



La historia de las GALAXIAS

Cristina Ramos Almeida



Galaxia = estrellas + planetas + polvo + gas + materia y energía oscura



Gran Nube de Magallanes

Fairall 161

Galaxia enana
10.000.000 estrellas

Galaxia masiva
10.000.000.000.000 estrellas

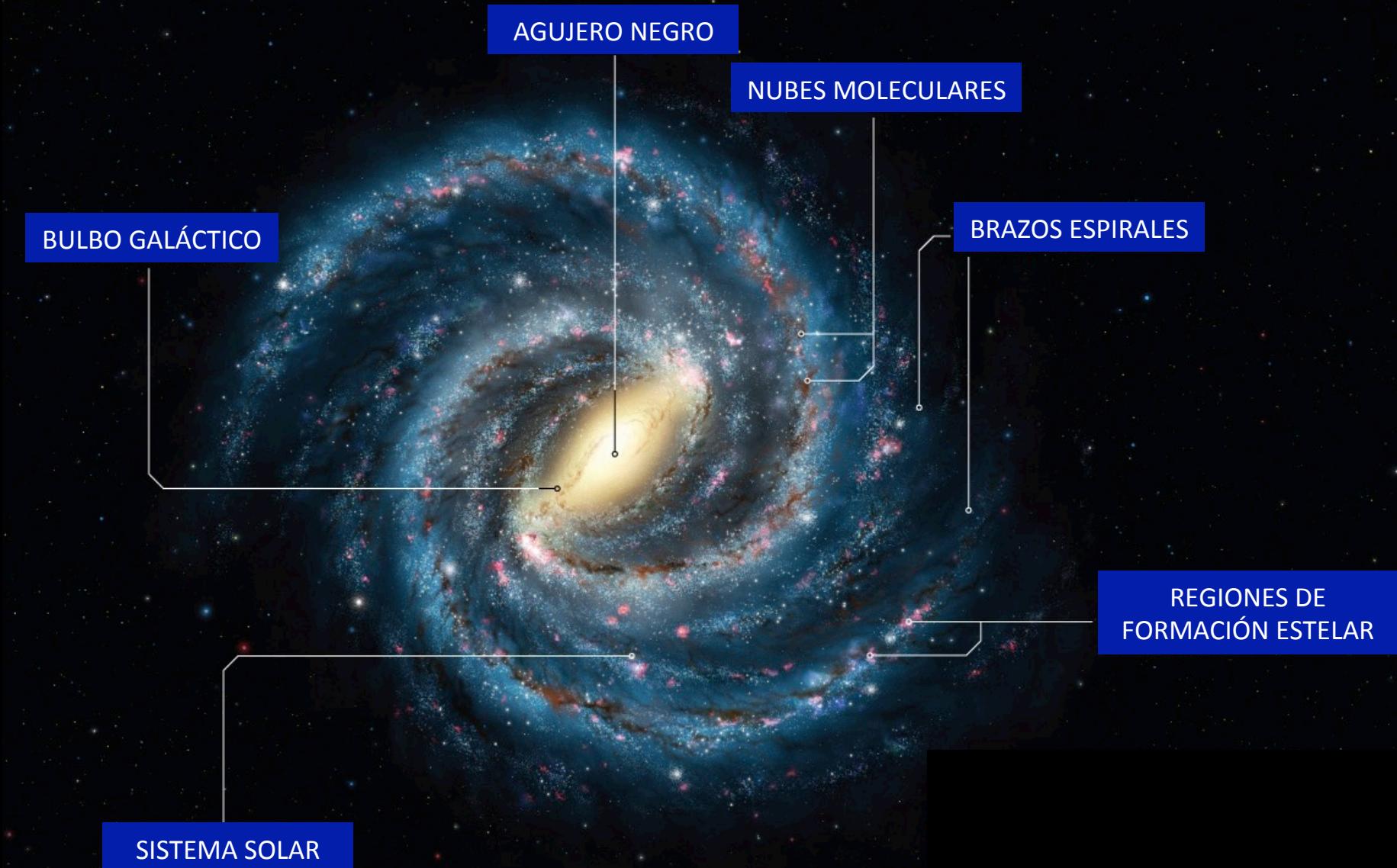
La Vía Láctea - 200.000.000.000 estrellas



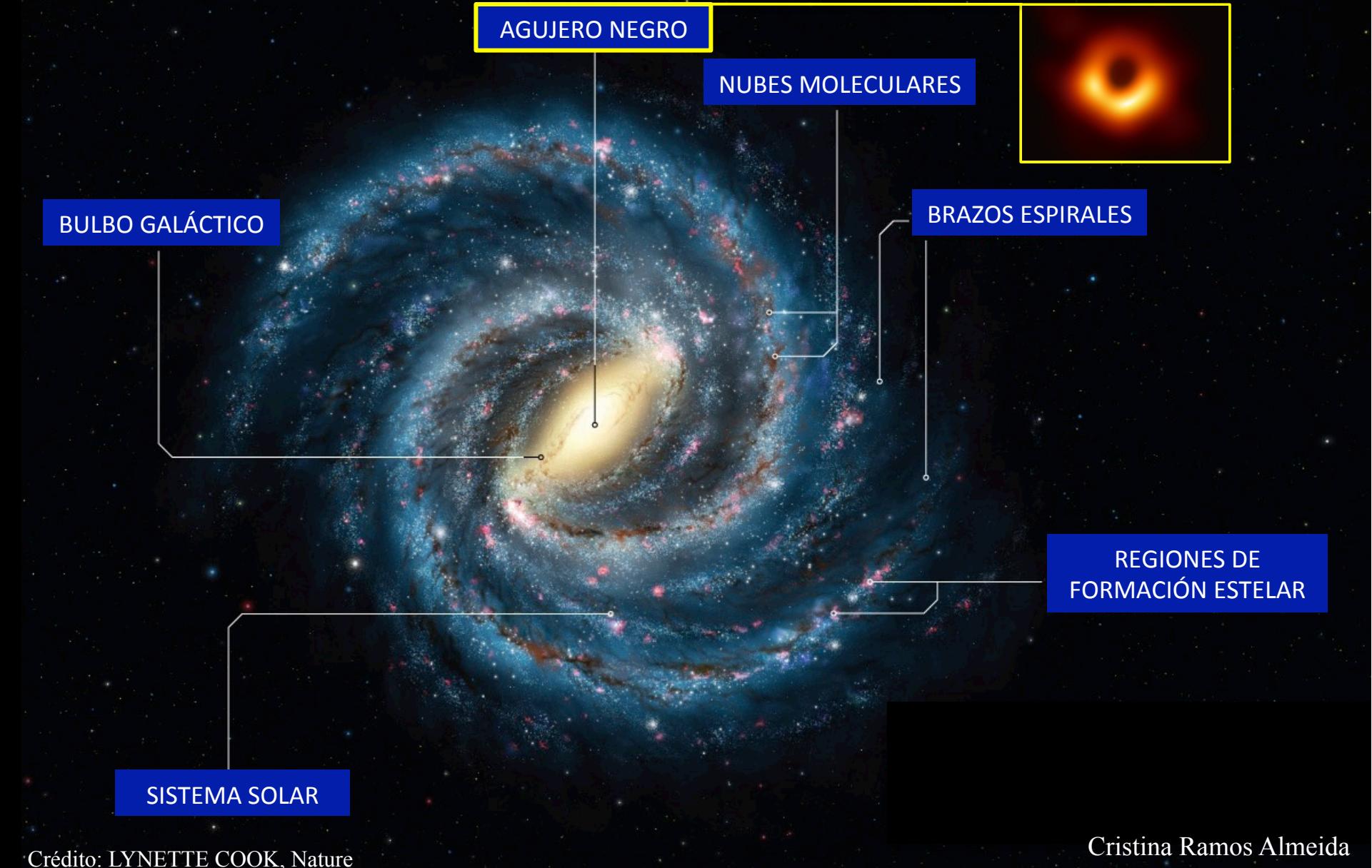
Crédito: Daniel López, elcielodecanarias.com

Cristina Ramos Almeida

La Vía Láctea - 200.000.000.000 estrellas



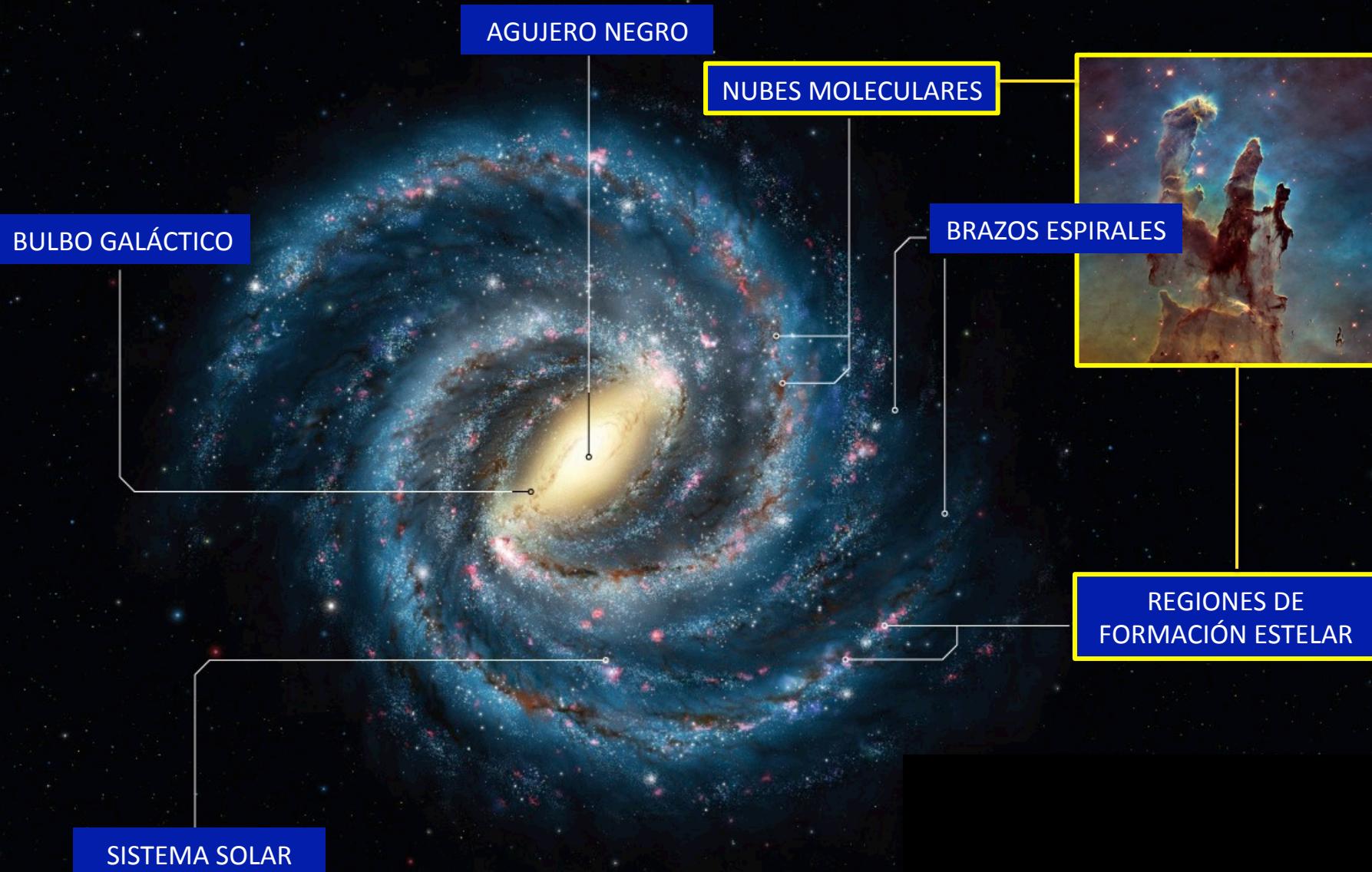
La Vía Láctea - 200.000.000.000 estrellas



