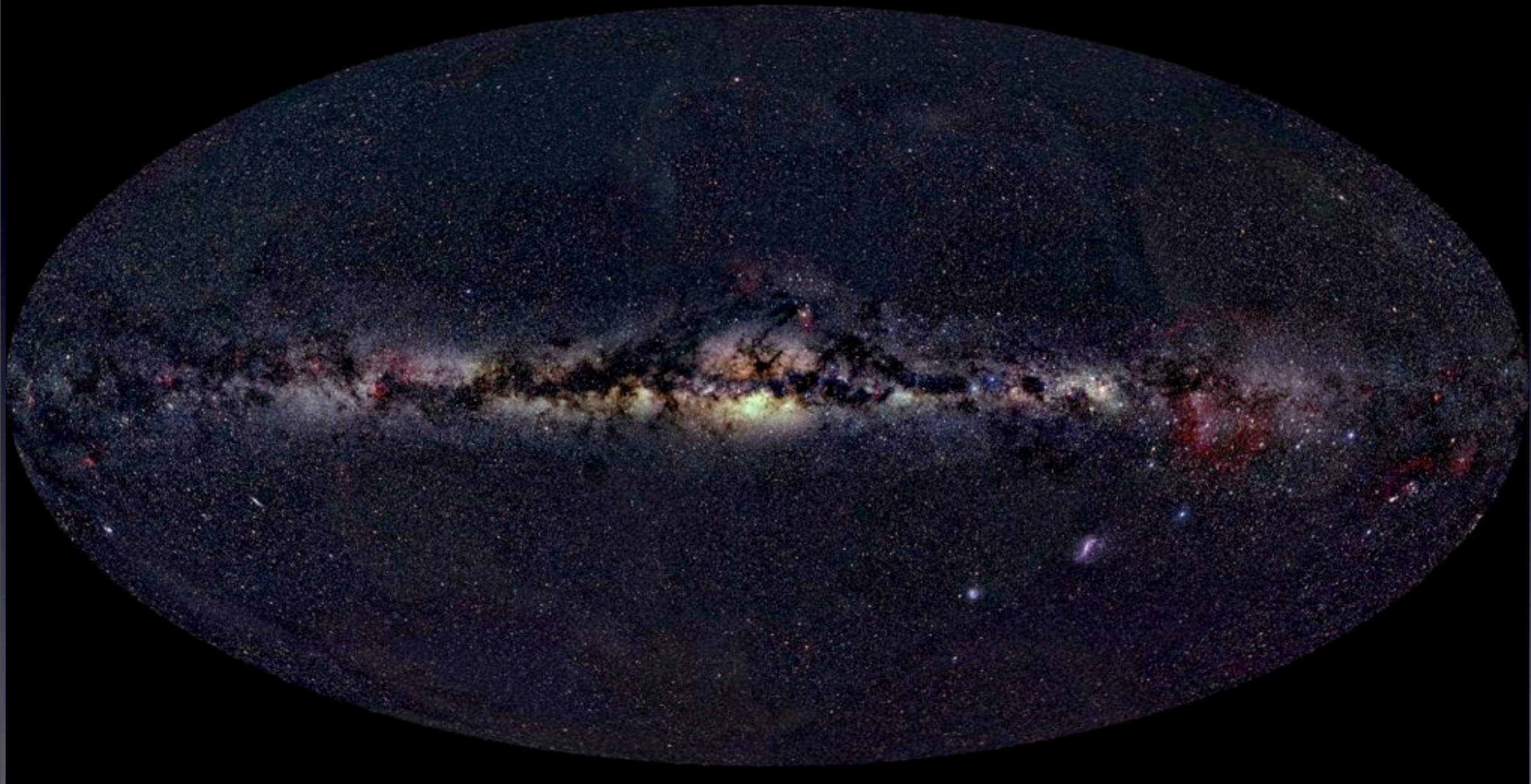


El cielo variable: una nueva ventana al Universo y el desarrollo de la astronomía en México

