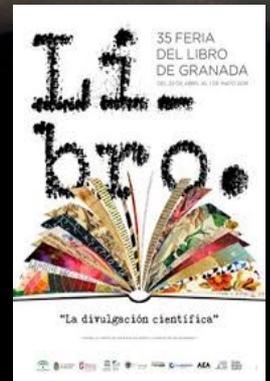


Agujeros Negros, observando lo invisible

Antxon Alberdi

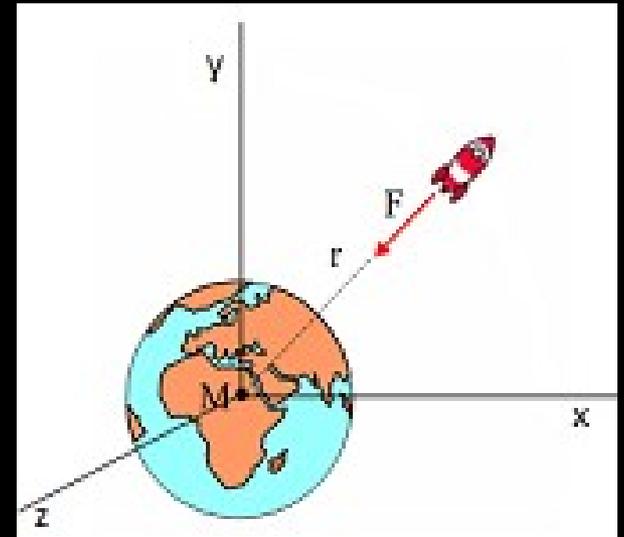
**Instituto de Astrofísica de Andalucía
(IAA-CSIC)**

**Feria del libro de Granada
26 abril 2016**



Algunos conceptos básicos

- Velocidad de Escape:
aumenta con la Masa
 M y disminuye con el
tamaño



- Para la Tierra, sería de 11.2 km/s;
para el Sol, sería de 620 km/s

BH y la relatividad de Einstein

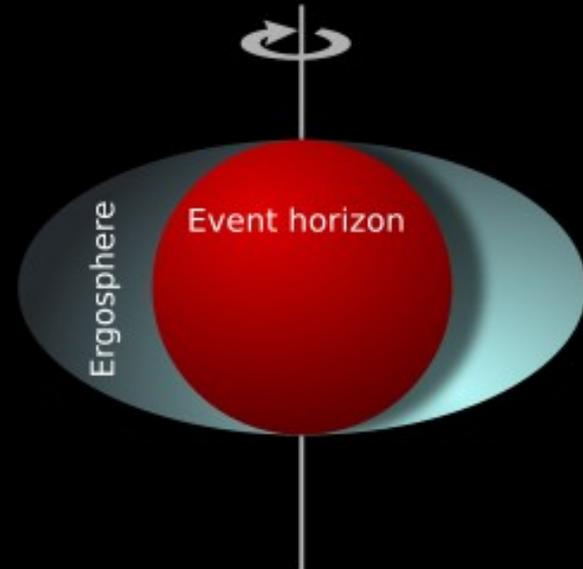
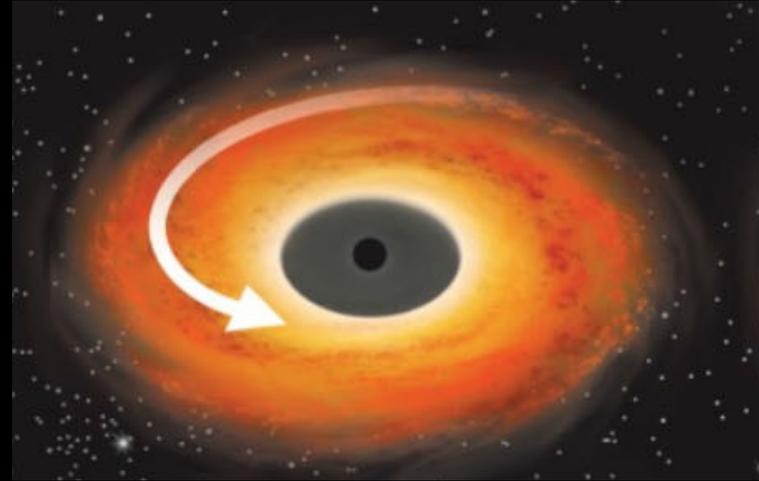
The background features a blue grid representing spacetime curvature. On the right side, a blue sphere is shown. On the left side, the grid lines curve inward, forming a deep well that represents a black hole.