La Vía Láctea - 200.000.000.000 estrellas



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA

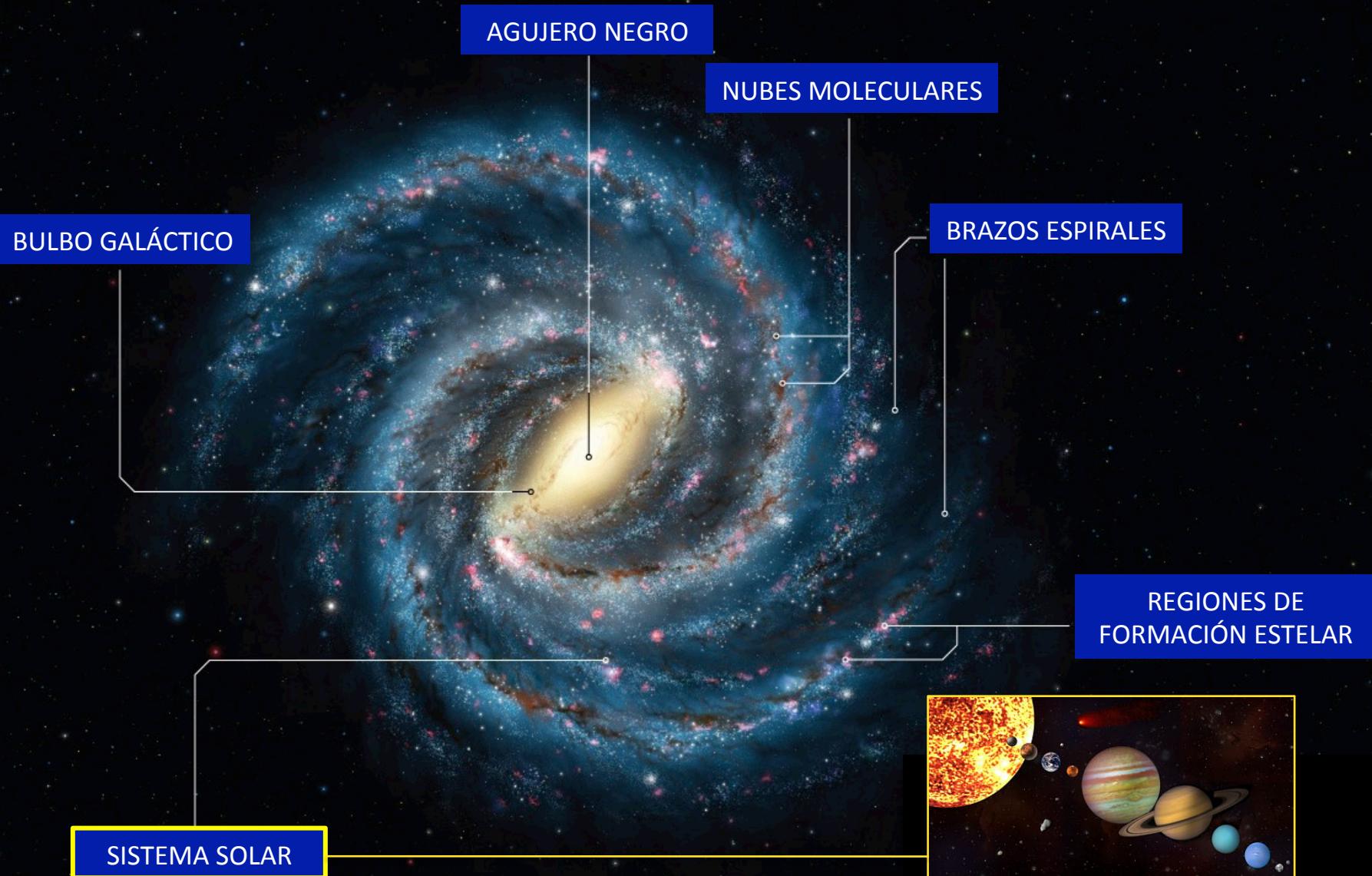




EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA

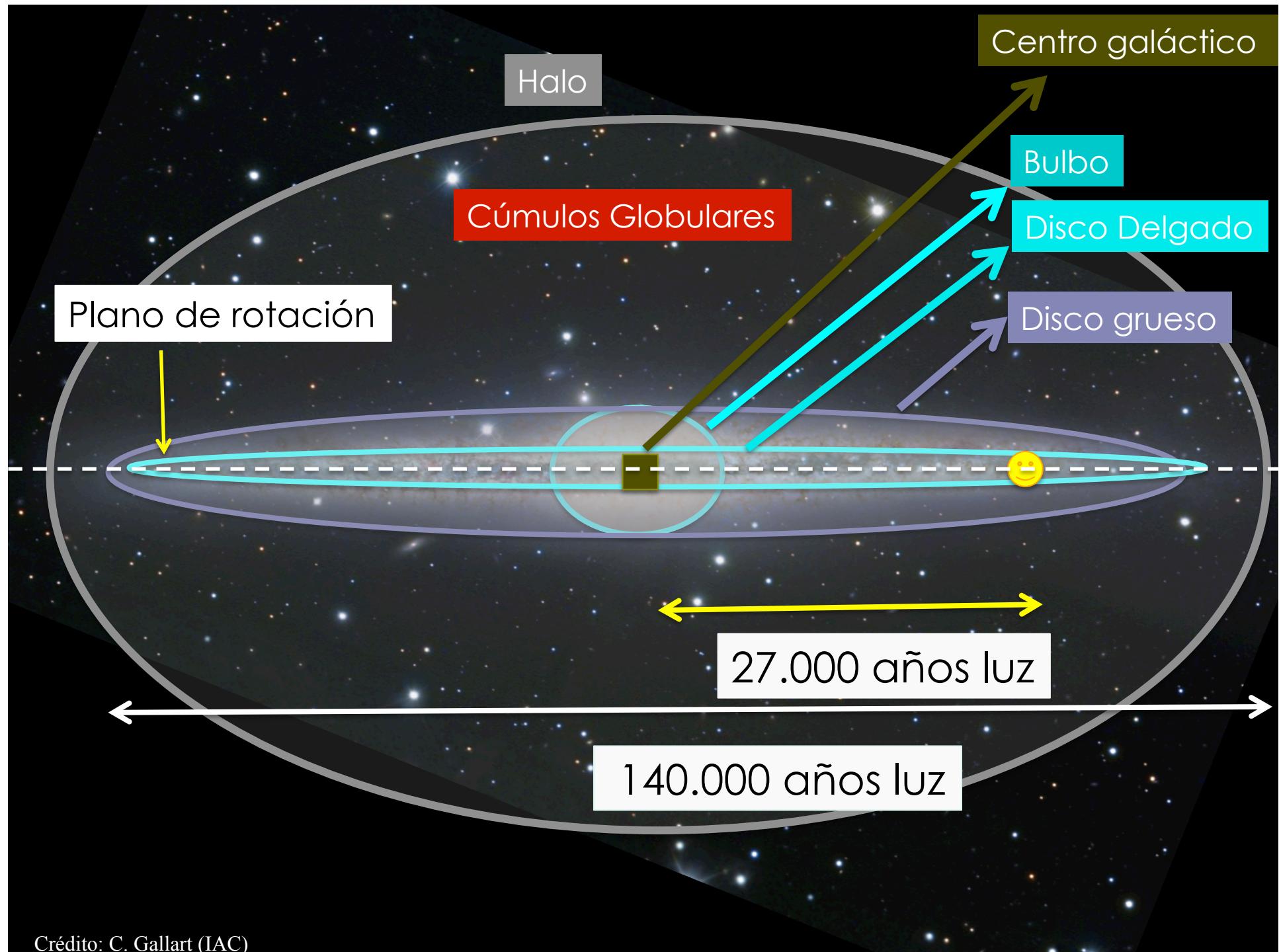


La Vía Láctea - 200.000.000.000 estrellas



Crédito: LYNETTE COOK, Nature

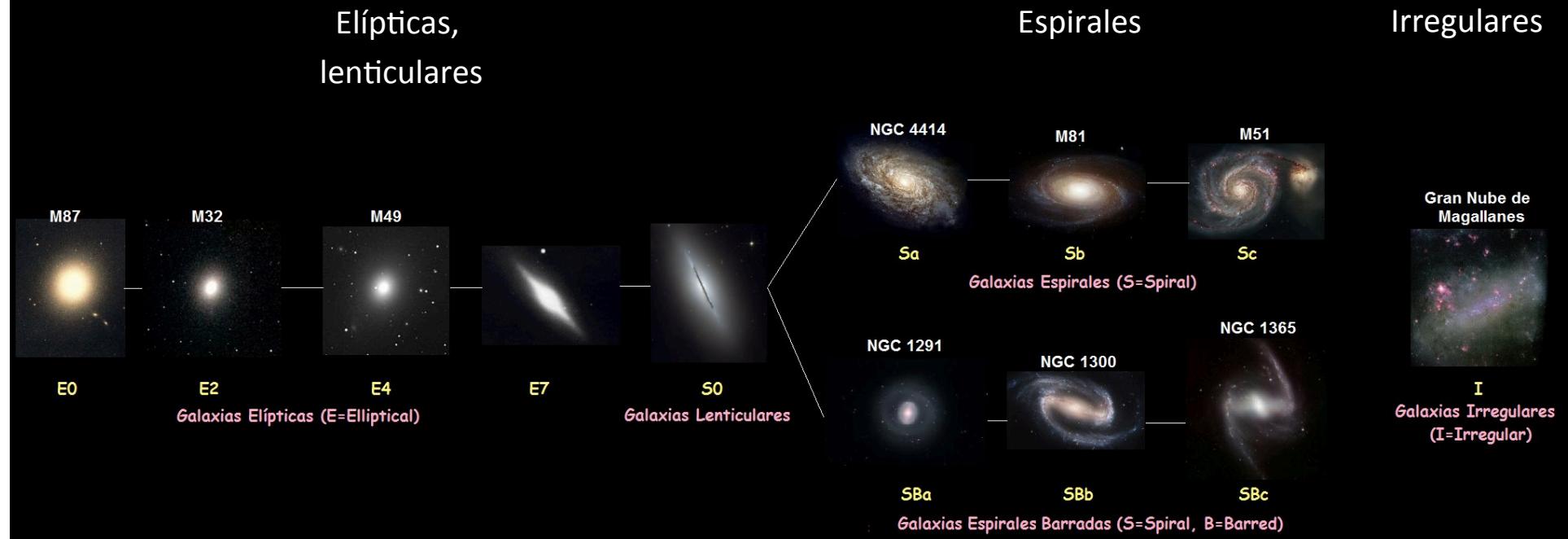
Cristina Ramos Almeida



Clasificación de Galaxias: la Secuencia de Hubble



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



Fernando T. de Gorocica

Clasificación de Galaxias: Galaxy Zoo



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



ENGLISH | POLSKI

GALAXY ZOO.org

Welcome

Home

The Science

How to Take Part

Galaxy Analysis

Forum

Press

Blog

FAQ

Links

Contact Us

Login

Register

Dear Galaxy Zoo users,

Thanks for making Galaxy Zoo such a success! THIS SITE IS NOW ARCHIVED; go [here](#) for the latest Galaxy Zoo project.

With your help, we collected millions of classifications, and have done more and better science faster than we ever believed possible. The first papers and follow-up observations are complete, and you can follow our progress on the [BLOG](#) and [FORUM](#).

This site is still alive for nostalgia's sake, but your classifications will not form part of the public data release. **But we need you now more than ever!** Galaxy Zoo 2 - which asks for more detailed classifications of roughly 250,000 of the brightest galaxies in our sample is now live. So go [here](#) to get classifying.

Log In

User Name:

Password:

Remember me next time.

Log In

[Register](#)

[Forgot Password](#)

<http://www.zooniverse.org/projects/zookeeper/galaxy-zoo>

Cristina Ramos Almeida

Proyectos de colaboración ciudadana.



#IACUniversoEnCasa

ASTRONOMÍA CIUDADANA

iniciativas frente al COVID-19



[https://www.iac.es/es/blog/vialactea/2020/04/11-proyectos-de-astronomia-ciudadana-y-
divulgacion-cientifica-durante-el-aislamiento](https://www.iac.es/es/blog/vialactea/2020/04/11-proyectos-de-astronomia-ciudadana-y-divulgacion-cientifica-durante-el-aislamiento)

Cristina Ramos Almeida



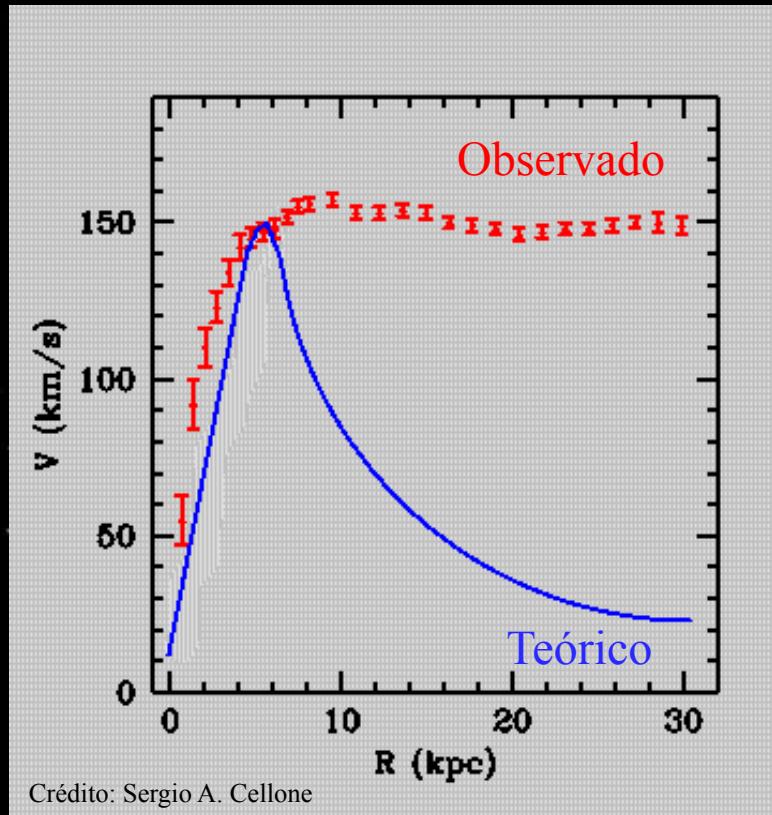
EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



Intentando explicar lo observado: la materia oscura



Crédito: Servicio multimedia del IAC



Crédito: Sergio A. Cellone

La masa observada de las galaxias no permite explicar sus curvas de rotación.

Cristina Ramos Almeida

Intentando explicar lo observado: la materia oscura



Efecto de las lentes gravitacionales fuertes observado por el Telescopio espacial Hubble en Abell 1689. Créditos: NASA/ESA



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



Intentando explicar lo observado: la materia oscura



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



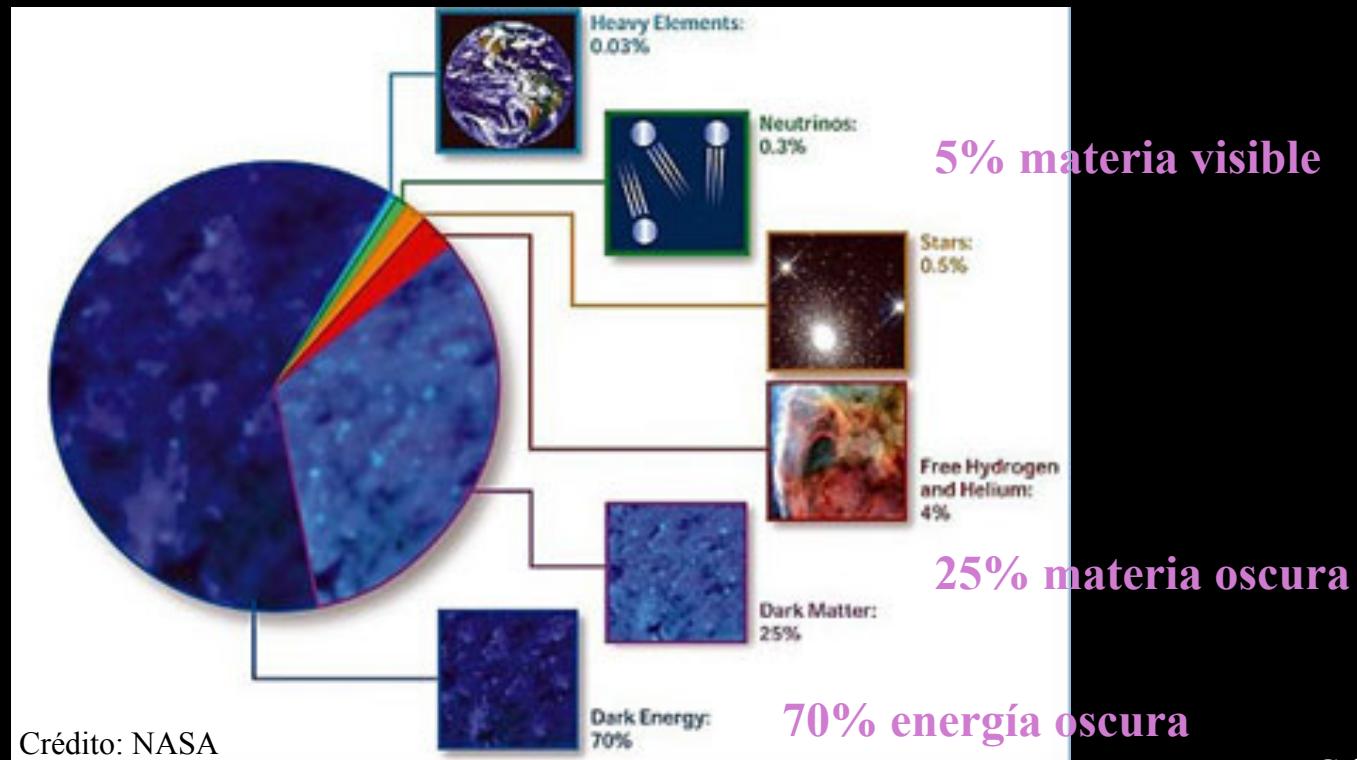
Efecto de las lentes gravitacionales fuertes observado por el Telescopio espacial Hubble en Abell 1689. Créditos: NASA/ESA

Cristina Ramos Almeida

Intentando explicar lo observado: la materia oscura

Materia oscura = partículas que interaccionarían muy débilmente con la materia bariónica (materia ordinaria) y que no emiten radiación electromagnética.

Energía oscura = forma de energía presente en todo el espacio y que produce una presión que tiende a acelerar la expansión del universo.





EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA

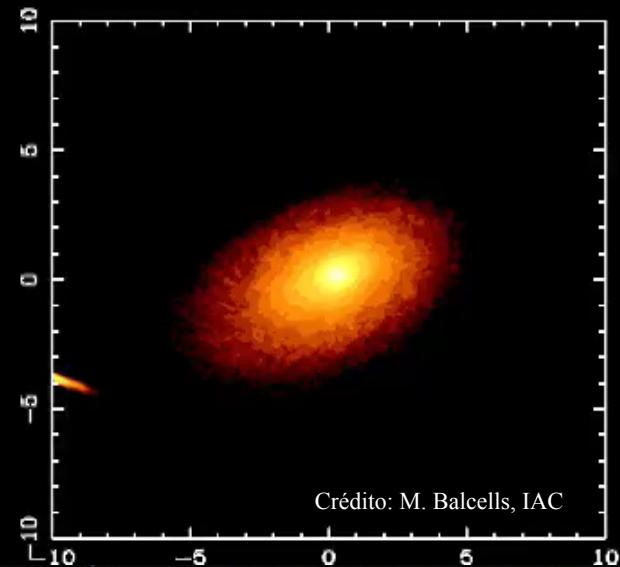


¿Cómo se formaron las galaxias que vemos hoy?

Fusión de galaxias ricas en gas → nuevo material para formar estrellas → galaxias masivas



¿Cómo se formaron las galaxias que vemos hoy?



Crédito: M. Balcells, IAC



Crédito: NASA, ESA, and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA)



Crédito: NASA, ESA, H. Ford (JHU), G. Illingworth (UCSC/LO), M.Clampin (STScI), G. Hartig (STScI), the ACS Science Team

Cristina Ramos Almeida



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



¿Cómo se formaron las galaxias que vemos hoy?

