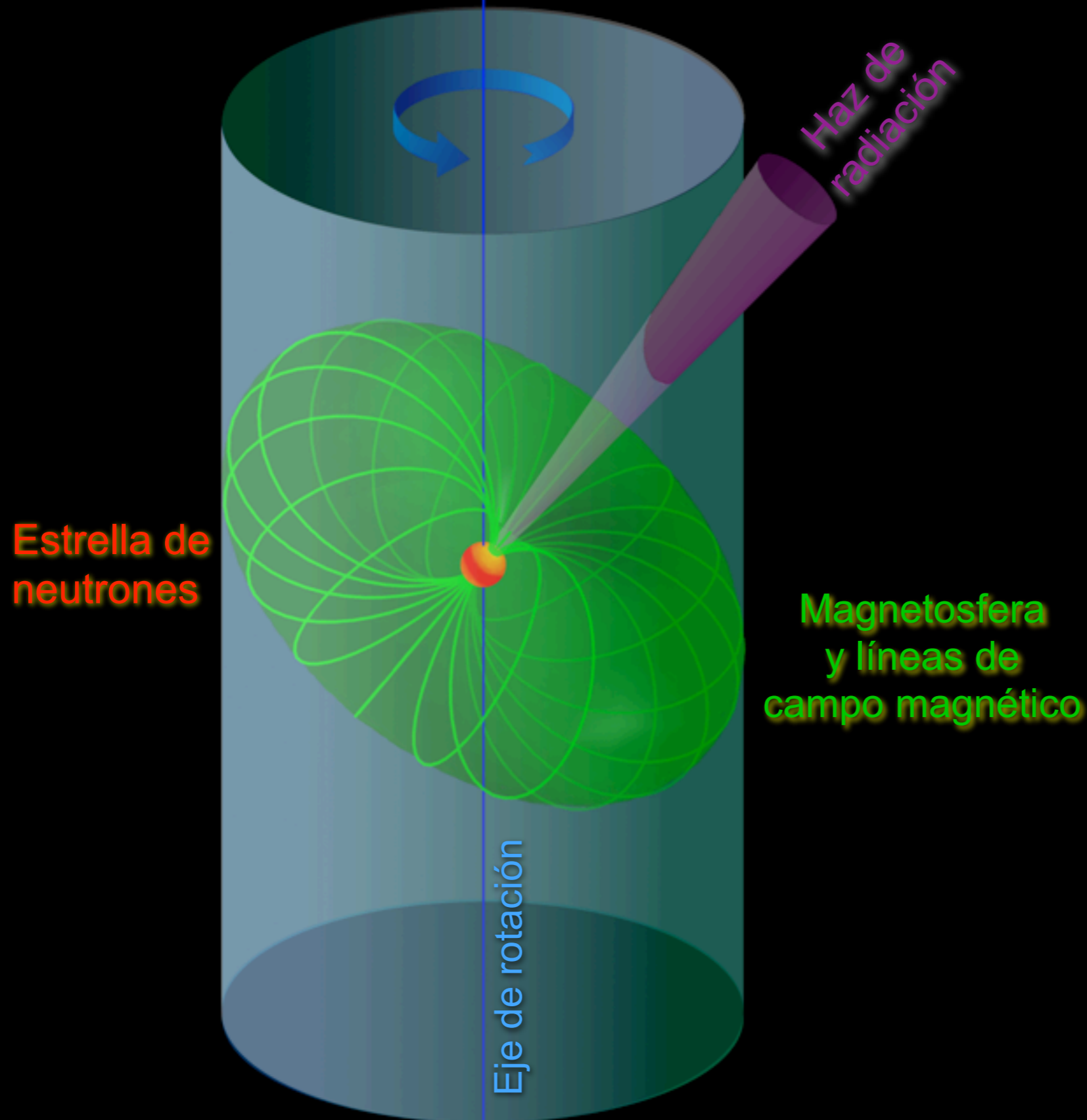


Hubble: óptico



La animación usa observaciones realizadas en unos 7 meses

Un Pulsar y su Magnetosfera



© 2004 The Trustees of Amherst College. www.amherst.edu/~qsqgreenstein/progs/animations/pulsar_beacon/



Instituto de astronomía

UNAM

Supernovas

Betelgeuse

una estrella masiva a punto de explotar

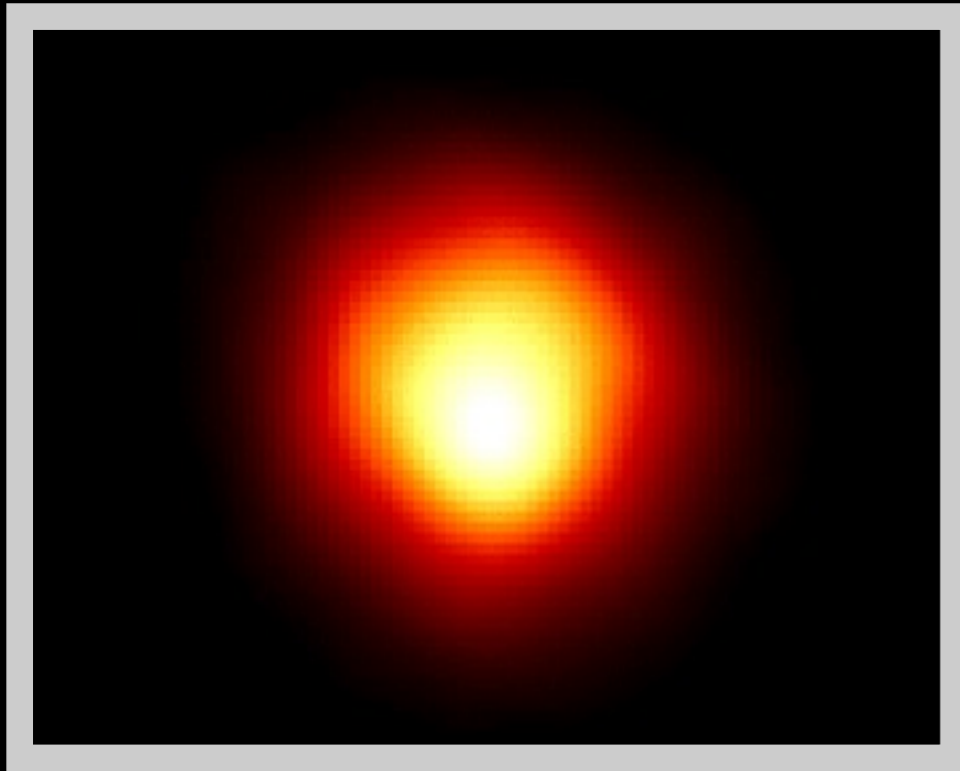
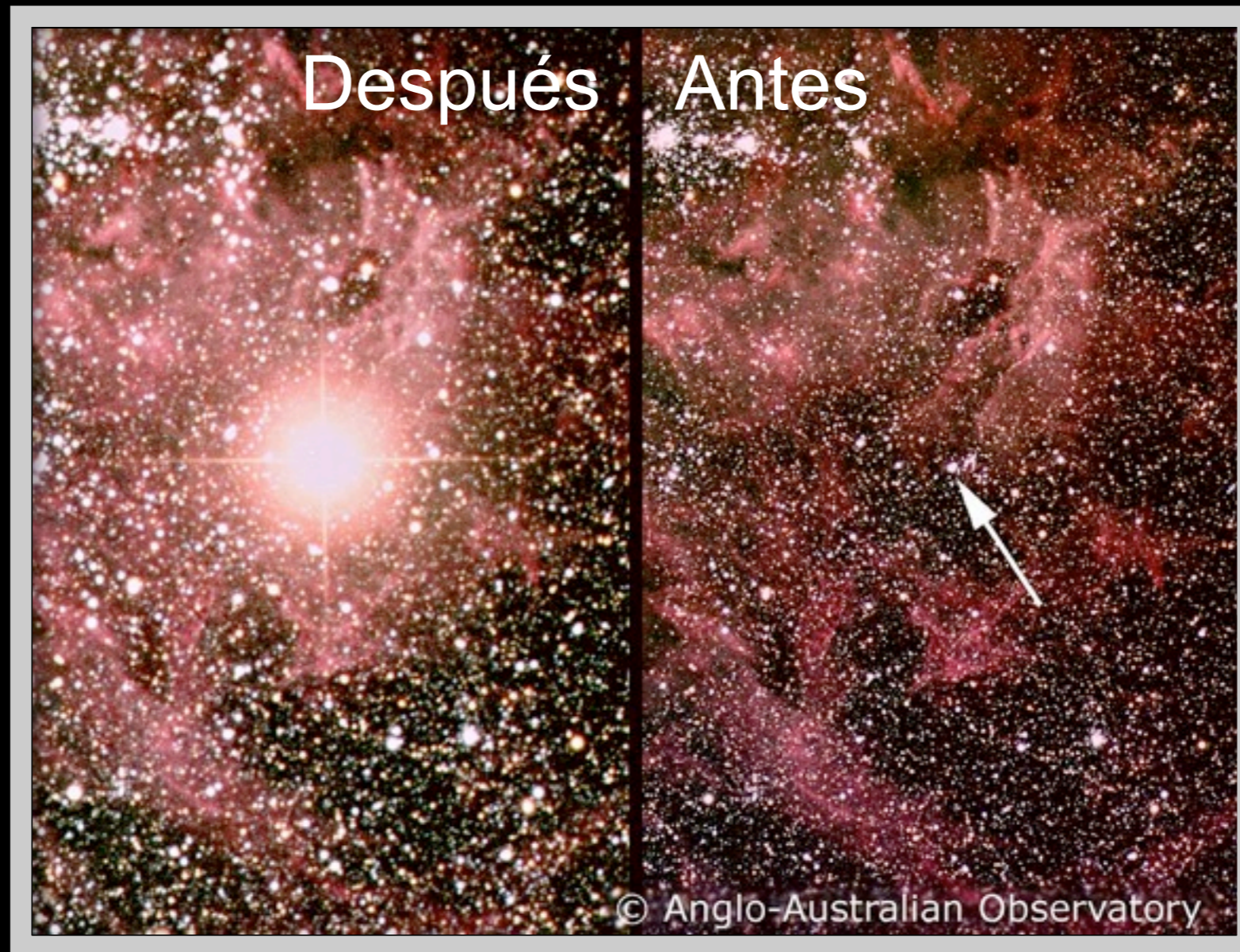


