

Introducción a la Astrofísica 2025

Clase 1: Introducción al curso y a la investigación astronómica

Departamento de Física USACH



DEPARTAMENTO DE FÍSICA
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Introducción a la Astrofísica 2022

El objetivo es entregar una **pincelada completa** de lo que es la astrofísica moderna como disciplina; sin olvidar su historia y pre-historia.

Programa del curso

0. Charla de presentación sobre investigación en astrofísica
1. ¿Qué es la astrofísica, a qué se dedica y cómo se hace?
2. El zoológico astronómico: ¿Qué hay allá afuera?
3. Mensajeros del universo
4. Instrumentos para leer el cosmos.
5. Ejemplos de problemas astrofísicos.

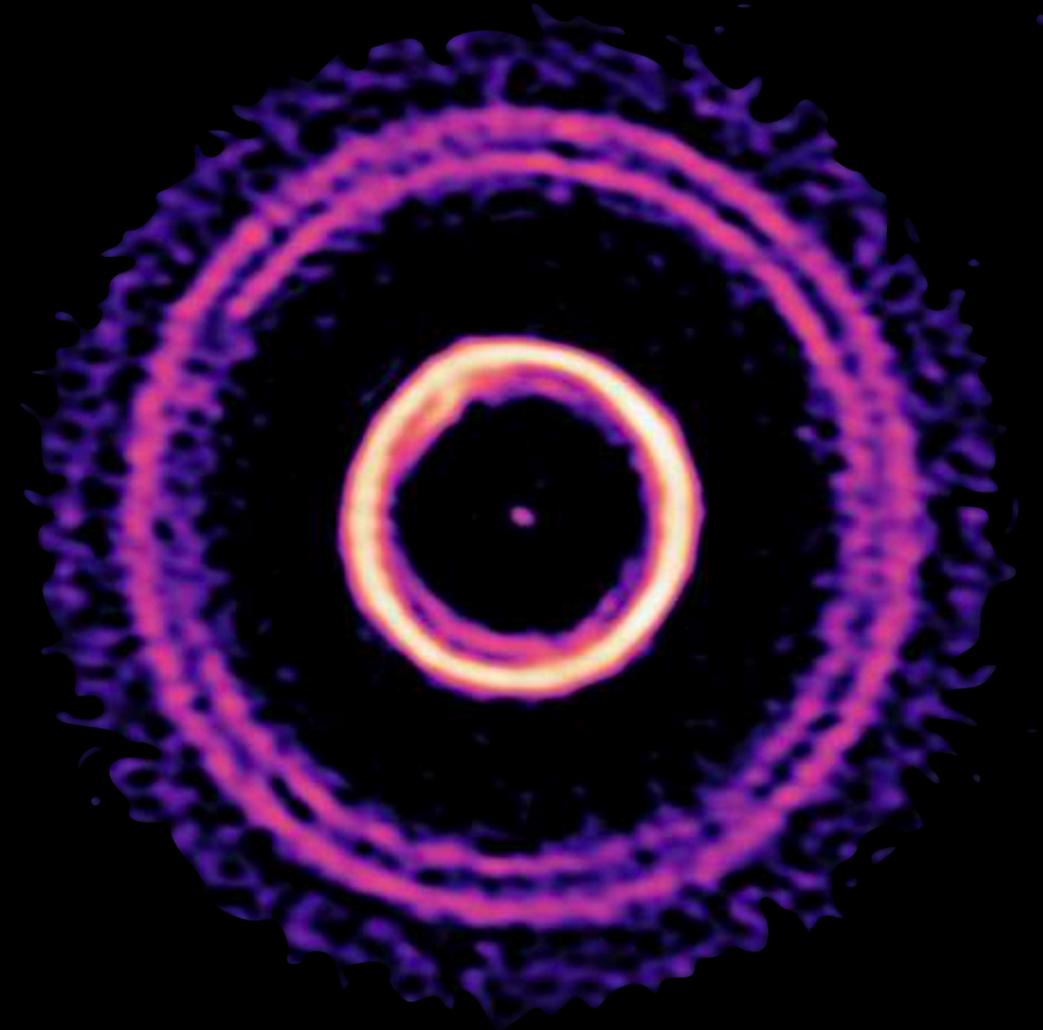
Bibliografía (tentativa)

James Binney & Michael Merrifield, Galactic Astronomy
B. W. Carroll & D. A. Ostlie, An introduction to modern astrophysics
Frank H. Shu, The physical universe. An introduction to Astronomy

Reescribiendo la historia de **cómo se forman los planetas**

¿Qué hemos aprendido en los últimos 10 años?

¿Cuáles son los avances impulsados por astrónomos/os en Chile?



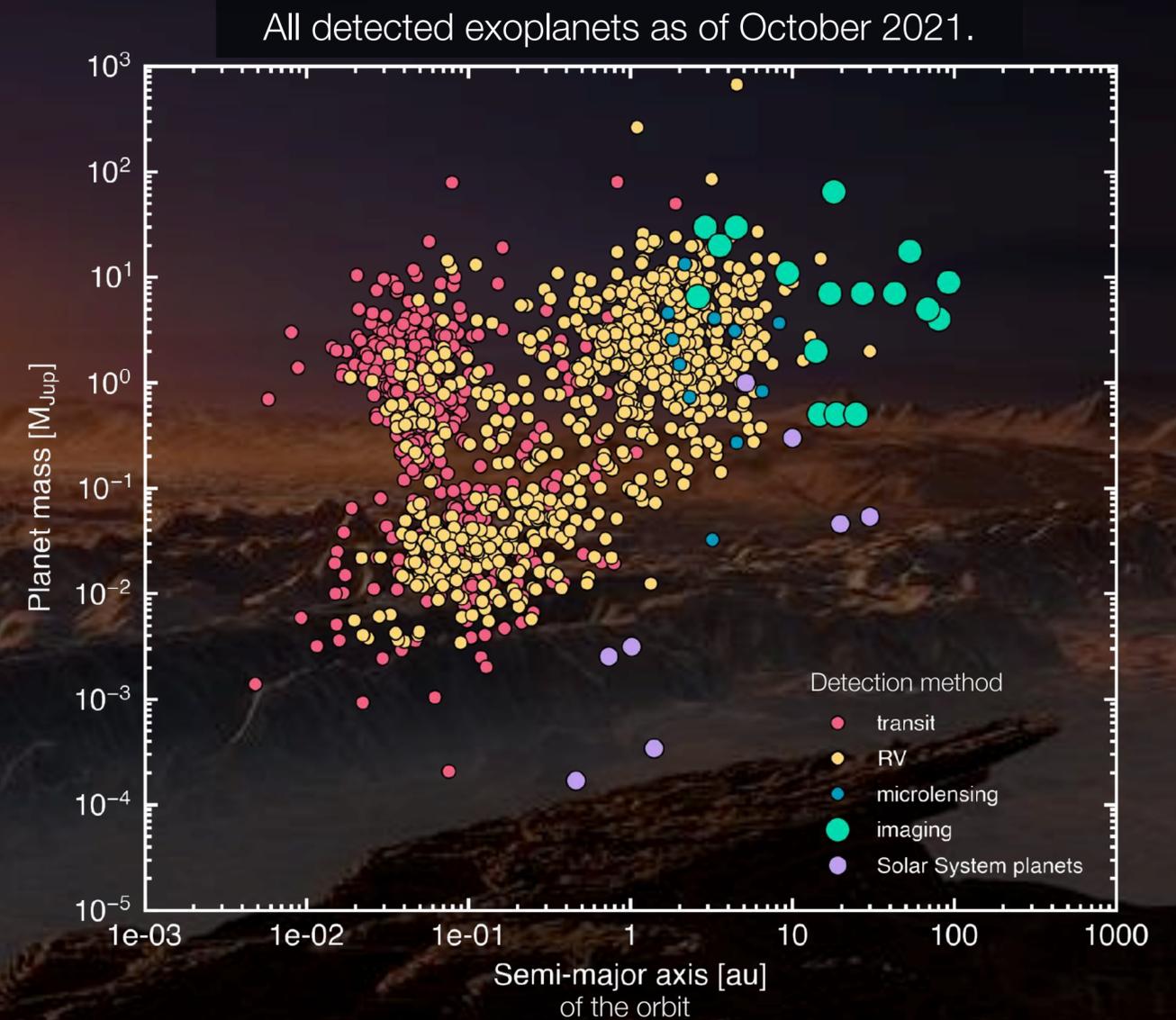
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

CIRAS
● ● ● ● ● ● ● ●

CENTER FOR
INTERDISCIPLINARY
RESEARCH IN ASTROPHYSICS
AND SPACE SCIENCES

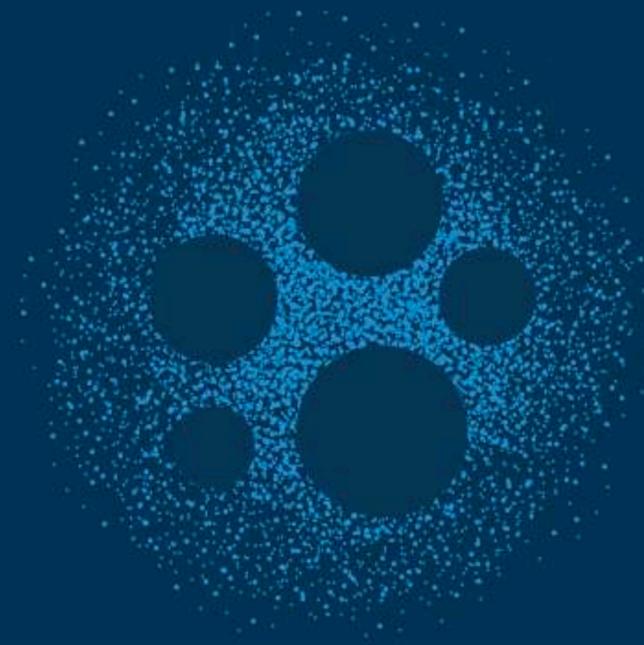
Si bien se han descubierto miles de exoplaneta (planetas fuera del Sistema Solar), **aún no podemos explicar sus orígenes.**

Podemos ser testigos de la formación de un planeta?

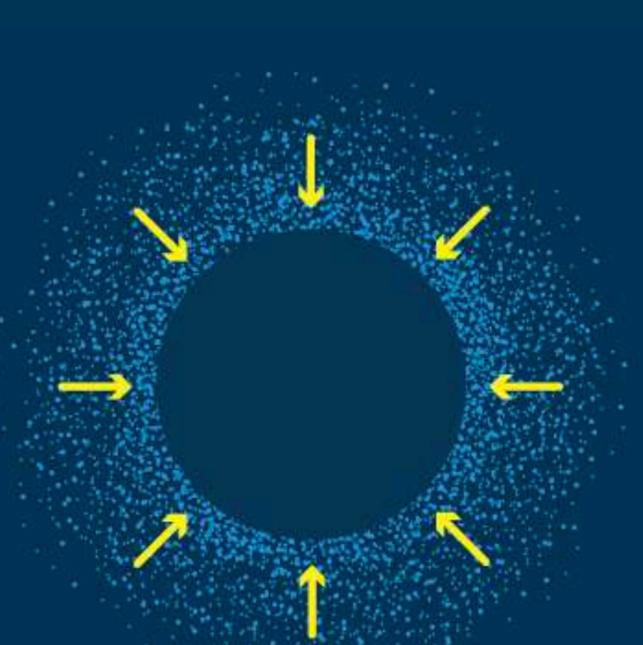




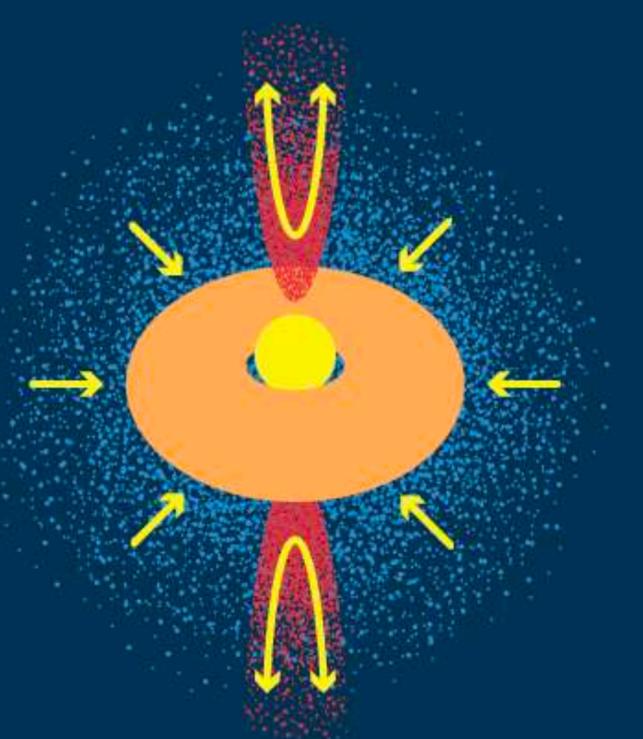




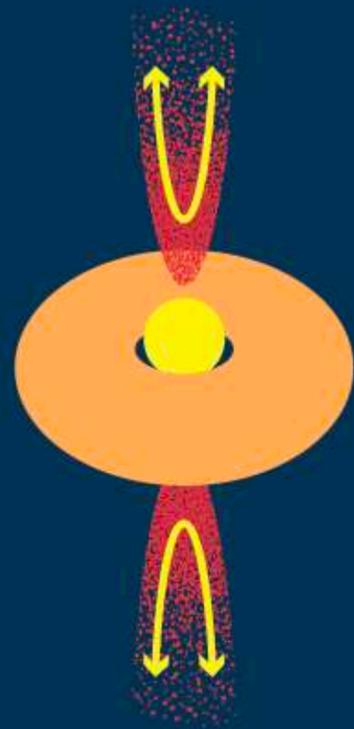
1. NUBE MOLECULAR



2. COLAPSO GRAVITATORIO



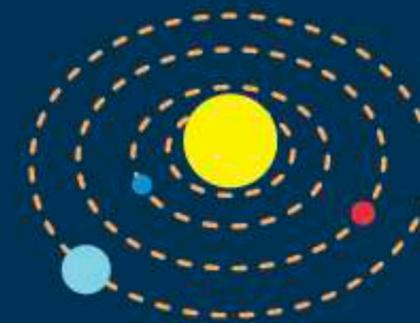
3. PROTOESTRELLA



4. DISIPACIÓN LA NUBE QUE LA ENVUELVE



5. FORMACIÓN DE PLANETAS

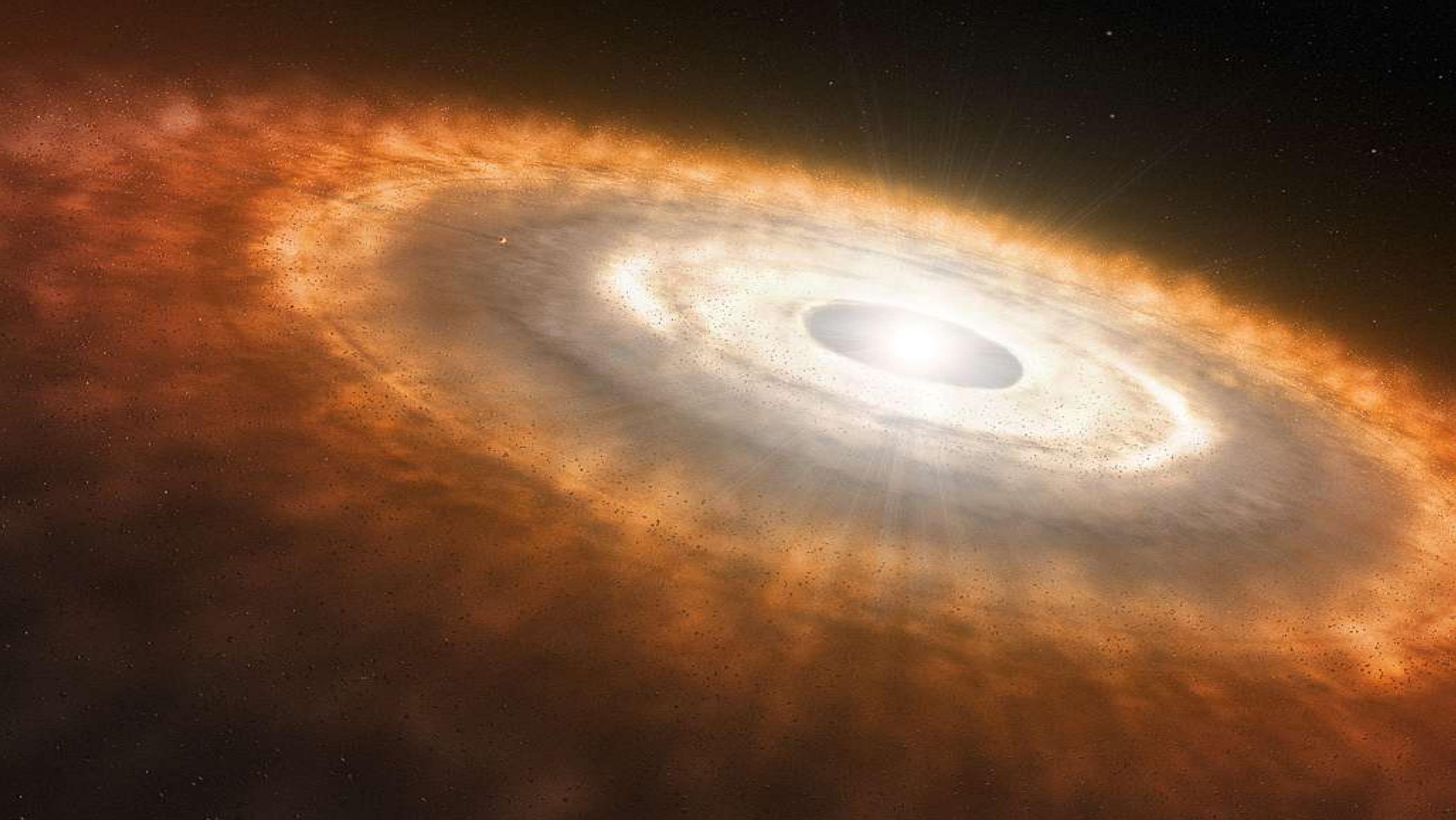


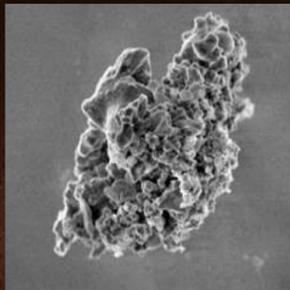
6. SISTEMA PLANETARIO EXTRASOLAR



Antonio Hales (NRAO/ALMA)
Libro "Estamos solos en el Universo"