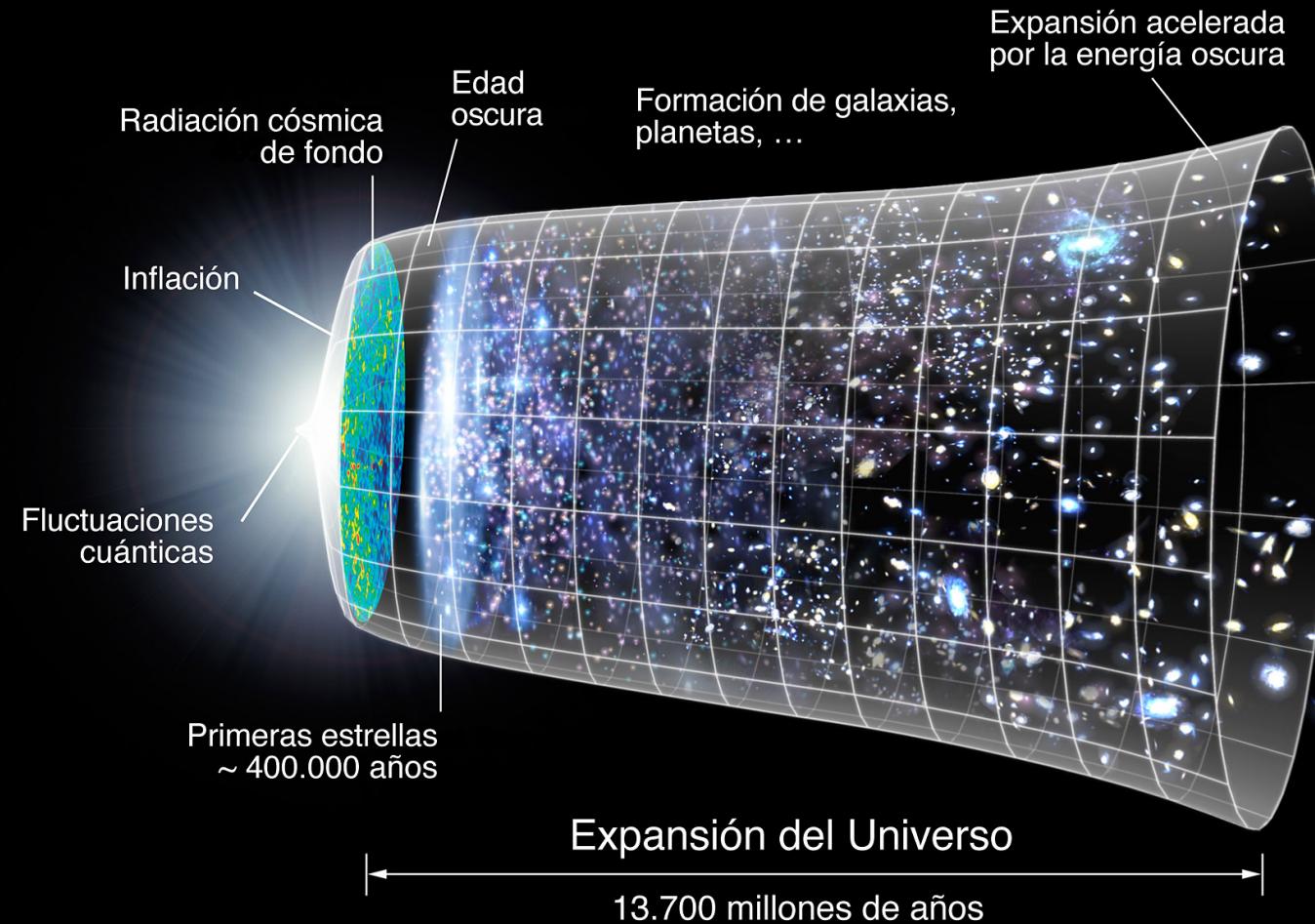
Fusión de galaxias ricas en gas → nuevo material para formar estrellas → galaxias masivas



¿Cómo se formaron las galaxias que vemos hoy?



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



NASA/WMAP Science Team

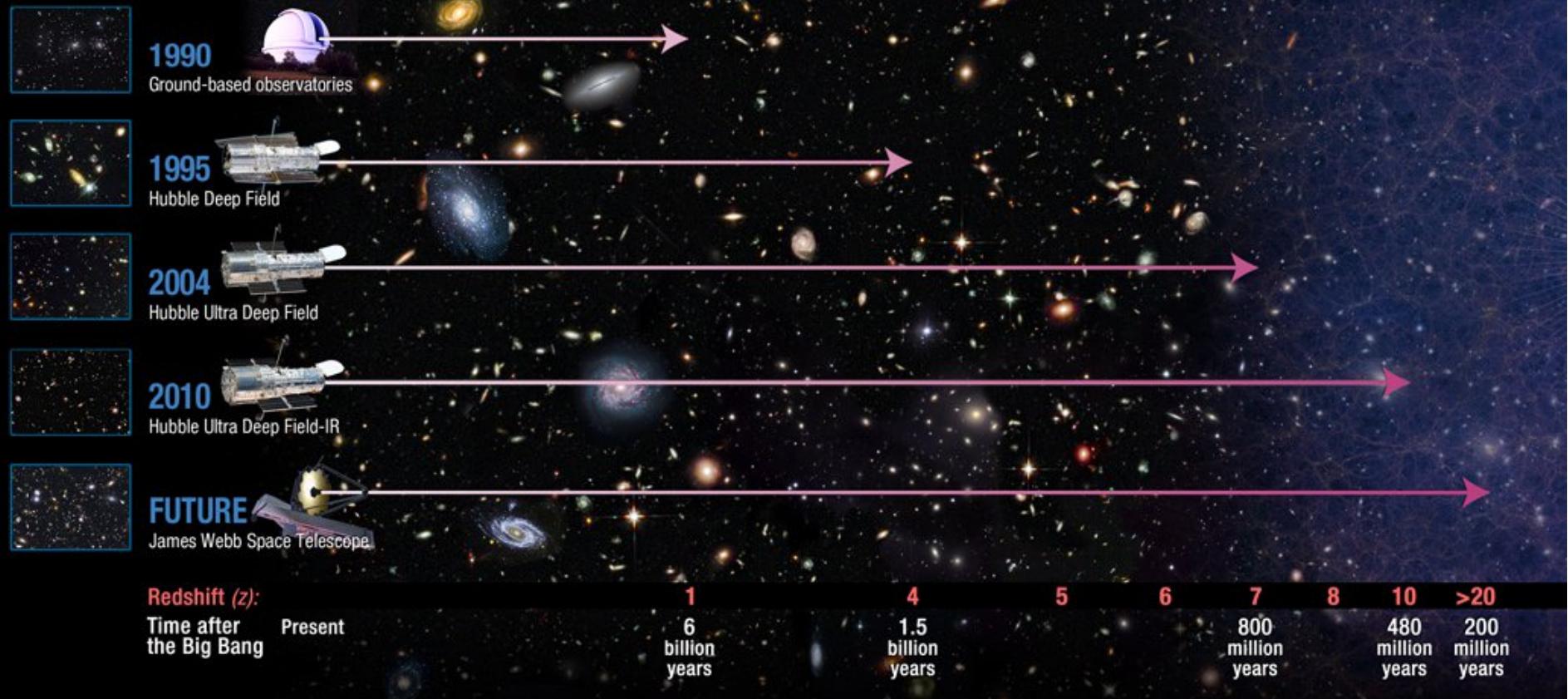
Cristina Ramos Almeida



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



Hubble Probes the Early Universe



Actualmente, el telescopio espacial Hubble puede observar luz emitida cuando el Universo tenía 480 millones de años (5% edad actual).



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



Crédito: NASA

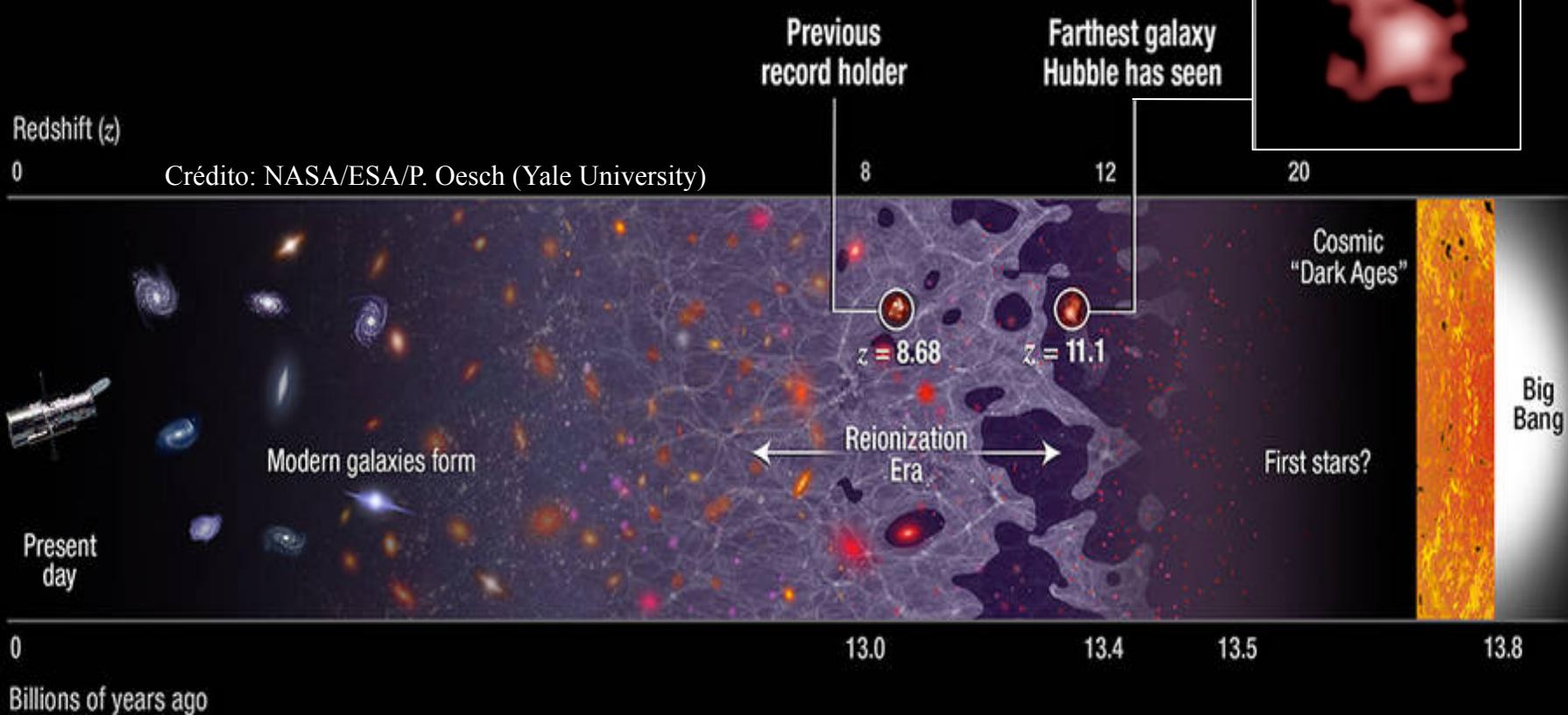
Cristina Ramos Almeida



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



El Telescopio Espacial Hubble capta la galaxia más lejana hasta la fecha



¡Esta galaxia ya existía tan sólo 480 millones de años después del Big Bang!

Crédito: NASA, ESA, P. Oesch and B. Robertson (University of California, Santa Cruz), and A. Feild (STScI)

Cristina Ramos Almeida

¿Y cómo medimos la distancia y composición?

La luz y el espectro electromagnético

λ : longitud de onda

$\lambda < 10^{-11} \text{ m}$

$10^{-8} < \lambda < 10^{-6}$

$10^{-6} < \lambda < 10^{-3}$

$10^{-1} \text{ m} < \lambda$

Rayos γ

Rayos X

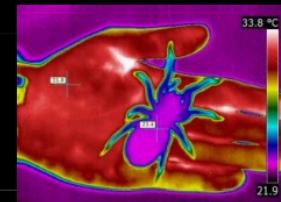
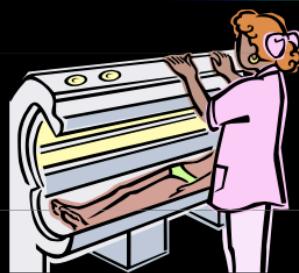
Ultravioleta

Visible

Infrarrojo

Microondas

Ondas de Radio



¿Y cómo medimos la distancia y composición?

Las diversas caras de un mismo objeto: la galaxia Centaurus A



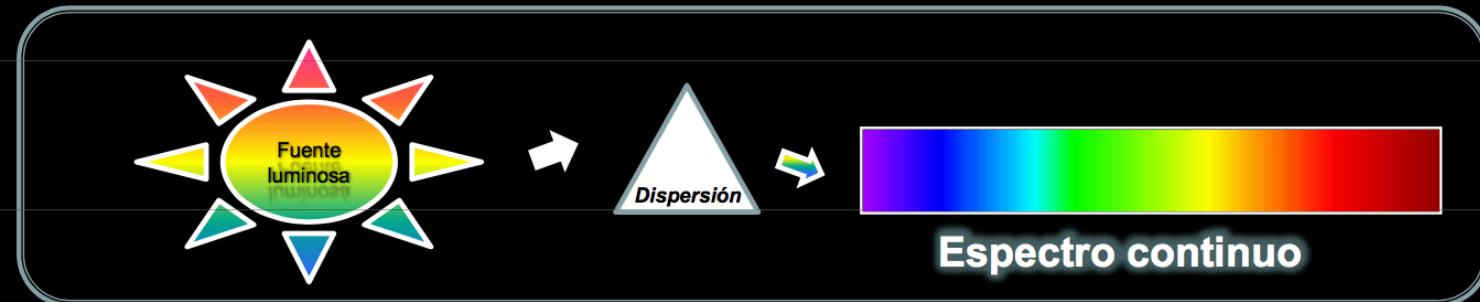


EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



¿Y cómo medimos la distancia y composición?

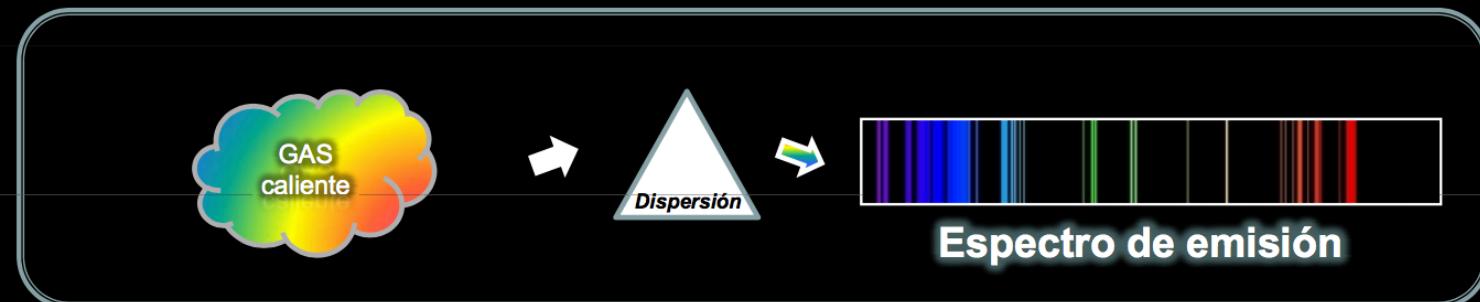
Tipos de espectros:



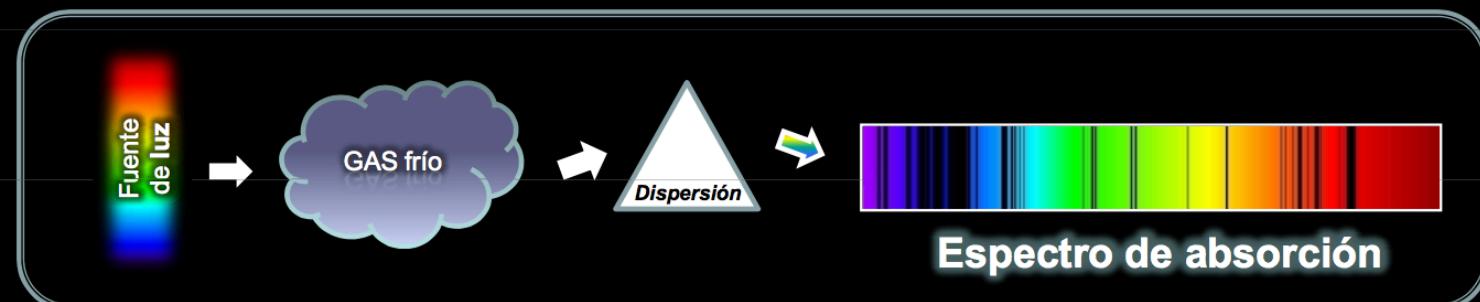
Ejemplos:



Lámpara incandescente



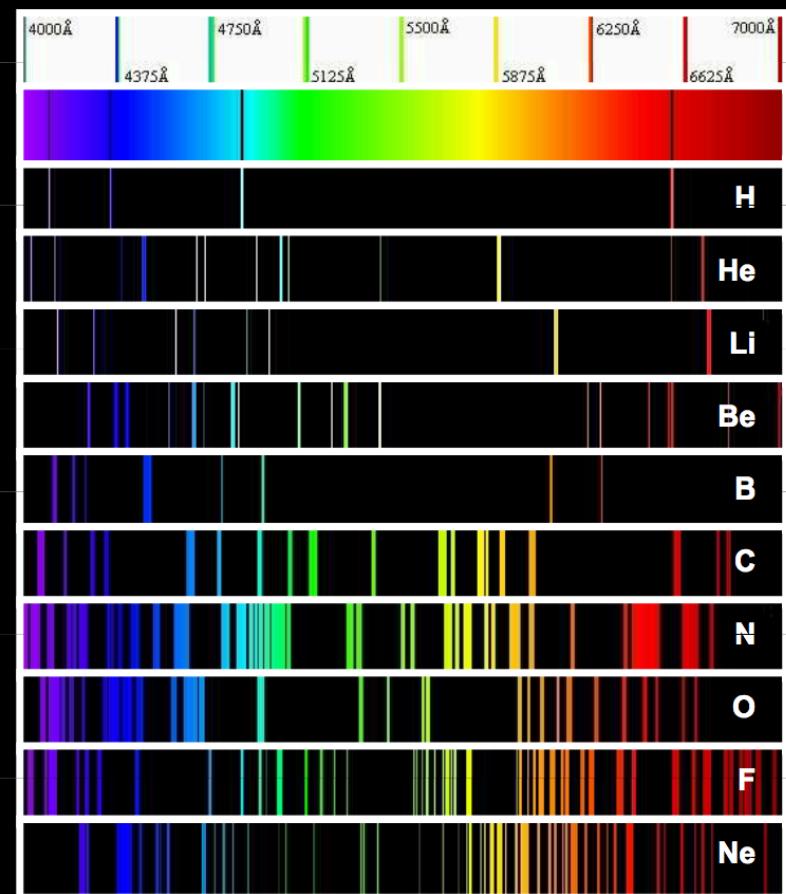
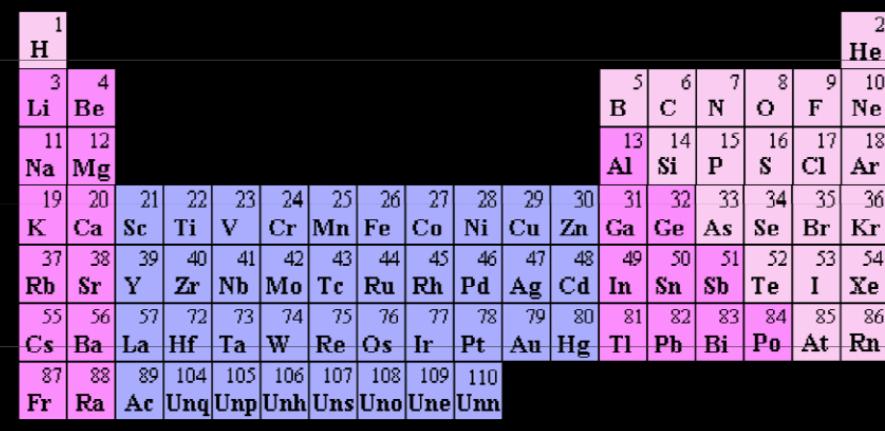
Lámpara fluorescente



Una estrella (como el Sol)

¿Y cómo medimos la distancia y composición?