Imagen del Telescopio Espacial (HST)

Betelgeuse



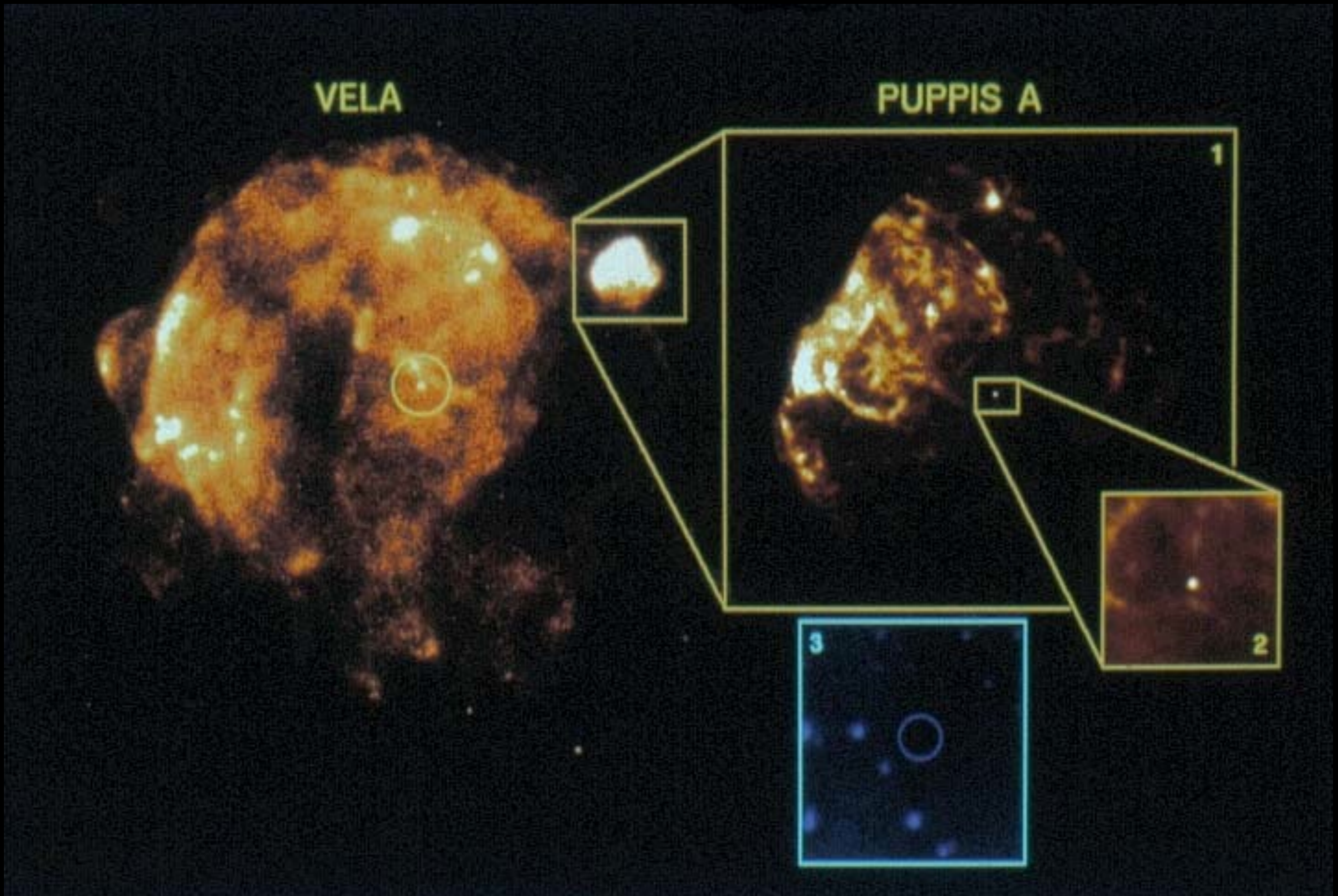
La Supernova SN 1987A



Descubierta el 23 de febrero de 1987 por
Ian Shelton (Observatorio Las Campanas, Chile)

Una supernova emite mas luz (durante
unos días) que toda un galaxia.

Remanentes de Supernovas ``Vela'' y ``Puppis A''



Imágenes de satélite de rayos X Rosat

Remanente de Supernova “Cassiopeia A” Optico (Hubble Space Telescope)



Remanente de Supernova “Cassiopeia A” Optico (Hubble Space Telescope)

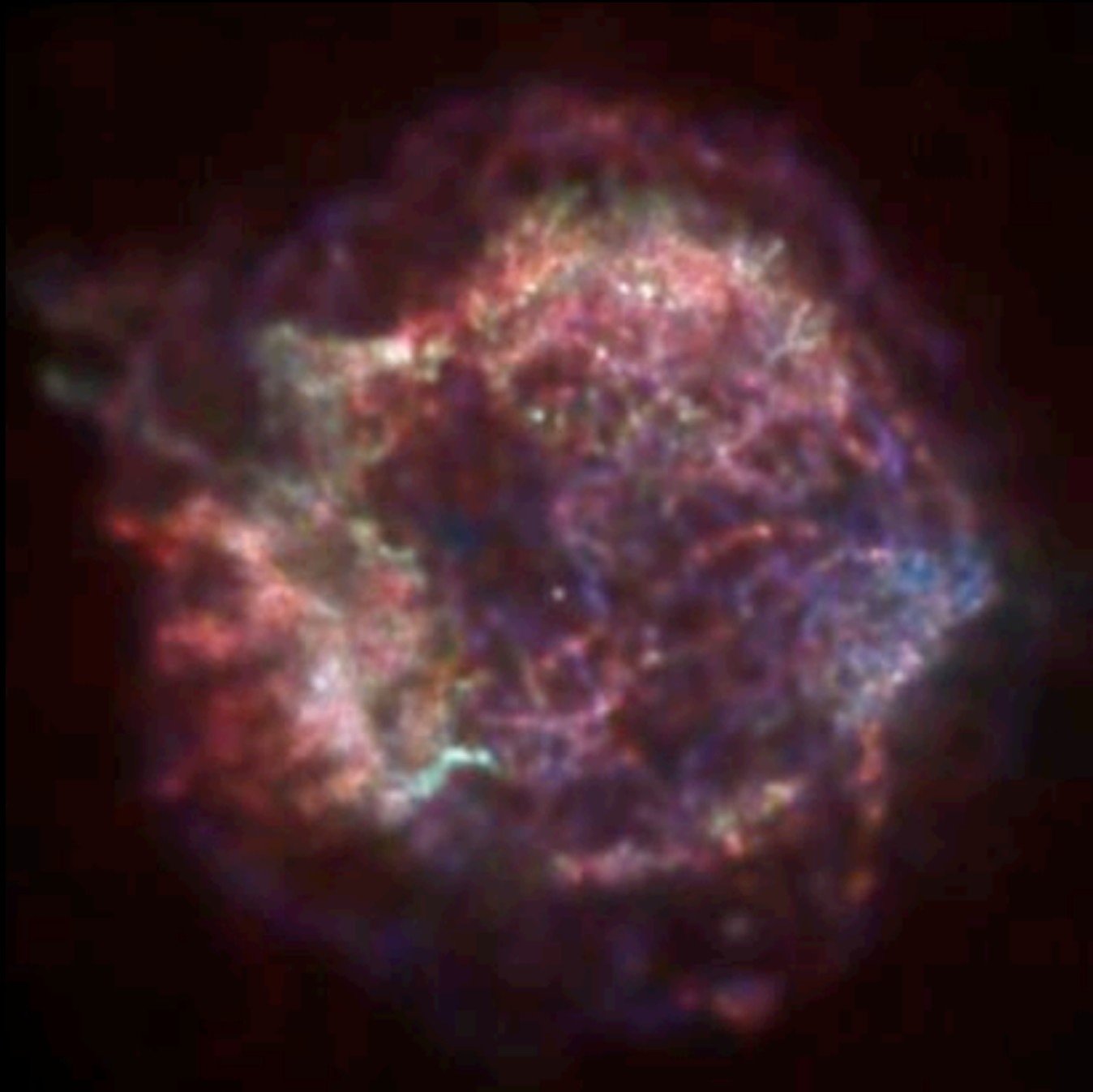


Remanente de Supernova “Cassiopeia A” Optico (Hubble Space Telescope)