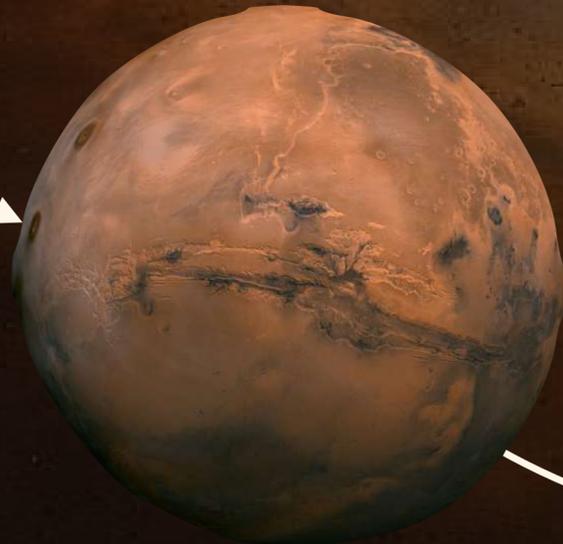




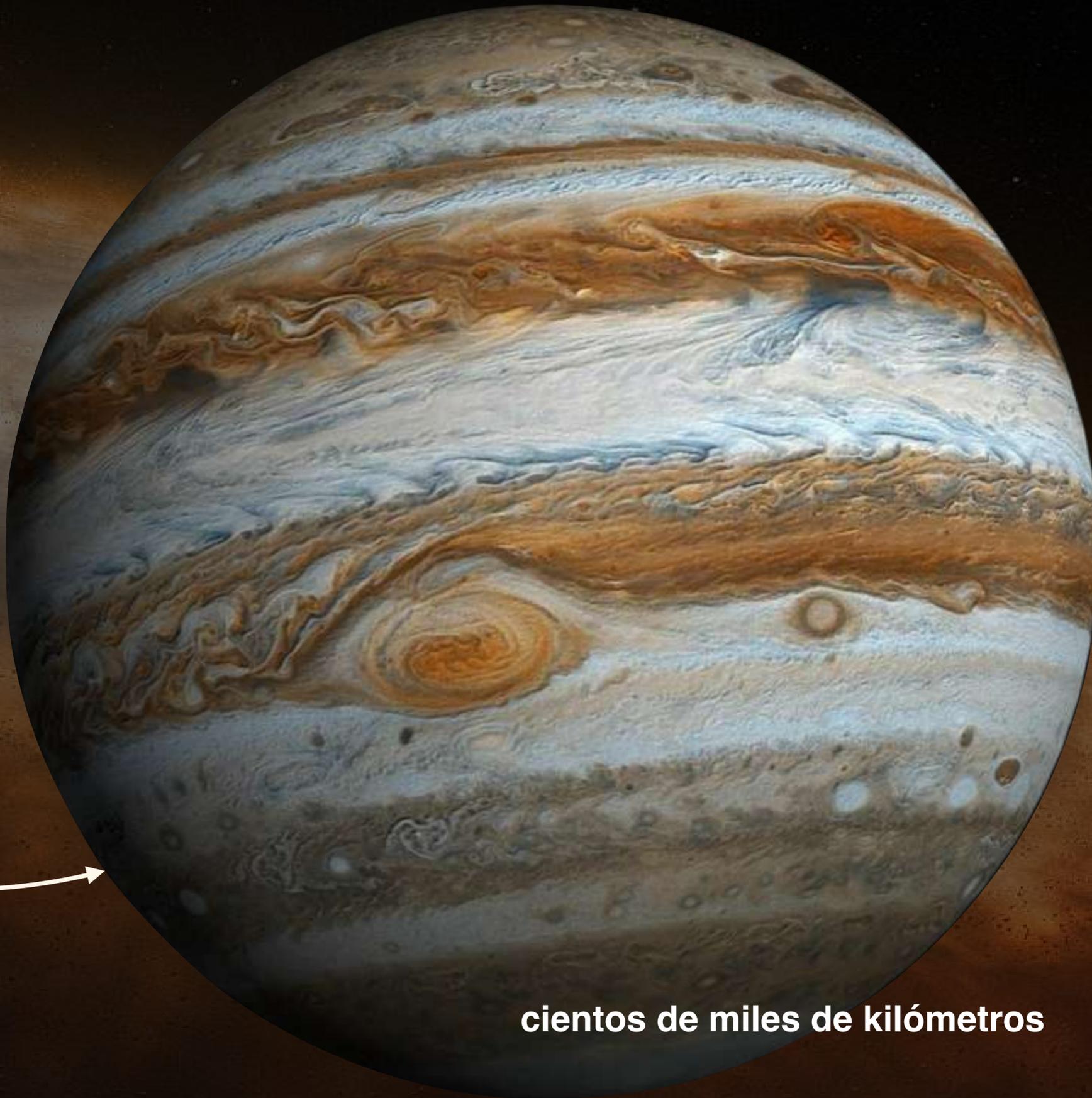
micrones



kilómetros



miles de kilómetros

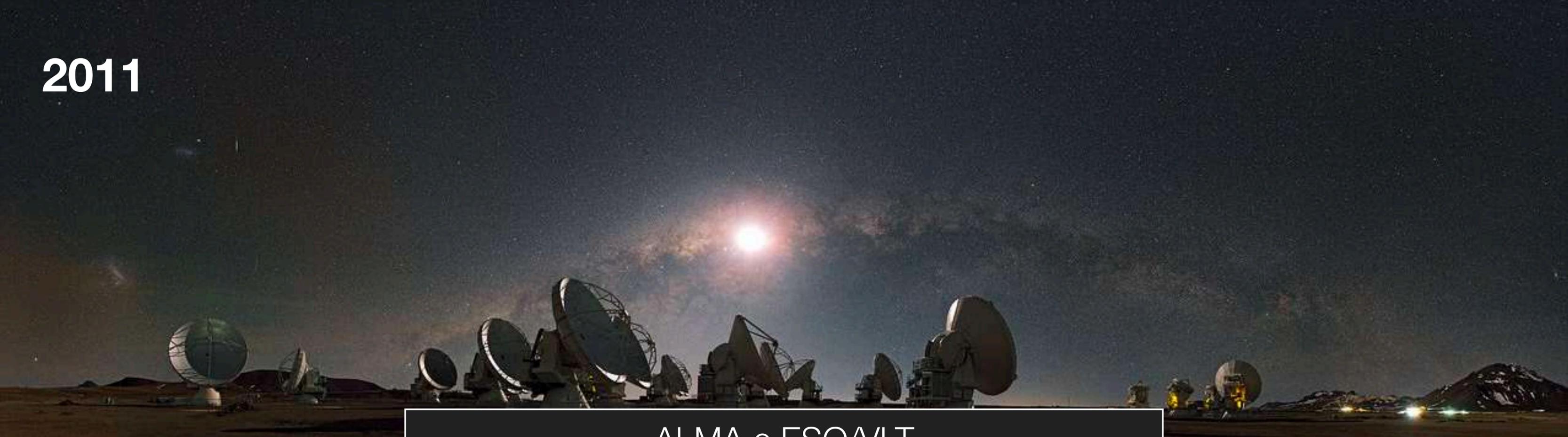


cientos de miles de kilómetros

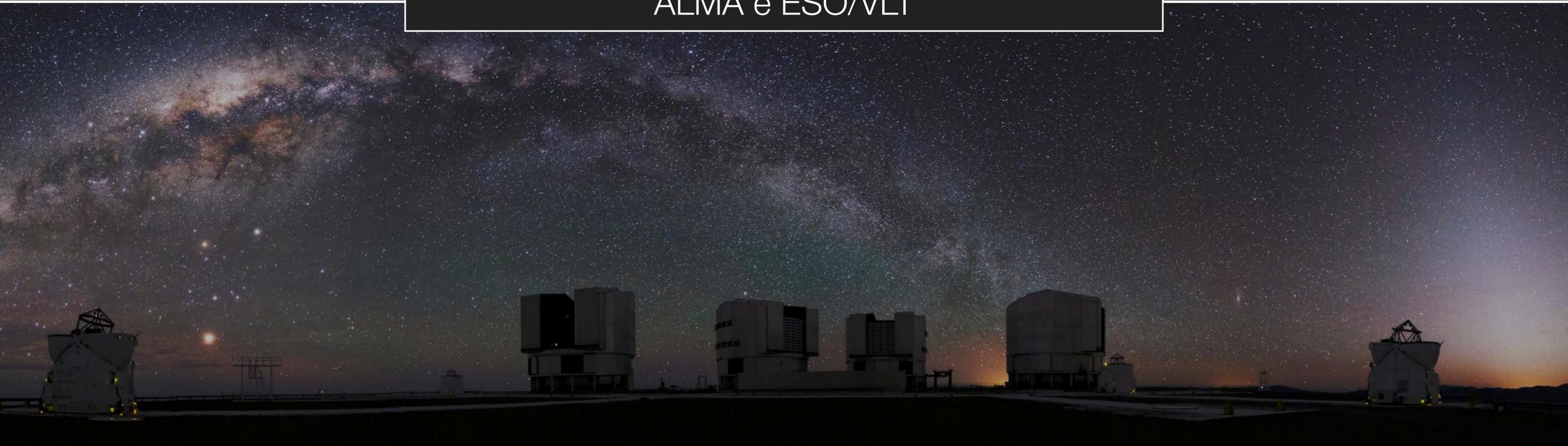
Esta es solo una selección personal de avances que creo son importantes en el tema de formación planetaria. ¡Quedaron muchísimos trabajos afuera!

La búsqueda a la respuesta de los orígenes de la Tierra y los planetas no comenzó el 2011. Las culturas originarias se hicieron (y hacen) estas mismas preguntas desde hace siglos.