Espectros de los primeros elementos de la tabla periódica.



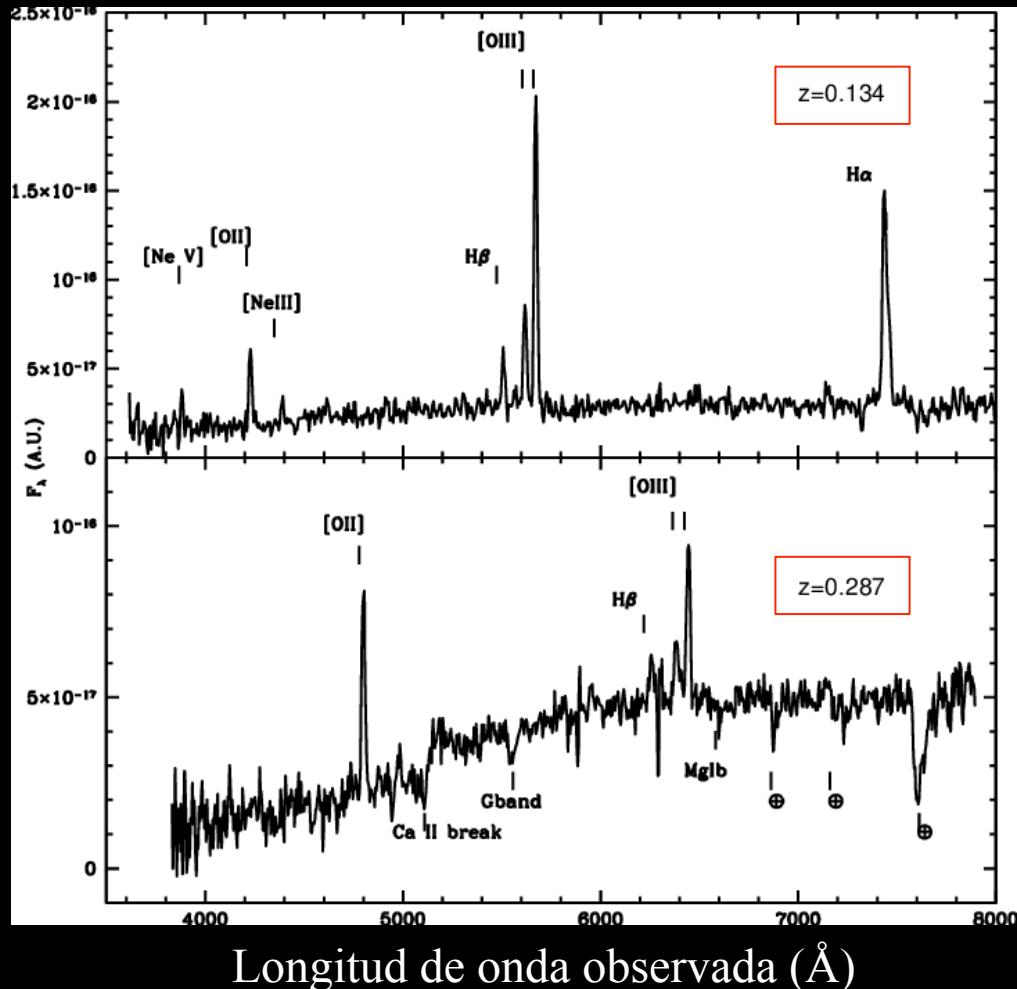
el espectro es una huella dactilar infalible.



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



El espectro de una galaxia: emisión y absorción.



Desplazamiento al rojo

$$\lambda_{\text{observado}} = \lambda_{\text{reposo}} \times (1 + z)$$

$$z = (\lambda_{\text{observado}} / \lambda_{\text{reposo}}) - 1$$

La mayor máquina del tiempo: el Gran Telescopio CANARIAS (GTC)

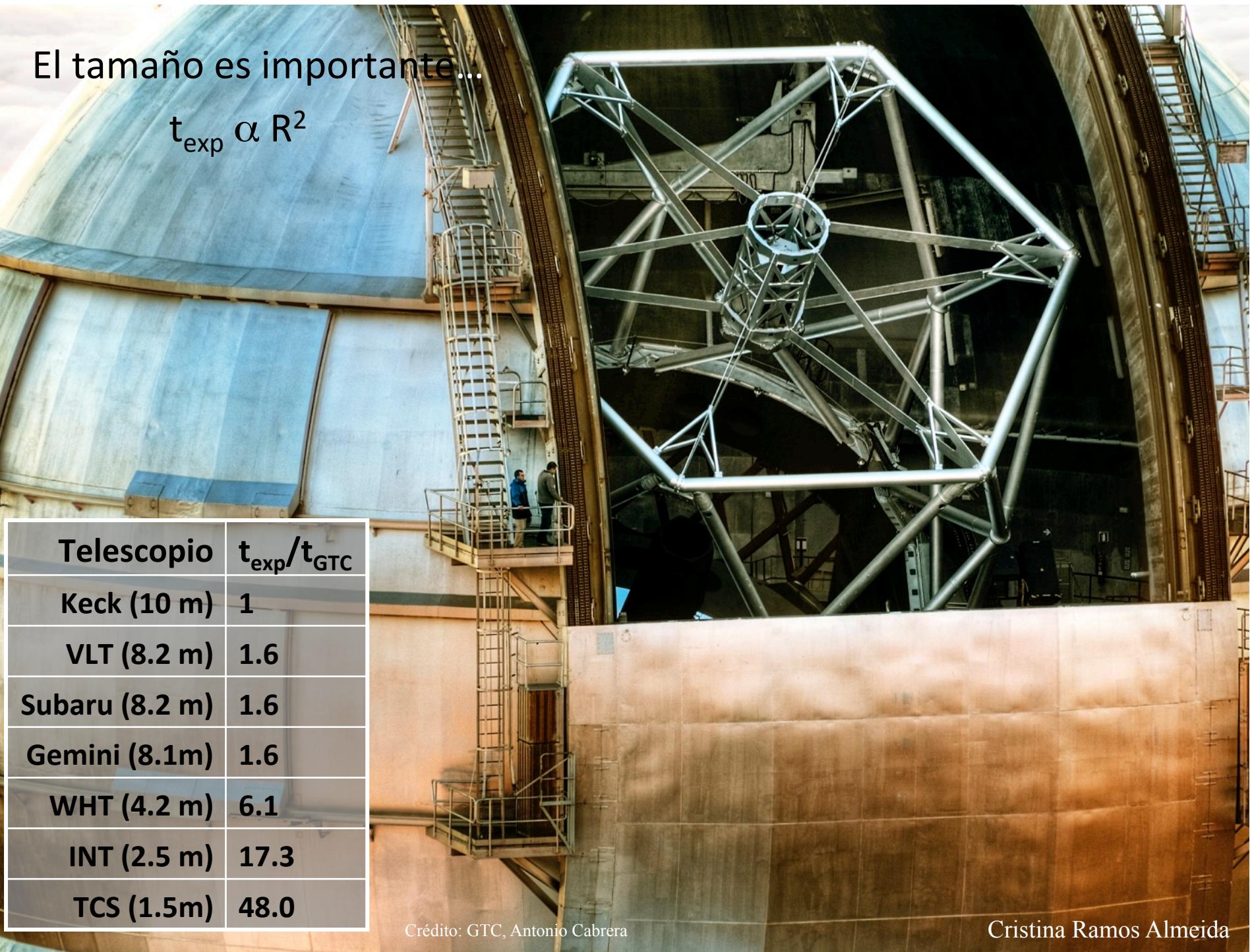


Crédito: GTC

Cristina Ramos Almeida

El tamaño es importante...

$$t_{\text{exp}} \propto R^2$$



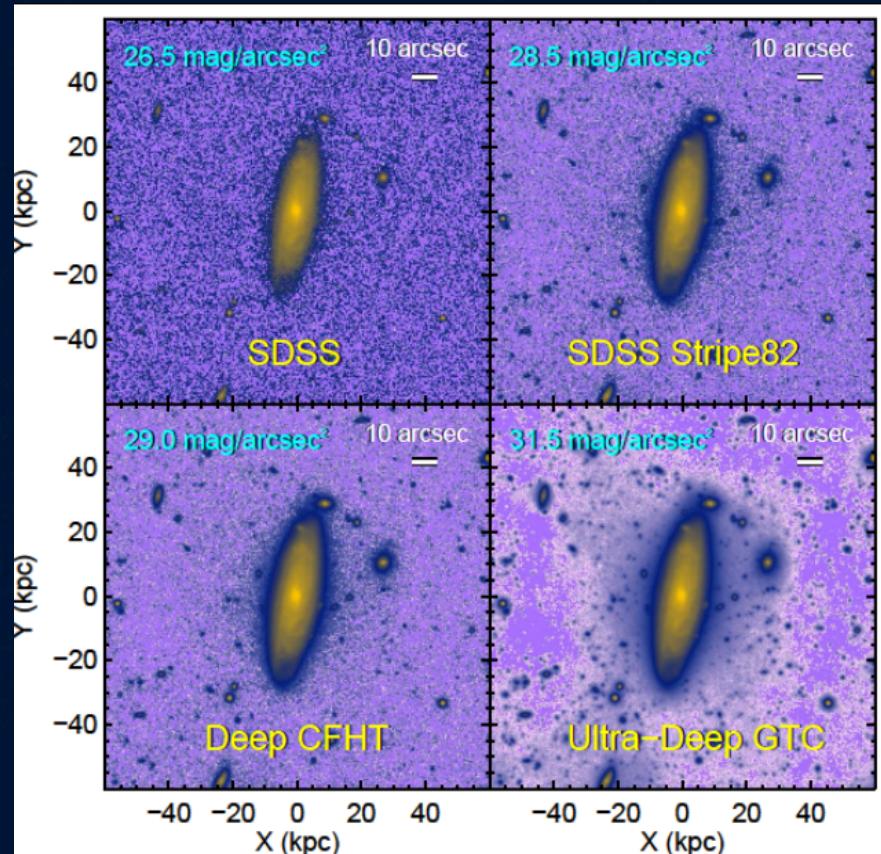
Telescopio	$t_{\text{exp}}/t_{\text{GTC}}$
Keck (10 m)	1
VLT (8.2 m)	1.6
Subaru (8.2 m)	1.6
Gemini (8.1m)	1.6
WHT (4.2 m)	6.1
INT (2.5 m)	17.3
TCS (1.5m)	48.0

Crédito: GTC, Antonio Cabrera

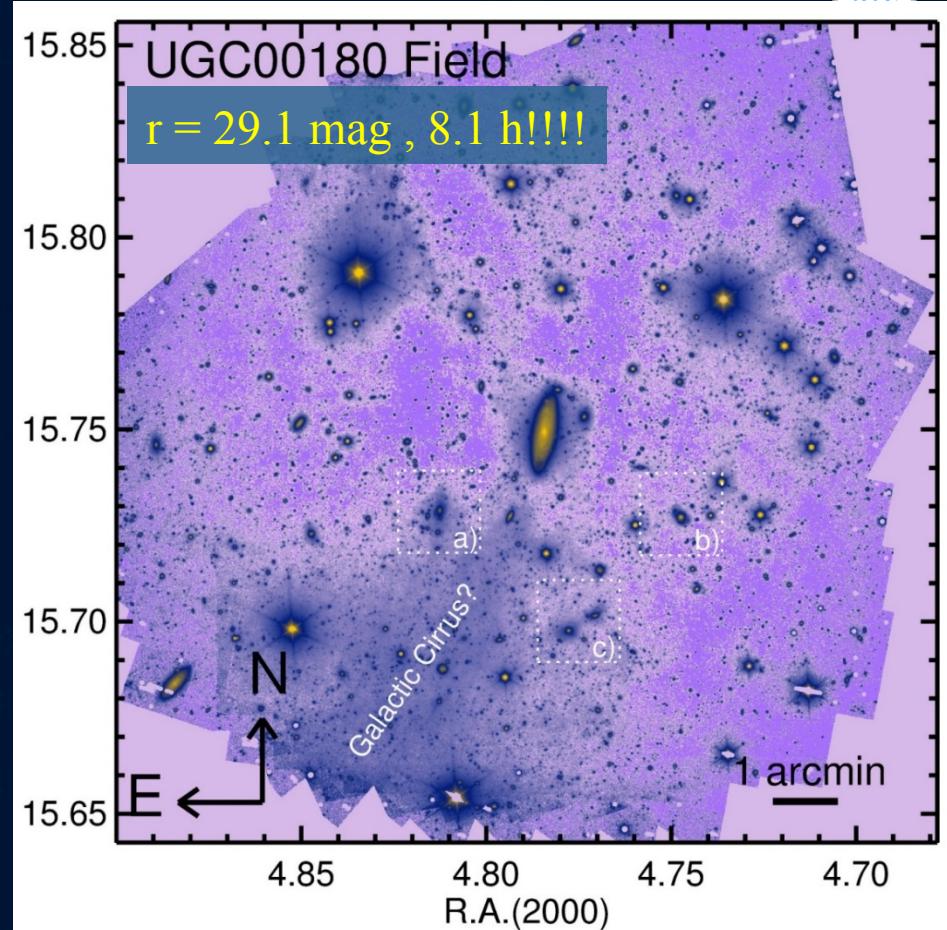
Cristina Ramos Almeida



Resultados científicos con GTC



Trujillo & Liri 2016 ApJ, 823, 123



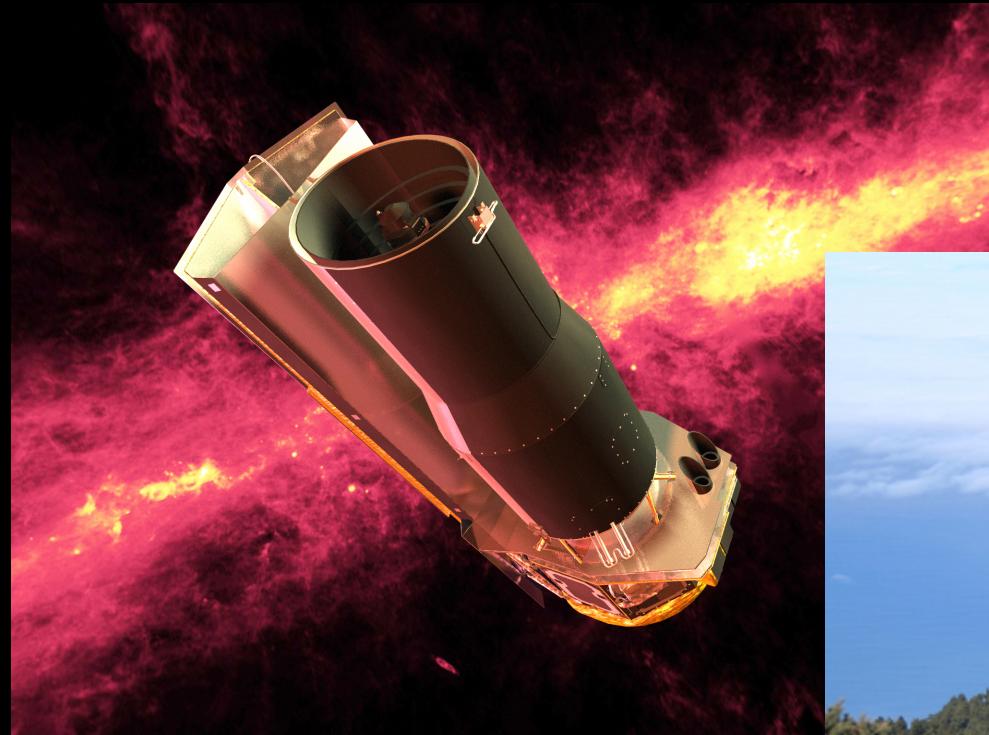
¡La imagen más profunda obtenida
nunca desde tierra!