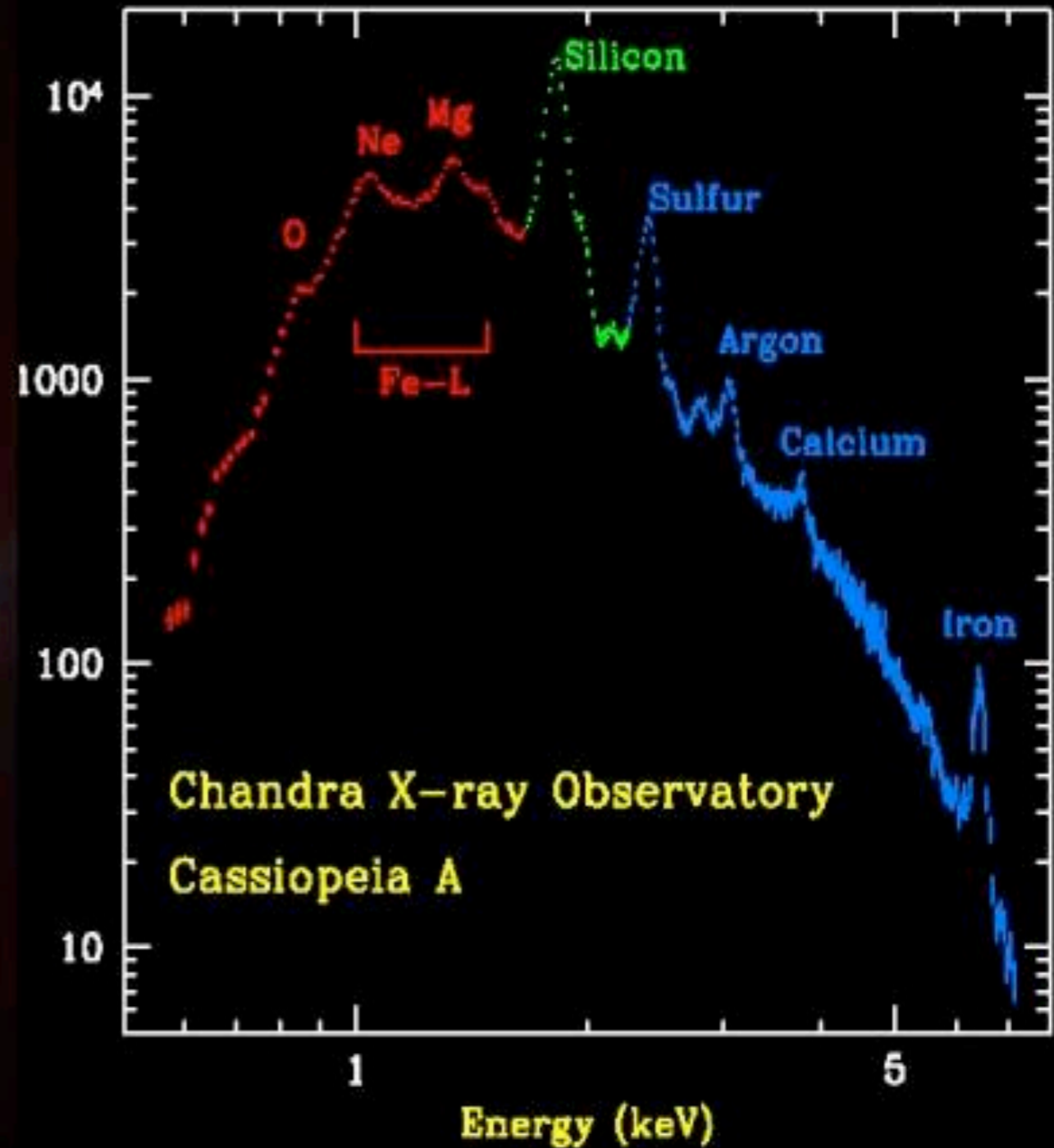


- Remanente mas joven conocido: expansión da ~300 años
- Supernova probablemente observada por J. Flamsteed en 1680
- Proviene de la explosión de una estrella de unas 20-25 M_{\odot}

Cassiopeia A: primera luz de Chandra

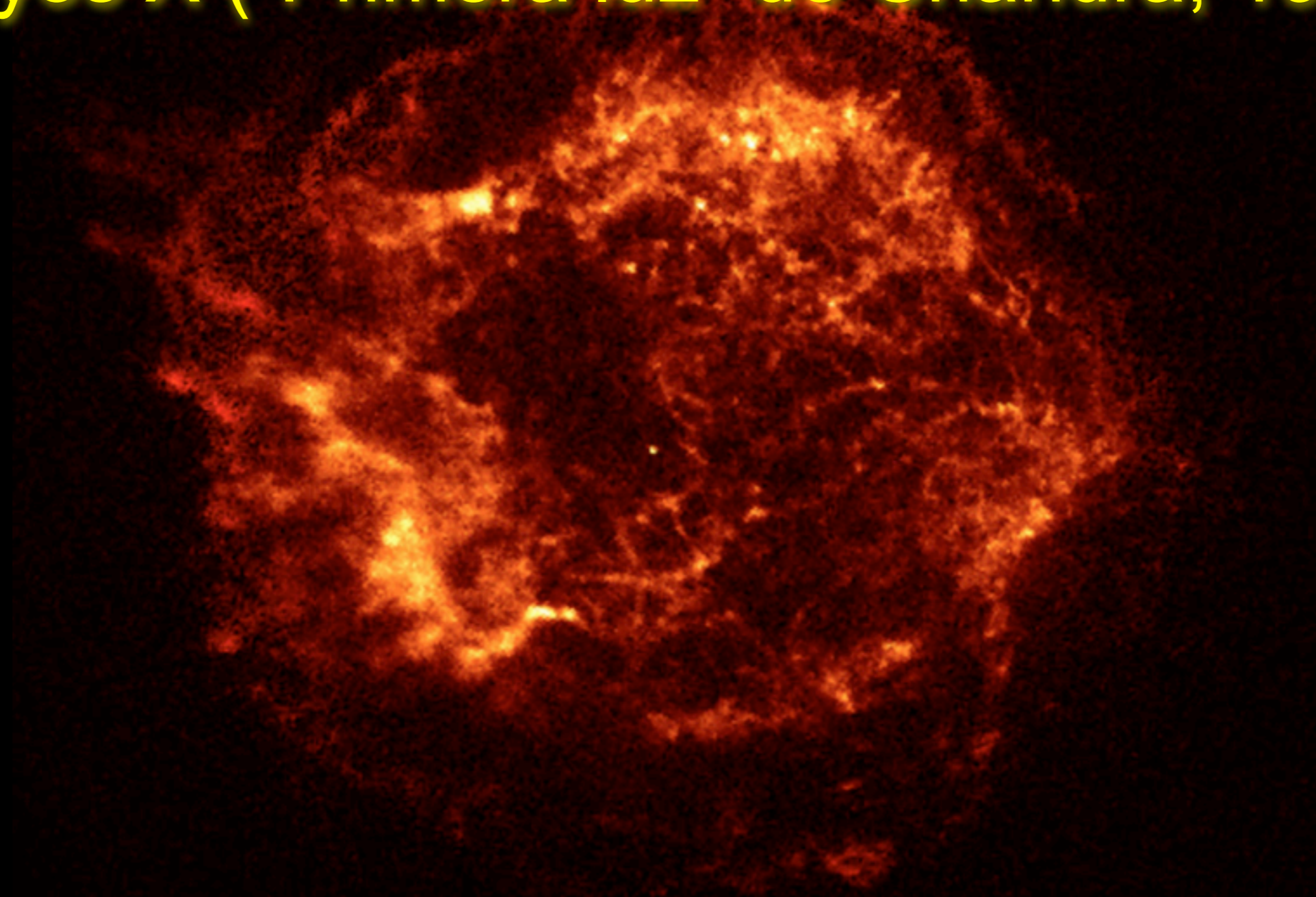


Hughes, Rakowski, Burrows, & Slane ('99)