2011



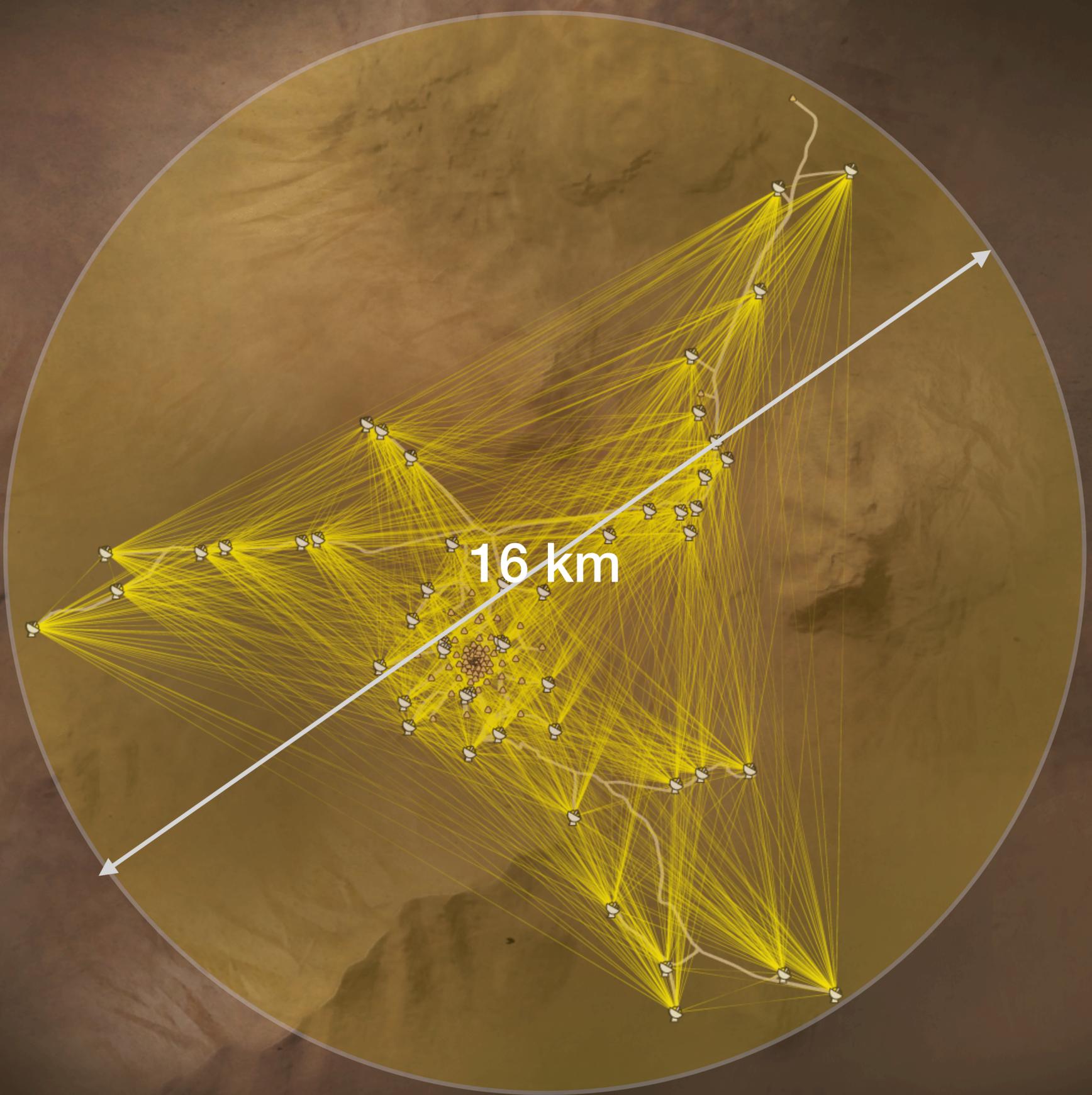
ALMA e ESO/VLT



ALMA



Imagen: NatGeo

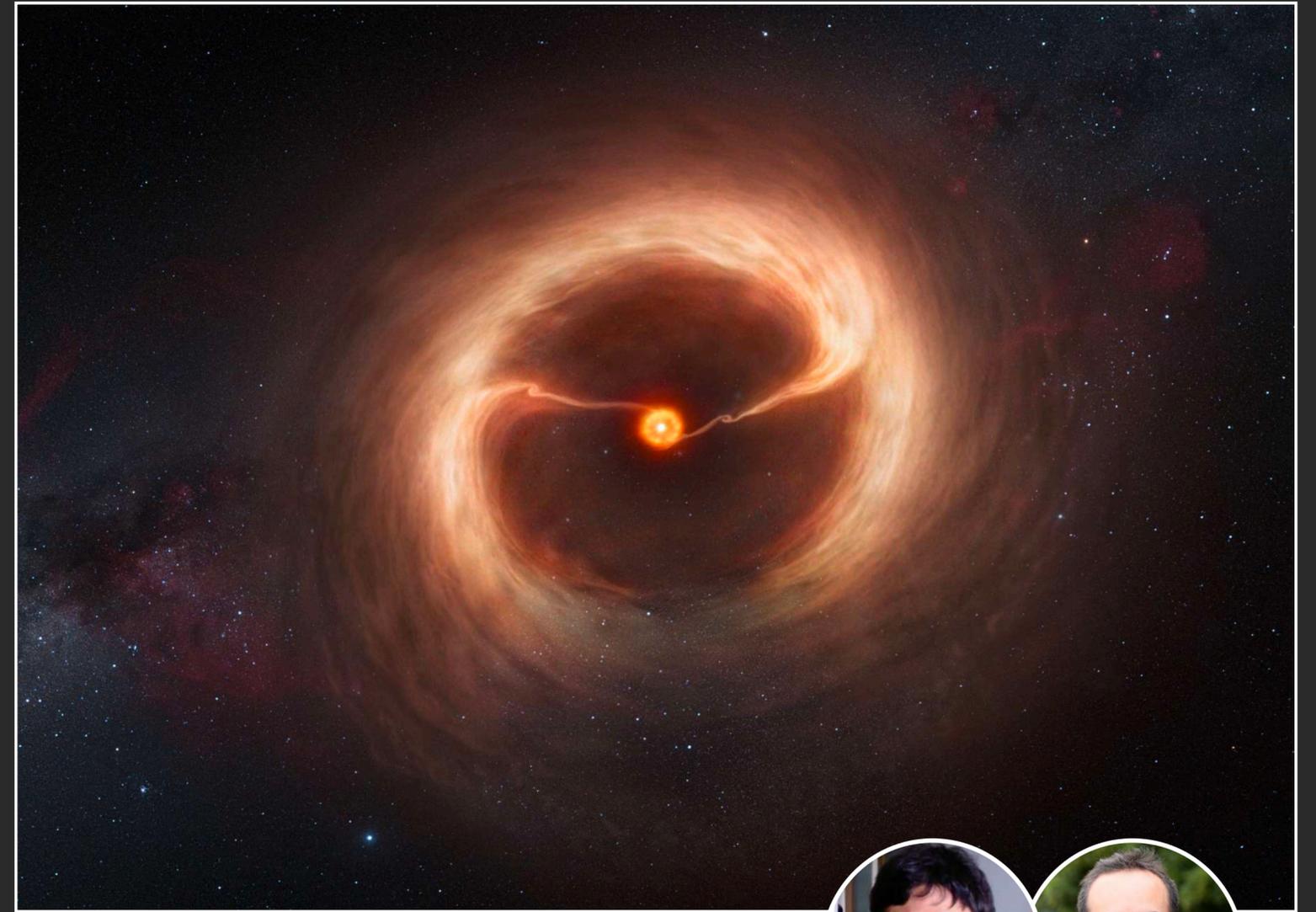
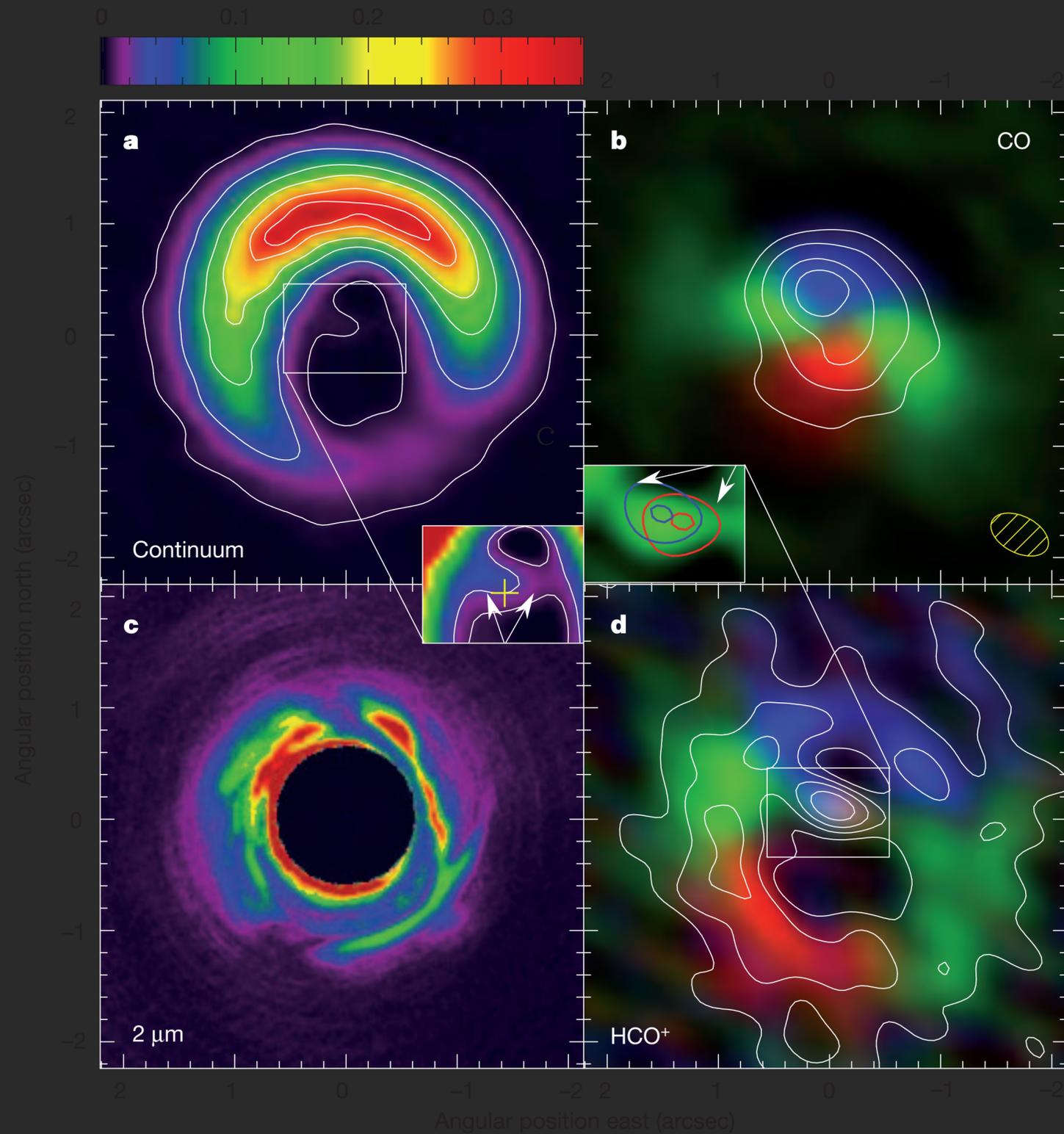


ALMA

Imagen: NatGeo

2013

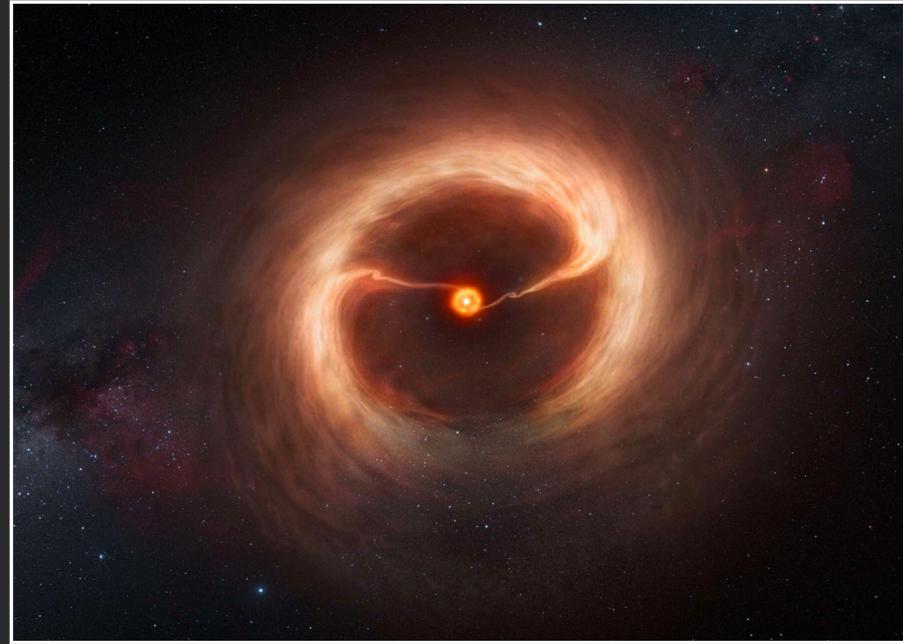
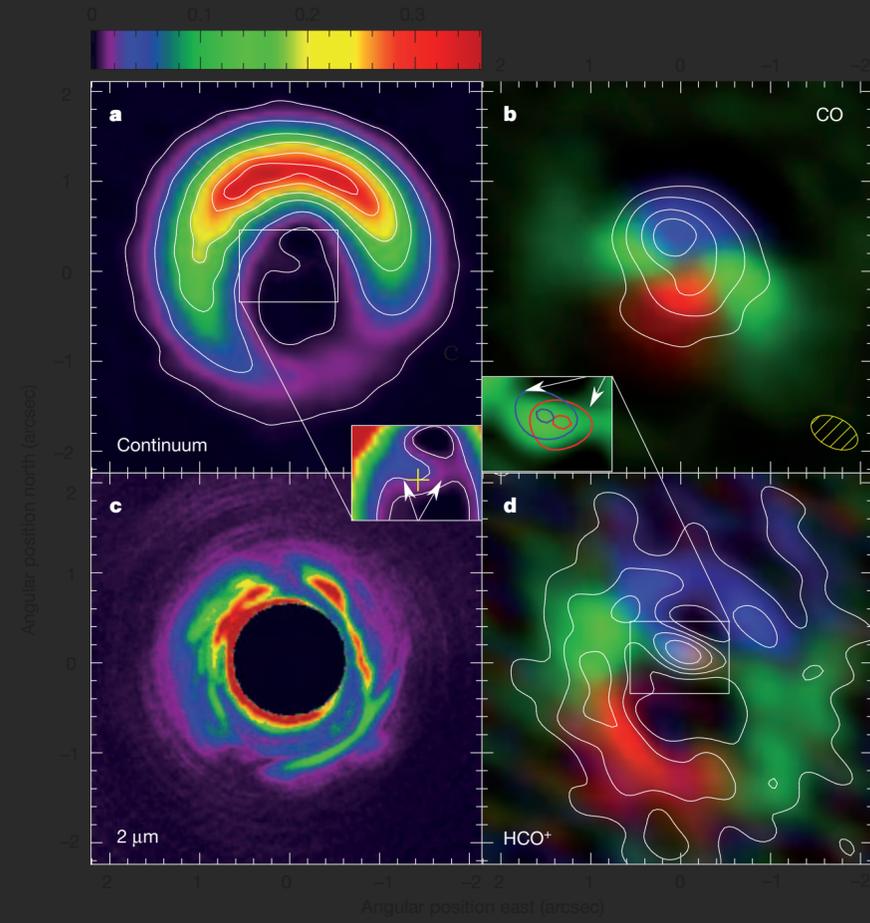
Aprendimos que los discos protoplanetarios podían tener **vórtices y trampas de polvo**



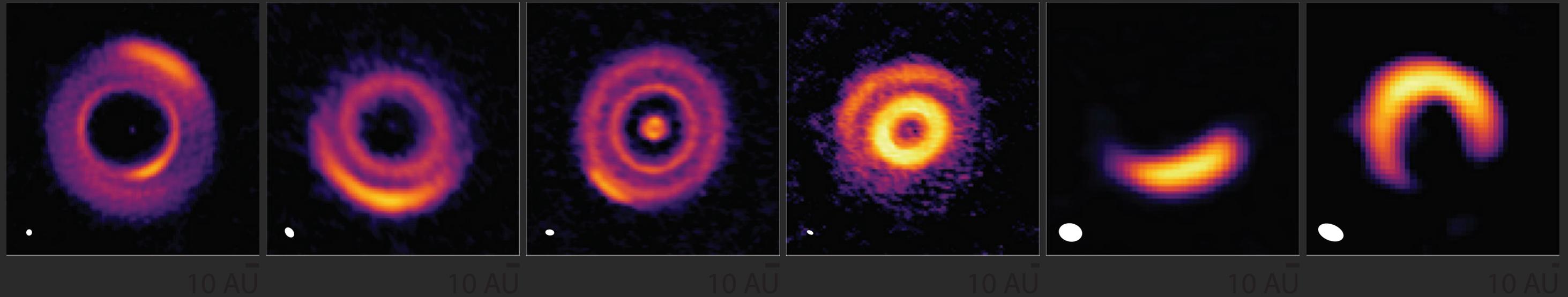
Cassasus, van der Plas, Pérez et al. (2013), **Nature**

2013

Aprendimos que los discos protoplanetarios podían tener **vórtices y trampas de polvo**