**Cambia la noción de la gravitación:
deformación del espacio-tiempo**

Geometría del Agujero Negro

- Radio de Schwarzschild:

- Para un agujero negro en rotación: ergosfera



Las fuerzas de Marea

En el entorno del
BH, los objetos que
están siendo
engullidos se
desgarrarían



Propiedades de los Agujeros Negros

| <u>Objeto</u> | <u>Masa</u> | <u>Radio del Agujero Negro</u> |
|---------------|---|--|
| Tierra | 5.98×10^{27} gr | 0.9 cm Radio Tierra: 6357 km |
| Sol | 1.989×10^{33} gr | 2.9 km Radio Sol: 696.000 km |
| SgrA* | 4×10^6 Masas solares | 9×10^6 km (0.06 UA) |
| AGN | 10^9 Masas solares | 3×10^9 km (20 UA) |

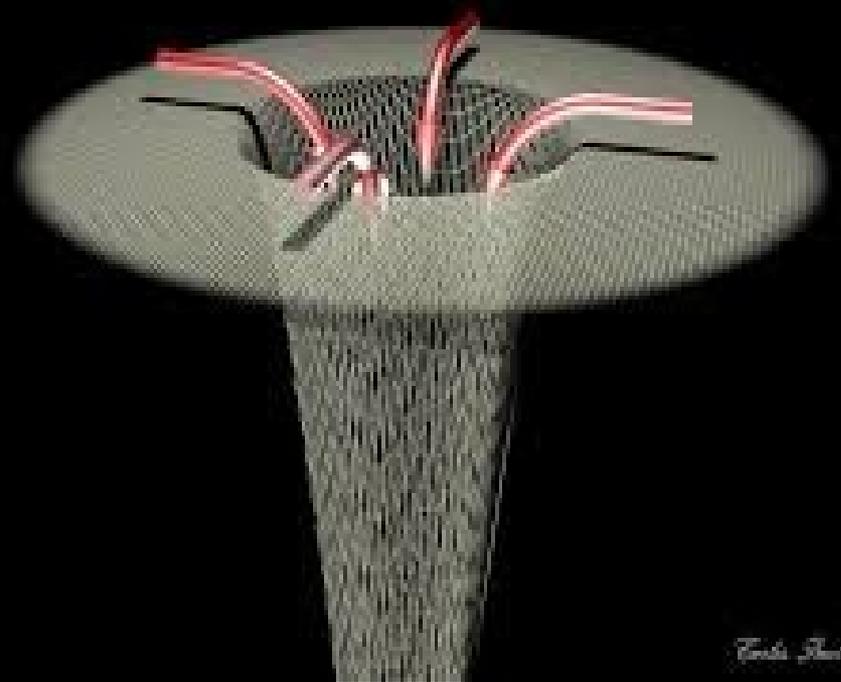
CURIOSIDAD 1

Los agujeros negros
más masivos son
menos densos que el
agua

La evolución del tiempo ...

Un observador externo vería que una partícula que cayera hacia el agujero negro se quedaría para siempre en el borde

...



CURIOSIDAD 2

La dilatación del tiempo
se debe a la enorme
aceleración de la
partícula

CURIOSIDAD 3

El agujero negro no emite luz porque la frecuencia a la que emite es cero (órbita de periodo infinito)

La singularidad



Toda la masa quedaría ubicada en una región de tamaño inferior a los 10^{-33} cm

Teorema de la “carencia de pelo”

En todo el proceso de formación del agujero negro, sólo se conserva información sobre tres de sus propiedades: la masa, el momento angular y la carga eléctrica

La Temperatura del BH ...

Los agujeros negros emiten radiación térmica

| MASA | TEMPERATURA |
|-------------------------------|--------------|
| 10^{-5} g | 10^{31} K |
| 10^{21} g (monte) | 7000 K |
| 6×10^{27} g (Tierra) | 0.1 K |
| M_{sol} | 10^{-7} K |
| 10^9 Soles | 10^{-16} K |

La Radiación de Hawking

A black hole is depicted as a dark, spherical object in the center of the frame. It is surrounded by a glowing blue accretion disk with concentric rings. From the top of the black hole, a bright blue energy jet or radiation is being emitted, spreading outwards. The background is a deep blue space filled with numerous small white stars.

