

# **El telescopio del Horizonte de Sucesos (EHT), observar**

## **lo inobservable**

**Antxon Alberdi**

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

**Desgranando Ciencia - 16 abril 2016**

# Algunos conceptos básicos

- Velocidad de Escape:  $v_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$

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

- Si la Tierra disminuyera su radio a la mitad, subiría a 16 km/s y ¿si siguiera compactándose?

# **BH y la relatividad de Einstein**

- El principio de la relatividad establece que la velocidad de la luz es constante → tanto el tiempo como la longitud dependen del observador → nace el “espacio-tiempo”**
- Cambia la noción de la gravitación: deformación del espacio-tiempo (curvatura) debido a la presencia de objetos masivos → las geodésicas**

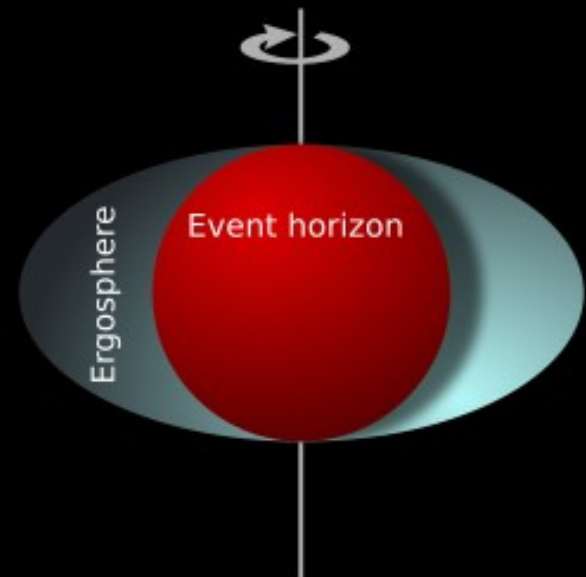
# Geometría del Agujero Negro

- Radio de Schwarzschild:

Para la Tierra, sería de 0.9 cm; para el Sol, sería de 3 km

- Para un agujero negro en rotación: ergosfera

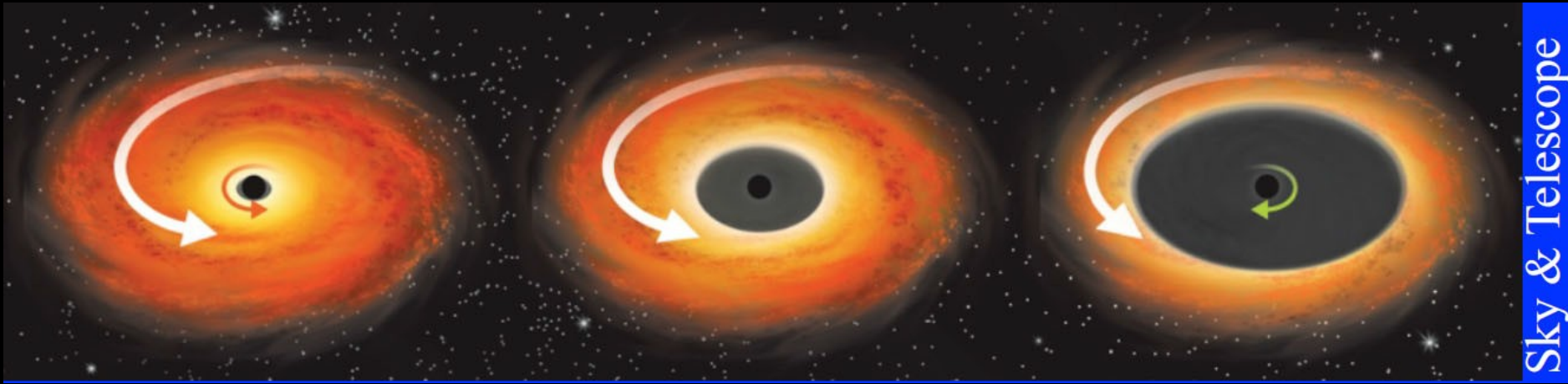
$$r_s = \frac{2GM}{c^2}$$



# Propiedades de los Agujeros Negros

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

# Última órbita estable (ISCO)



Progrado

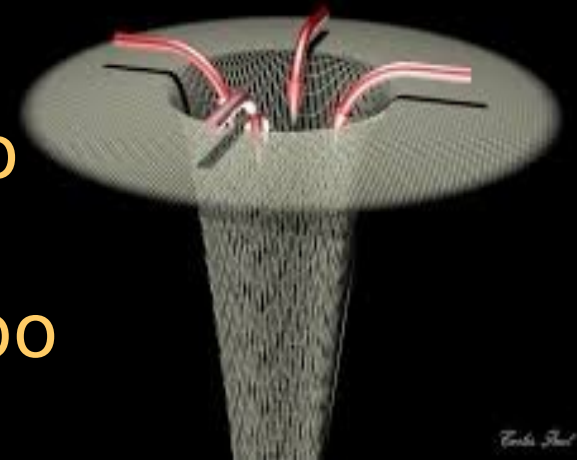
Estacionario

Retrógrado

La última órbita estable depende de la orientación relativa de la rotación del BH y del material

# La evolución del tiempo ...

Un observador externo vería que una partícula que cayera hacia el agujero negro se quedaría para siempre en el horizonte de sucesos; sin embargo, el tiempo para la propia partícula fluiría más rápidamente y en un tiempo corto para ella, en un intervalo temporal pequeño y medible, atravesaría el horizonte de sucesos y descendería hacia la singularidad central.