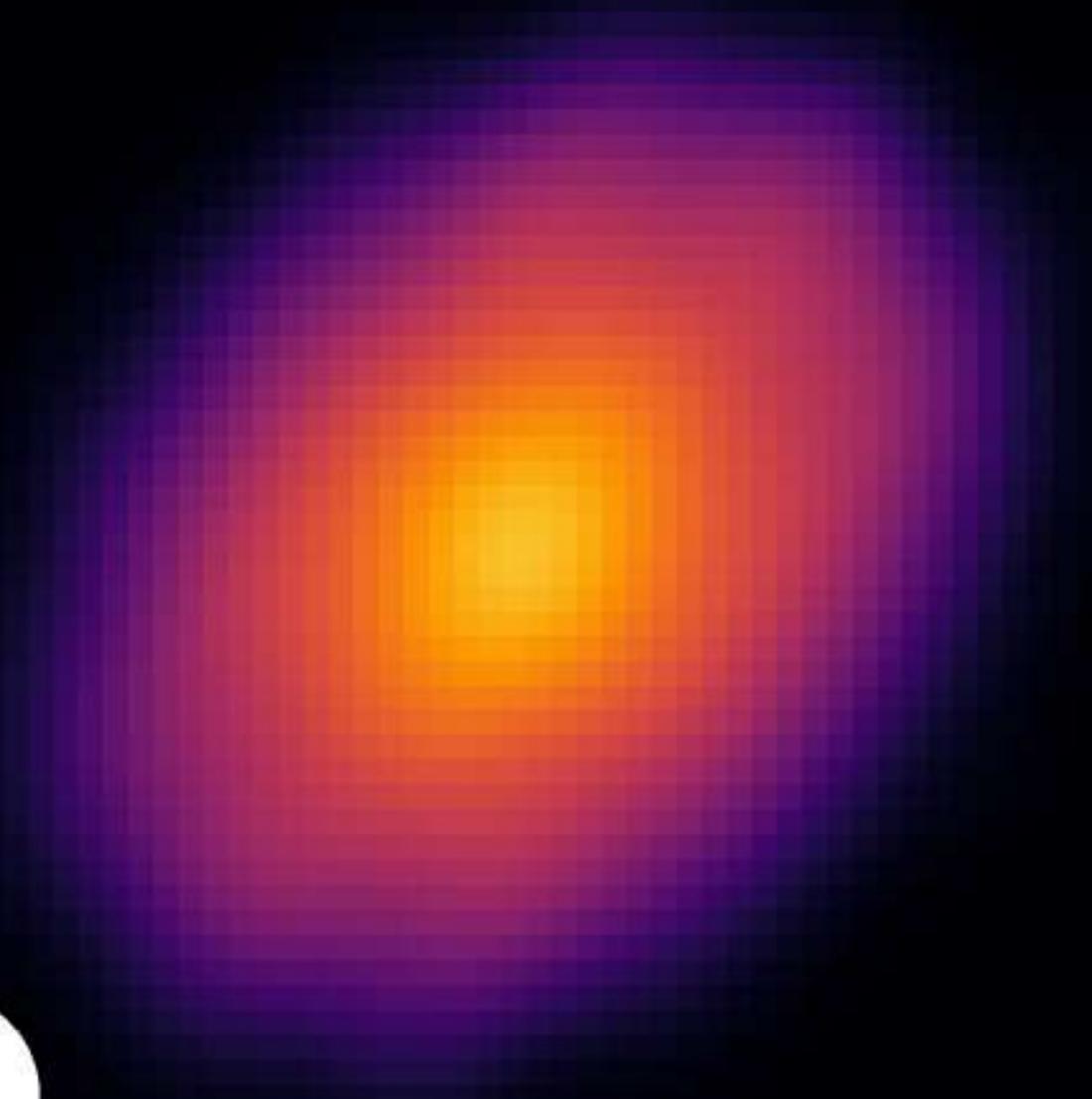


Cassasus, van der Plas, Pérez et al. (2013), **Nature**



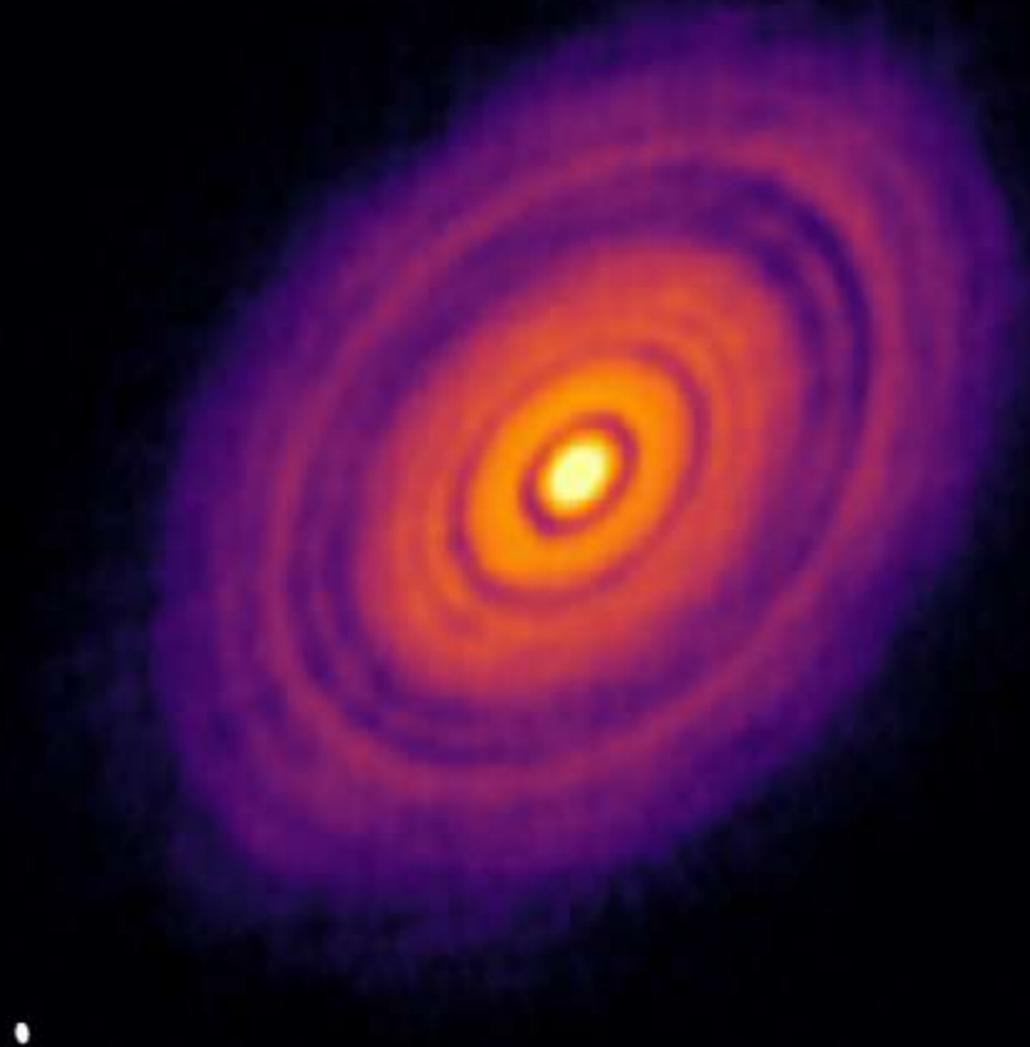
2014

Aprendimos sobre los **anillos y estructuras finas: HL Tau**



2014

Aprendimos sobre los **anillos y estructuras finas: HL Tau**



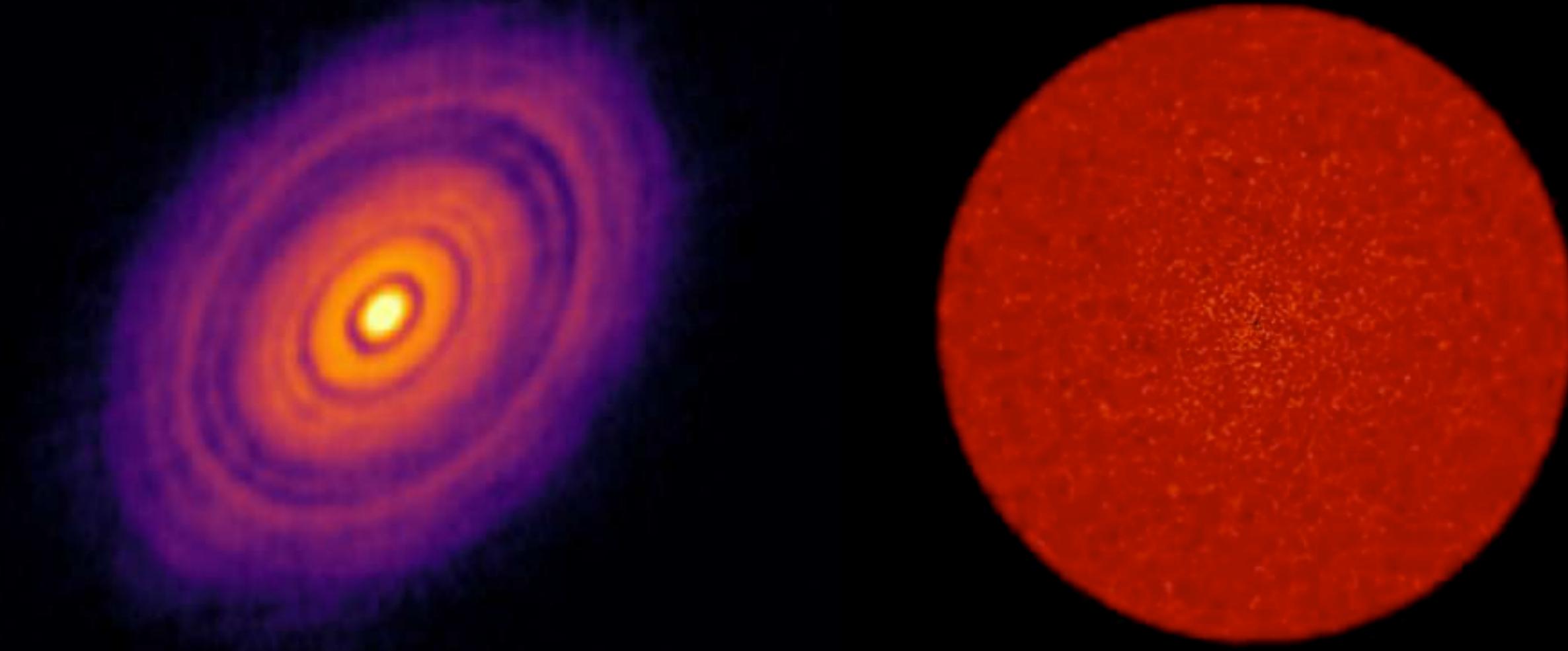
ALMA partnership (2015)

2014

Aprendimos sobre los **anillos y estructuras finas: HL Tau**

dust

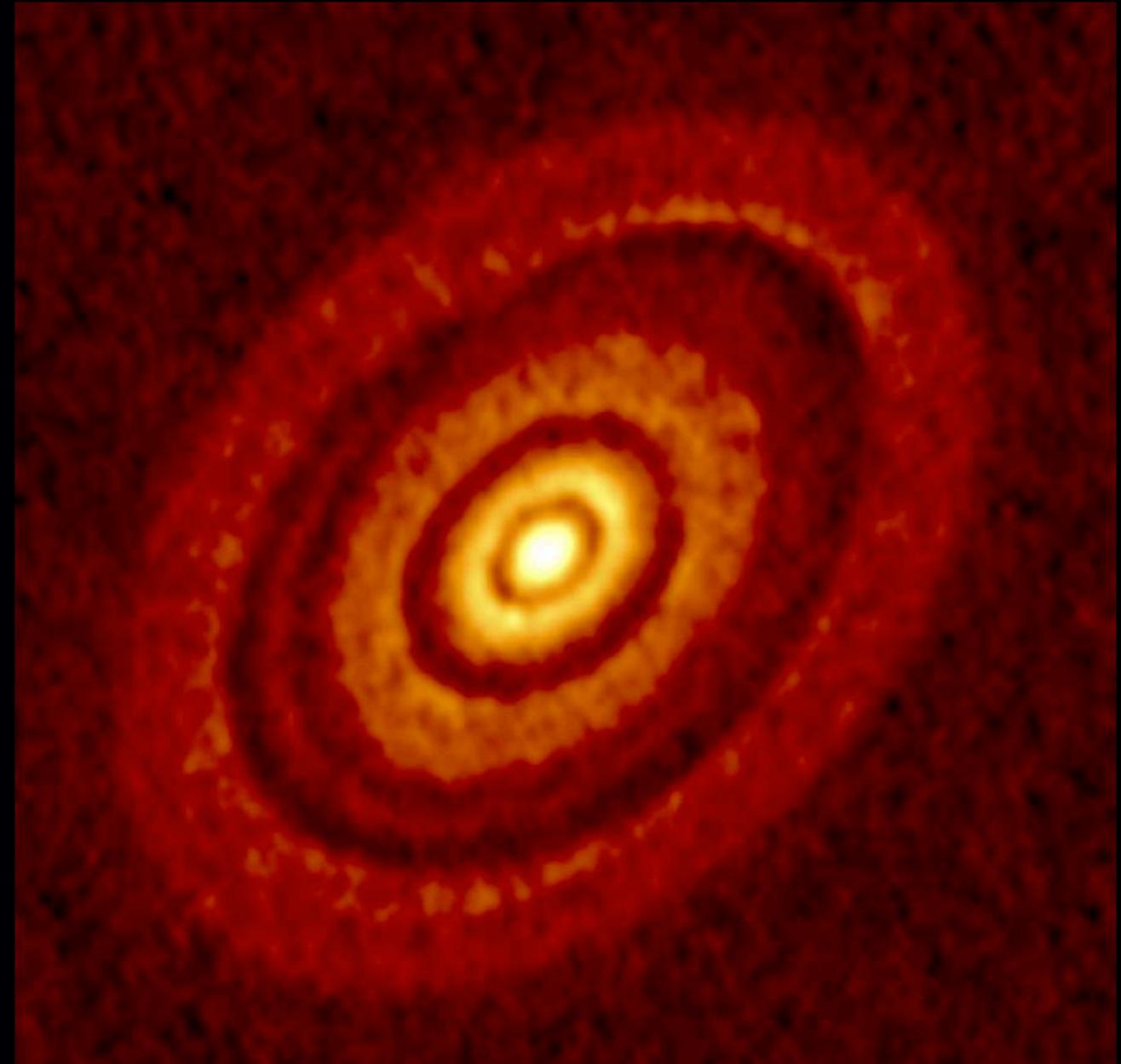
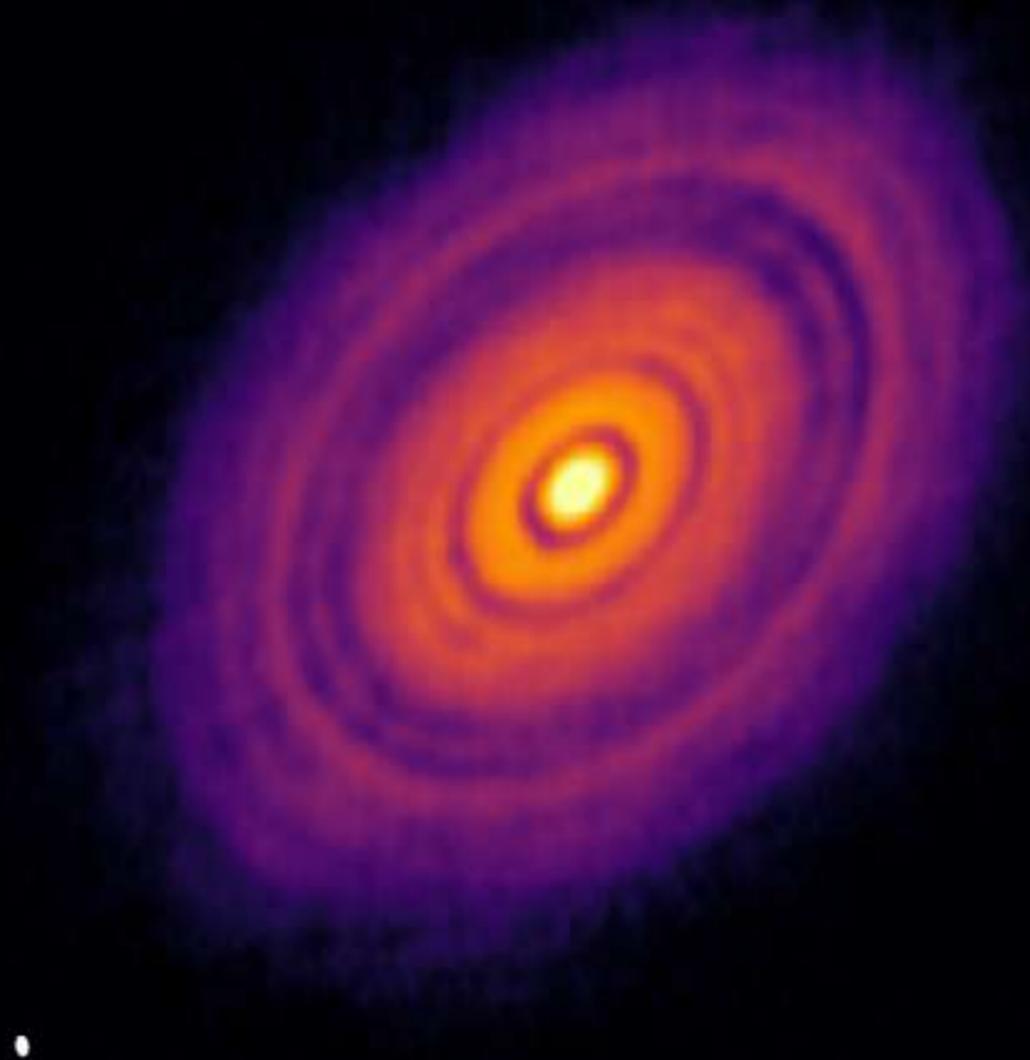
0 yrs



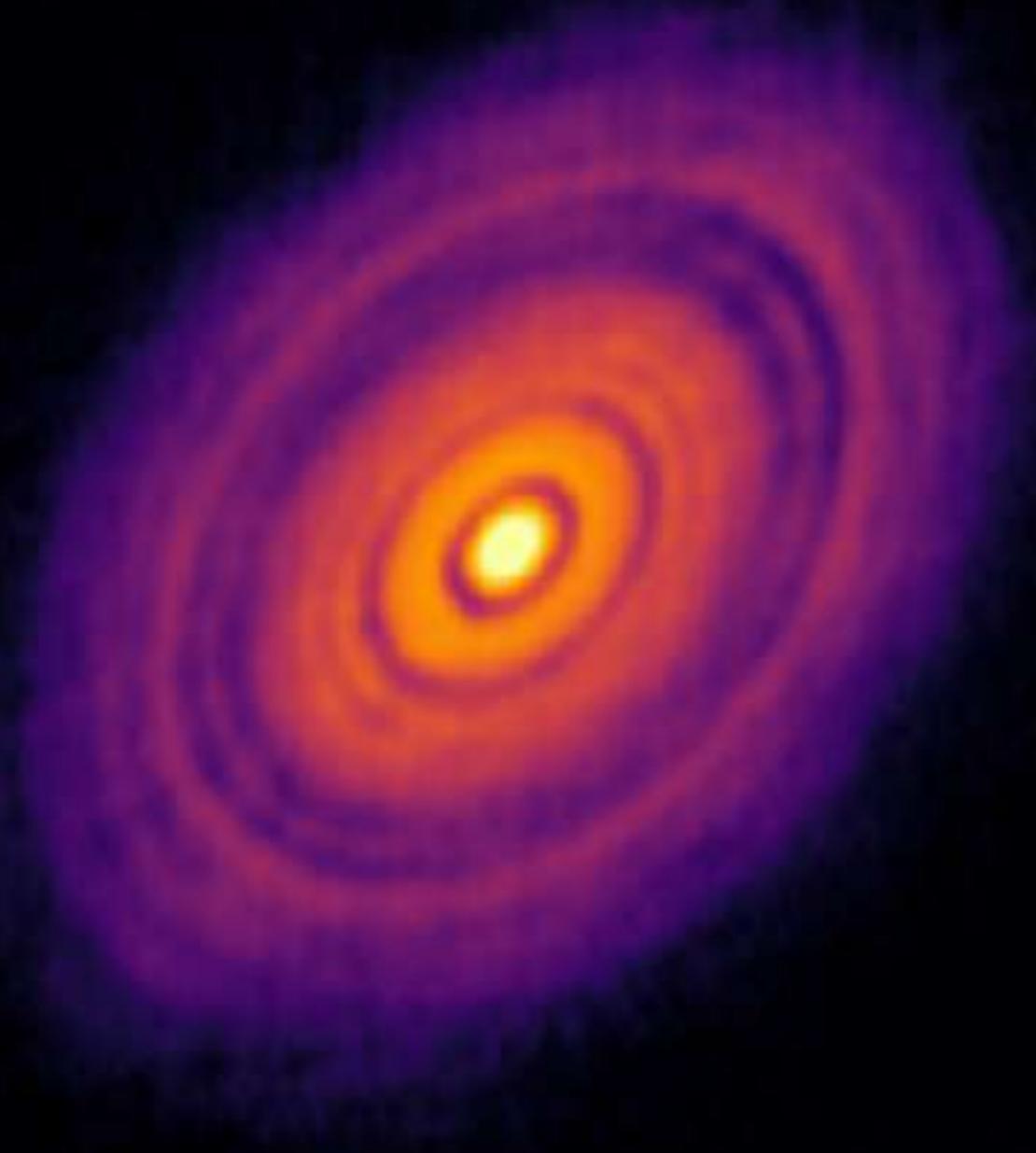
3 planetas gigantes logran explicar HL Tau - Dipierro et al (2016)