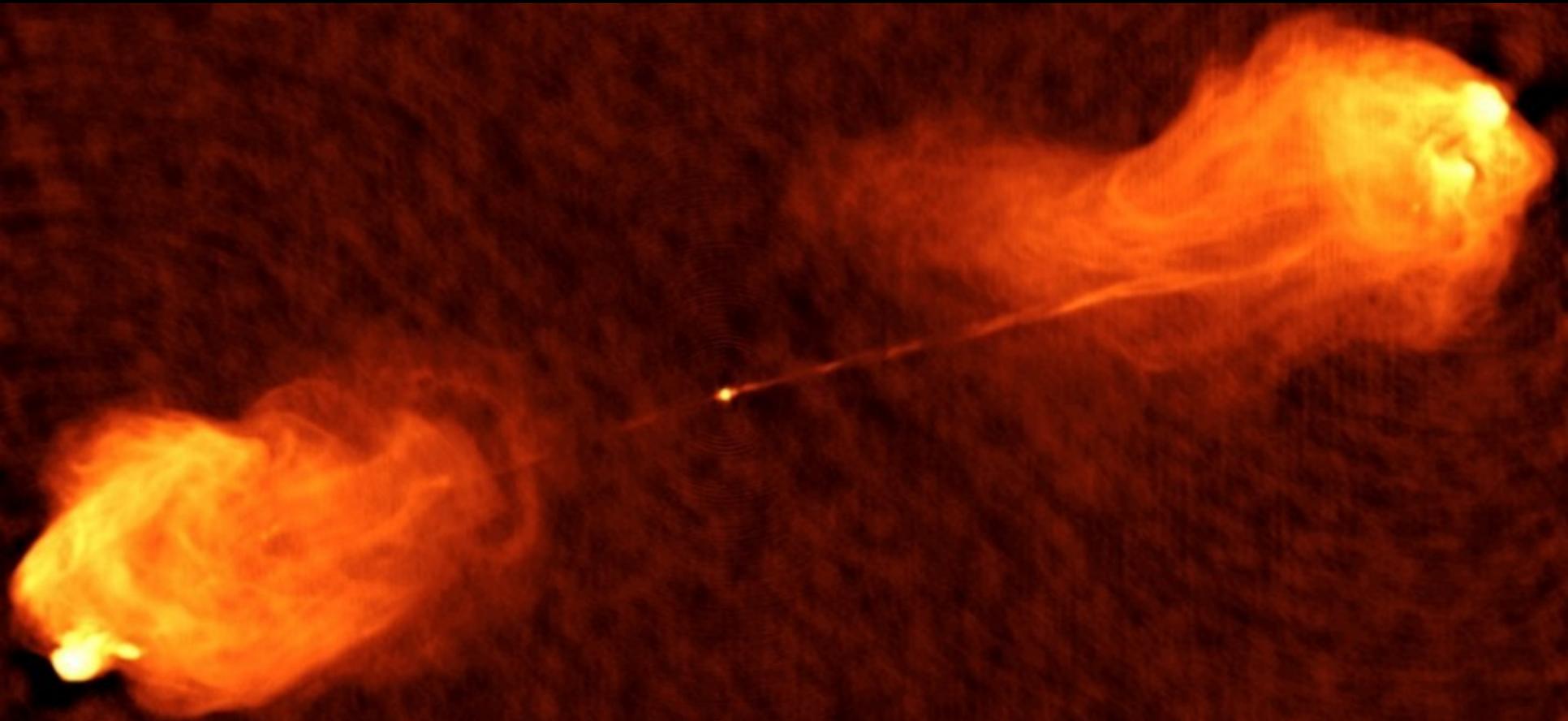
Si emite energía, el agujero negro pierde masa, disminuye su tamaño, aumenta su Temperatura e irá desapareciendo → “evaporación” de un BH.

La Radiación de Hawking

| MASA | TEMPERATURA | TIEMPO DE VIDA |
|-------------|-------------|------------------------|
| 10^{-5} g | 10^{31} K | 10^{-30} años |
| 10^{15} g | 10^{11} K | 10000 millones de años |
| Msol | 10^{-7} K | 10^{64} años |

La “evaporación” de un BH

Los sabores de los Agujeros Negros



Los sabores de los Agujeros Negros

| | Microcuásar | AGN | GRB |
|----------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------|
| BH (Msol) | Estelar | Supermasivo | Estelar |
| Disco de acrecimiento | 1000 Km | 10⁹ km | 100 km |
| Chorro relativista | Años-luz | Millones de años-luz | Horas- luz |

Los microcuásares

SS433

SS433

VLBA

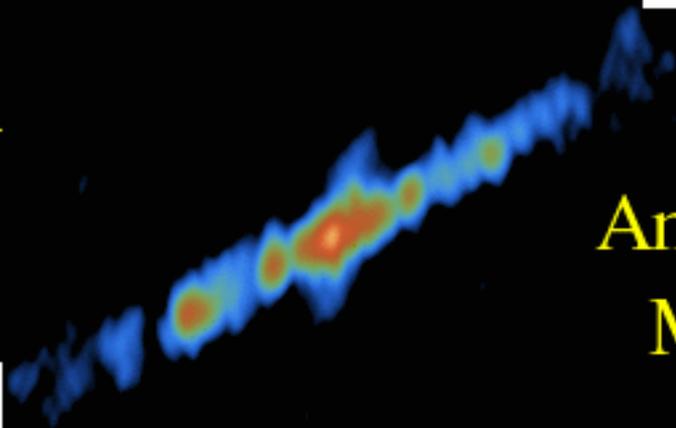
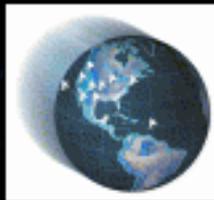