	<b>Microcuáasar</b>	<b>AGN</b>	<b>GRB</b>
<b>BH (Msol)</b>	<b>Estelar</b>	<b>Supermasivo</b>	<b>Estelar</b>
<b>Disco de acrecimiento</b>	<b>1000 Km</b>	<b>10<sup>9</sup> km</b>	<b>100 km</b>
<b>Chorro relativista</b>	<b>Años-luz</b>	<b>Millones de años-luz</b>	<b>Horas-luz</b>



Los microcuásares: versión doméstica de los  
AGNs

SS433

SS433

VLBA

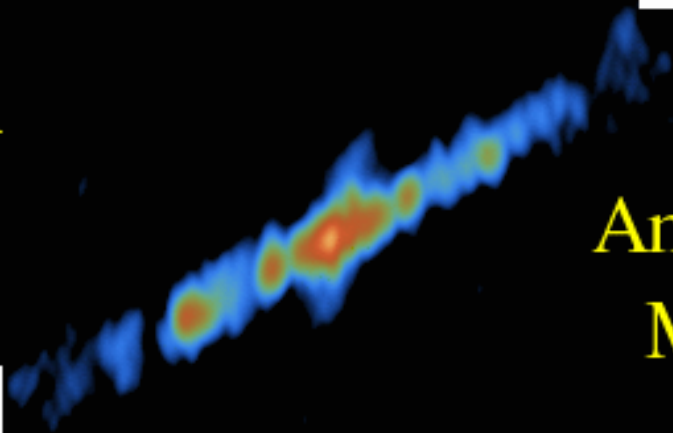


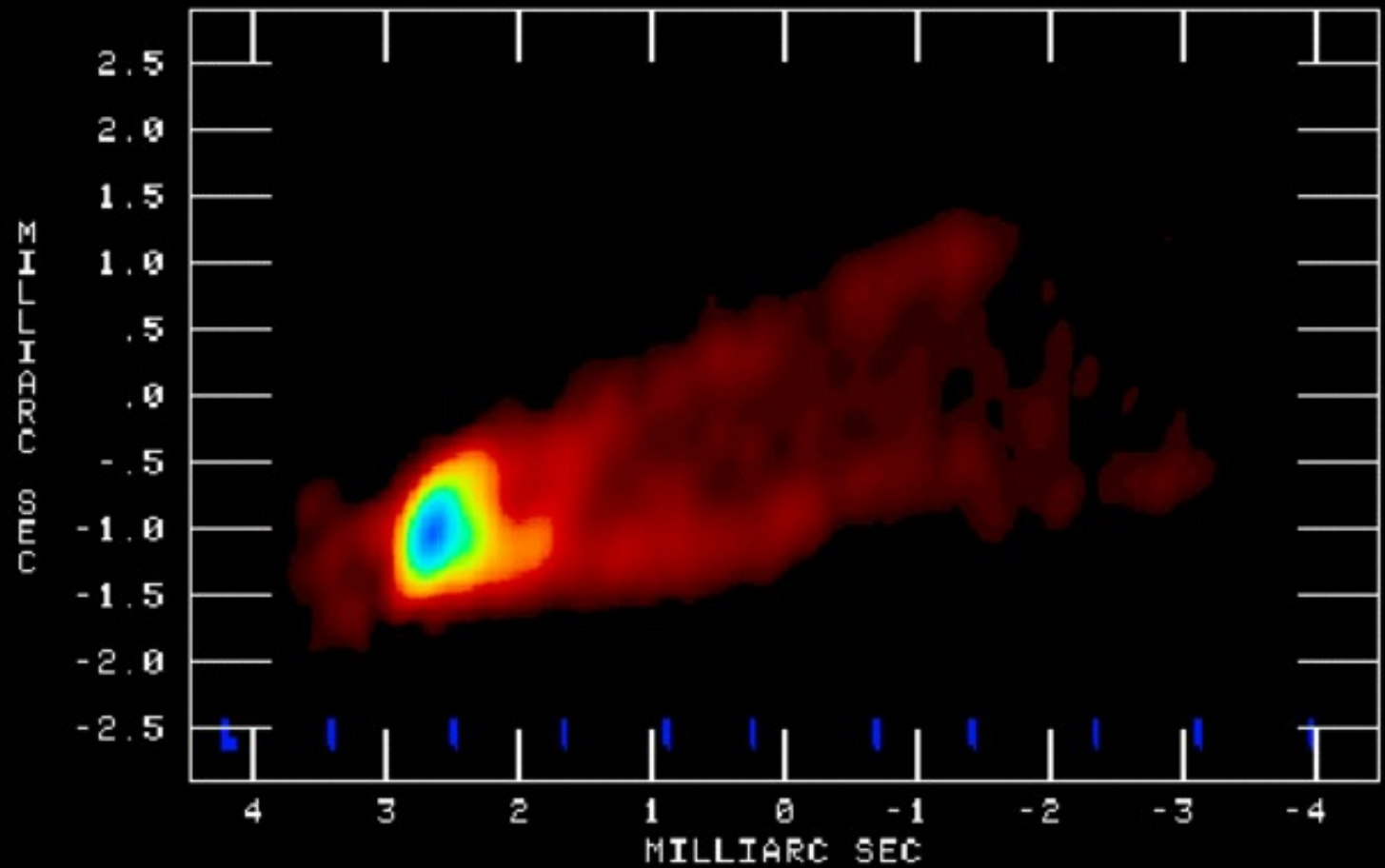
Amy Mioduszewski

Michael Rupen

Craig Walker

Greg Taylor





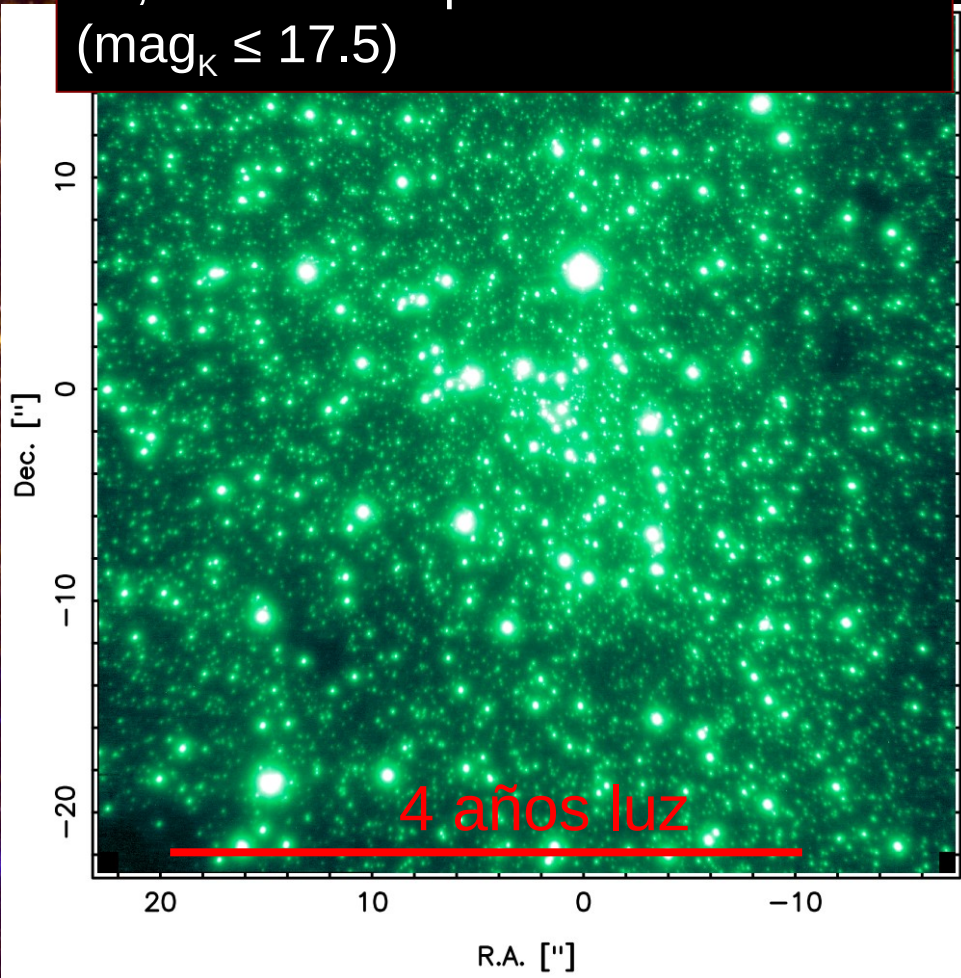
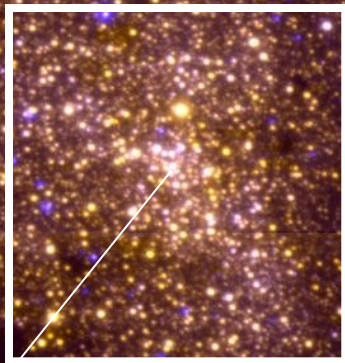
270 pc