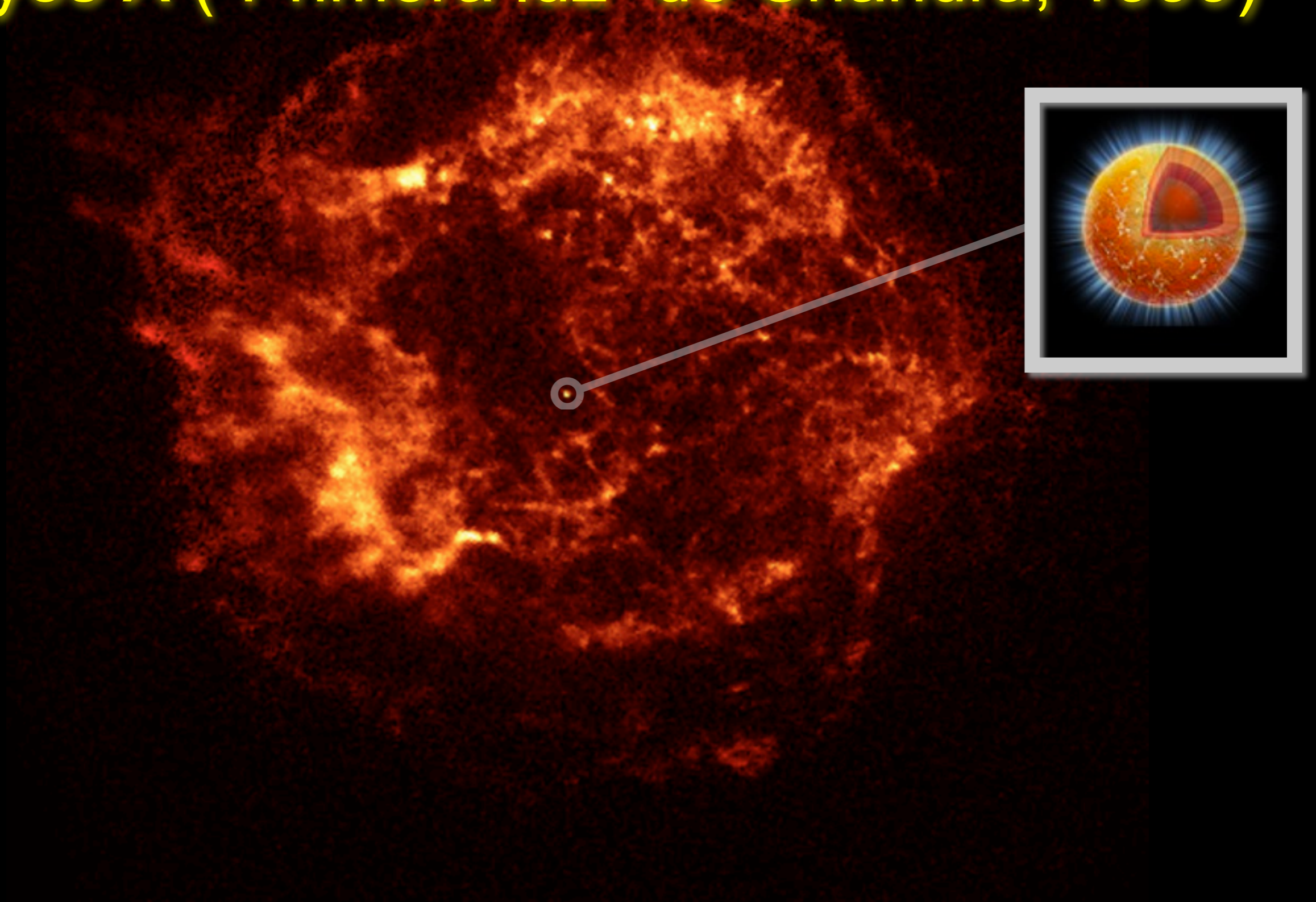




Remanente de Supernova “Cassiopeia A” Rayos X (“Primera luz” de Chandra, 1999)



Remanente de Supernova “Cassiopeia A” Rayos X (“Primera luz” de Chandra, 1999)



Remanente de Supernova “Cassiopeia A” Rayos X (“Primera luz” de Chandra, 1999)



- Estrella de neutrones mas joven conocida.
- 12 años de observaciones por Chandra: T_e bajó un 5% !
- Enfriamiento rápido debido a emisión de neutrinos por la transición de fase de sus neutrones al estado superfluido.
- Superfluido mas denso conocido (10^{15} g cm⁻³) a la fecha y temperatura crítica mas alta: $T_c \sim 500,000,000$ K

Campos Magnéticos

Campos Magnéticos: tabla comparativa

Campo magnético terrestre	0.6 Gauss
Iman de refrigerador	100 G
Electro-iman de IRMN Manchas solares	10,000 G = 10^4 G
Campo persistente mas fuerte producido por electro-iman	5×10^5 G
Campo mas fuerte producido en laboratorio	$10^6 - 10^7$ G
Enanas blancas ultra-magnetizadas	10^9 G
Campo magnético en pulsares muy viejos	$10^8 - 10^9$ G
Campo magnético de un pulsar típico	10^{12} G
Campo magnetico de un magnetar	10^{15} G
Máximo campo magnético teóricamente posible (efectos cuánticos)	10^{24} G

Campos Magnéticos: tabla comparativa

Campo magnético terrestre

0.6 Gauss

Iman de refrigerador

100 G

Electro-iman de IRMN | Manco

10,000 G = 10^4 G

Campo persistente mas fuerte

5×10^5 G

Campo mas fuerte producido e

$10^6 - 10^7$ G

Enanas blancas ultra-magnetiz

10^9 G

Campo magnético en pulsares muy viejos

$10^8 - 10^9$ G

Campo magnético de un pulsar típico

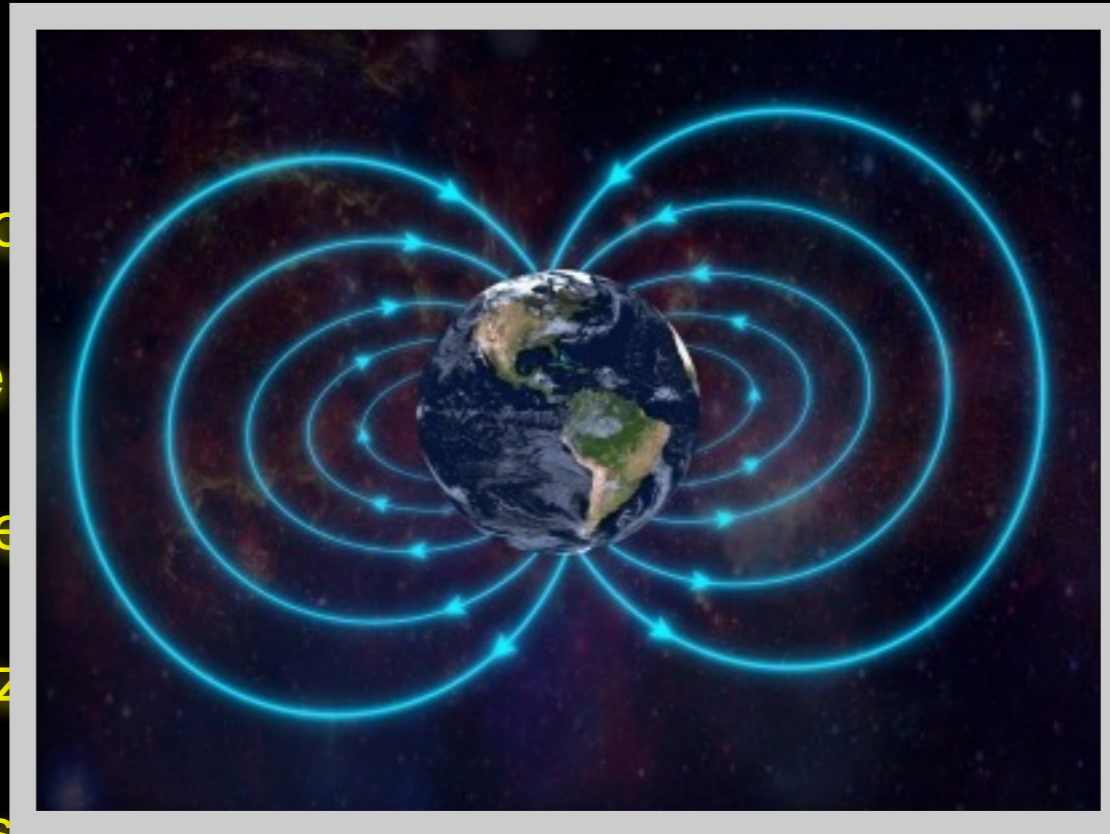
10^{12} G

Campo magnetico de un magnetar

10^{15} G

Máximo campo magnético teóricamente posible (efectos cuánticos)

10^{24} G



Campos Magnéticos: tabla comparativa

Campo magnético terrestre

0.6 Gauss

Iman de refrigerador

100 G

Electro-iman de IRMN | Mancha

10,000 G = 10^4 G

Campo persistente mas fuerte pro

5×10^5 G

Campo mas fuerte producido en la

$10^6 - 10^7$ G

Enanas blancas ultra-magnetizadas

10^9 G

Campo magnético en pulsares muy viejos

$10^8 - 10^9$ G

Campo magnético de un pulsar típico

10^{12} G

Campo magnetico de un magnetar

10^{15} G

Máximo campo magnético teóricamente posible (efectos cuánticos)

10^{24} G



Campos Magnéticos: tabla comparativa

Campo magnético terrestre

0.6 Gauss

Iman de refrigerador

100 G

Electro-iman de IRMN | Manchas solares

10,000 G = 10^4 G

Campo persistente

5×10^5 G

Campo más fuerte

$10^6 - 10^7$ G

Enanas blancas

10^9 G

Campo magnético

$10^8 - 10^9$ G

Campo magnético

10^{12} G

Campo magnético de un magnetar

10^{15} G

Máximo campo magnético teóricamente posible (efectos cuánticos)

10^{24} G



Campos Magnéticos: tabla comparativa

Campo magnético terrestre	0.6 Gauss
Iman de refrigerador	100 G
Electro-iman de IRMN Manchas solares	10,000 G = 10^4 G
Campo persistente mas fuerte producido por electro-iman	5×10^5 G

Campo mas fuerte producido
 Enanas blancas ultra-magn
 Campo magnético en pulsar
 Campo magnético de un pu
 Campo magnetico de un ma
 Máximo campo magnético t

MAGNET LAB

NATIONAL HIGH MAGNETIC FIELD LABORATORY
 FLORIDA STATE UNIVERSITY - LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY - UNIVERSITY OF FLORIDA





The most powerful artificial magnetic field has a strength of 45T. It was first generated in June 2000 by the NHMFL Hybrid Magnet at the National High Magnetic Field Laboratory, Tallahassee, Florida, USA.