2014

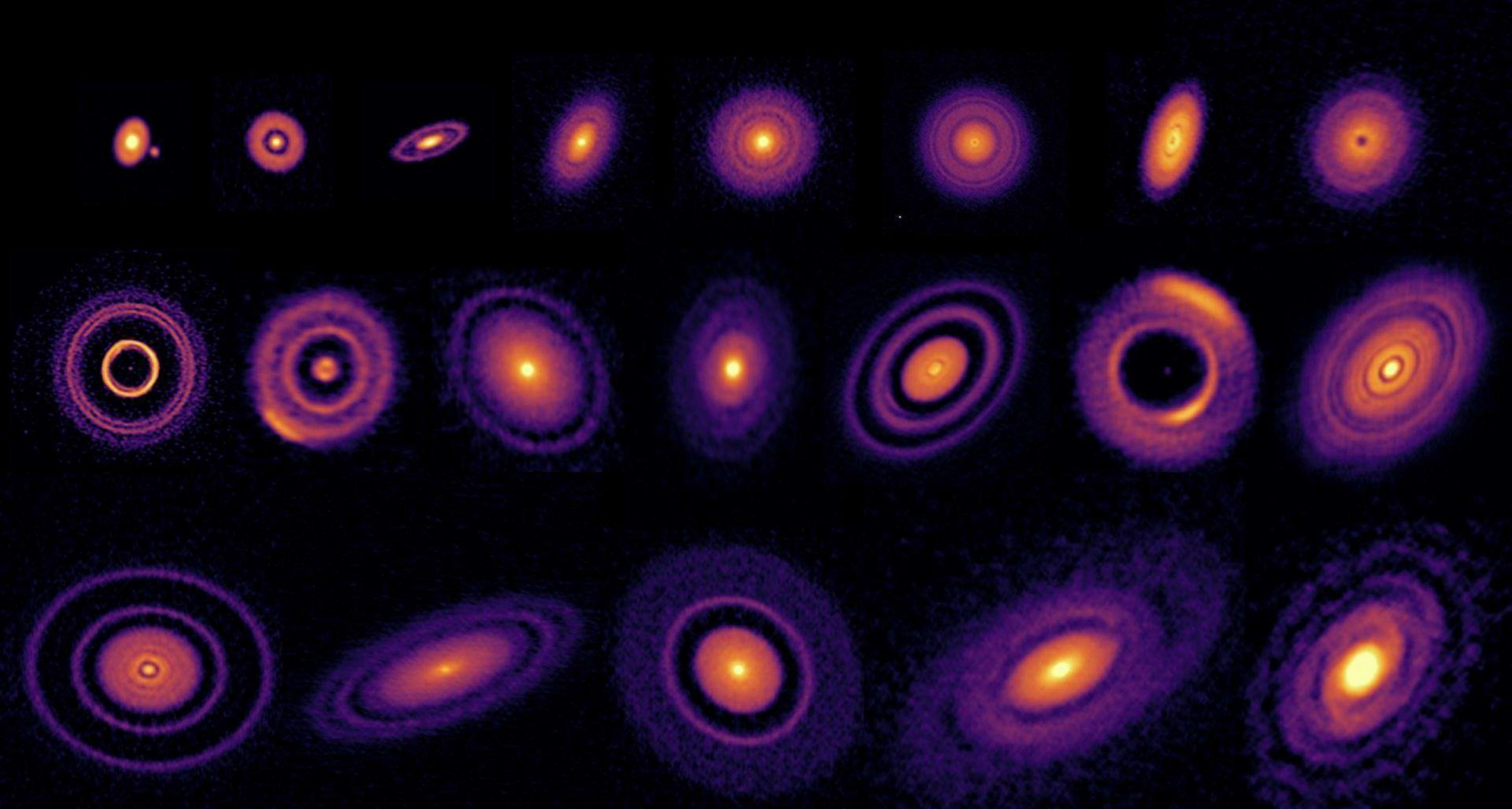
Aprendimos sobre los **anillos y estructuras finas: HL Tau**



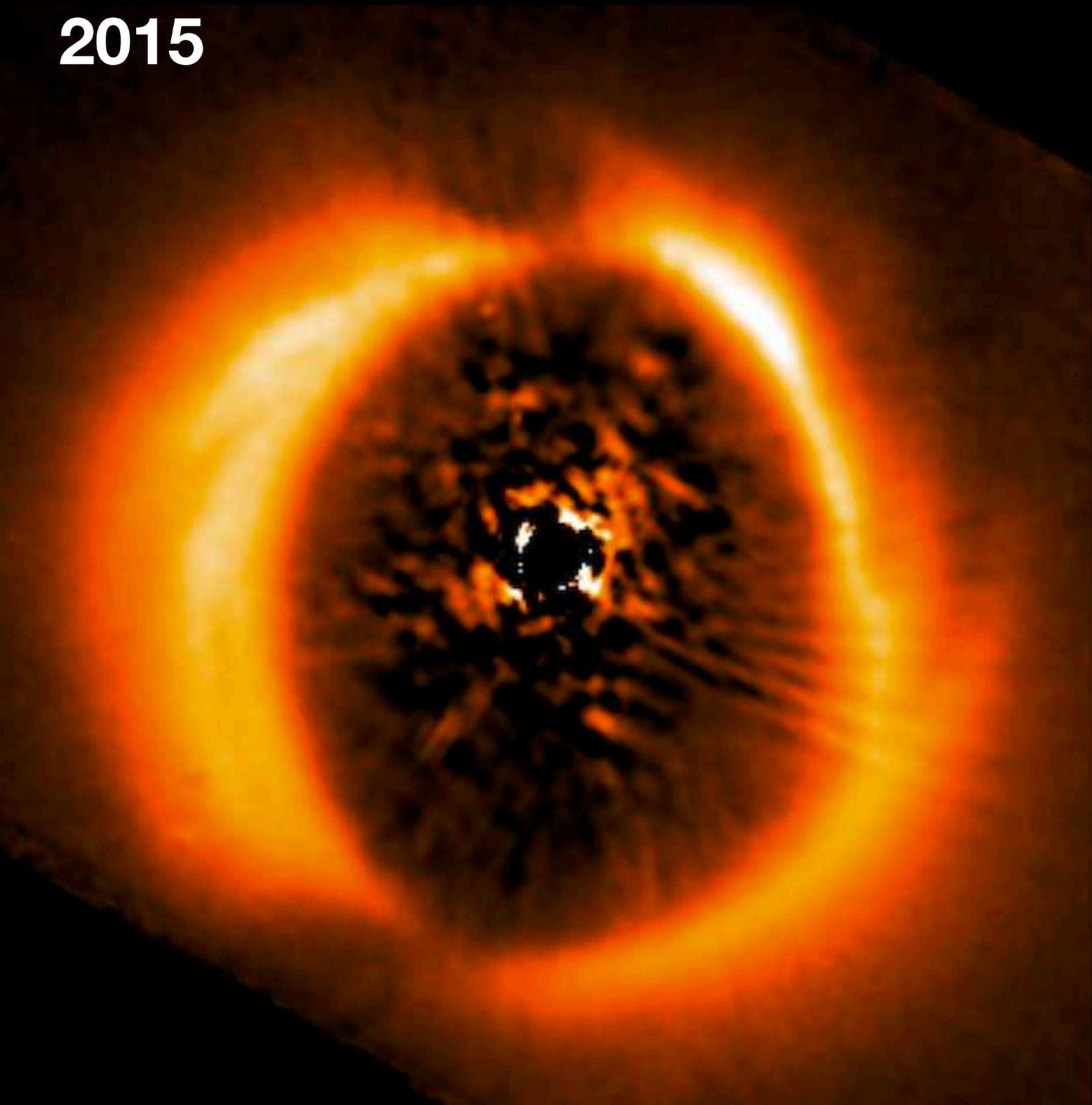
3 planetas gigantes logran explicar HL Tau - Dipierro et al (2016)



HL Tau Nos enseñó que la formación planetaria debe comenzar en una etapa muy temprana ya que el disco solo tiene medio millón de años de edad!

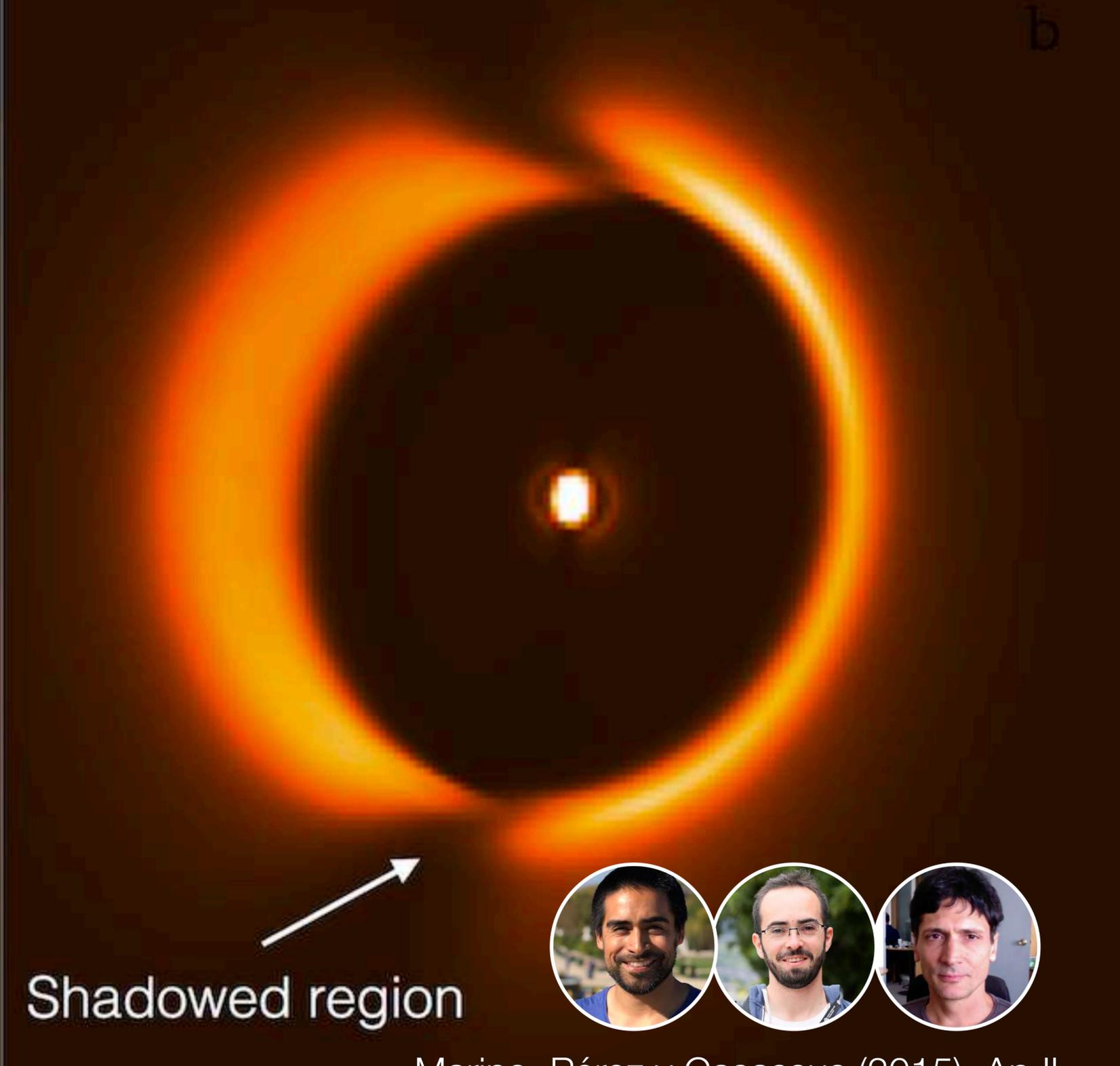
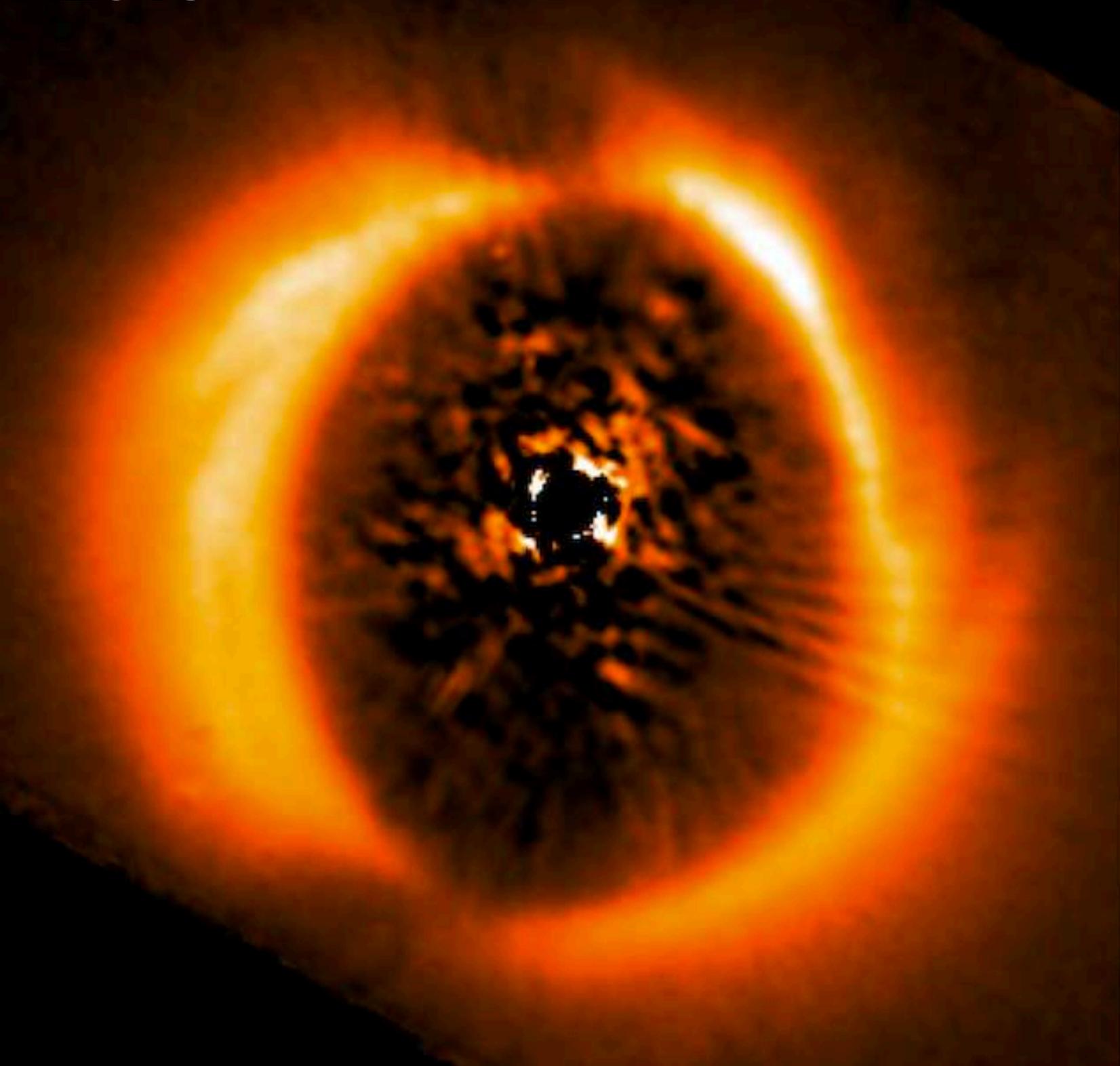