Cristina Ramos Almeida

El tamaño es importante
Resolución angular.



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA

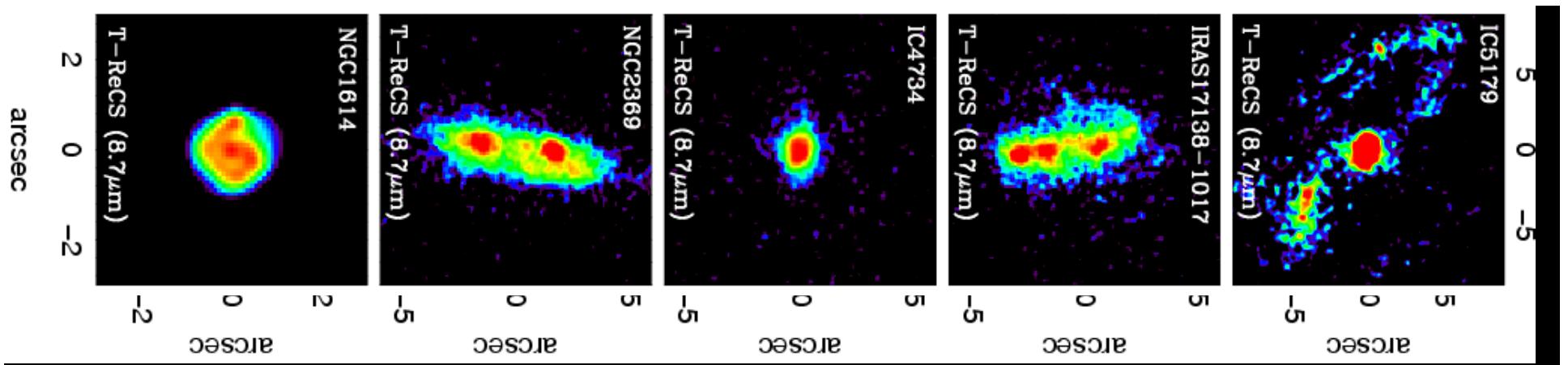


85 cm Spitzer

10.4 m GTC

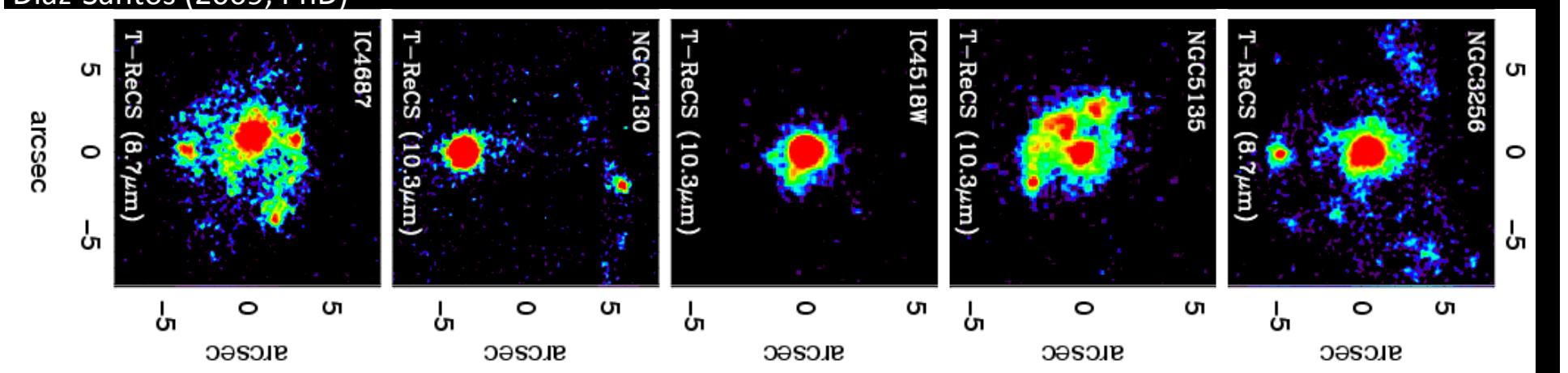


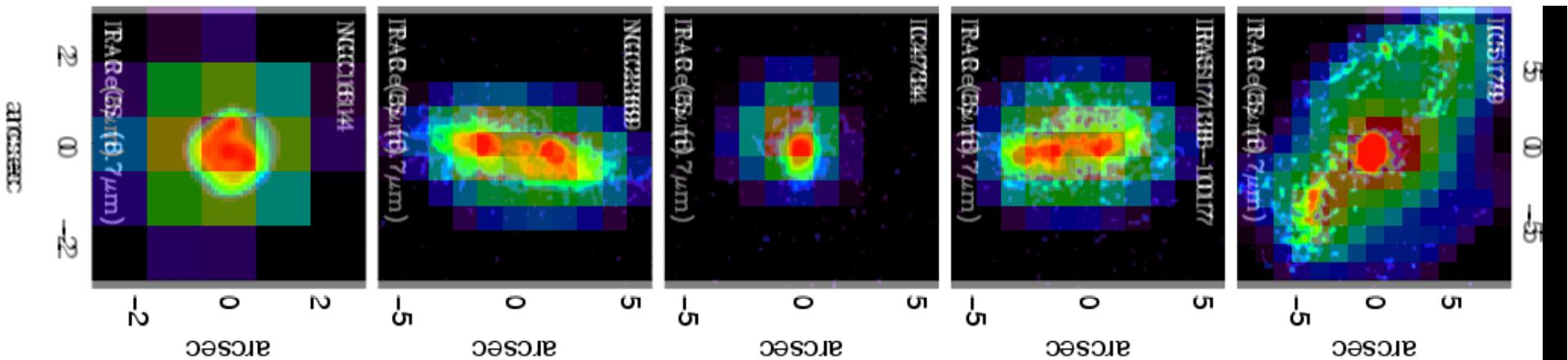
Cristina Ramos Almeida



Imágenes infrarrojas: **espacio** (Spitzer/IRAC)
frente a tierra (GTC/CanariCam).

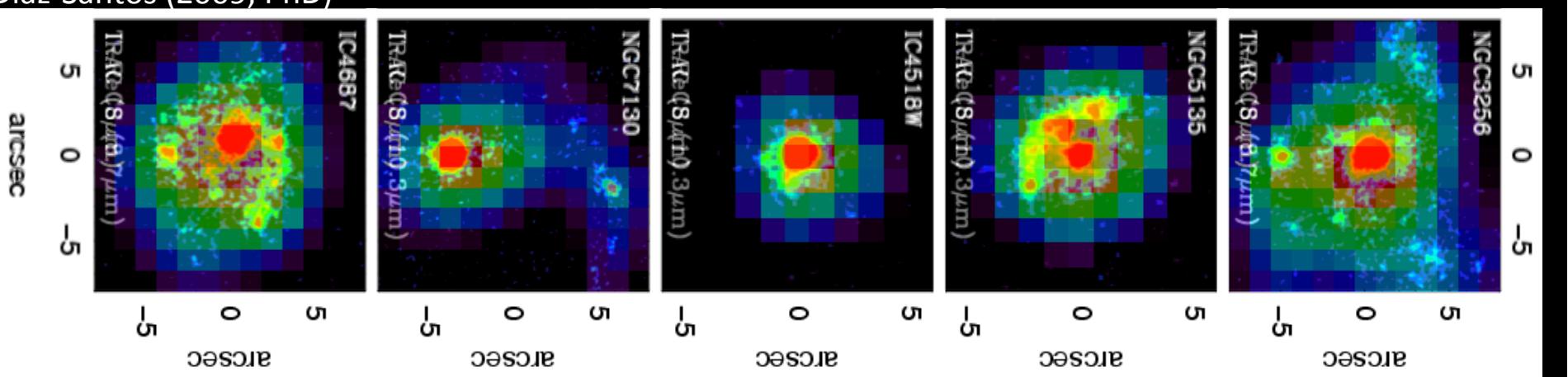
Díaz-Santos (2009, PhD)





Imágenes infrarrojas: espacio (Spitzer/IRAC) frente a tierra (GTC/CanariCam).

Díaz-Santos (2009, PhD)



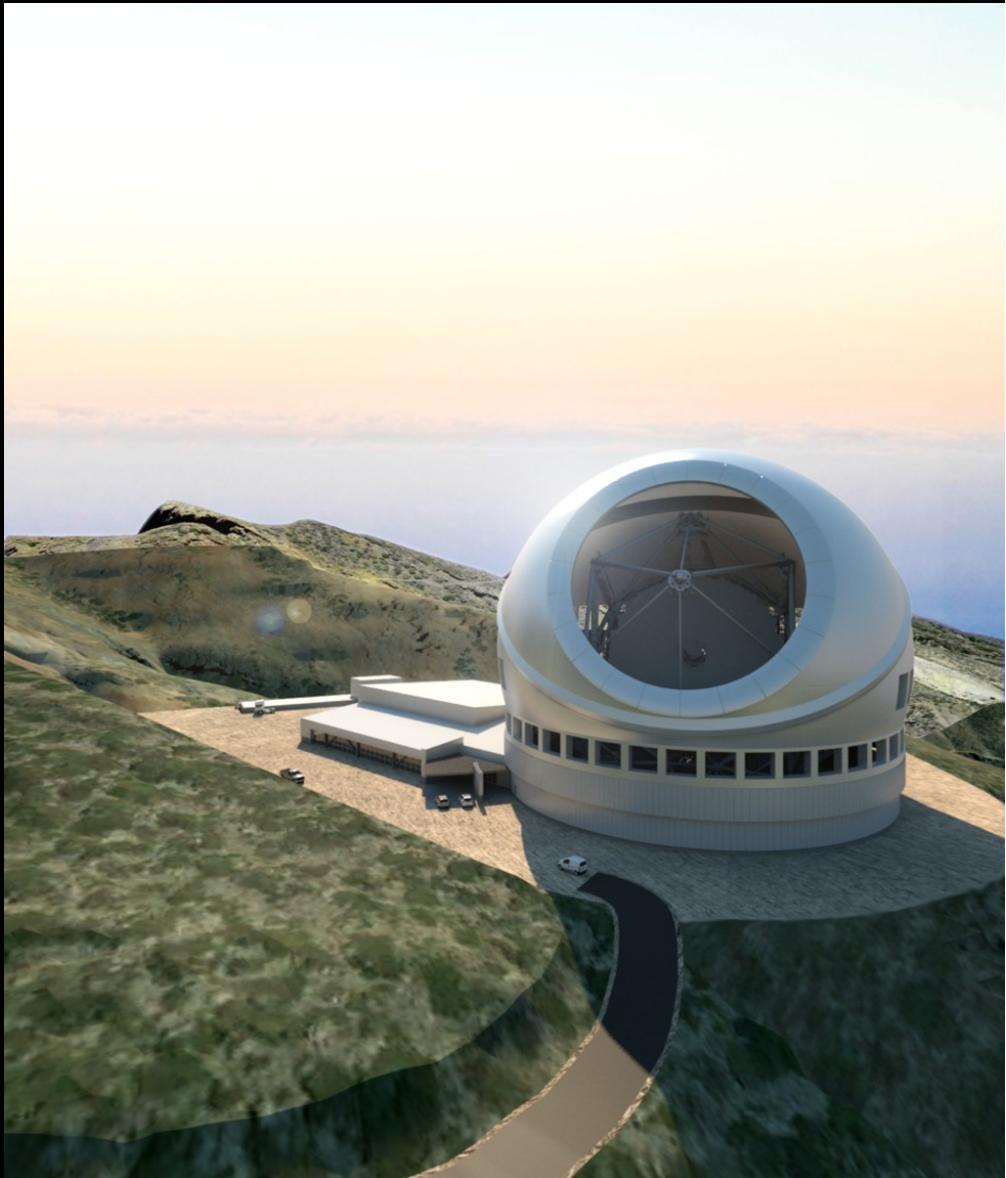
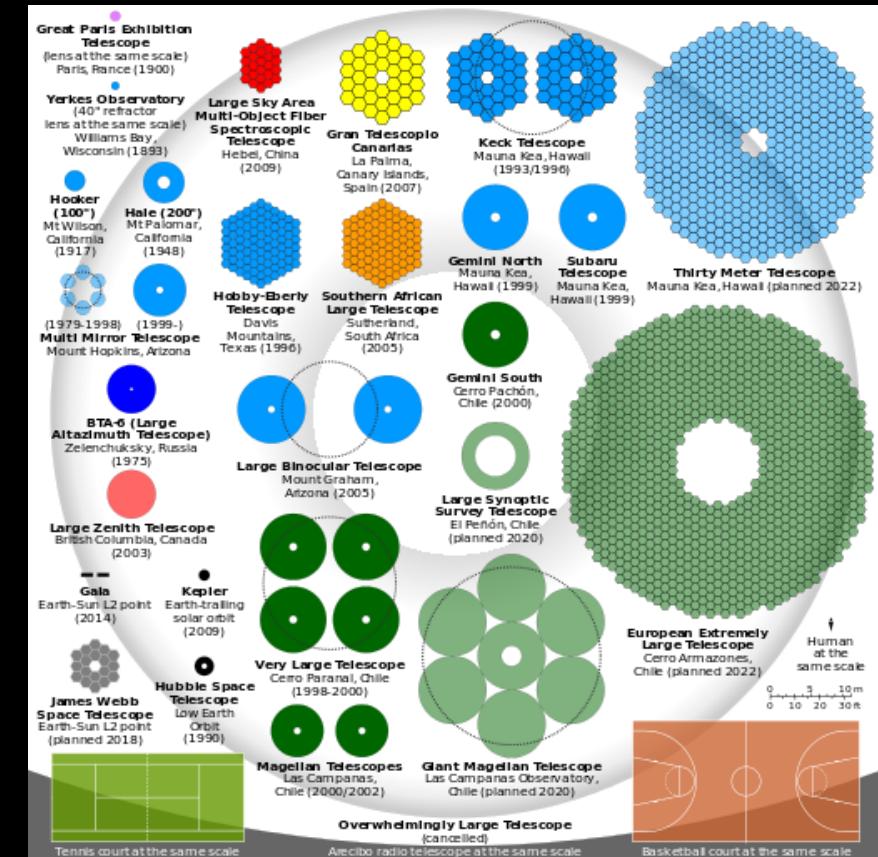
El futuro: los telescopios gigantes