ISAAC/MLT 1.3 + 2.09  $\mu\text{m}$   
20,000 fuentes puntuales  
+ luz difusa

NACO/MLT, 2.2  $\mu\text{m}$   
Óptica adaptiva,  $\sim 0.06''$  FWHM

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

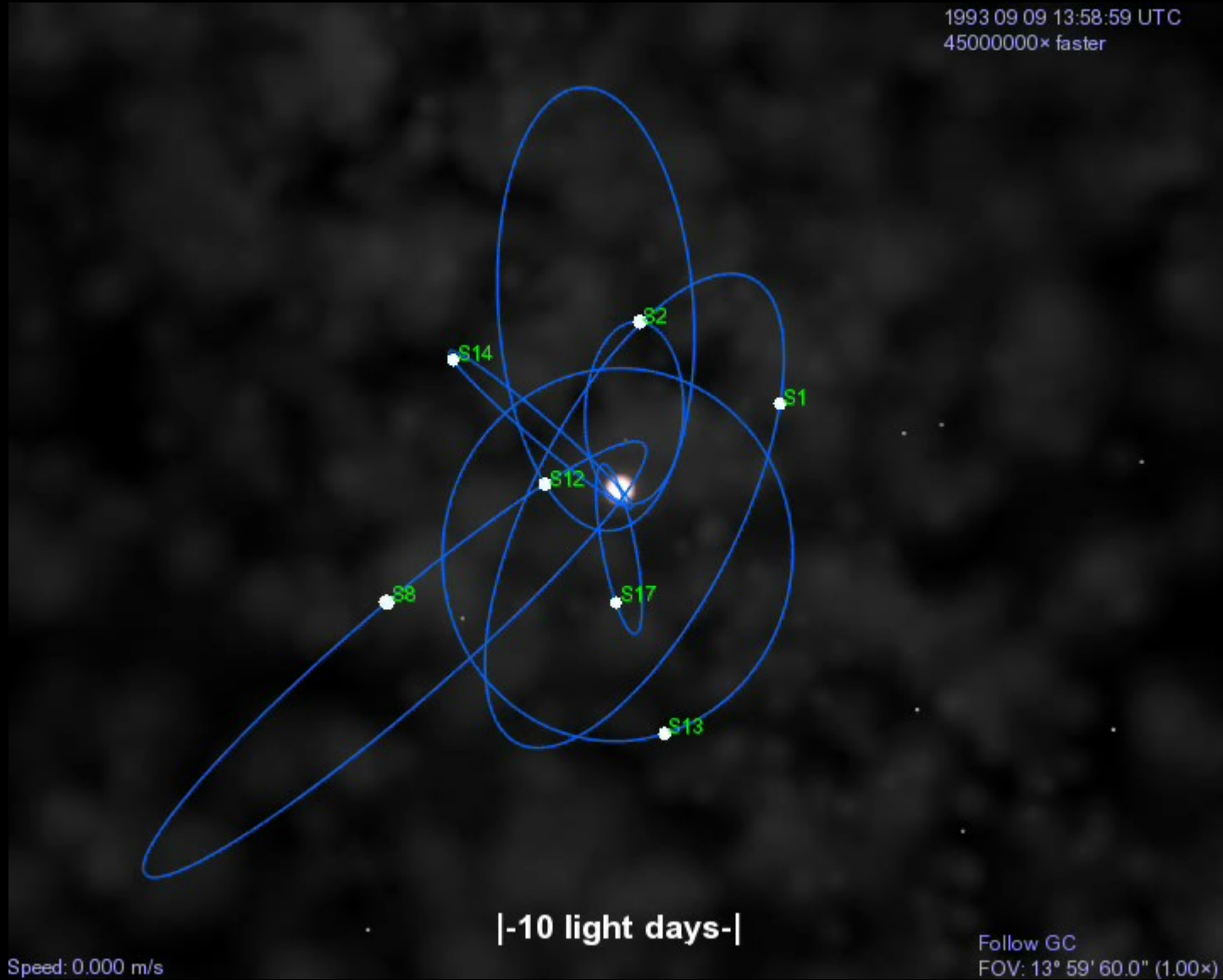