2015



2015

Se rompió el paradigma de que los discos deben ser planos

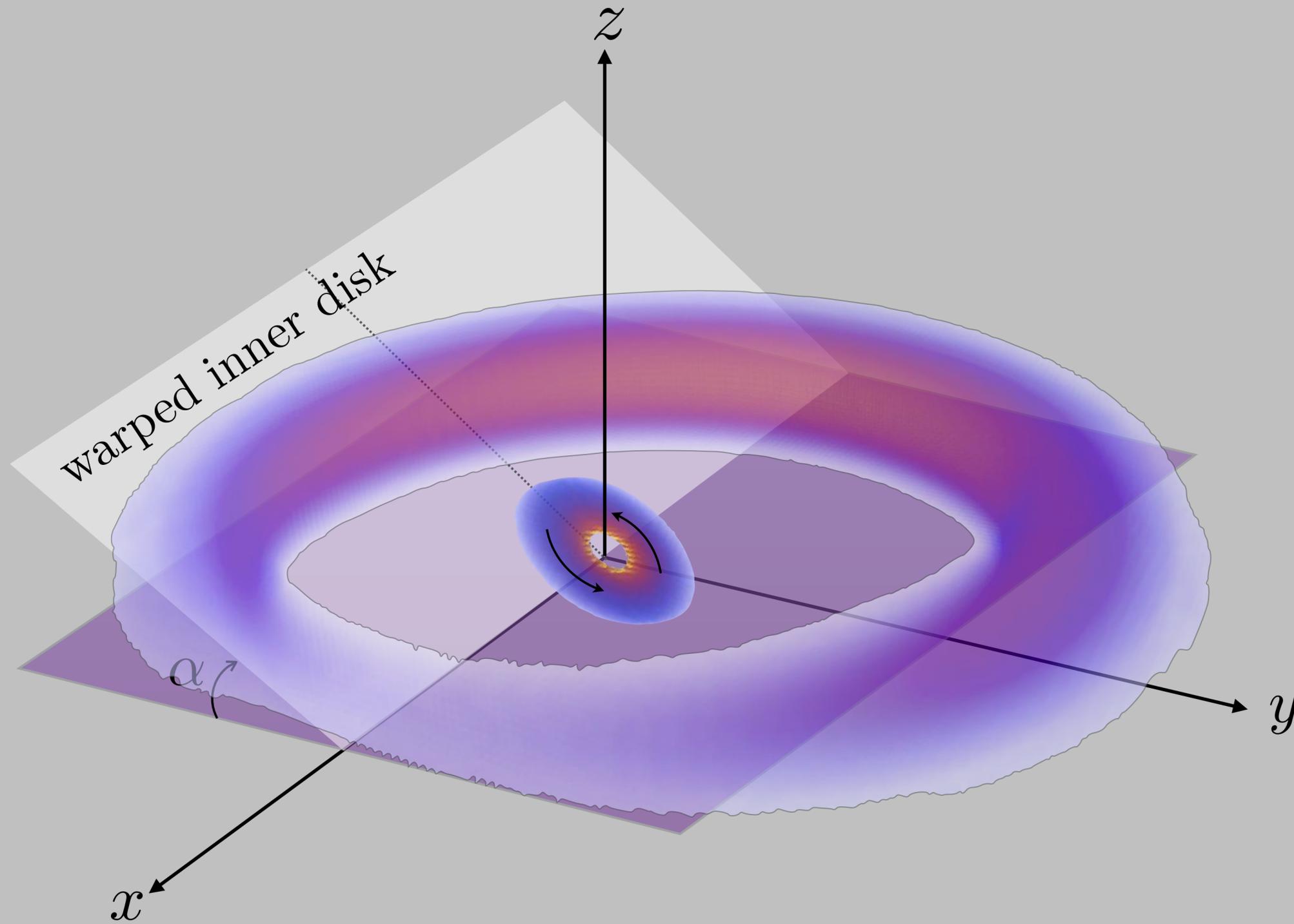


Shadowed region



Marino, Pérez y Casassus (2015), ApJL

Modelo de disco "misaligned" en HD142527



ECLIPTIC

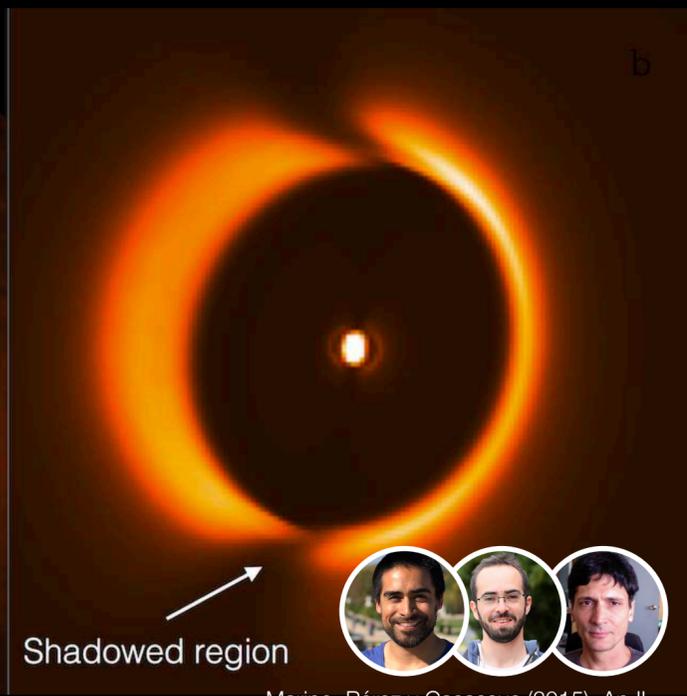
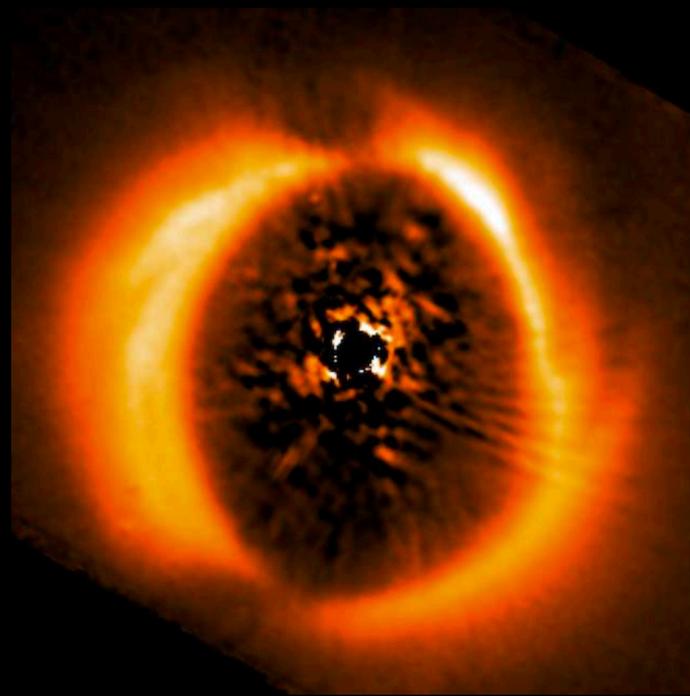
Regulus (α -Leo)

Jupiter

Mars

Venus

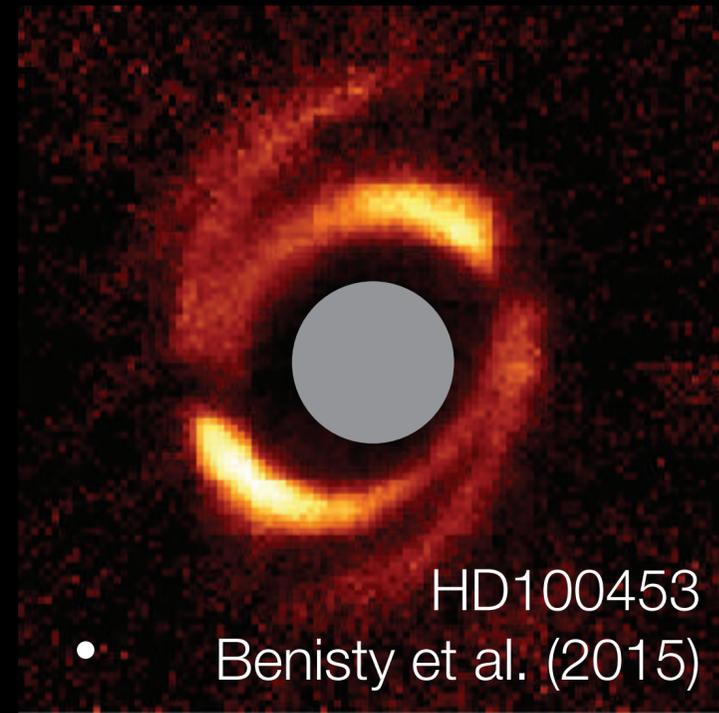
Magellan telescopes



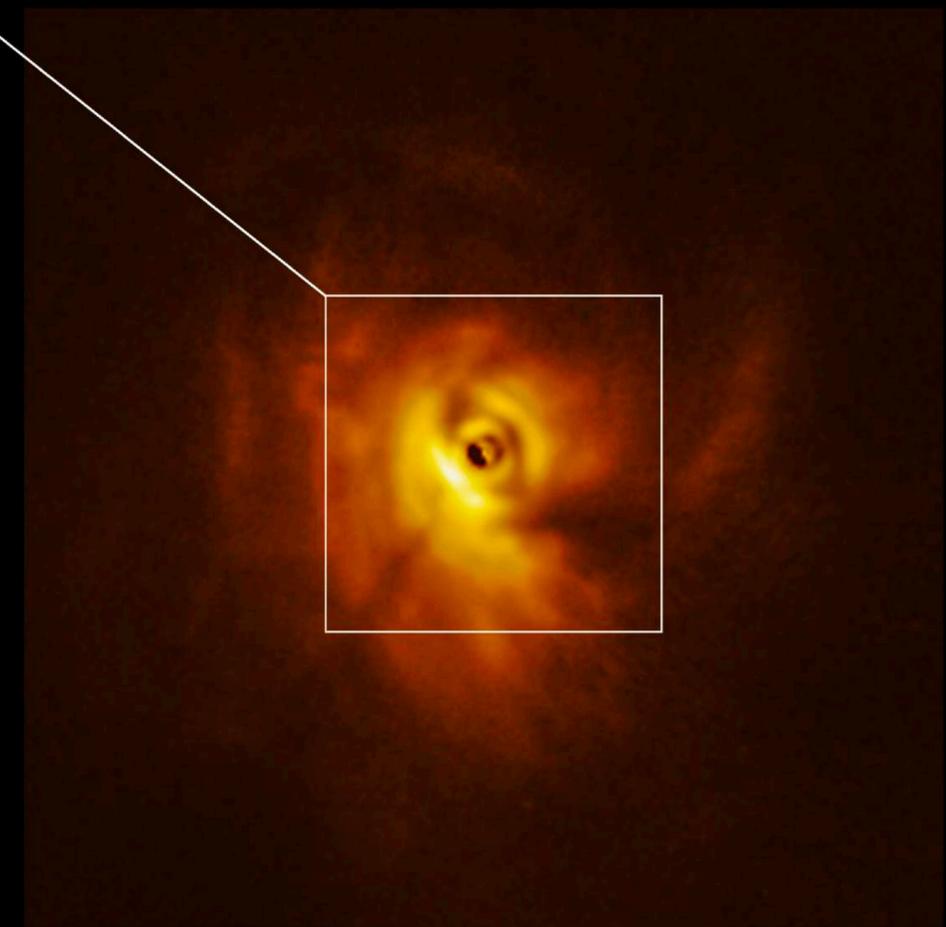
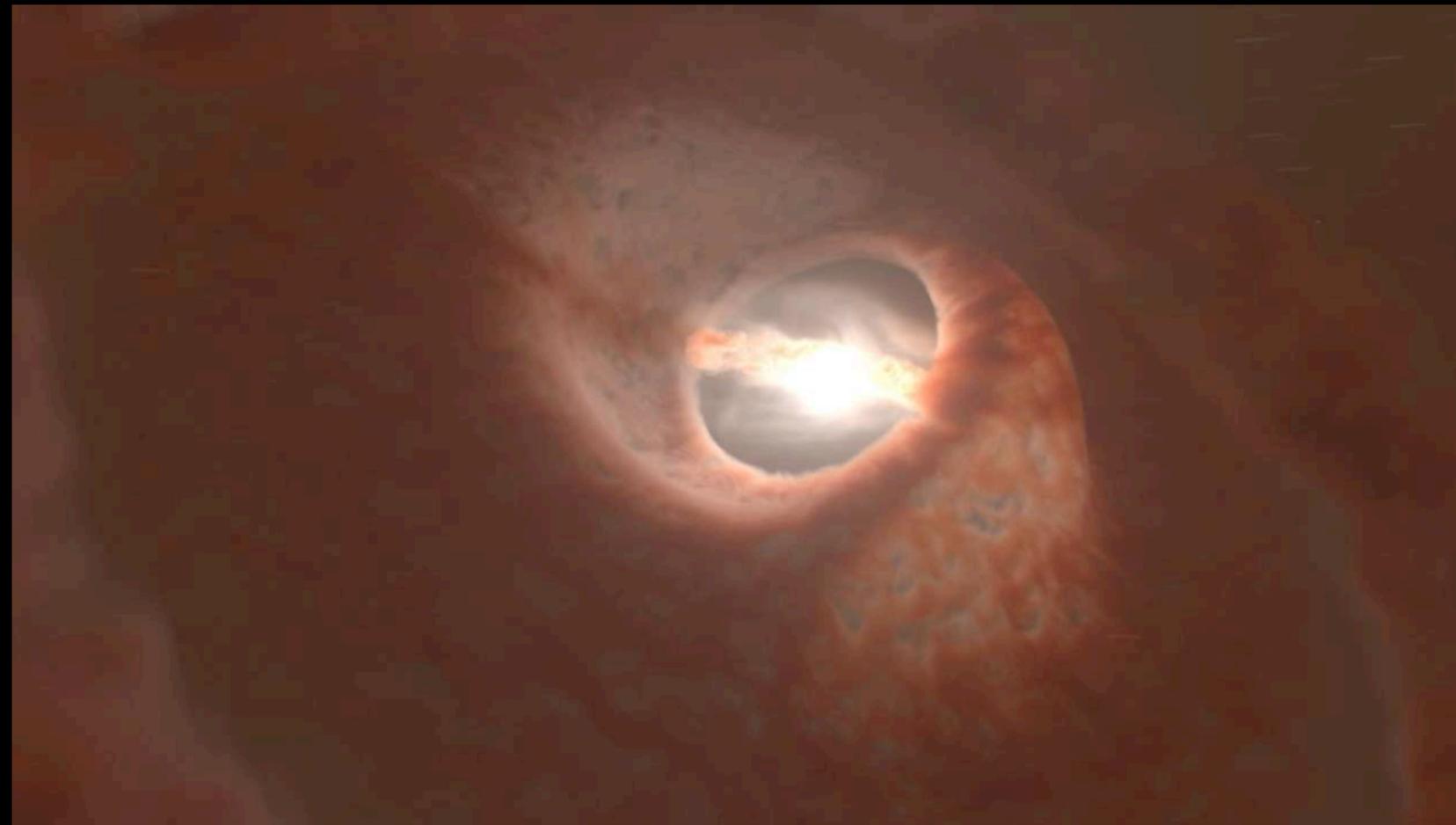
Shadowed region



Marino, Pérez y Casassus (2015), ApJL



HD100453
Benisty et al. (2015)