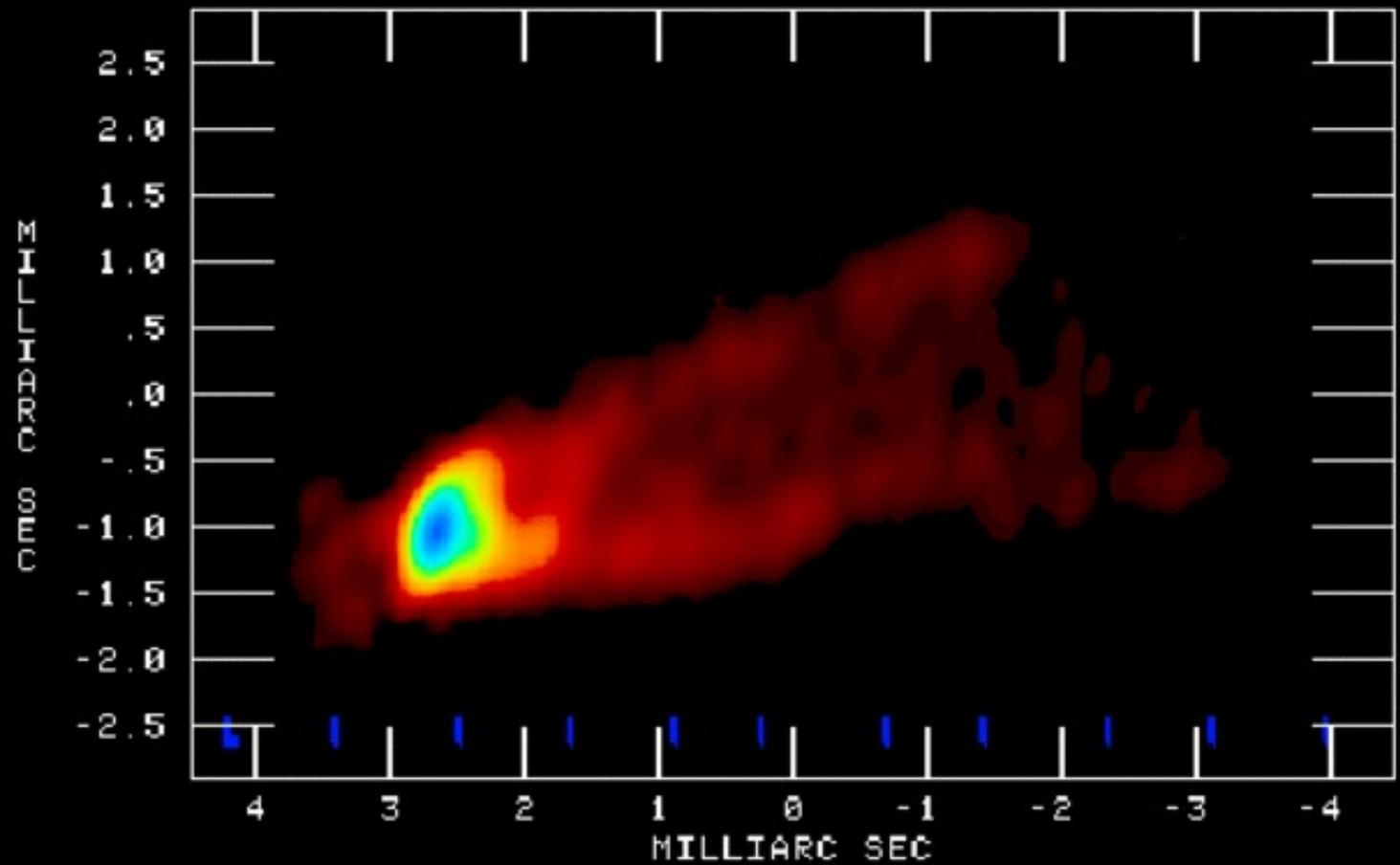
Amy Mioduszewski

Michael Rupen

Craig Walker

Greg Taylor





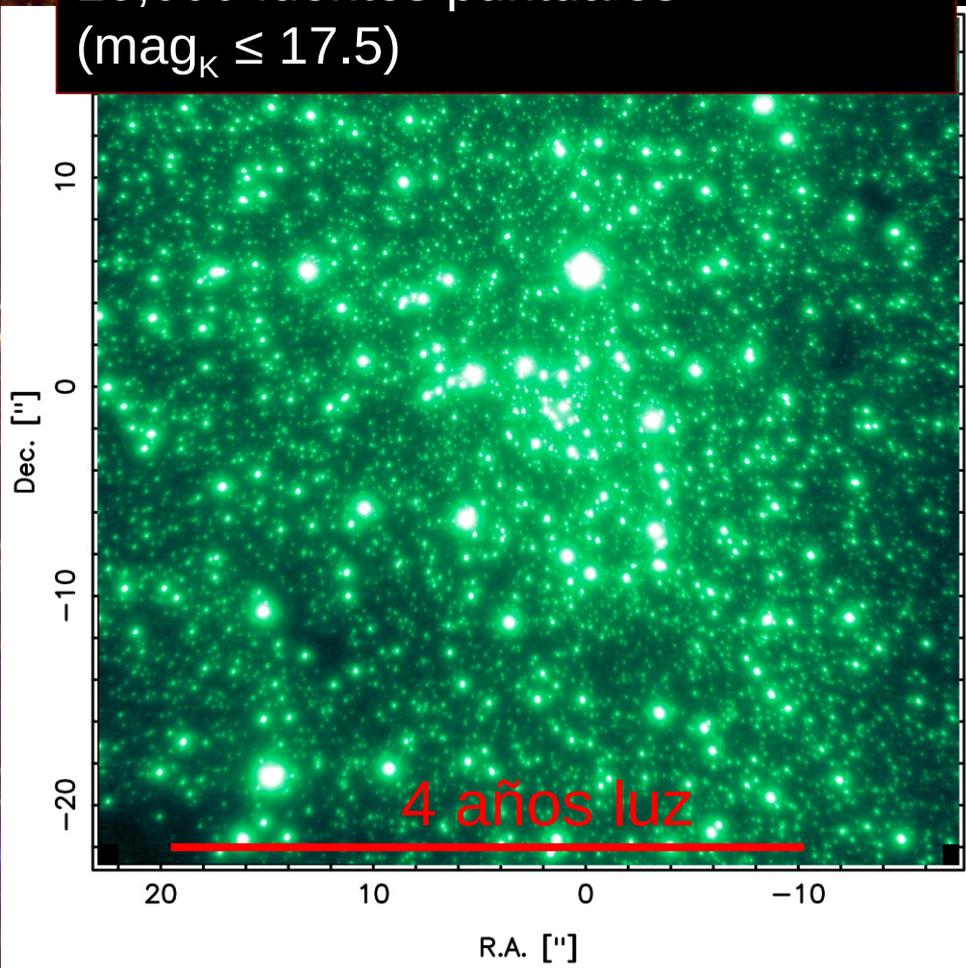
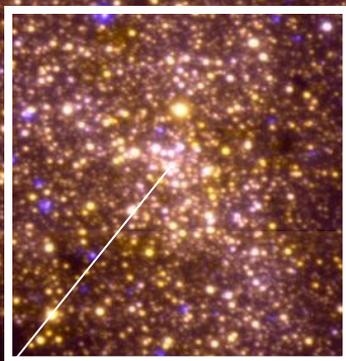
270 pc