Vital Statistics	
Strength	45 tesla
Type	Hybrid
Bore size	32 mm (~1.25 inches)
Online since	December 1999
Cost	\$14.4 million
Weight	31,752 kg (35 tons)
Height	6.7 meters (22 feet)
Operating temperature	-271 ° C (-456 ° F)
Water used per minute	15,142 liters (4,000 gallons)
Power required	33 MW



Photo Credit: Larry Gordon

Campos Magnéticos: tabla comparativa

Campo magnético terrestre	0.6 Gauss
Iman de refrigerador	100 G
Electro-iman de IRMN Manchas solares	10,000 G = 10^4 G
Campo persistente mas fuerte producido por electro-iman	5×10^5 G
Campo mas fuerte producido en laboratorio	$10^6 - 10^7$ G

Enanas blancas ultra-magnetizadas

Campo magnético en pulsares muy vie

Campo magnético de un pulsar típico

Campo magnetico de un magnetar

Máximo campo magnético teoricamen

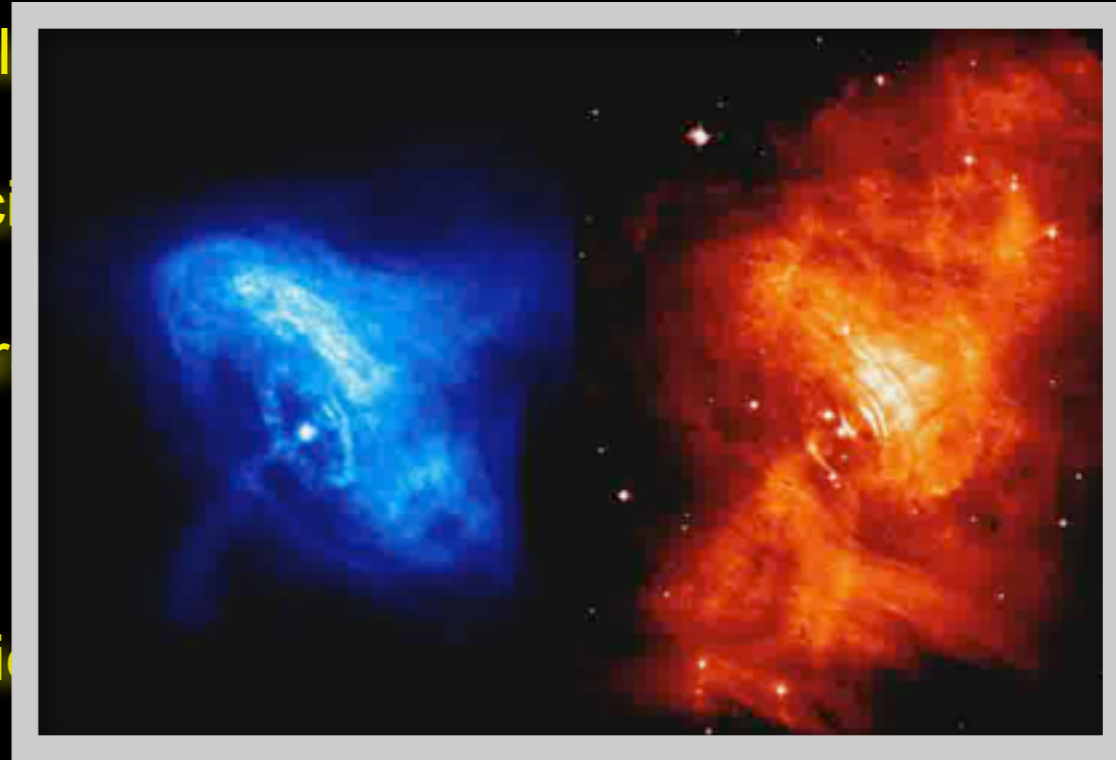


Campos Magnéticos: tabla comparativa

Campo magnético terrestre	0.6 Gauss
Iman de refrigerador	100 G
Electro-iman de IRMN Manchas solares	10,000 G = 10^4 G
Campo persistente mas fuerte producido por electro-iman	5×10^5 G
Campo mas fuerte producido en laboratorio	$10^6 - 10^7$ G
Enanas blancas ultra-magnetizadas	10^9 G
Campo magnético en pulsares muy viejos	$10^8 - 10^9$ G
Campo magnético de un pulsar típico	10^{12} G
Campo magnetico de un magnetar	10^{15} G
Máximo campo magnético teóricamente posible (efectos cuánticos)	10^{24} G

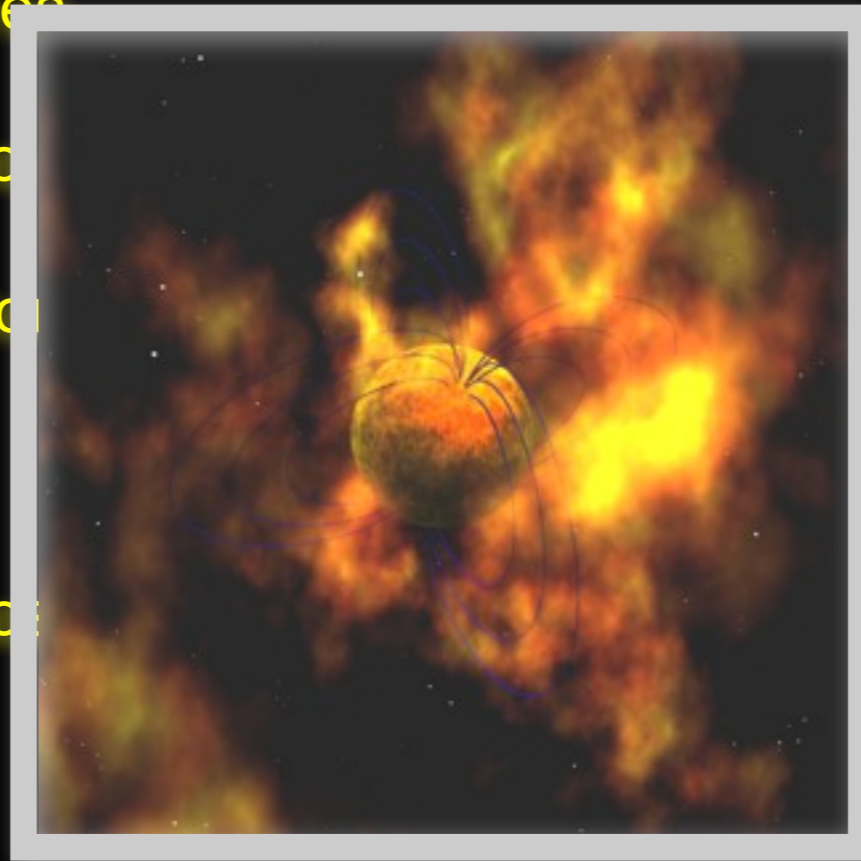
Campos Magnéticos: tabla comparativa

Campo magnético terrestre	0.6 Gauss
Iman de refrigerador	100 G
Electro-iman de IRMN Manchas sol	10 G = 10^4 G
Campo persistente mas fuerte producido	5×10^5 G
Campo mas fuerte producido en labor	$10^6 - 10^7$ G
Enanas blancas ultra-magnetizadas	10^9 G
Campo magnético en pulsares muy vie	$10^8 - 10^9$ G
Campo magnético de un pulsar típico	10^{12} G
Campo magnetico de un magnetar	10^{15} G
Máximo campo magnético teóricamente posible (efectos cuánticos)	10^{24} G



Campos Magnéticos: tabla comparativa

Campo magnético terrestre	0.6 Gauss
Iman de refrigerador	100 G
Electro-iman de IRMN Manchas solares	10,000 G = 10^4 G
Campo persistente mas fuerte producido	5×10^5 G
Campo mas fuerte producido en laboratorio	$10^6 - 10^7$ G
Enanas blancas ultra-magnetizadas	10^9 G
Campo magnético en pulsares muy viejos	$10^8 - 10^9$ G
Campo magnético de un pulsar típico	10^{12} G
Campo magnetico de un magnetar	10^{15} G
Máximo campo magnético teóricamente posible (efectos cuánticos)	10^{24} G

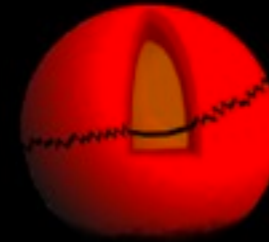


Magnetares: destellos de rayos γ

Tensión magnética
interna



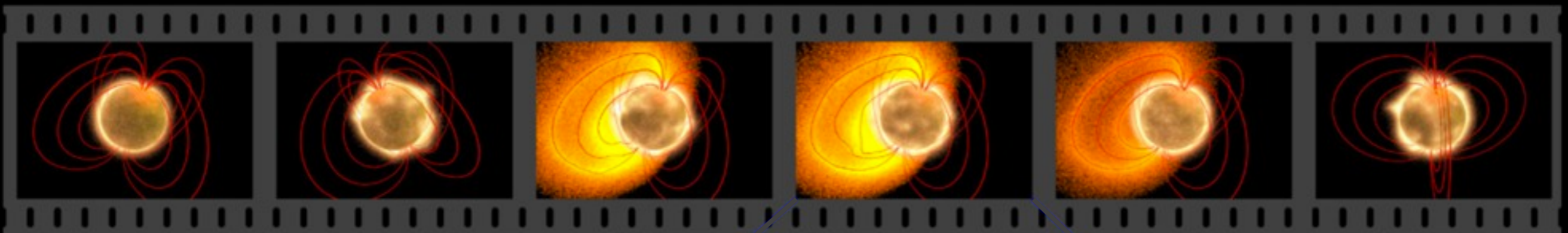
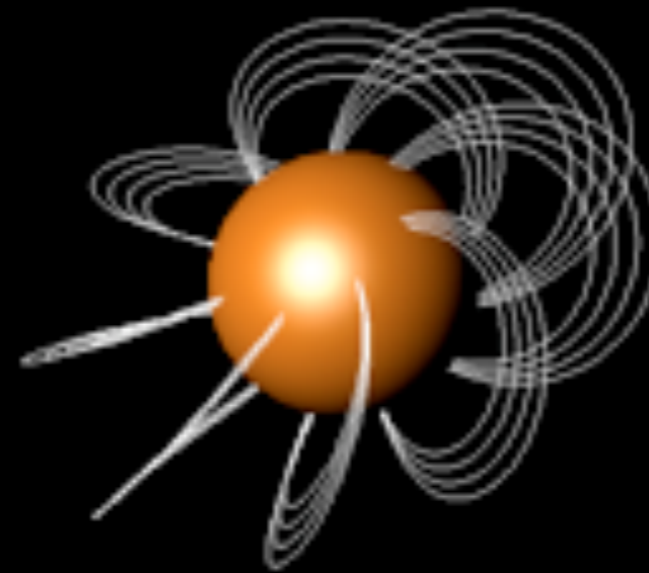
Rompimiento de la
corteza sólida