150'' / 18 años luz



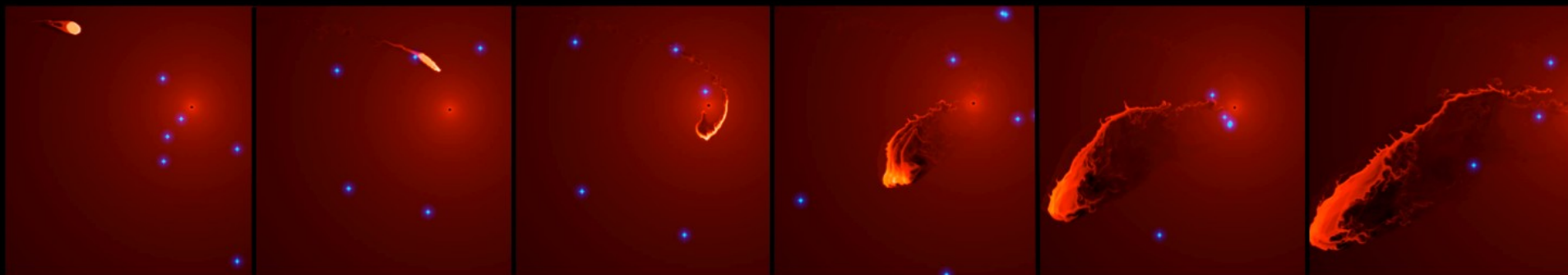
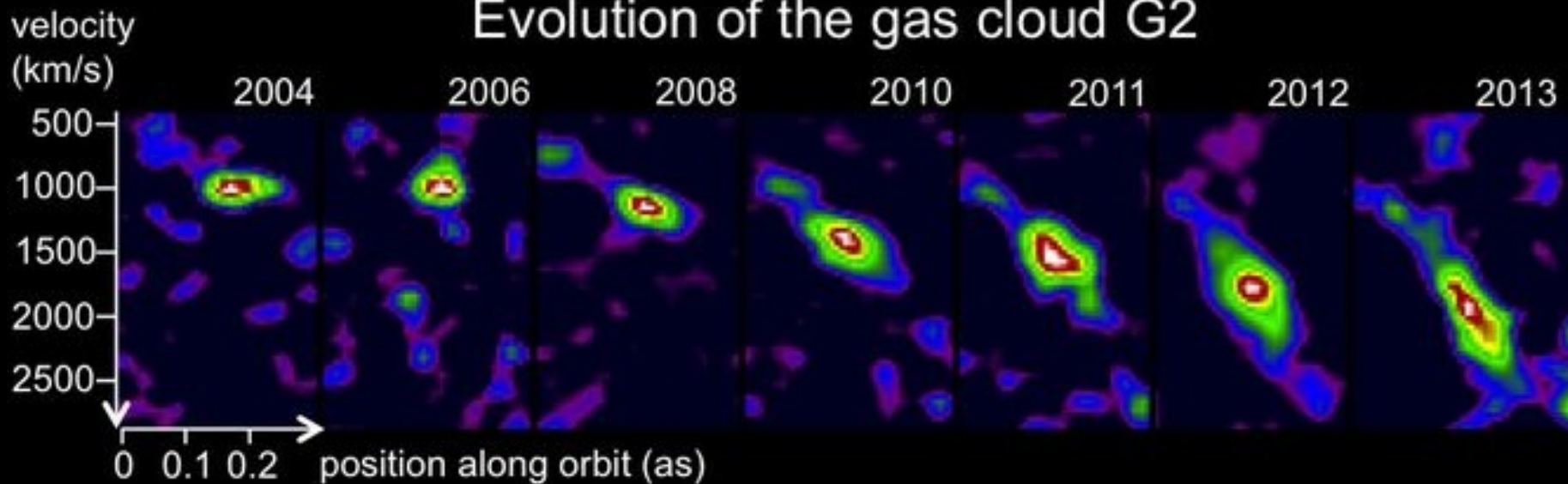
Sgr A\*

# El Centro de nuestra Galaxia: SgrA\*

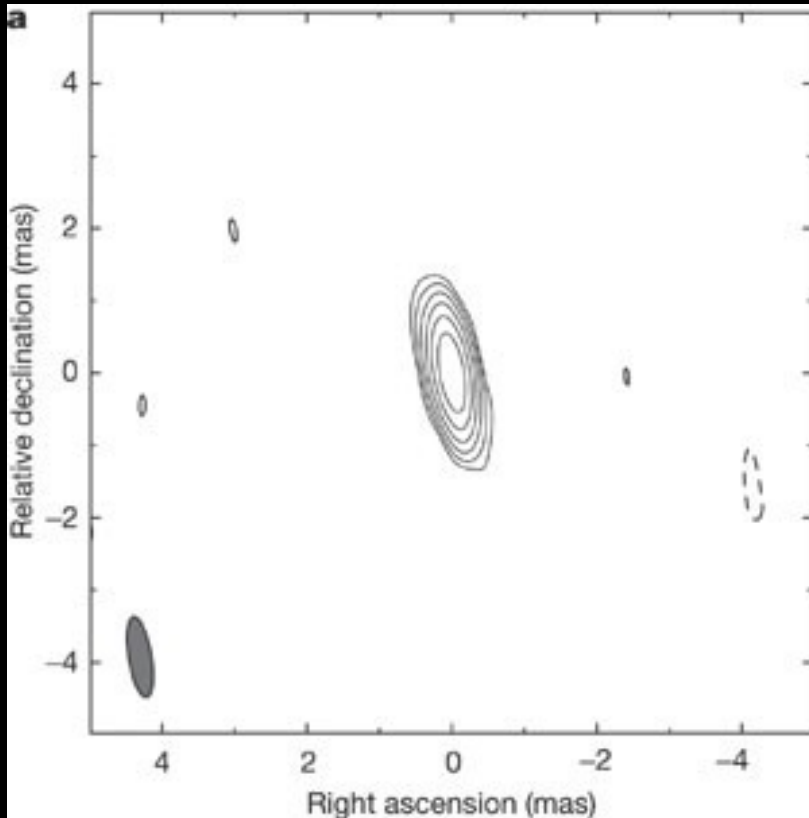
S2 → órbita: 15.2 años; semiejes: 5.5 días luz, 17 horas luz (124 AU)