ISAAC/MLT 1.3 + 2.09 μm
20,000 fuentes puntuales
+ luz difusa

NACO/MLT, 2.2 μm
Óptica adaptiva, $\sim 0.06''$ FWHM

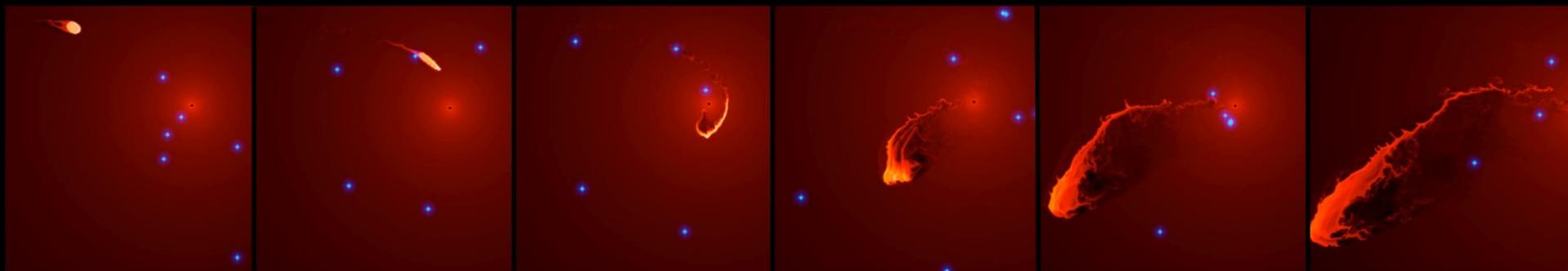
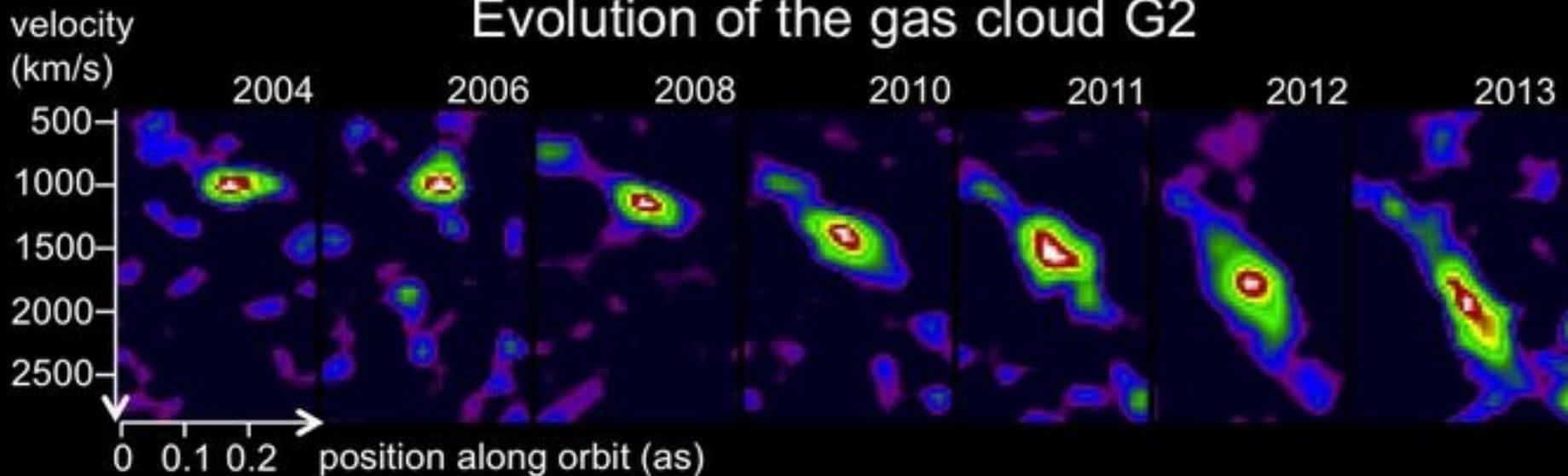
10,000 fuentes puntuales
($\text{mag}_K \leq 17.5$)