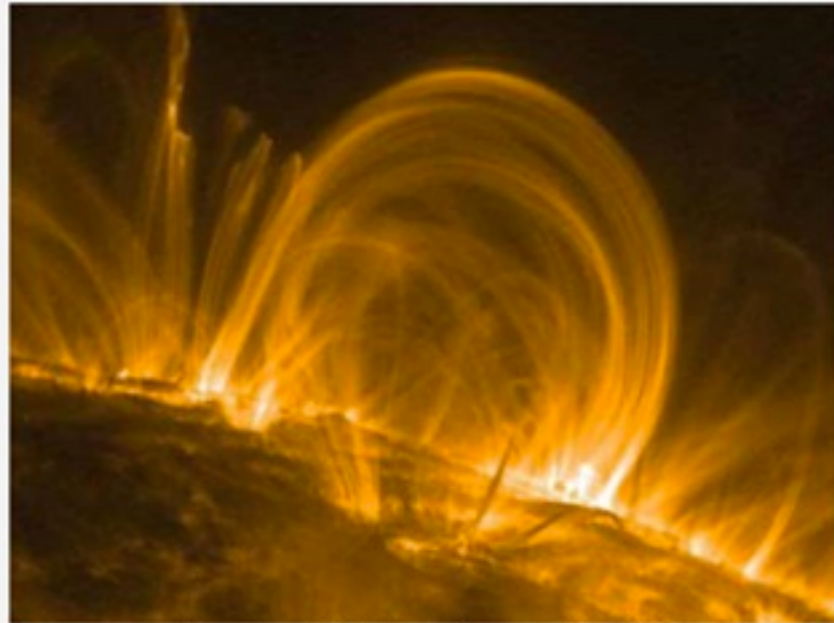
Campo magnético
dipolar



Campo magnético
torcido



Magnetares: destellos de rayos γ

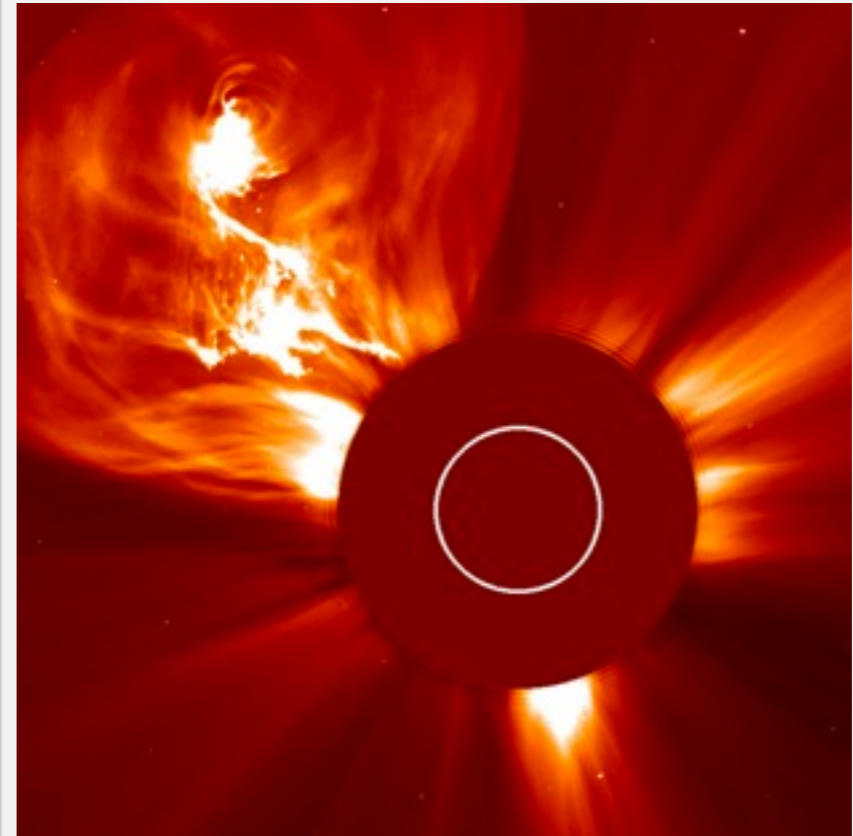


Solar magnetic field lines.
Credit: Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences)



Sun protuberance.
Credit: Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences)

Rompimiento de la
corteza sólida



Coronal mass ejection.
Credit: NASA/ESA SOHO, Instrument LASCO on SOHO
(Large Angle and Spectrometric COronagraph)

Campos Magnéticos: tabla comparativa

Campo magnético terrestre	0.6 Gauss
Iman de refrigerador	100 G
Electro-iman de IRMN Manchas solares	10,000 G = 10^4 G
Campo persistente mas fuerte producido por electro-iman	5×10^5 G
Campo mas fuerte producido en laboratorio	$10^6 - 10^7$ G
Enanas blancas ultra-magnetizadas	10^9 G
Campo magnético en pulsares muy viejos	$10^8 - 10^9$ G
Campo magnético de un pulsar típico	10^{12} G
Campo magnetico de un magnetar	10^{15} G
Máximo campo magnético teóricamente posible (efectos cuánticos)	10^{24} G