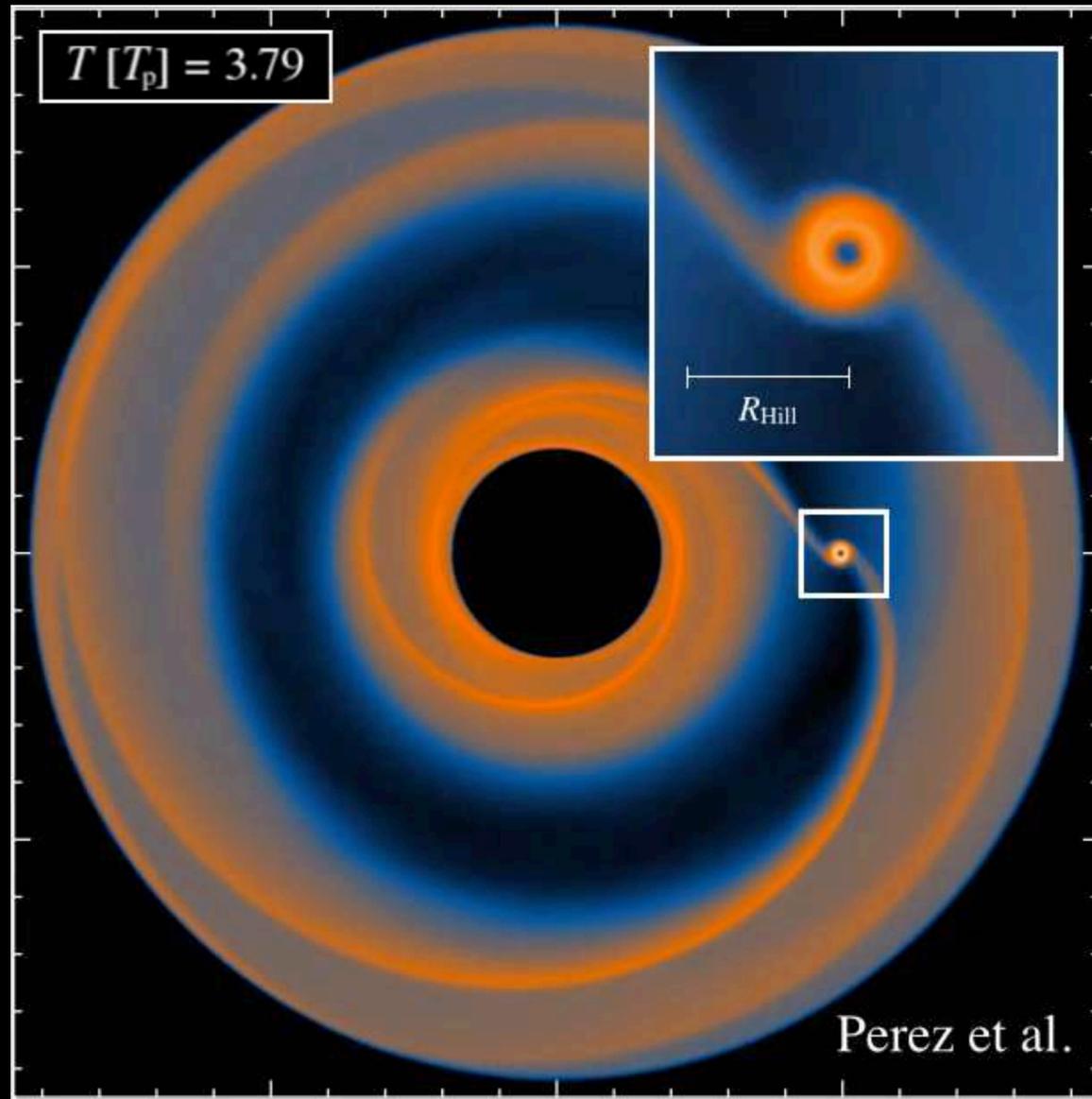
GW Ori. ESO/L. Calçada, Exeter/Kraus et al.

2016: los discos pueden ser gravitacionalmente inestables

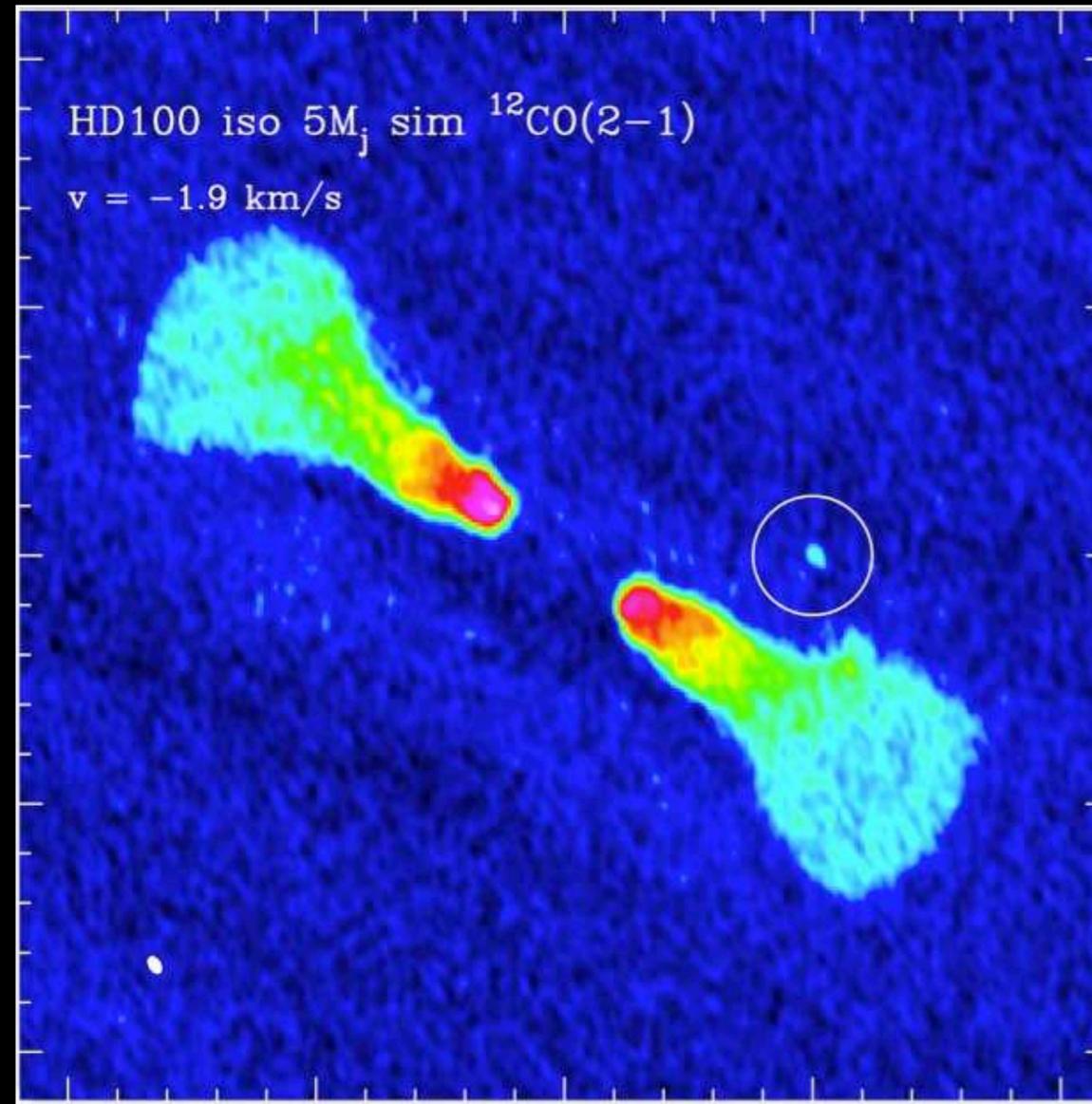


Laura Pérez et al. (2016)

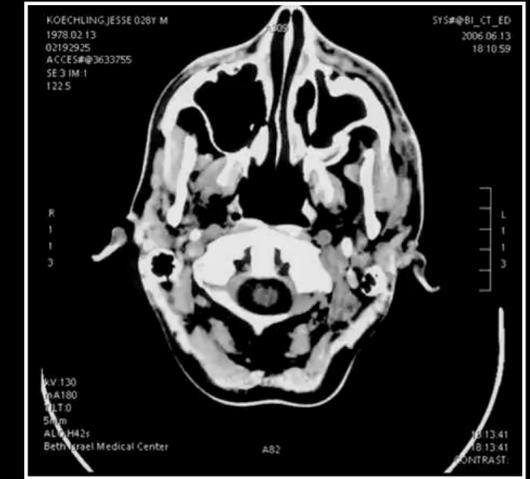
2015: Predijimos cómo se puede detectar un planeta en formación



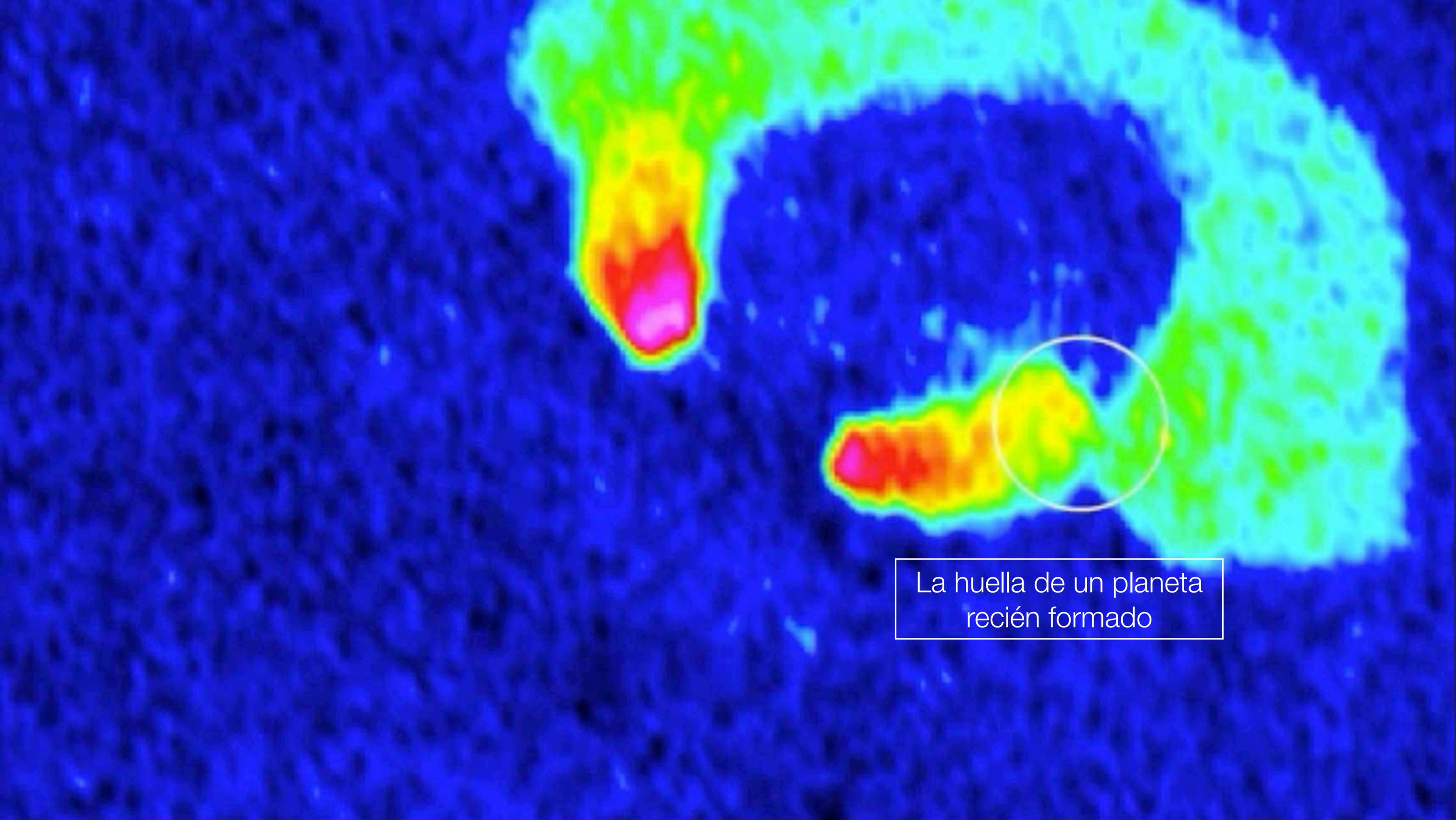
Simulation



Simulation Prediction

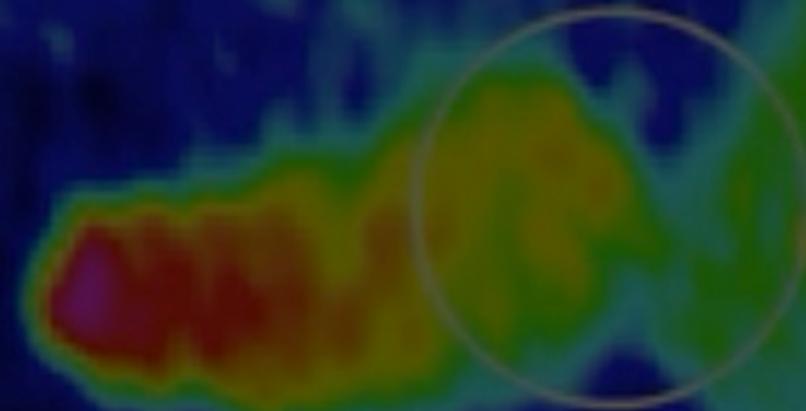
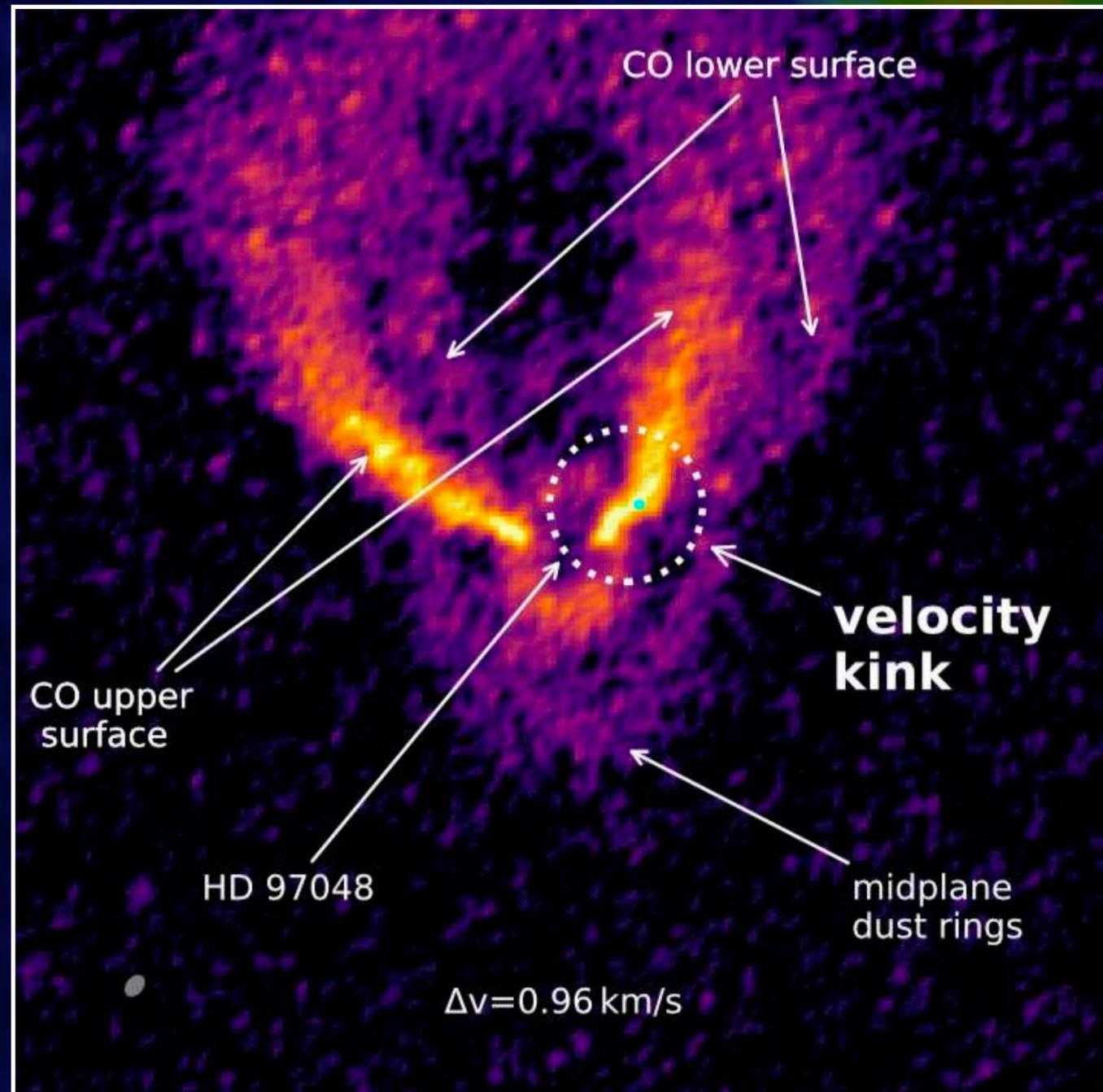