# Evolution of the gas cloud G2



# SgrA\*, el centro de nuestra Galaxia

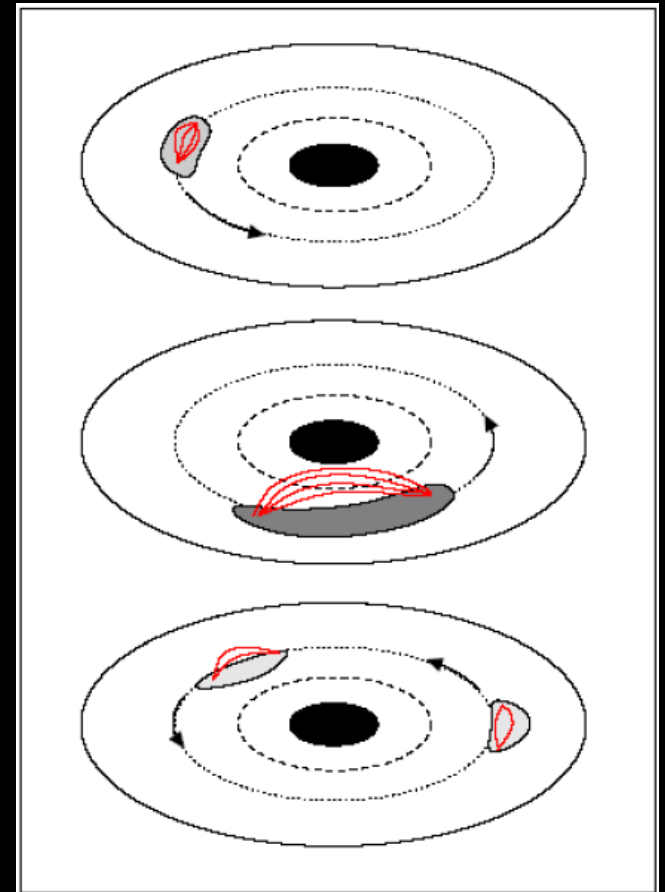
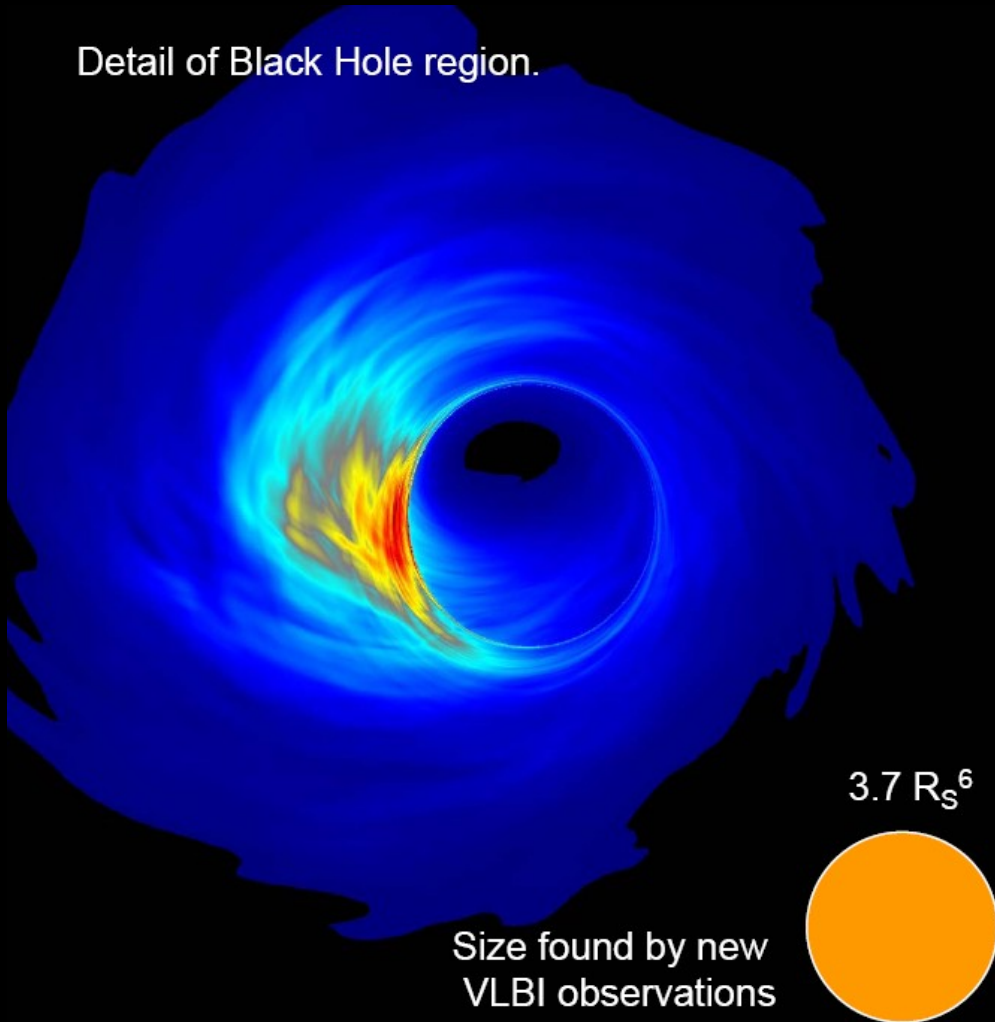


El tamaño de Sgr A\* es de 1.01 **AU** o  $12.6R_s$ ,  
donde  $R_s$  (0.08 AU)

# SgrA\* a 230 GHz

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

Detail of Black Hole region.