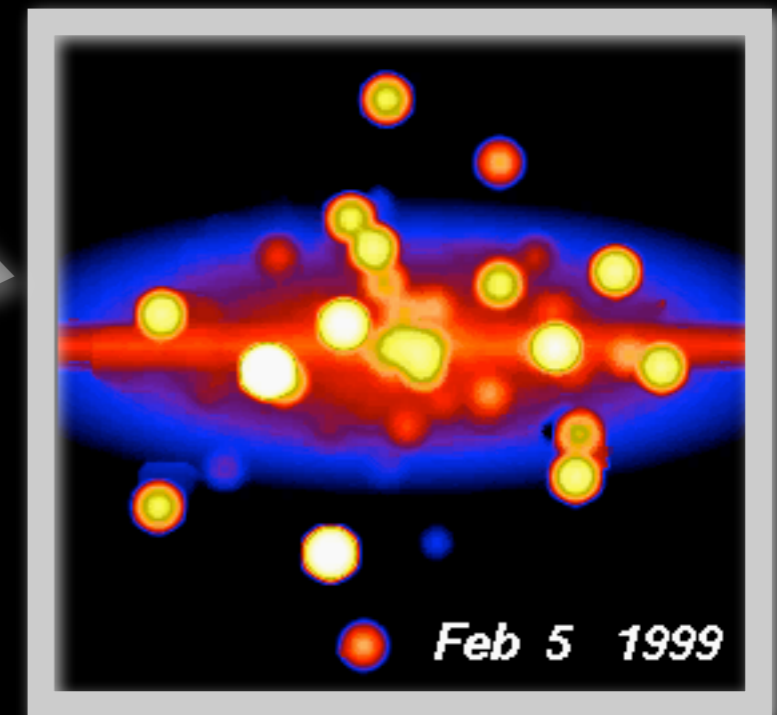
Binarias de Rayos X

Binarias de Rayos X: Región del Centro Galáctico



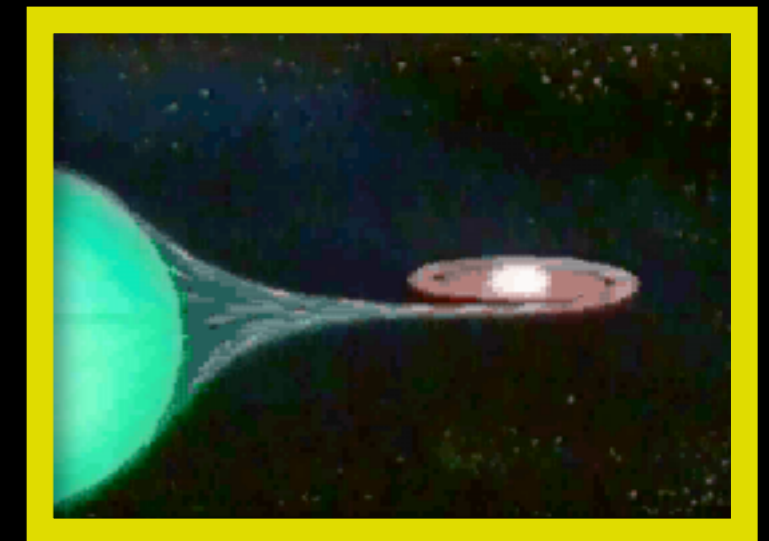
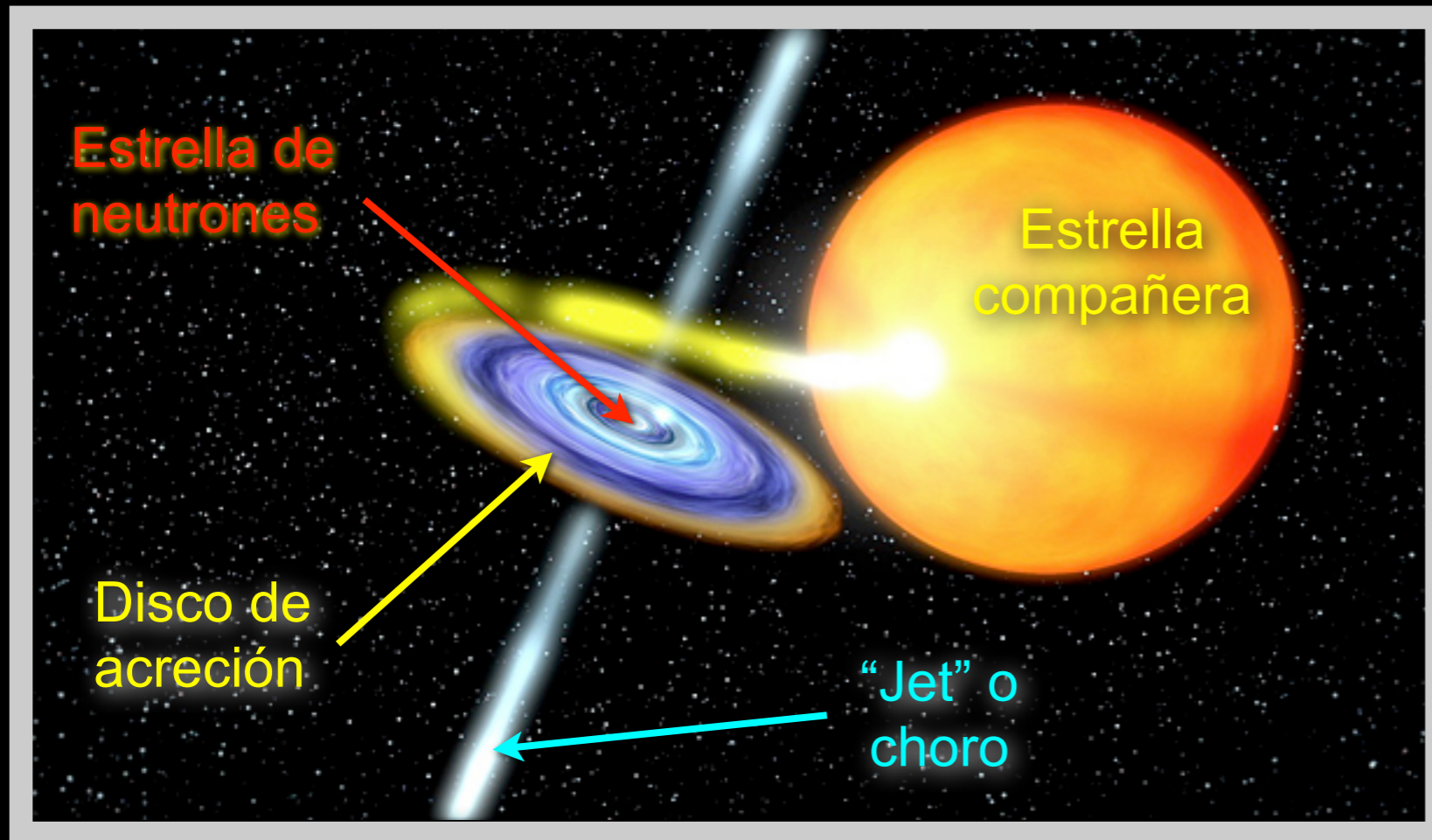
La Vía Láctea desde San Pedro Mártir (Stéphane Guisard)

Binarias de Rayos X en el Centro Galáctico

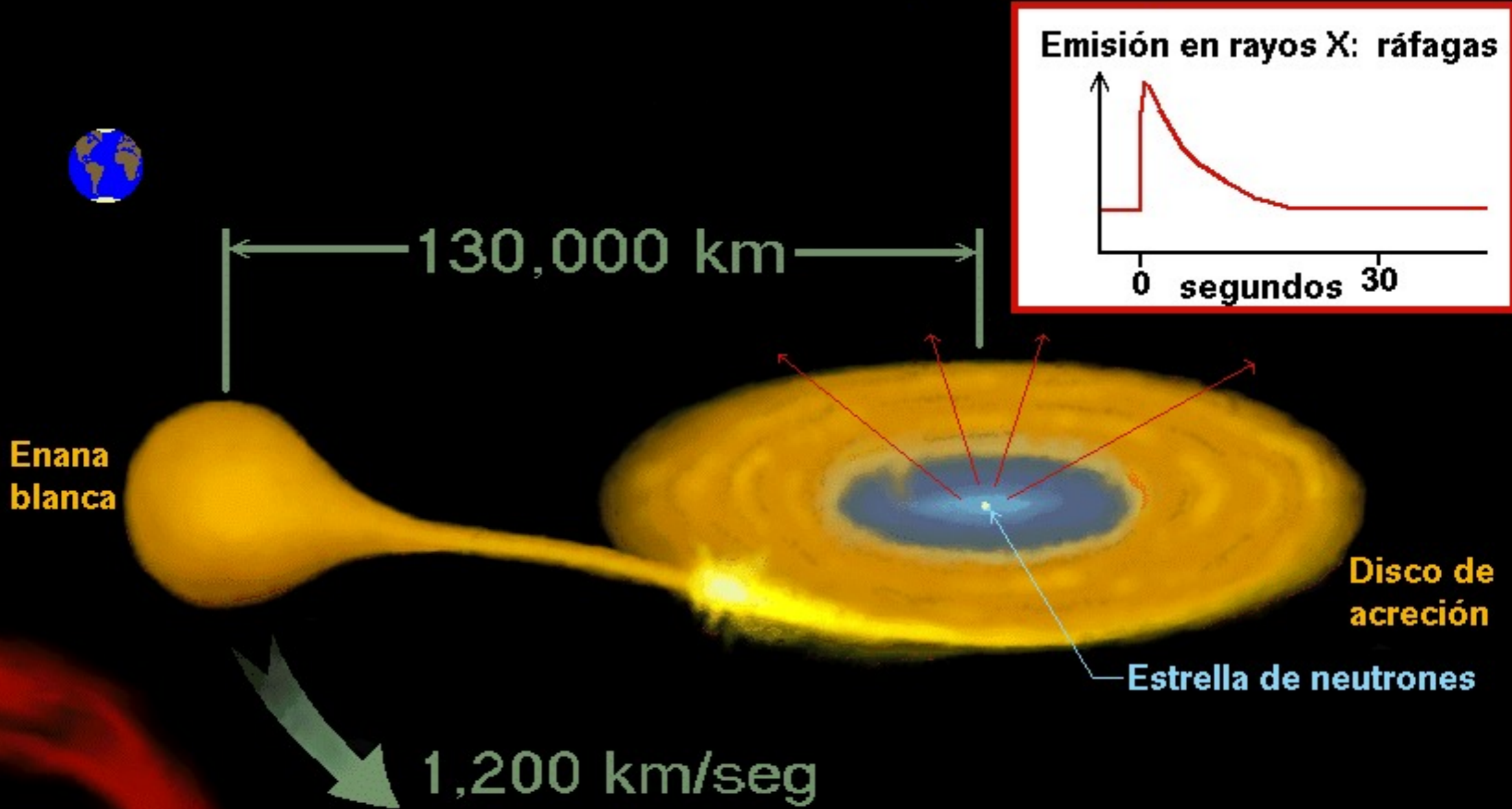


Observaciones del Rossi X-Ray Timing Explorer (RXTE)