150'' / 18 años luz



Sgr A*

Evolution of the gas cloud G2



SgrA*

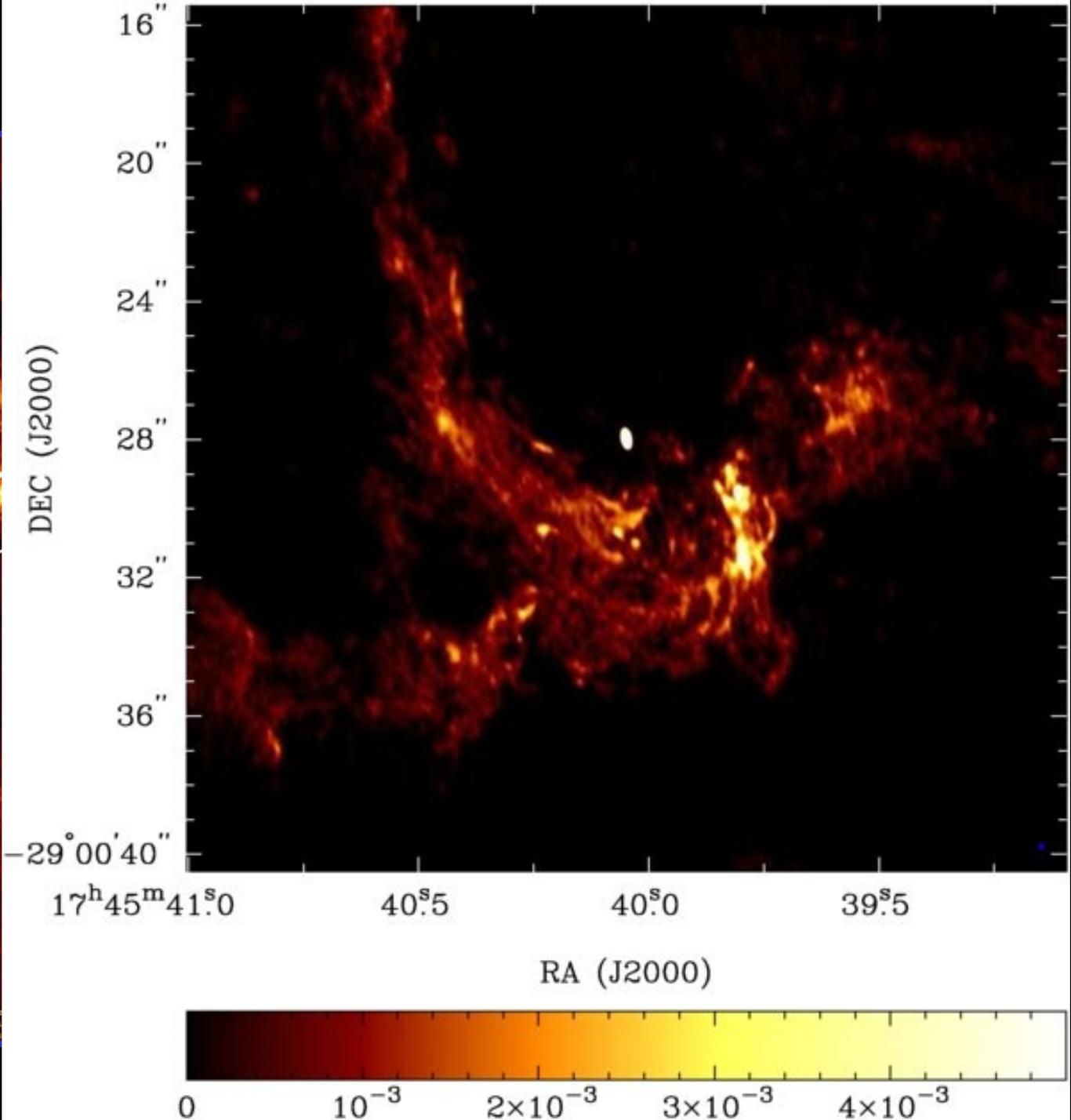