# Vista de SgrA\* con el EHT

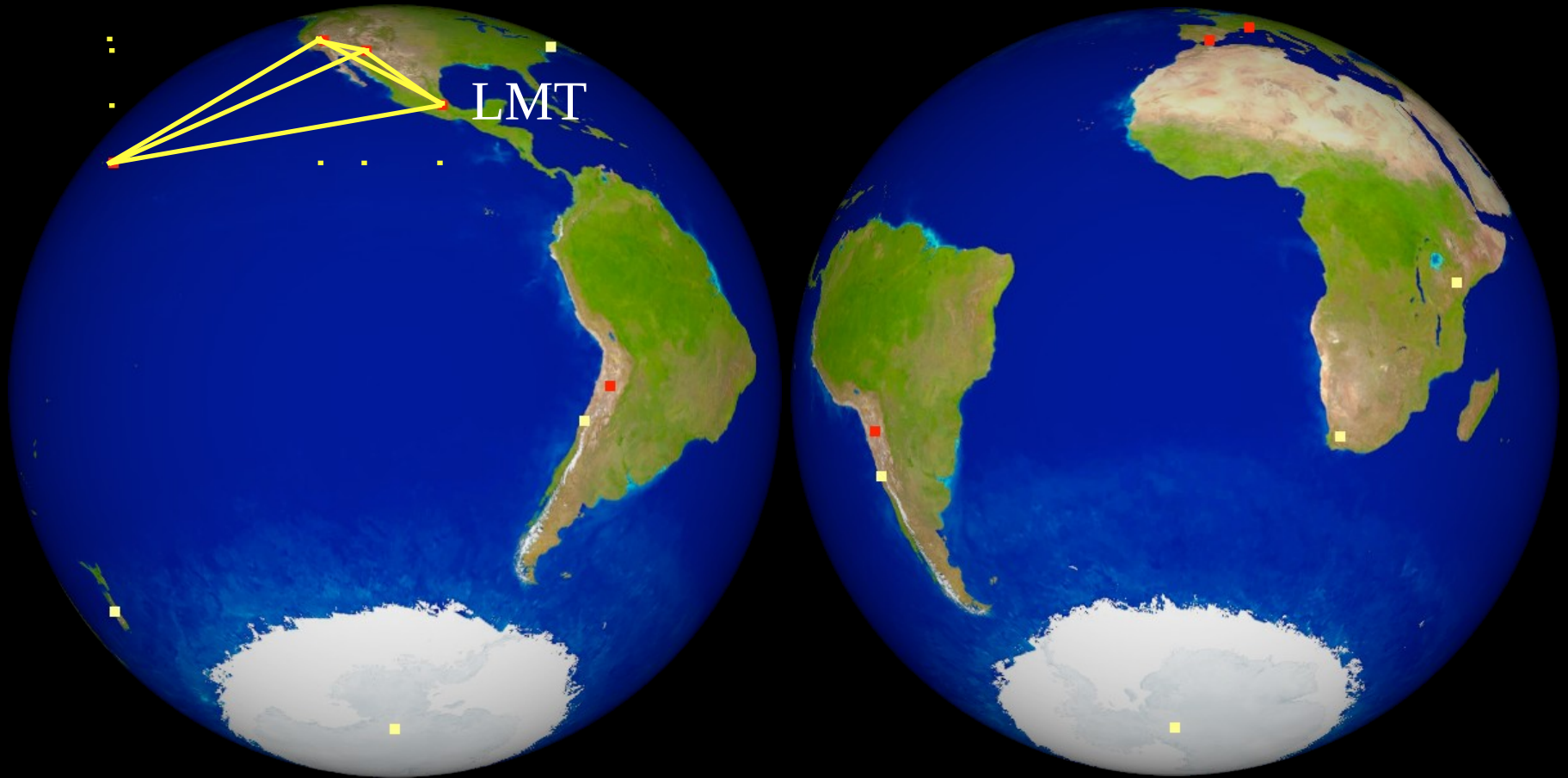




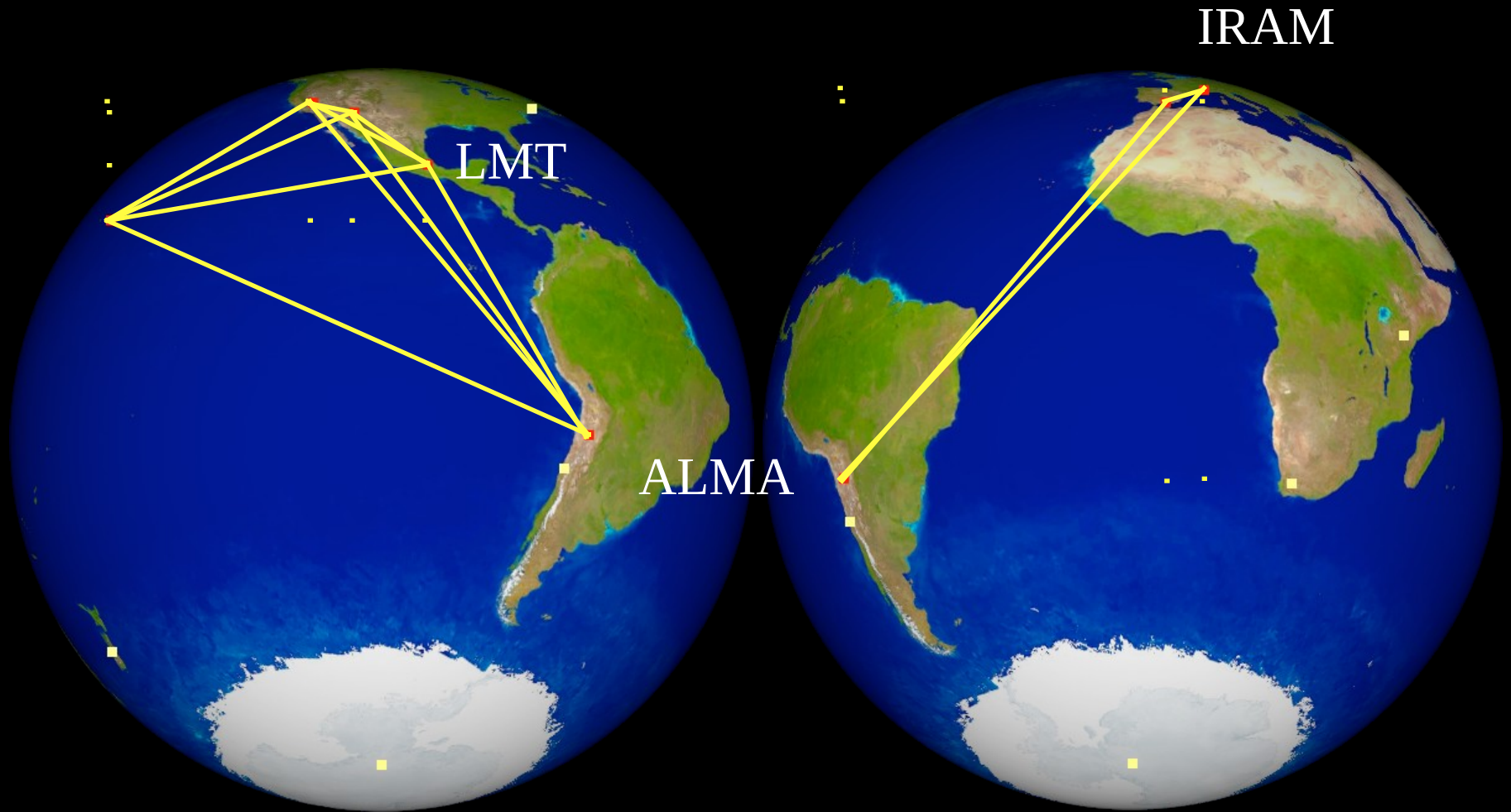
# Vista de SgrA\* con el EHT