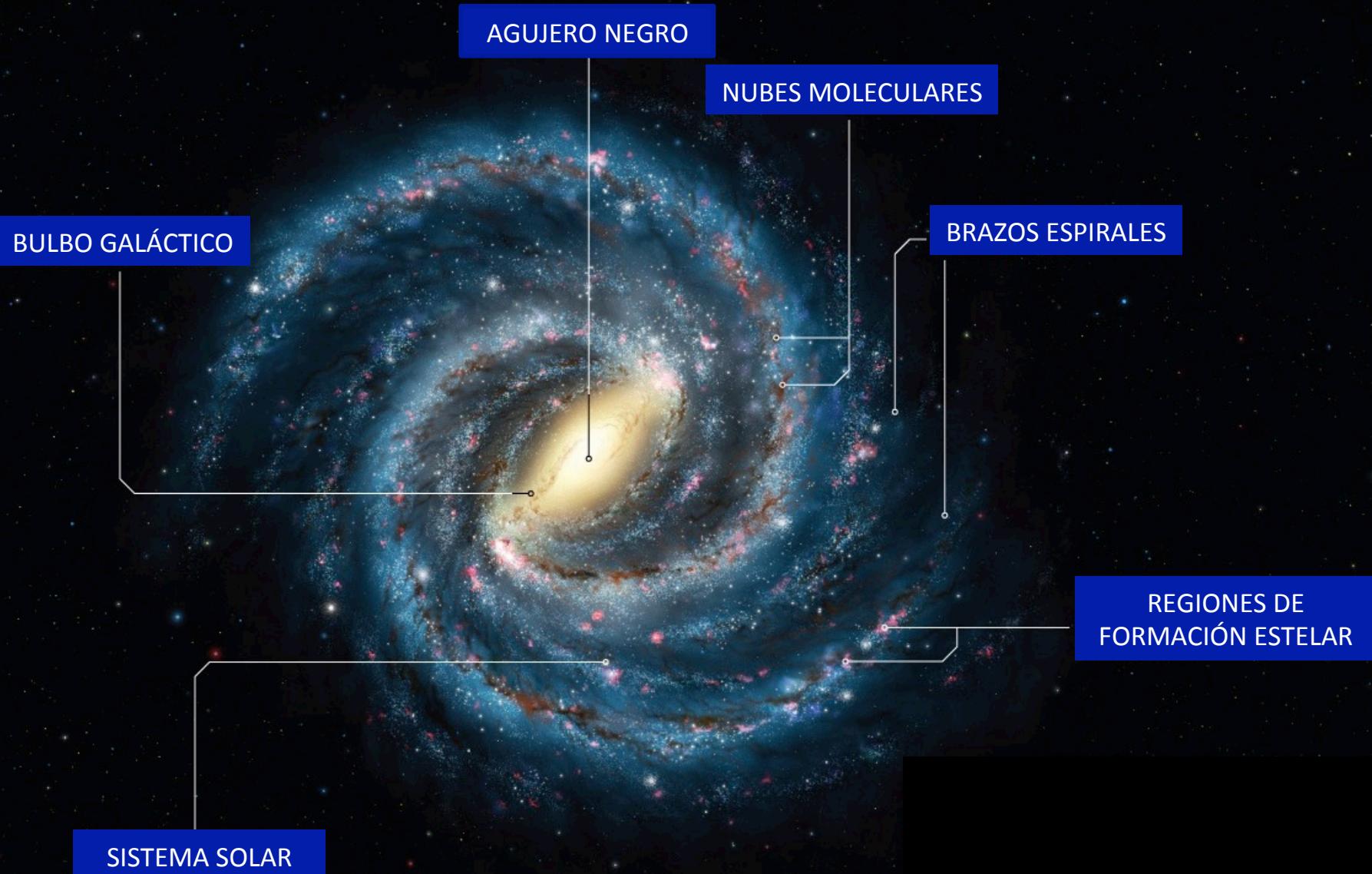
EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



Telescopio de 30 m – TMT →



La Vía Láctea - 200.000.000.000 estrellas



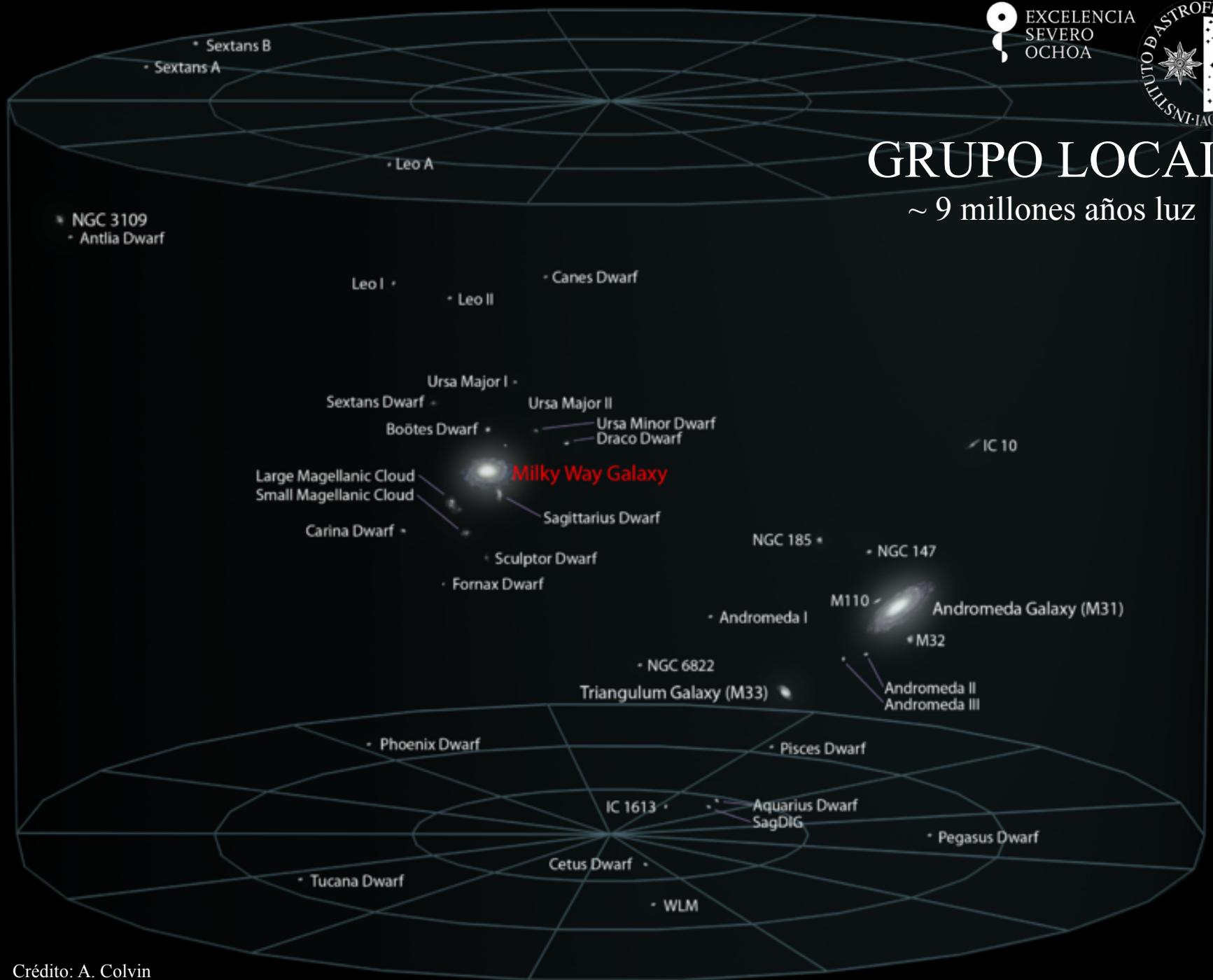


EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



GRUPO LOCAL

~ 9 millones años luz



Crédito: A. Colvin

Estructura a gran escala - redes cósmicas



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA

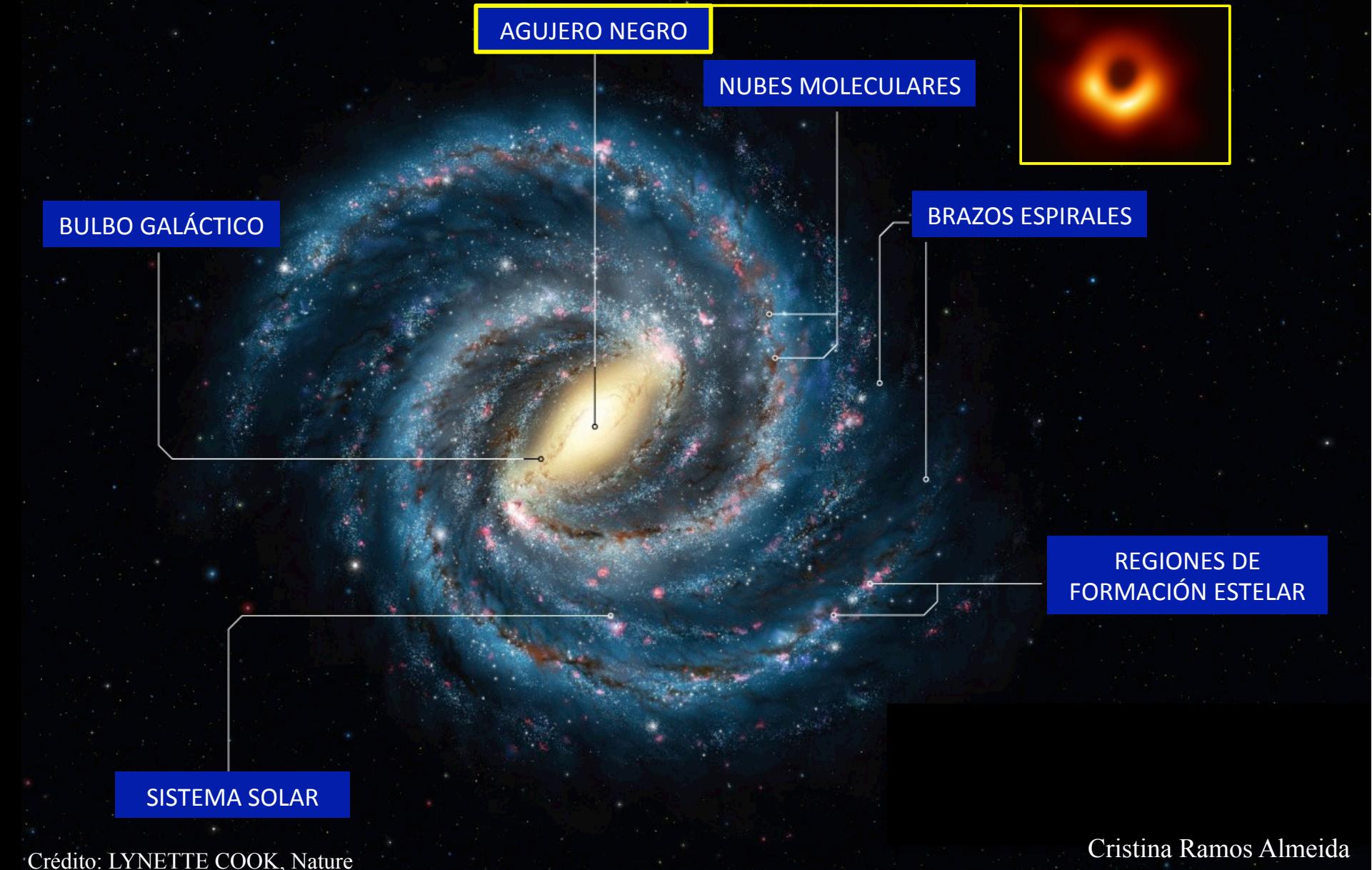




EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



Agujeros negros en el centro de las galaxias



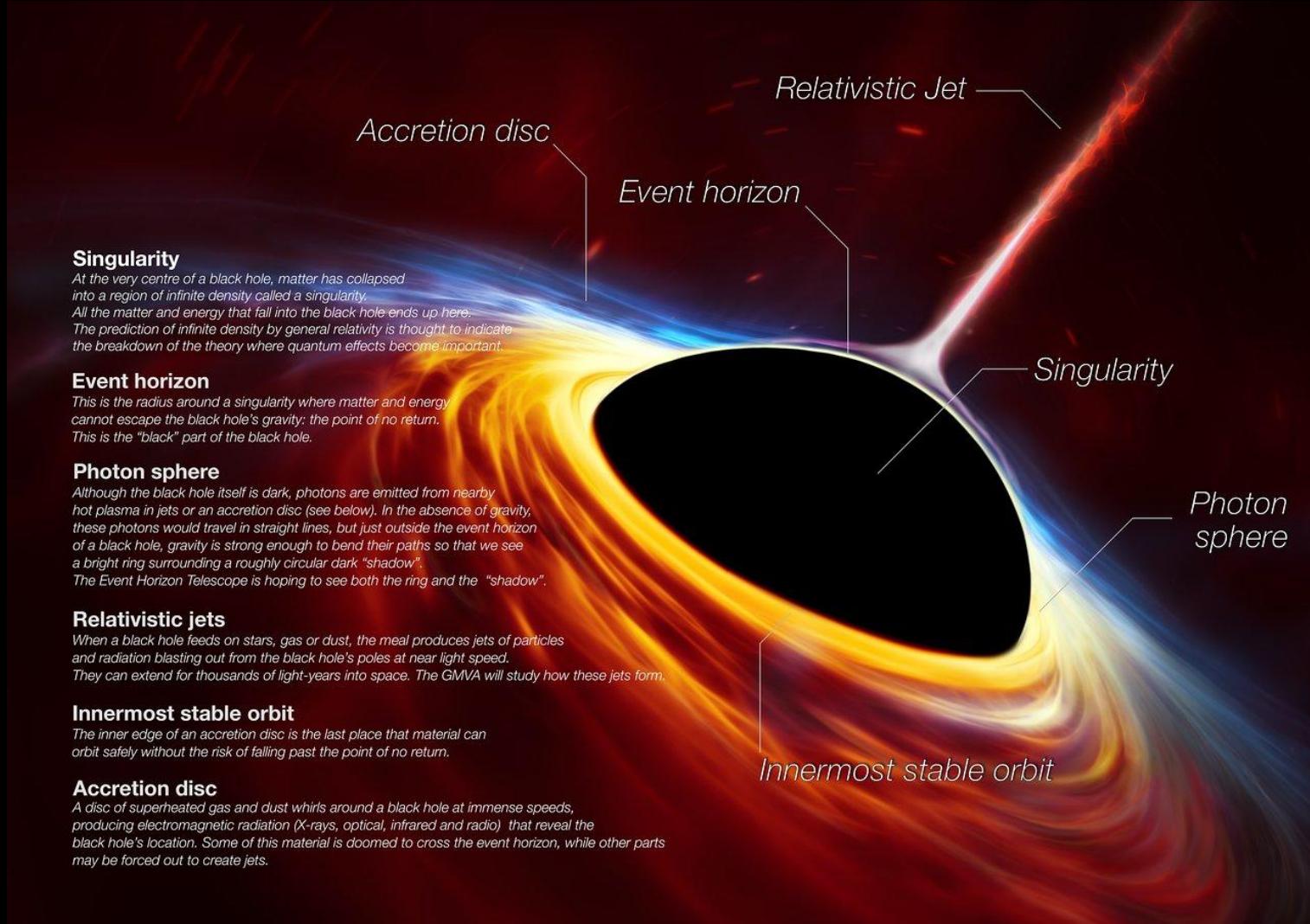
¿Qué es un agujero negro?



Región finita del espacio en cuyo interior existe una concentración de masa lo suficientemente elevada para generar un campo gravitatorio tal que ninguna partícula material, ni siquiera la luz, puede escapar de ella.



¿Qué es un agujero negro?



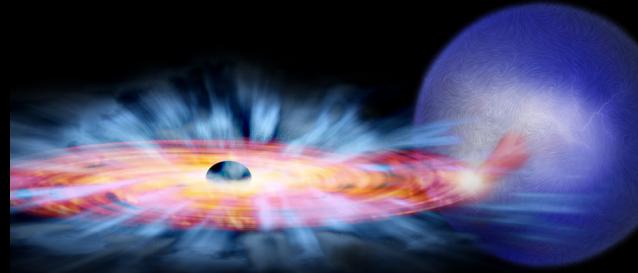
Tipos de agujeros negros en función del tamaño



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



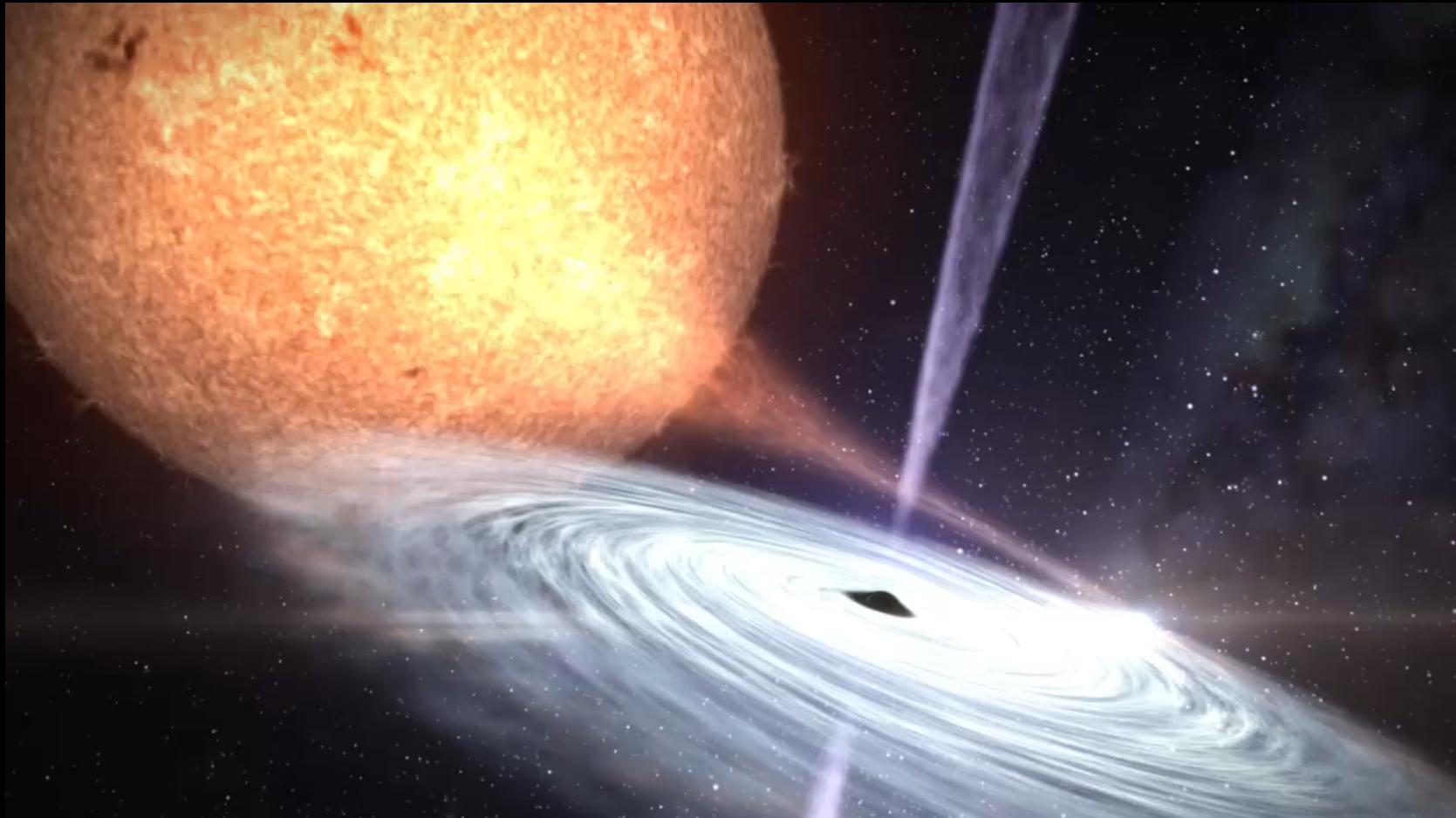
- **Agujeros negros estelares**
 - Masa hasta $10 M_{\text{sol}}$
 - Entre 10 y $100 M_{\text{sol}}$ Agujeros Negros “Hiperestelares”
- **Agujeros negros intermedios**
 - Masa entre 100 y $10.000 M_{\text{sol}}$
- **Agujeros negros gigantes**
 - Masa entre 100.000 y $10.000.000.000 M_{\text{sol}}$