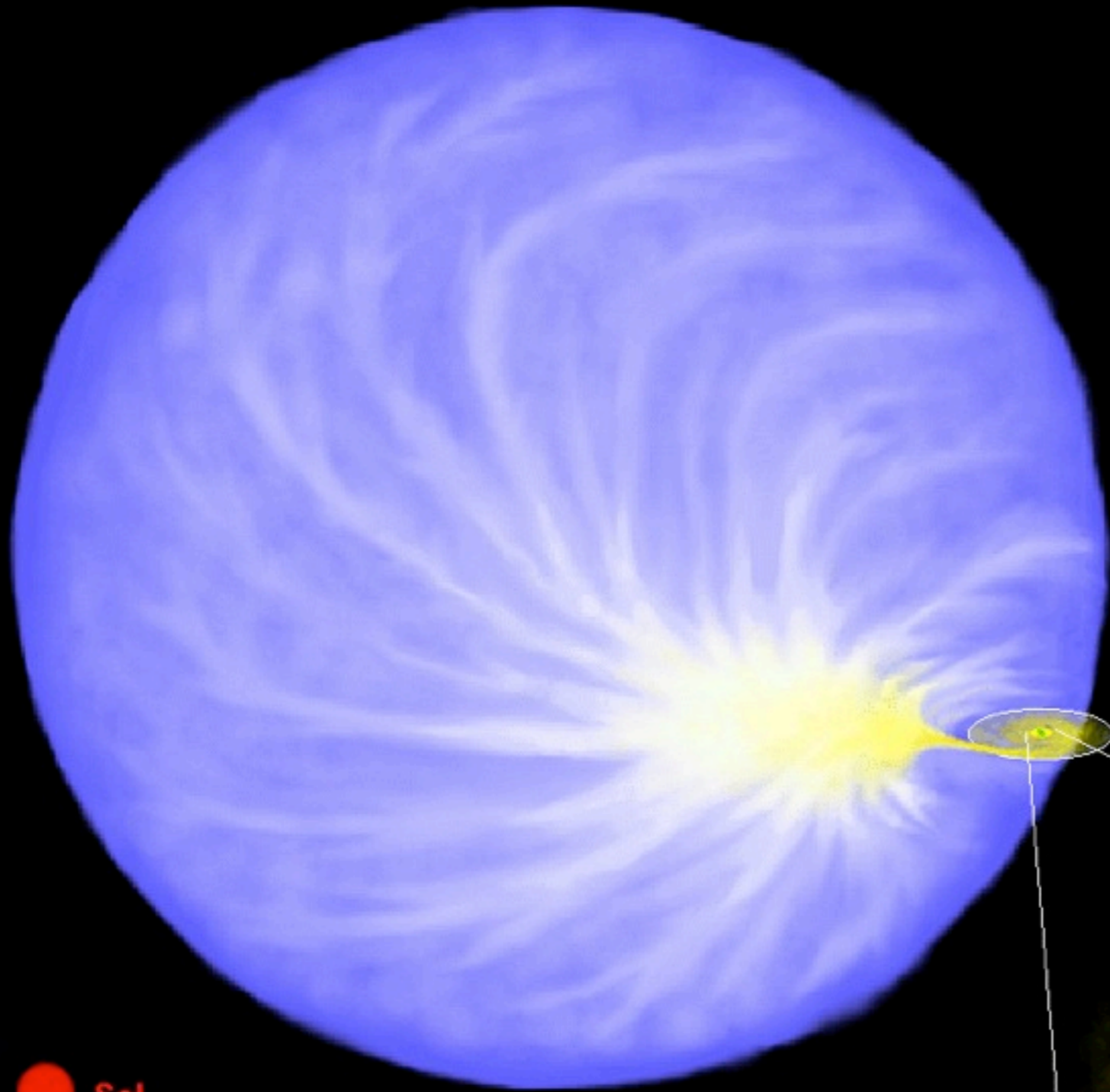
Simulaciones de binarias con acreción



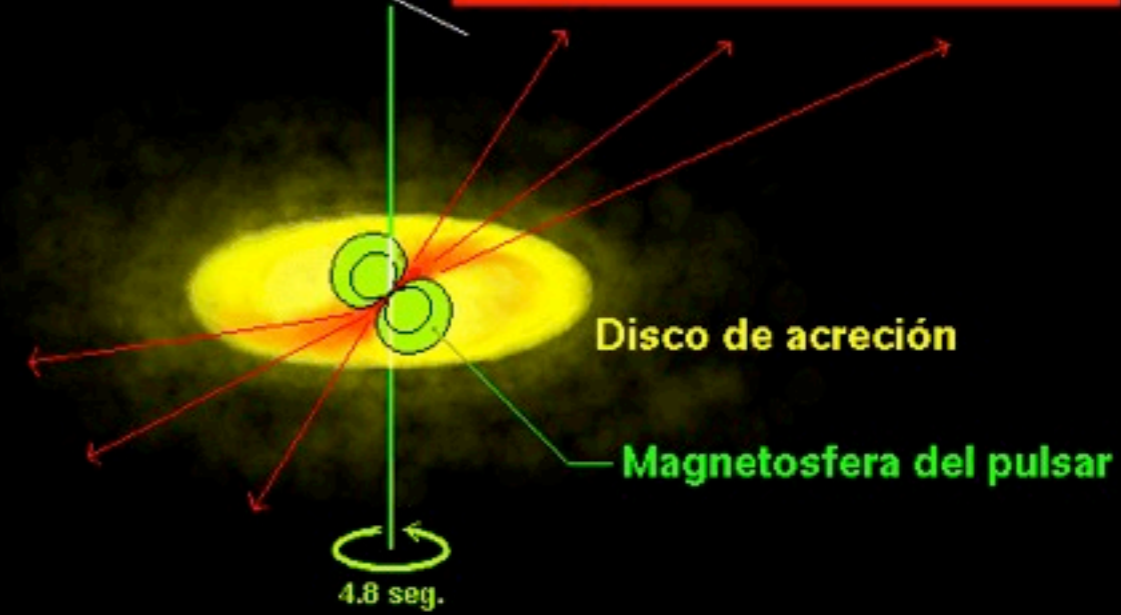
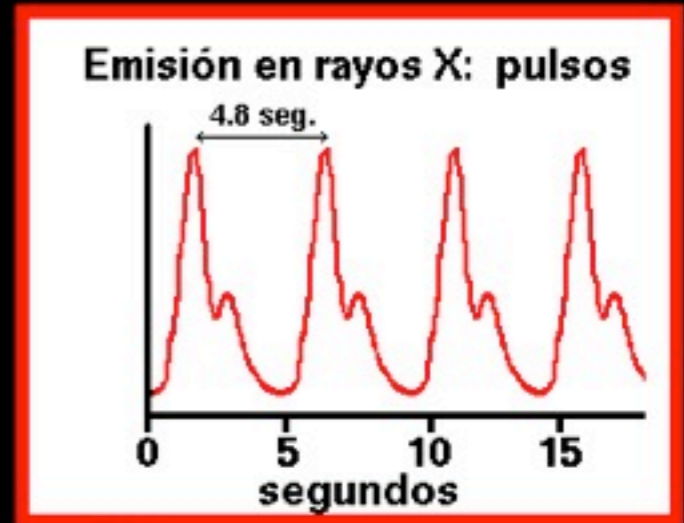
BINARIA de RAYOS X de MASA BAJA (4U 1820-30)



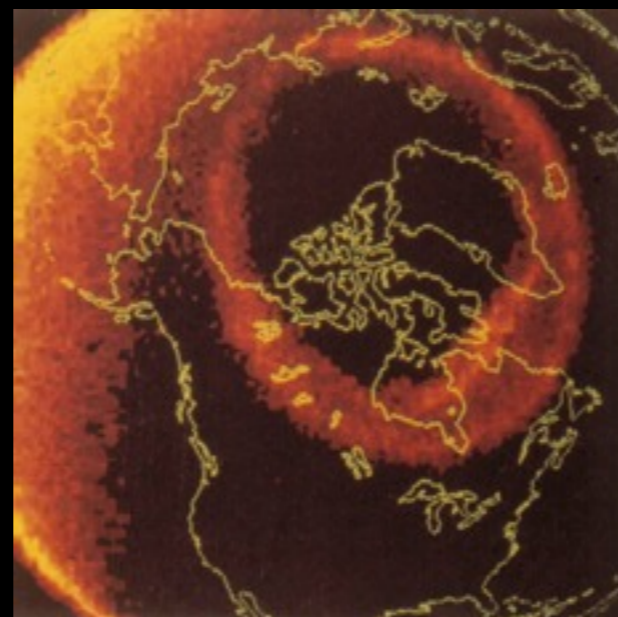
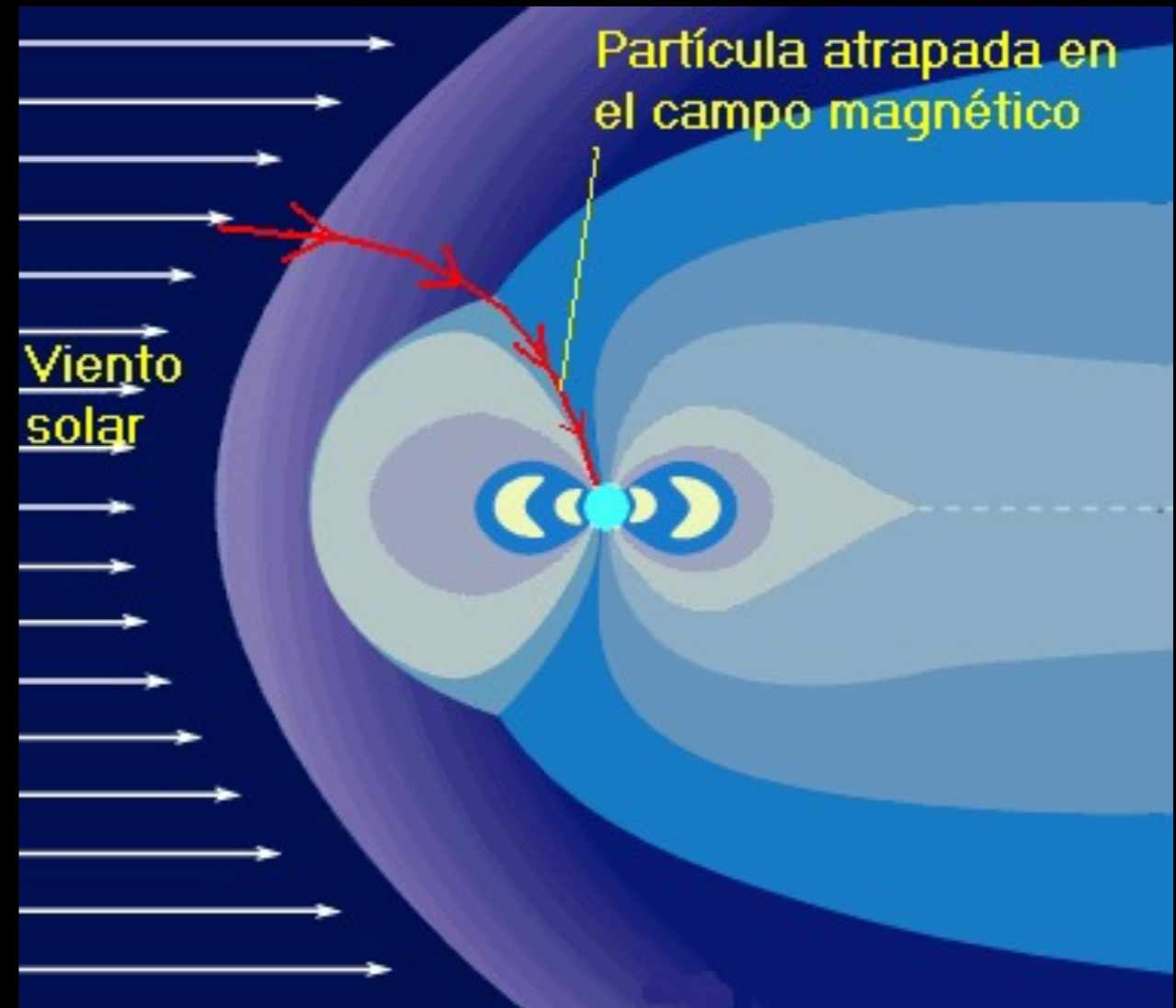
BINARIA de RAYOS X de MASA ALTA (CENTAURO X-3)



 Sol



Aurora Boreal



¿ Que Chi_{ng}...
pasa cuando el
D.F. cae en una
cucharita ?





"That's all Folks!"