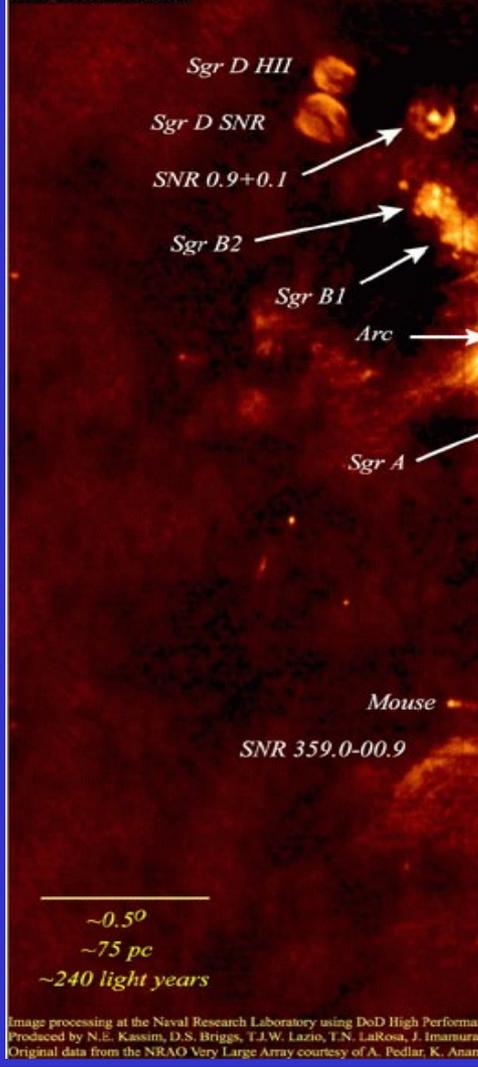
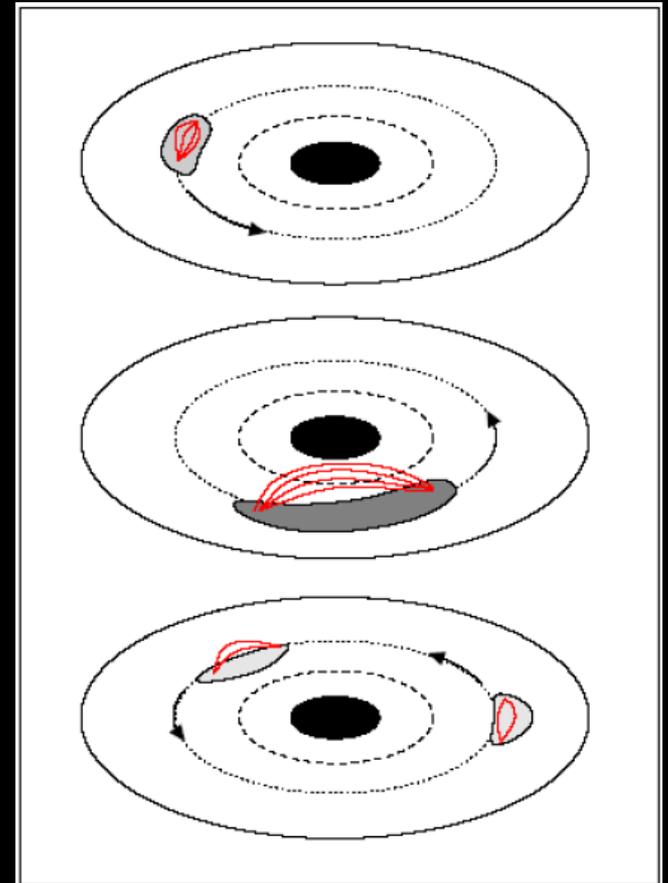
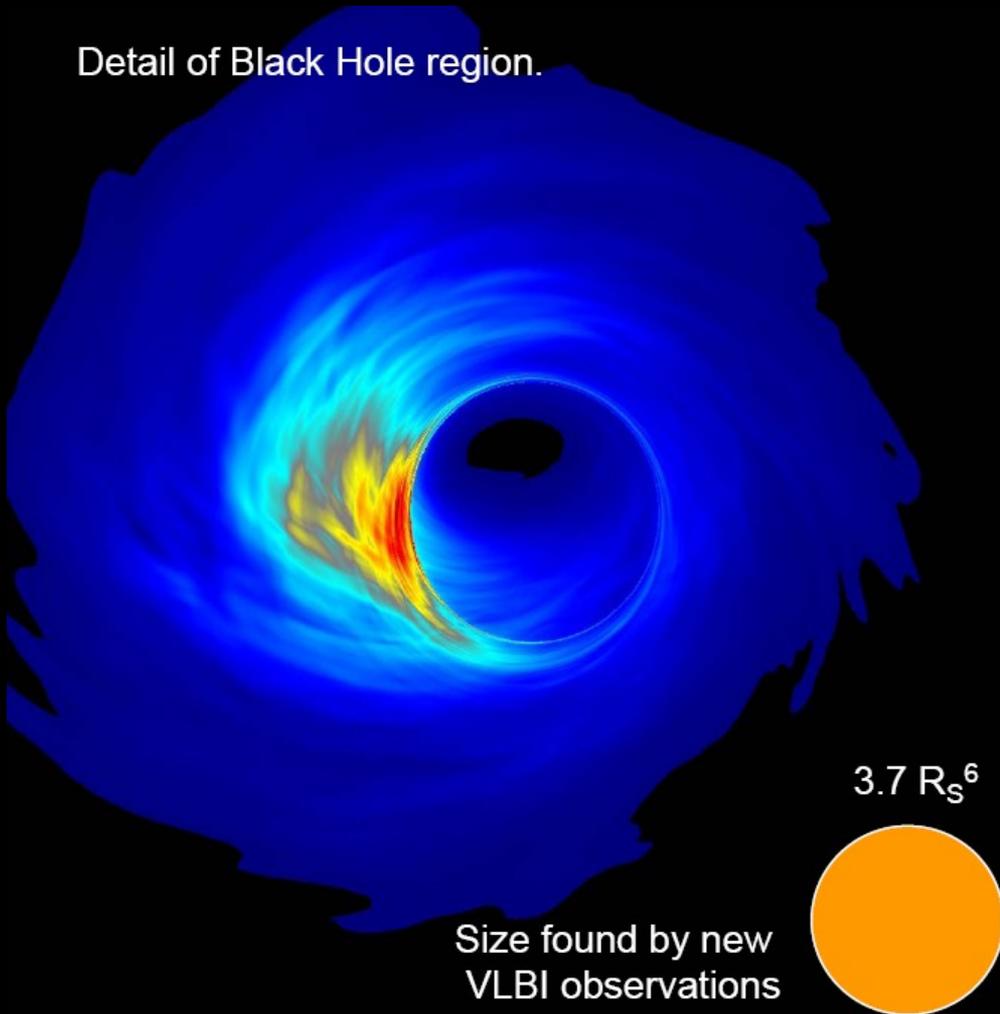