Agujeros negros estelares



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



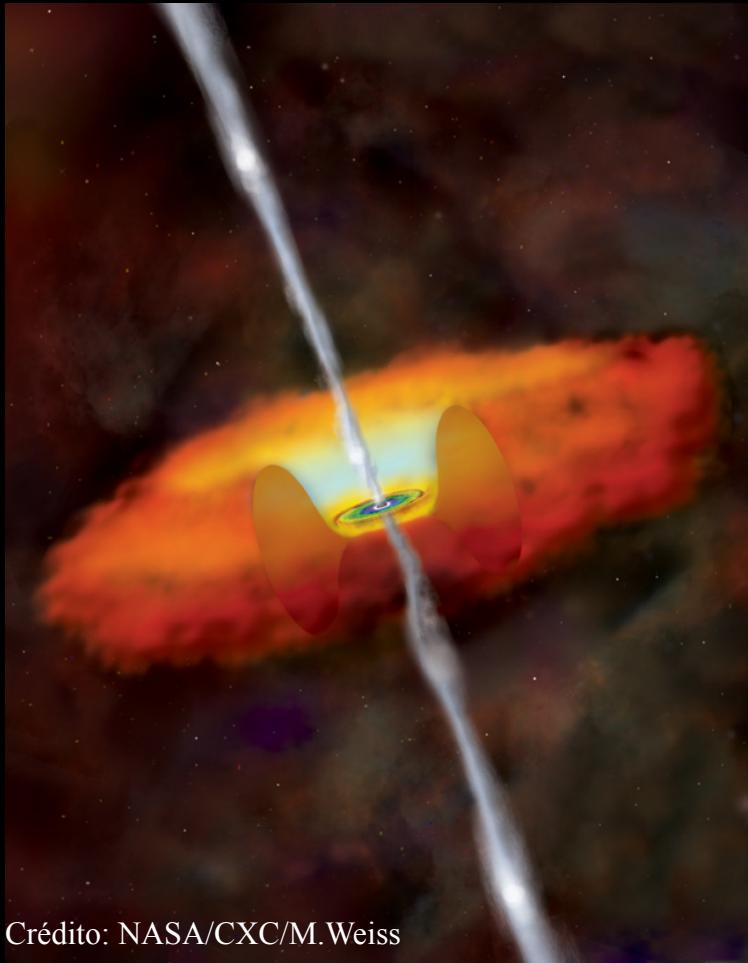
Crédito: Gabriel Pérez, IAC

Cristina Ramos Almeida

Agujeros negros supermasivos

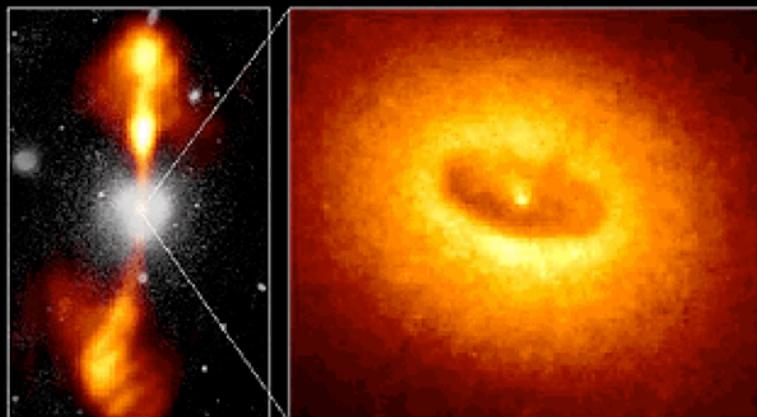


EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



Crédito: NASA/CXC/M.Weiss

- Agujeros negros gigantes, acretando materia de la propia galaxia.
- Emiten una gran cantidad de energía.



Crédito: HST/NASA/ESA

¿Cómo se “ven” los agujeros negros?



Movimientos muy rápidos de estrellas

Ondas gravitacionales

Emisión de mucha energía en zonas pequeñas

Variaciones muy rápidas en la emisión



¿Cómo se “ven” los agujeros negros?



Movimientos muy rápidos de estrellas

Ondas gravitacionales

Gravedad
muy
intensa

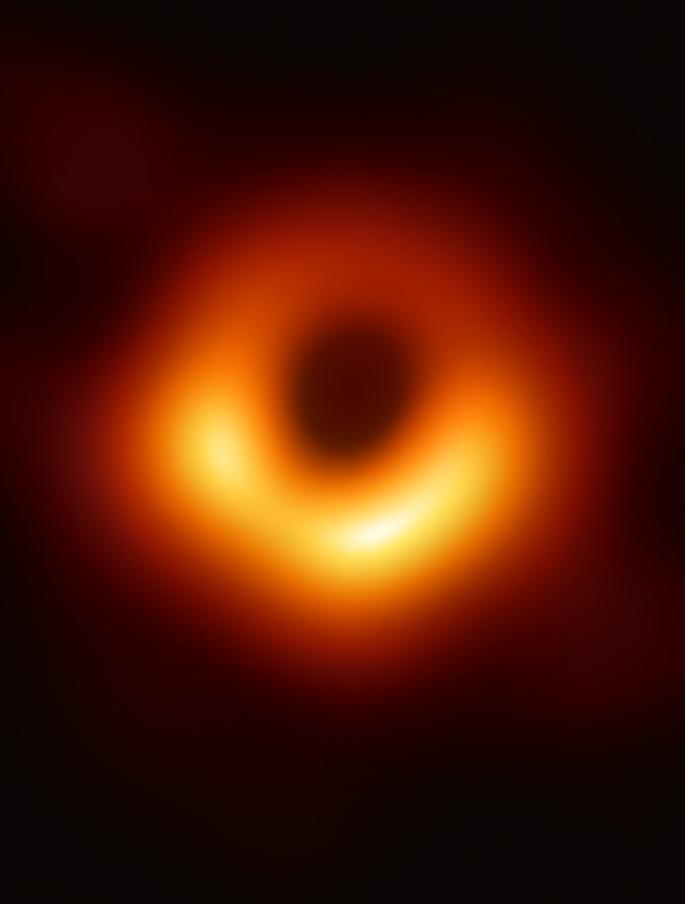
Emisión de mucha energía en zonas pequeñas

Variaciones muy rápidas en la emisión

¿Cómo se “ven” los agujeros negros?



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



Crédito: EHT

Cristina Ramos Almeida

Movimientos de estrellas alrededor del centro de la Vía Láctea

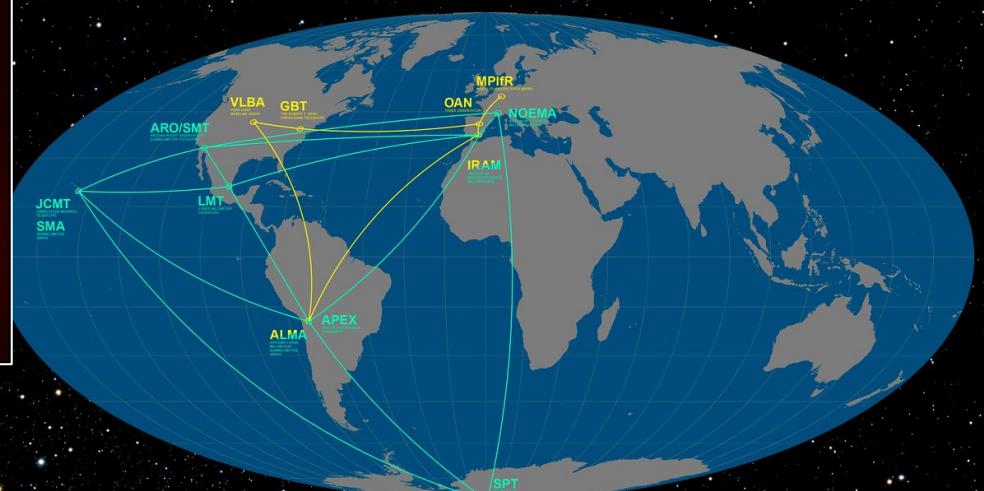
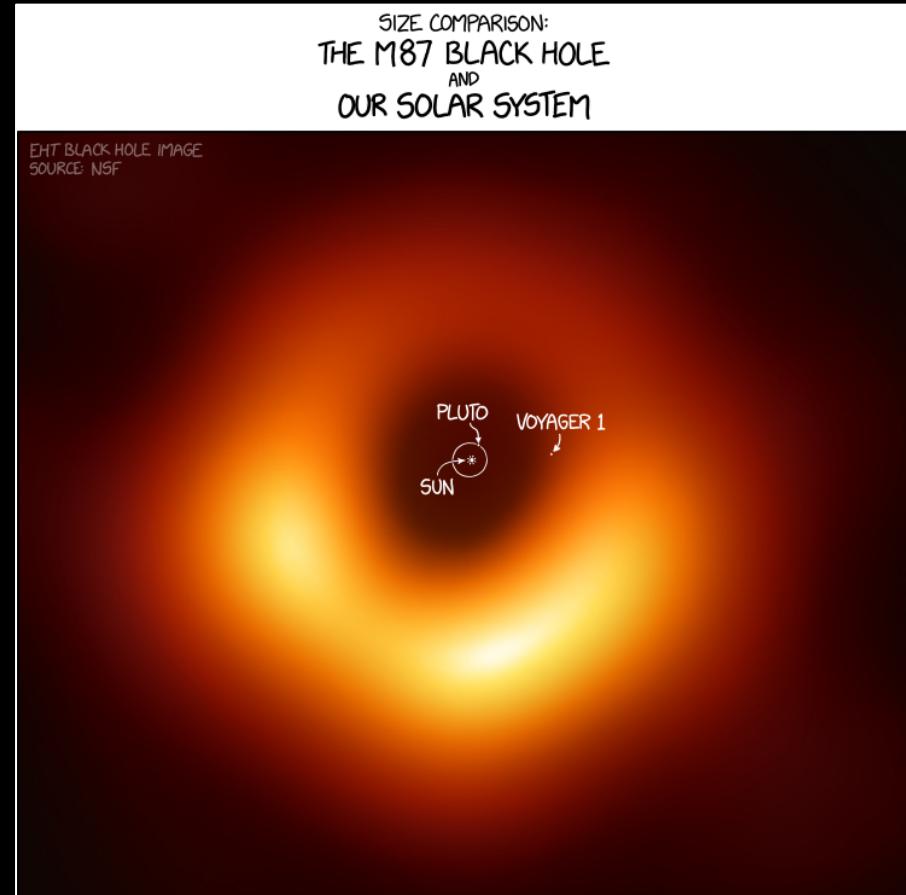


- Las estrellas y el gas en el centro de las galaxias se mueven a gran velocidad.
- Hay un agujero negro en el centro de todas las galaxias, que contiene el 0.1% de la masa total de la galaxia.

¿Cómo se “ven” los agujeros negros?



El Event Horizon Telescope (EHT) nos ha mostrado por primera vez un agujero negro en la galaxia M87 – su masa es de $10^{6.5} M_{\text{sol}} = 6.500.000.000 M_{\text{sol}}$



Crédito: EHT

Cristina Ramos Almeida



EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



¿Cómo se “ven” los agujeros negros?

Las ondas gravitacionales son ondulaciones del espacio-tiempo predichas por la teoría de la relatividad que se producen cuando tiene lugar un suceso catastrófico (choque de galaxias, explosión de supernovas, fusión de agujeros negros, etc.).

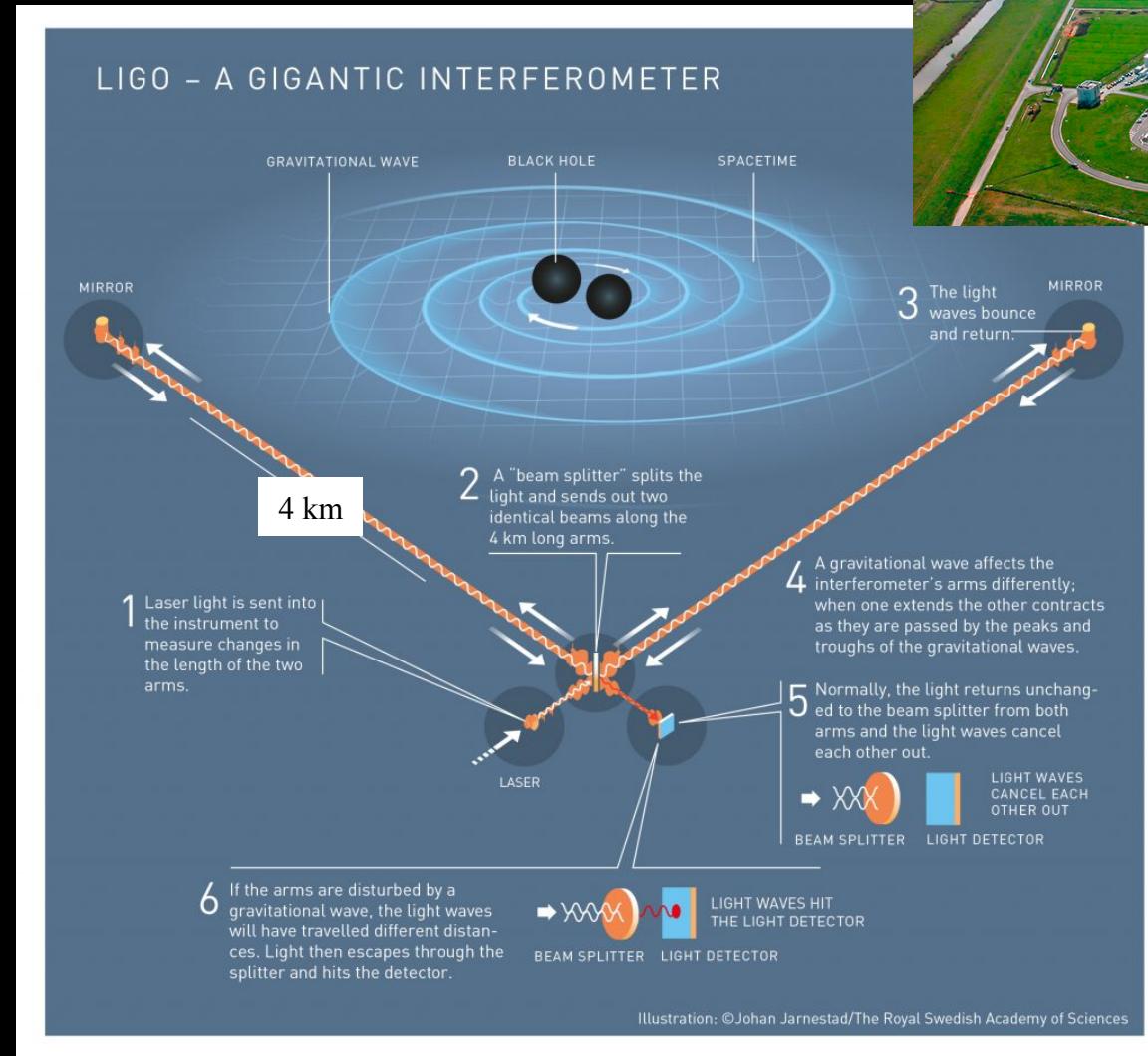
Las ondas gravitatorias originadas a millones de años luz de la Tierra distorsionan las superficies de los espejos en los interferómetros de LIGO unos 10^{-18} m (un átomo de hidrógeno tiene un tamaño 5×10^{-11} m).