Sebastián Pérez et al. (2015)



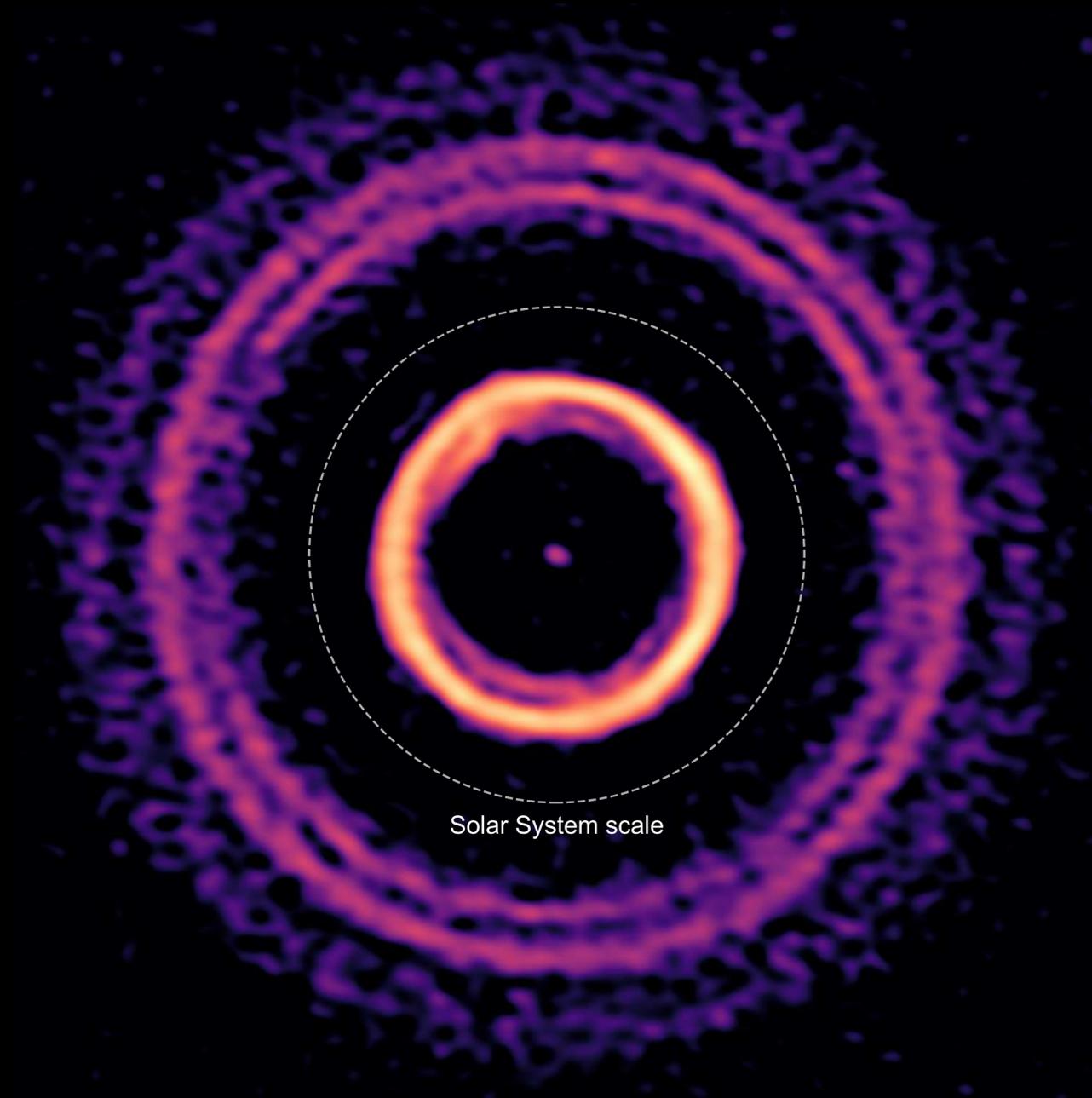
La huella de un planeta recién formado

2018/2019: Nuestra predicción fue confirmada por una observación ALMA



HD 97048 (Pinte et al. including Casassus and Pérez, 2019, *Nature Astronomy*)

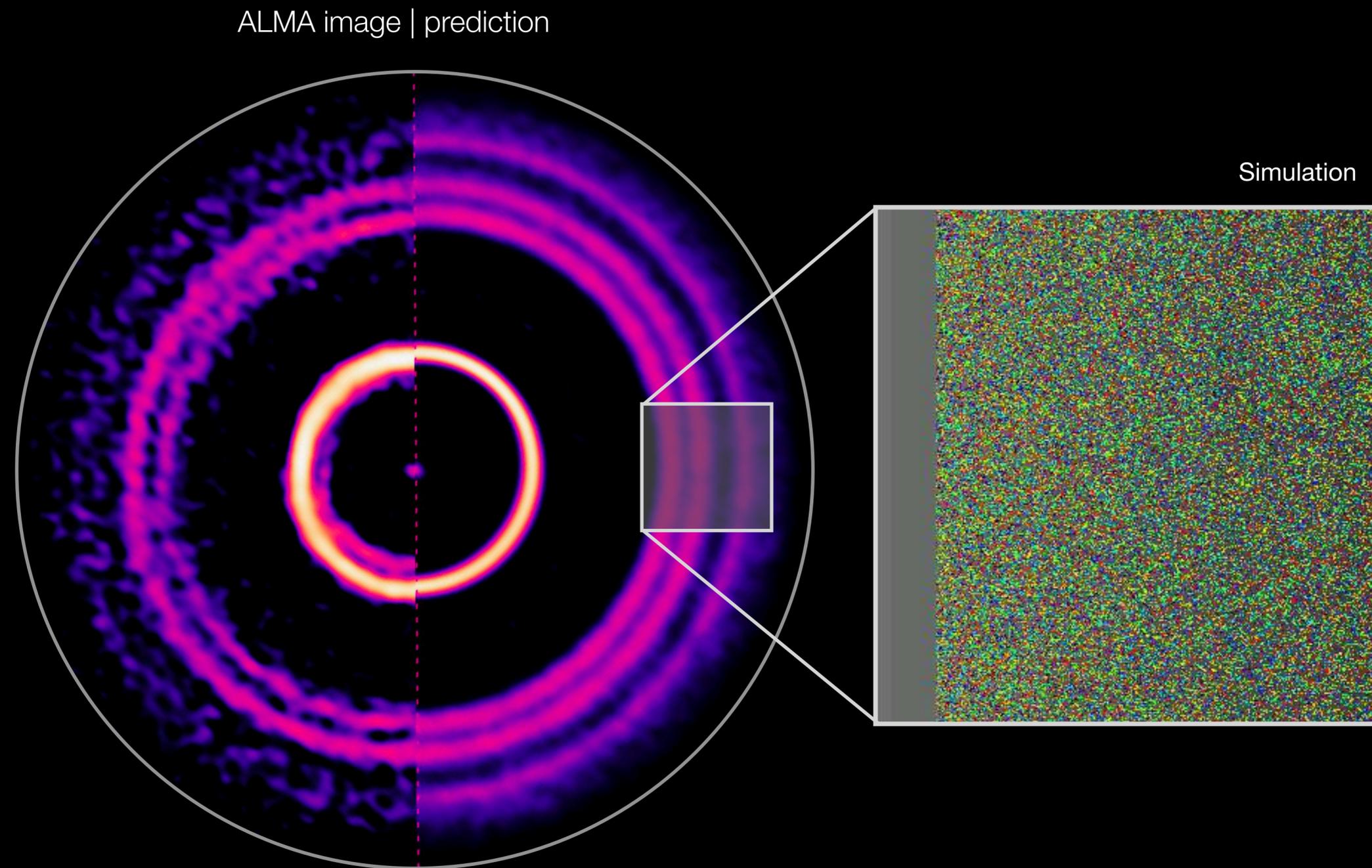
2019: planetas tipo super-Tierras también pueden esculpir anillos



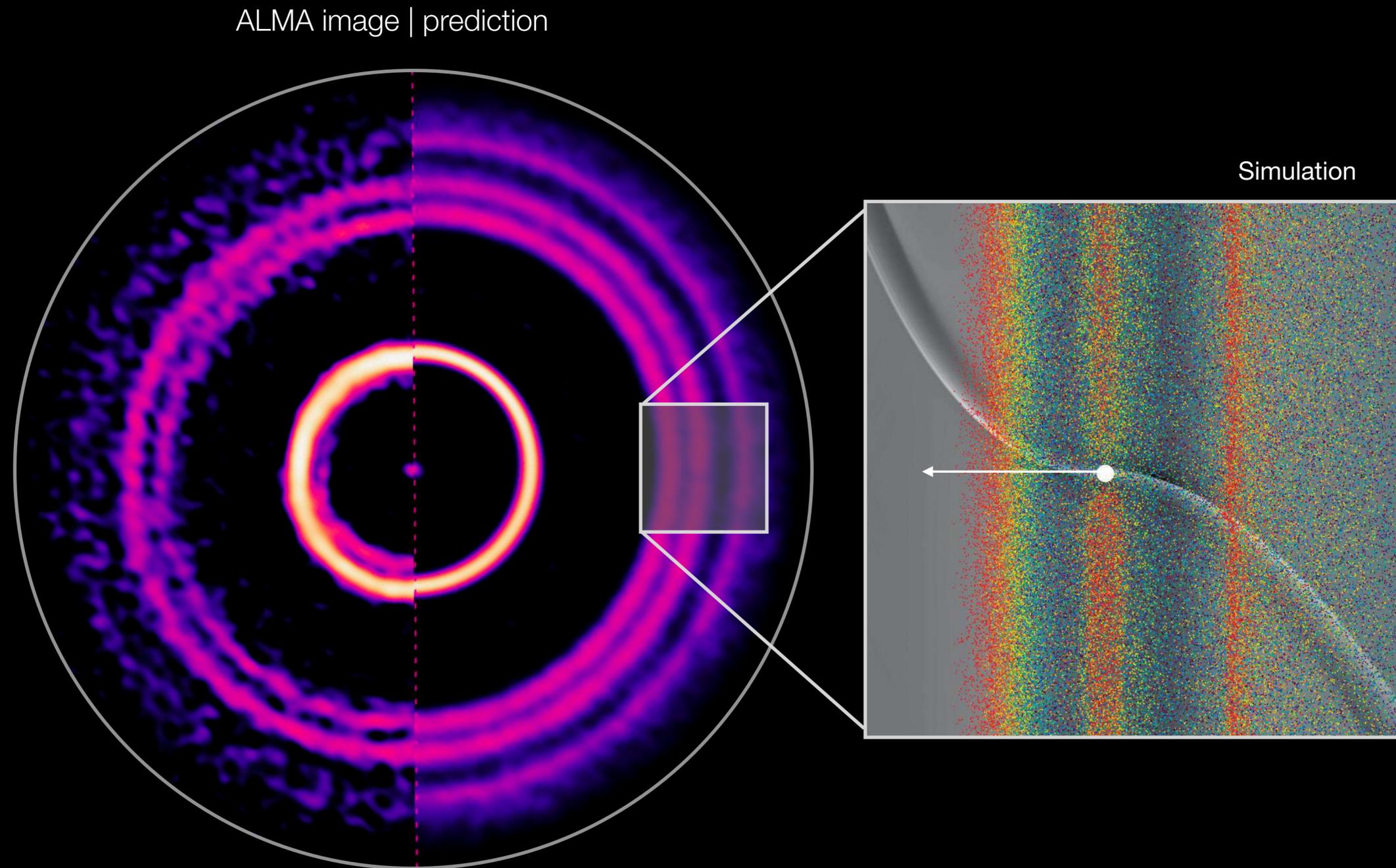
The dust and gas are perturbed by a small planet sculpting the outer regions of a disk. The fine rings are composed of dust particles which are trapped into concentric structures by pressure waves.

Adapted from Pérez et al. (2019)

2019: planetas tipo super-Tierras también pueden esculpir anillos



2019: planetas tipo super-Tierras también pueden esculpir anillos



Primera evidencia de migración del planeta.

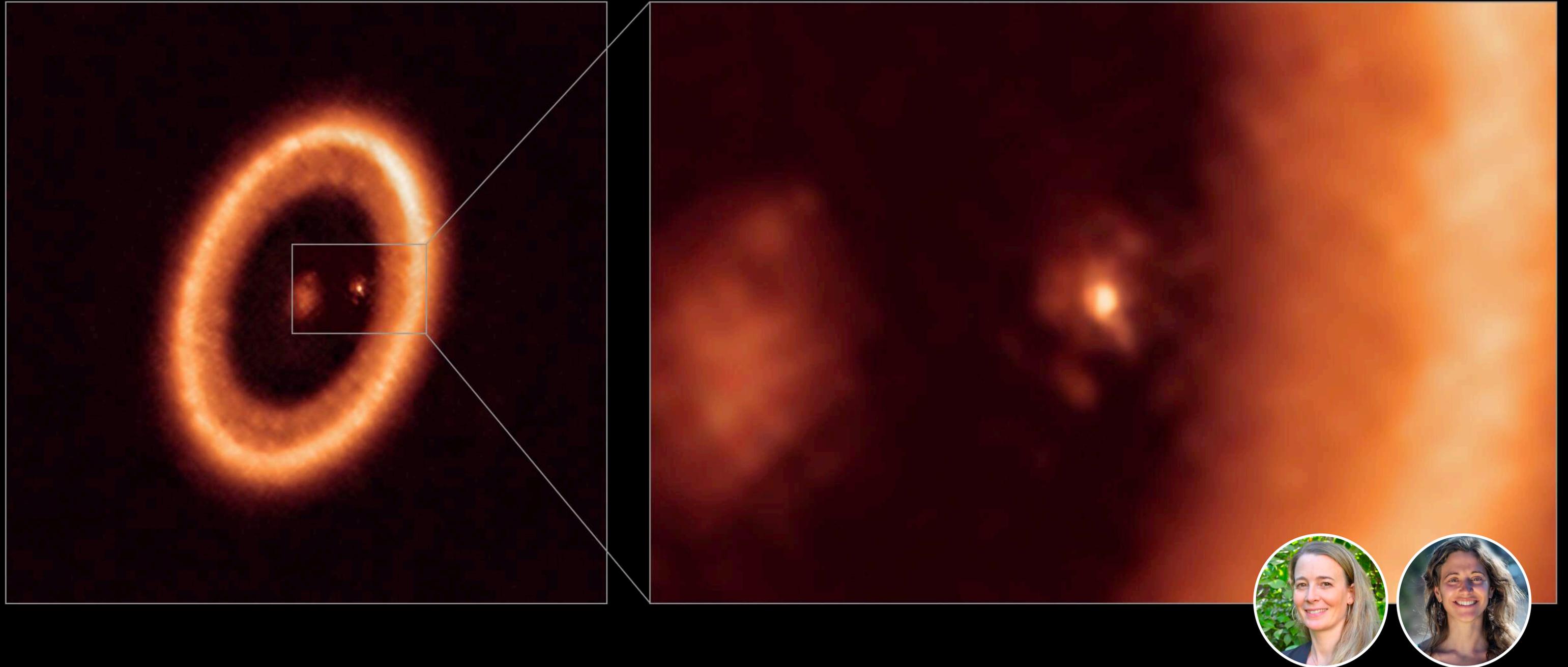
2020: Pandemia



2021

Por primera vez se detecta directamente un disco de polvo en torno a un planeta en formación!

...se estarán formando lunas en este lugar?



Benisty et al. (incluyendo a Alice Zurlo, 2021)

ESO/NRAO press release image, protoplanet has been magnified for the benefit of public outreach.

Hitos

2011: Apertura de ALMA, Ciclo 0 comienza.

2013: Primeras trampas de polvo, asimetrías y vórtices!

2014: Anillos, estructuras finas, planetas mostrándose de forma indirecta

2015: Quiebre de un paradigma: los discos protoplanetarios no tienen por qué ser planos!

2016: Los discos pueden ser inestables y colapsar debido a su propia gravedad!

2017: ?

2018: ALMA puede ser un cazador de planetas!

2019: Se pueden formar super-Tierras lejos de la estrella, y luego migran!

2020: Pandemia.

2021: Primer disco de polvo (que podría formar lunas) en torno a un planeta en formación.

Pregunta para reflexionar:

¿Por qué el cielo nocturno es oscuro?