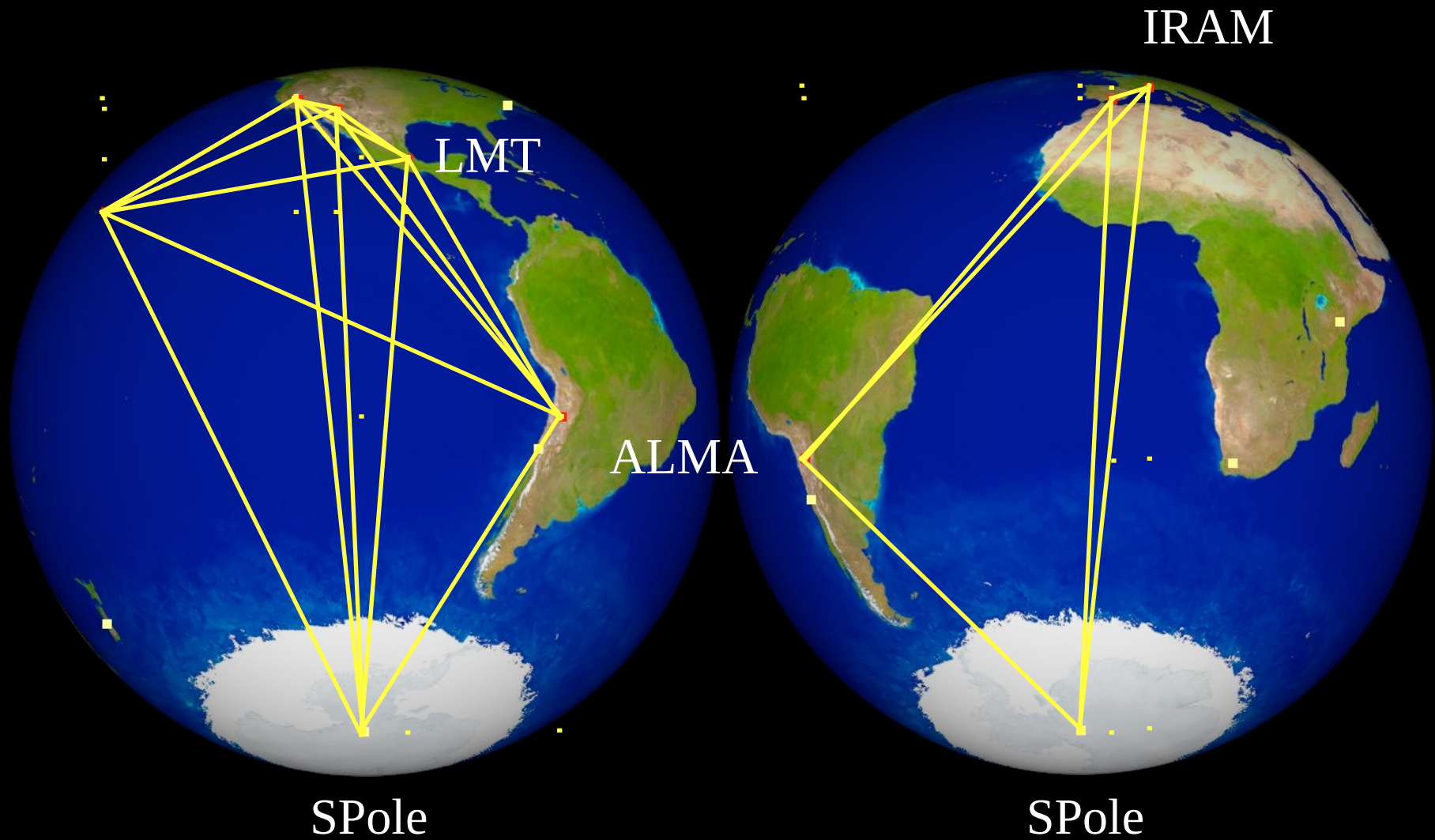
# Vista de SgrA\* con el EHT



# Vista de SgrA\* con el EHT



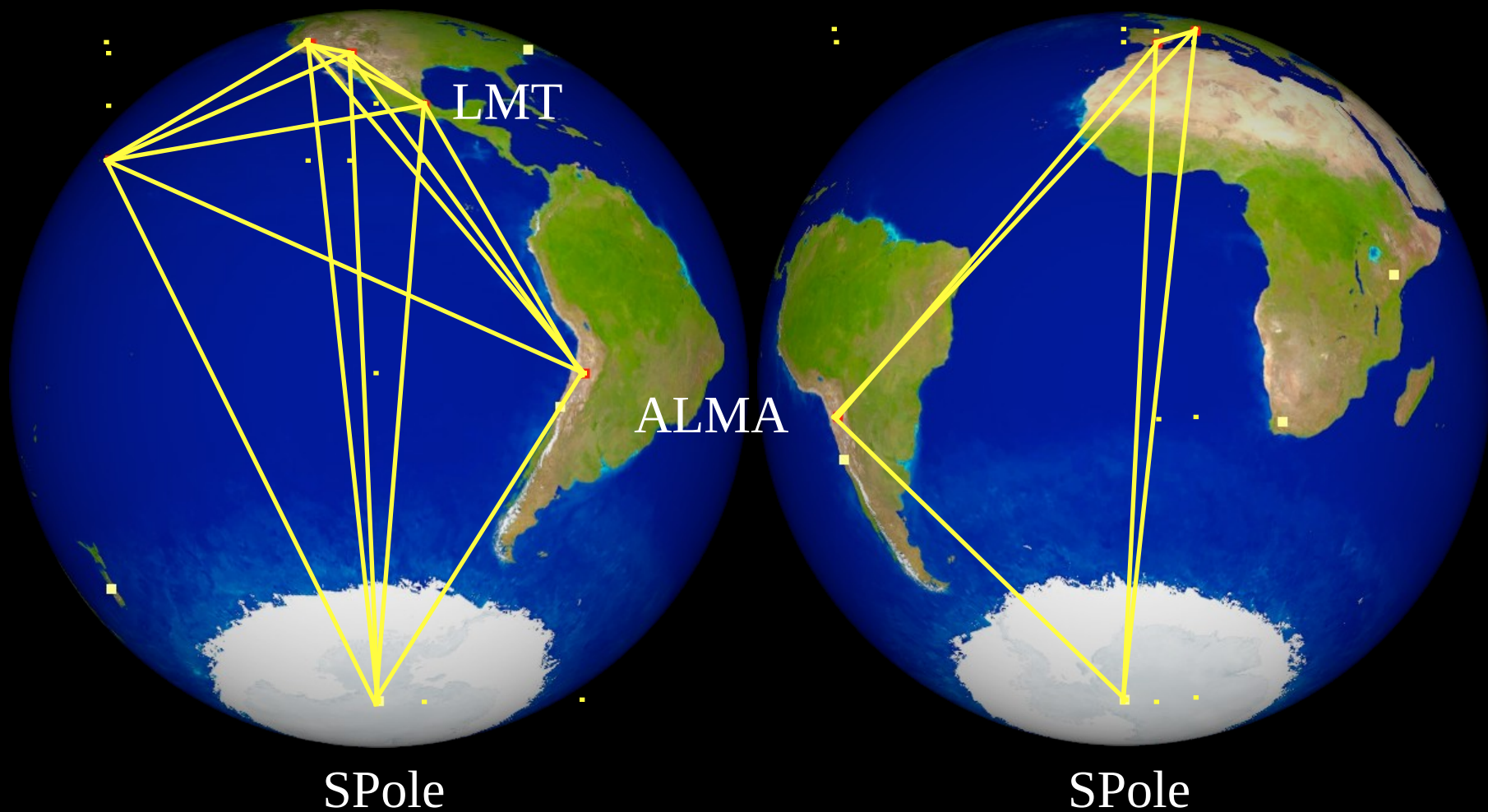
# Vista de SgrA\* con el EHT