Image processing at the Naval Research Laboratory using DoD High Performance Computing. Produced by N.E. Kassim, D.S. Briggs, T.J.W. Lazio, T.N. LaRosa, J. Imamura. Original data from the NRAO Very Large Array courtesy of A. Pedlar, K. Anant.

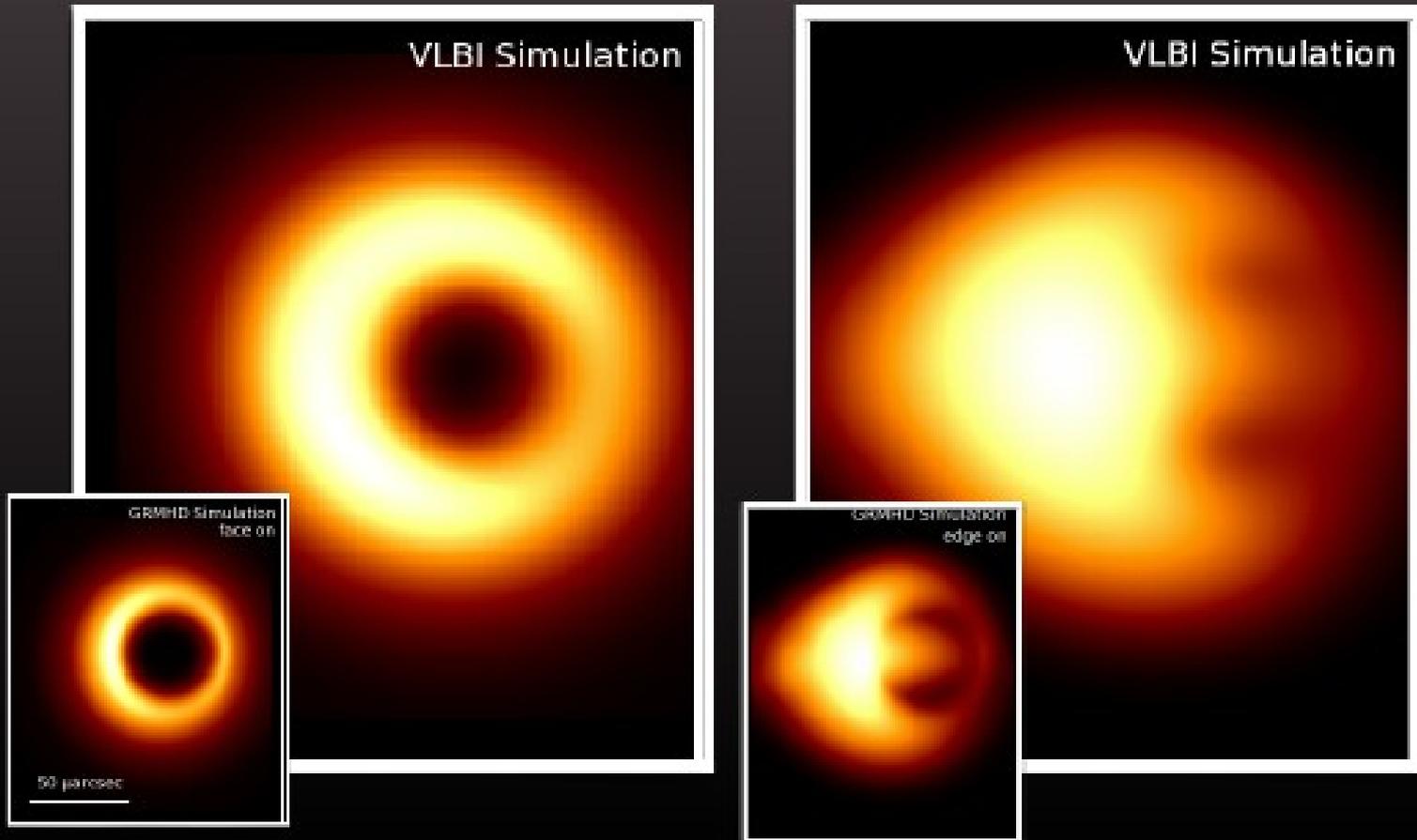
SgrA* a 230 GHz

- SgrA* es menor que $3.7 \pm 1.5 R_s$ (0.3 ± 0.12 AU)
- La emisión puede no estar centrada en el BH, sino en el flujo de acrecimiento

Detail of Black Hole region.



Detección de la sombra de SgrA*



Gracias