Crédito: LIGO

Cristina Ramos Almeida

¿Cómo se “ven” los agujeros negros?

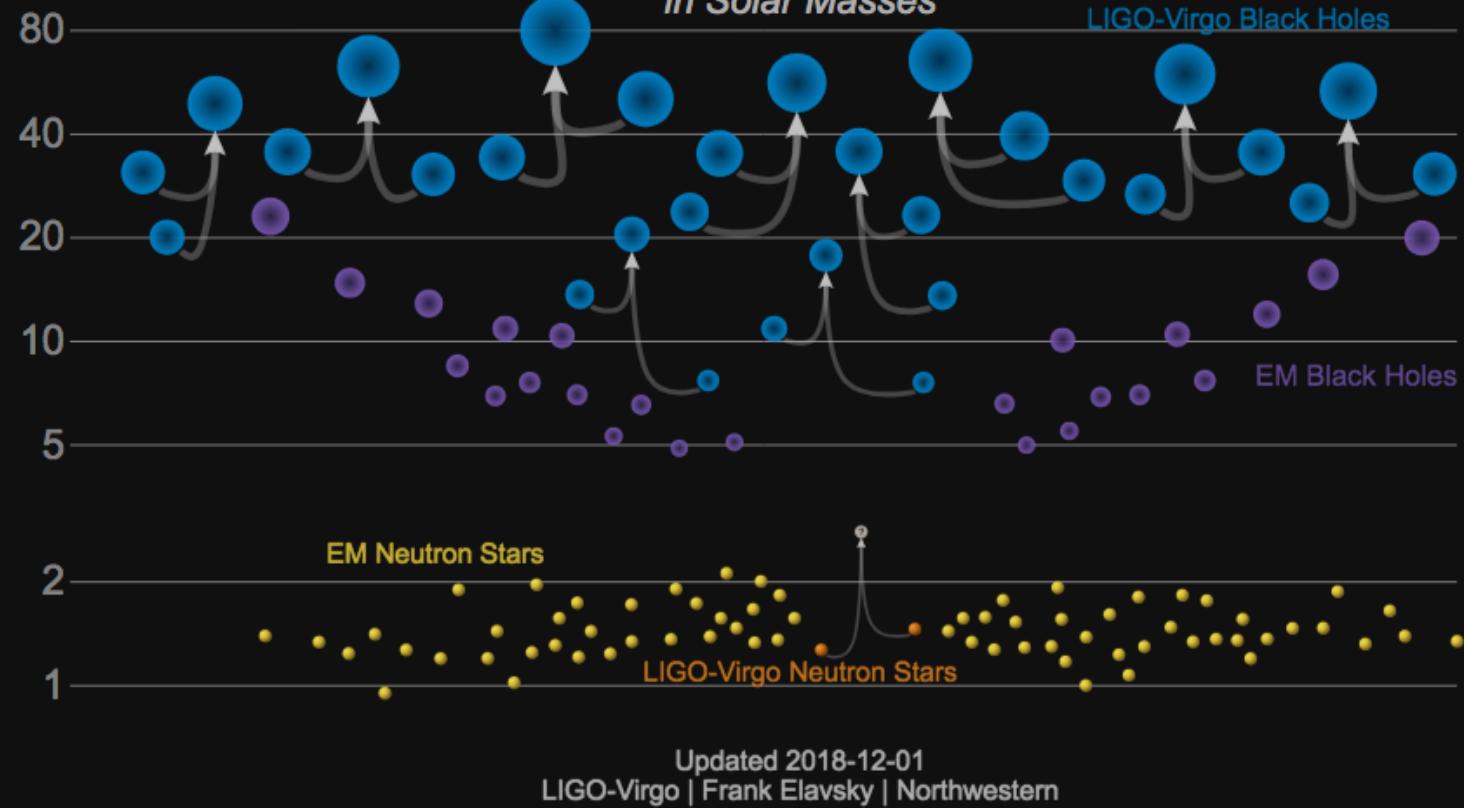


¿Cómo se “ven” los agujeros negros?



Masses in the Stellar Graveyard

in Solar Masses



Credit: Visualization: LIGO/Frank Elavsky/Northwestern | Non-LIGO Data Sources: Neutron Stars: http://xtreme.as.arizona.edu/NeutronStars/data/pulsar_masses.dat Black Holes: <https://stellarcollapse.org/sites/default/files/table.pdf> | LIGO-Virgo Data: <https://www.gw-openscience.org/events/>

Cristina Ramos Almeida

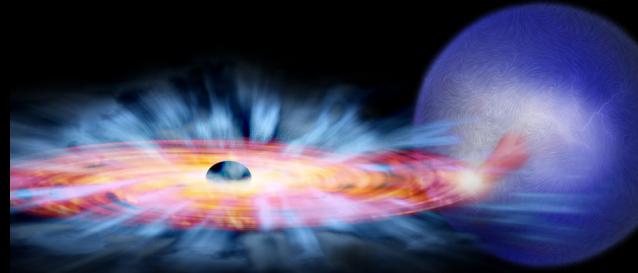
Tipos de agujeros negros en función del tamaño



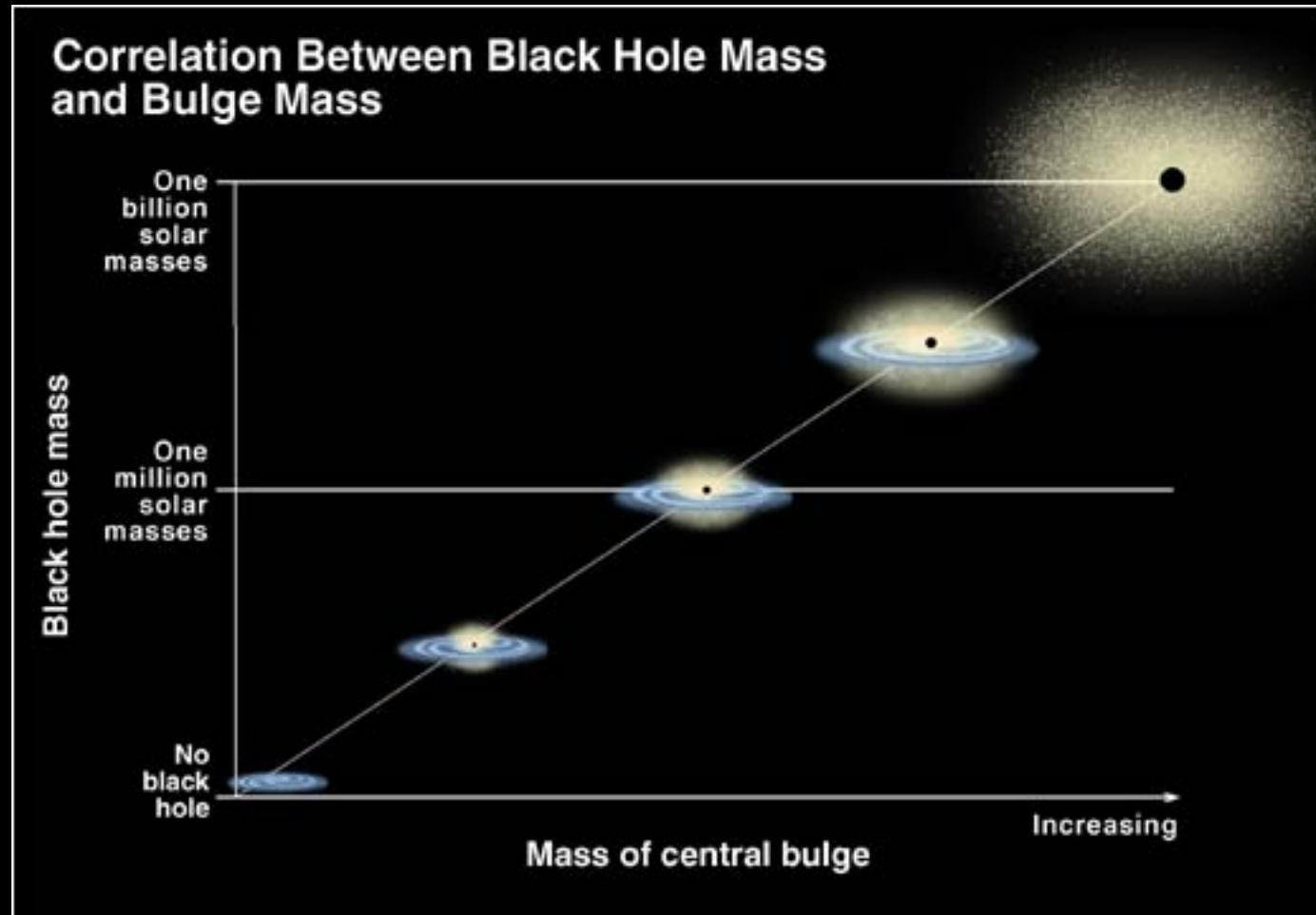
EXCELENCIA
SEVERO
OCHOA



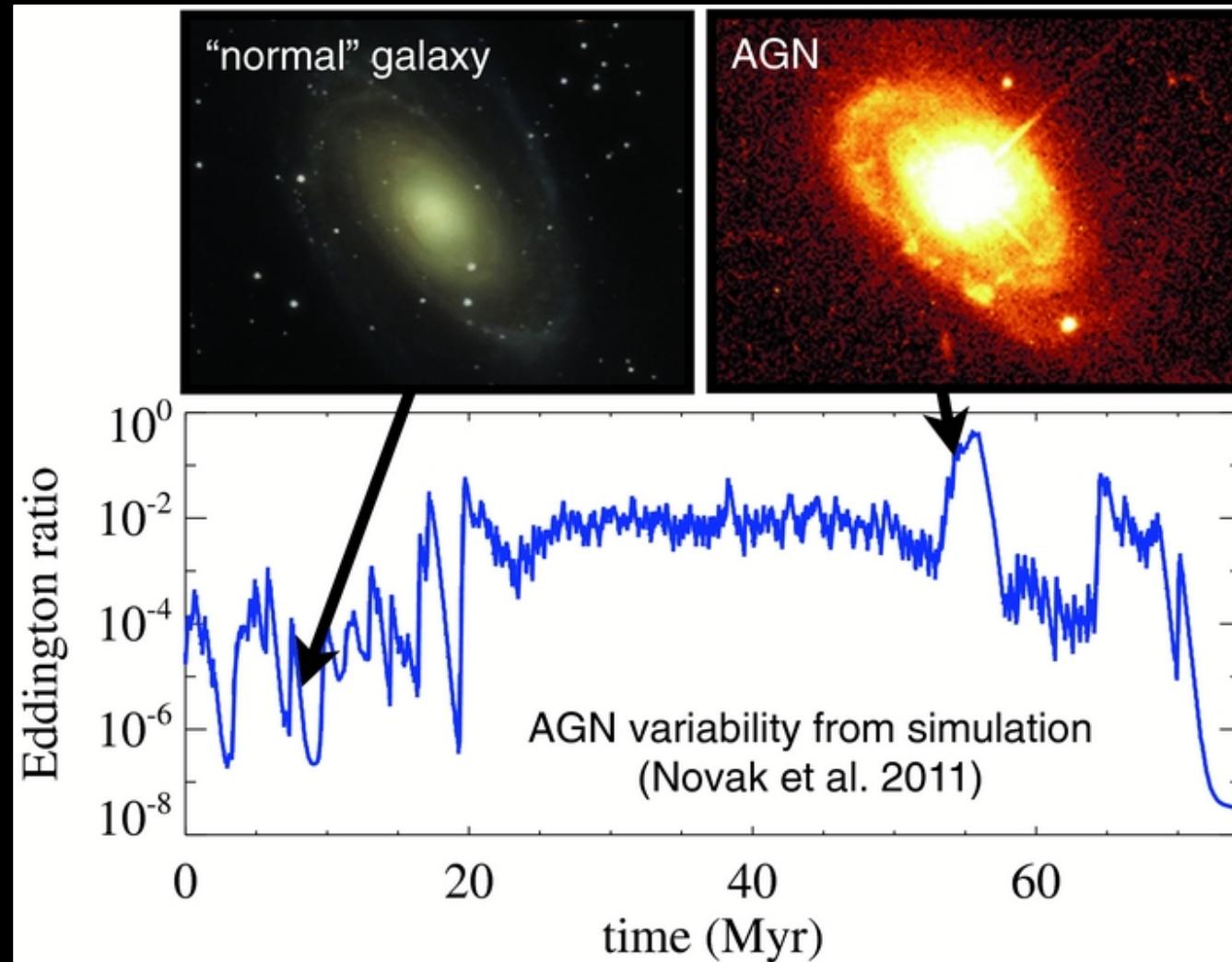
- **Agujeros negros estelares**
 - Masa hasta $10 M_{\text{sol}}$
 - Entre 10 y $100 M_{\text{sol}}$ Agujeros Negros “Hiperestelares”
- **Agujeros negros intermedios**
 - Masa entre 100 y $10.000 M_{\text{sol}}$
- **Agujeros negros gigantes**
 - Masa entre 100.000 y $10.000.000.000 M_{\text{sol}}$



Agujeros negros gigantes en galaxias gigantes.

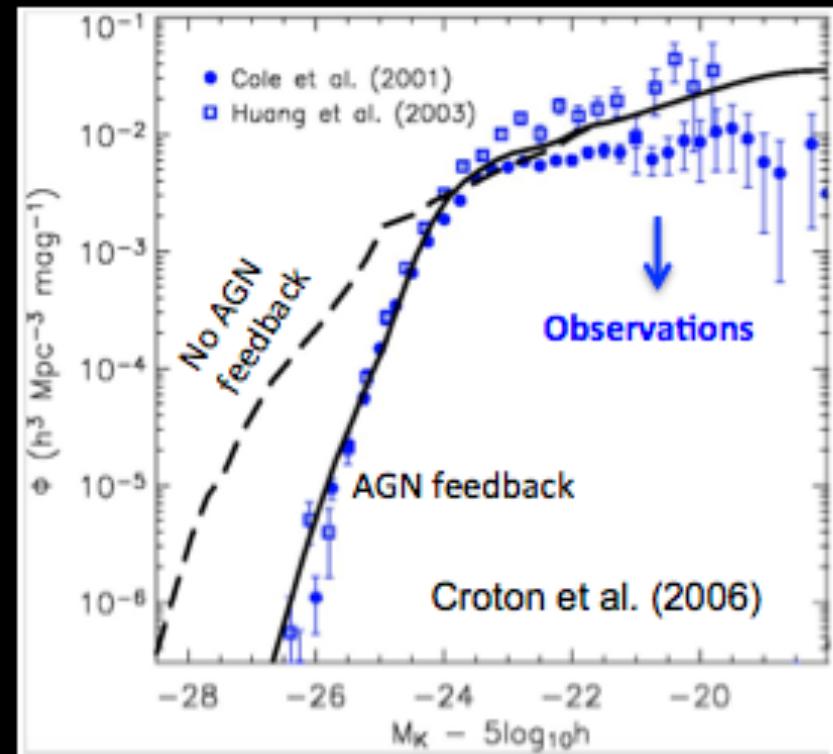
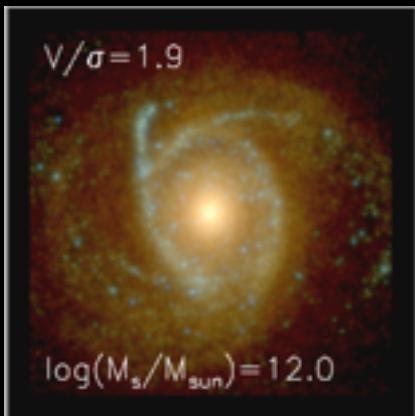


Agujeros negros gigantes en galaxias gigantes.

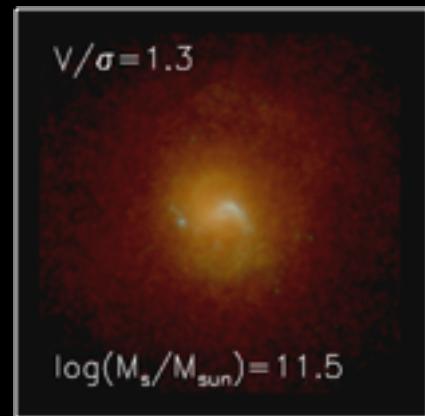


Agujeros negros gigantes en galaxias gigantes.

AGN feedback OFF



AGN feedback ON



Dubois+2016

Preguntas que nos quedan por resolver:

- ¿Existe la materia oscura? ¿Seremos capaces de detectarla?
- ¿Existen agujeros negros en el centro de todas las galaxias? ¿Son tan importantes en la evolución de las mismas?
- ¿Han sido las fusiones entre galaxias las que han determinado la evolución de las galaxias que vemos hoy en día?
- ¿Cómo eran las primeras galaxias?