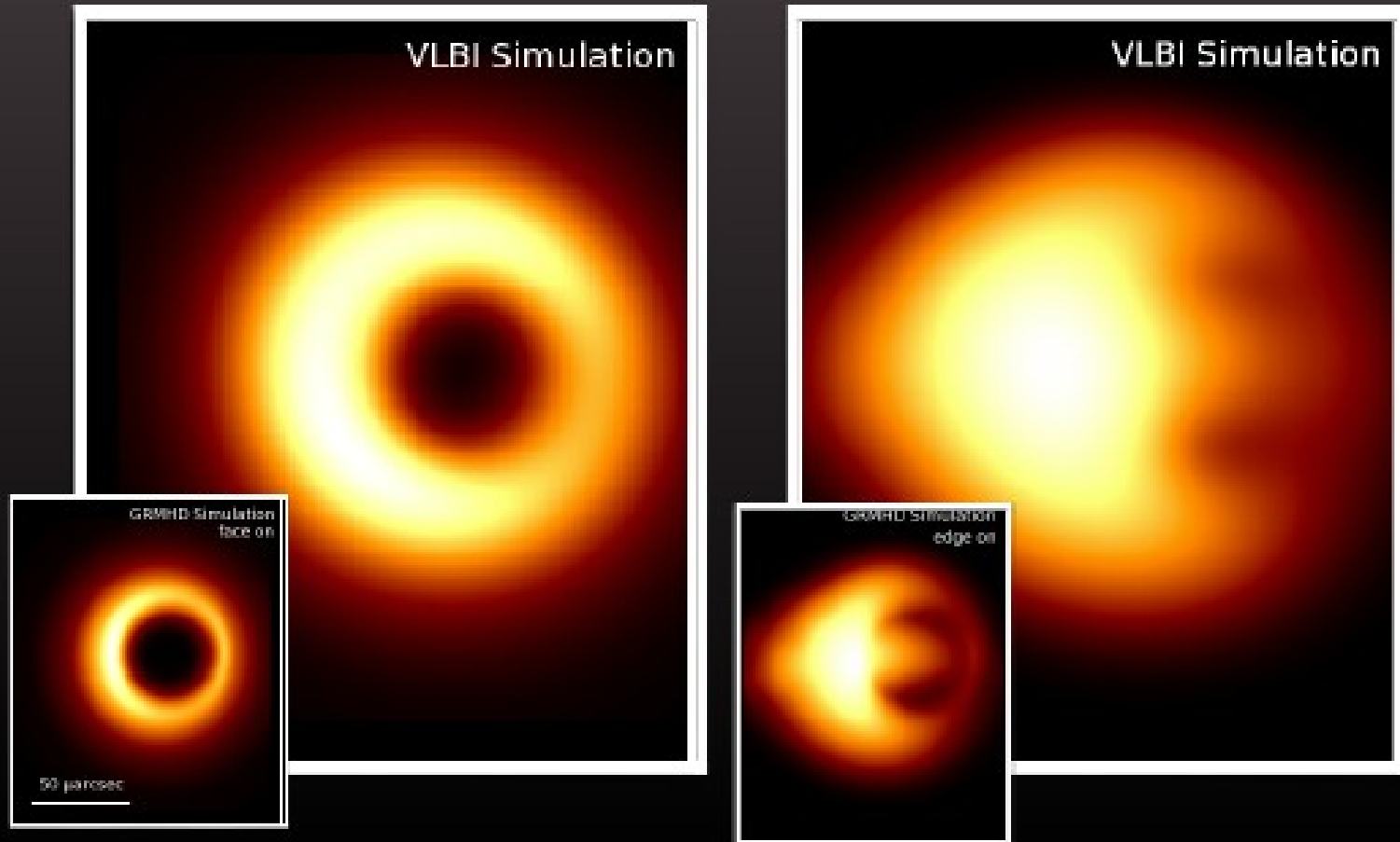
# Vista de SgrA\* con el EHT

GLT - Greenland

IRAM



# Detección de la sombra de SgrA\* a $\nu > 230$ GHz



# Gracias