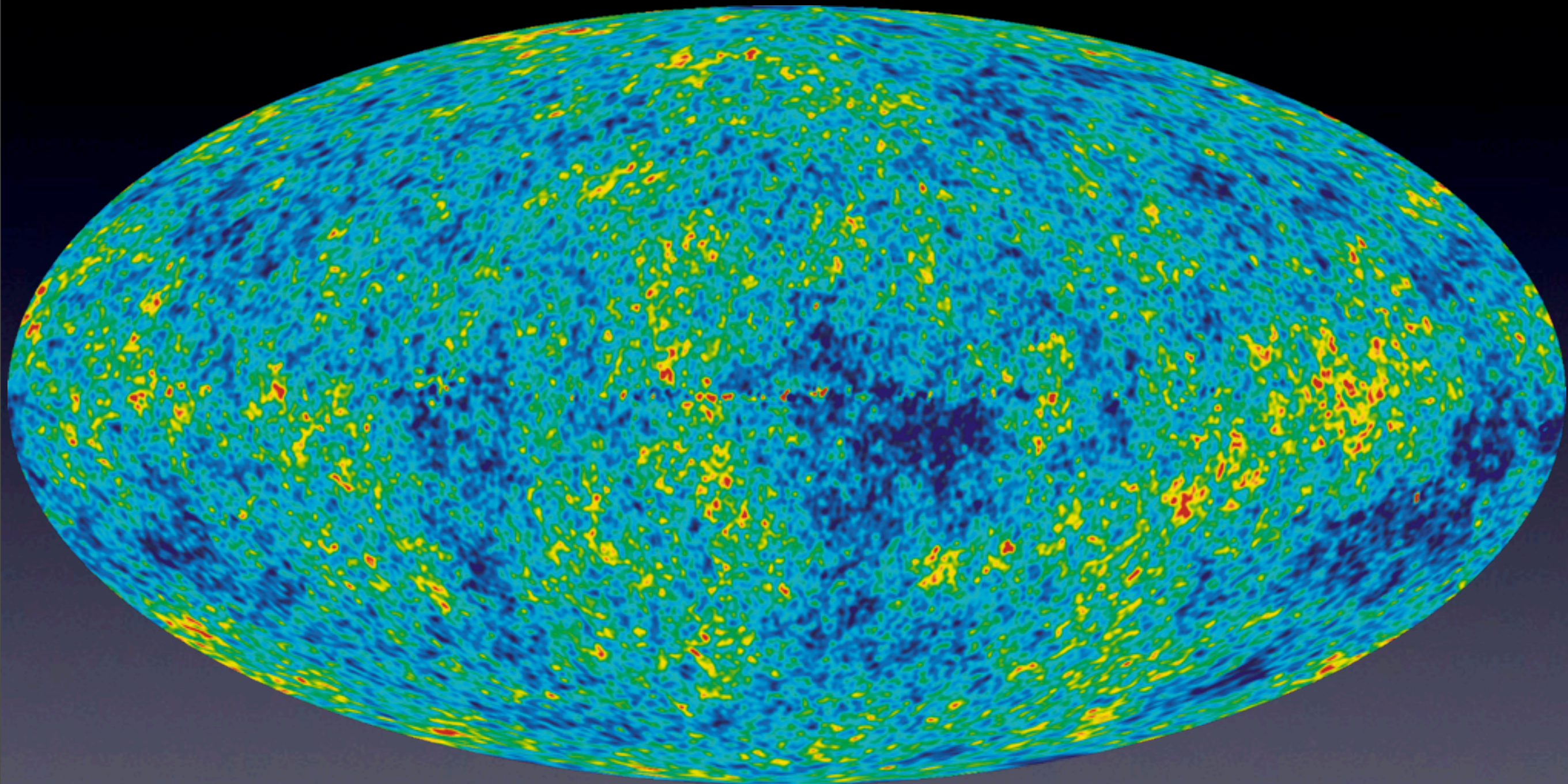
William Lee
Instituto de Astronomía, UNAM

CIE, 18 Mayo 2012

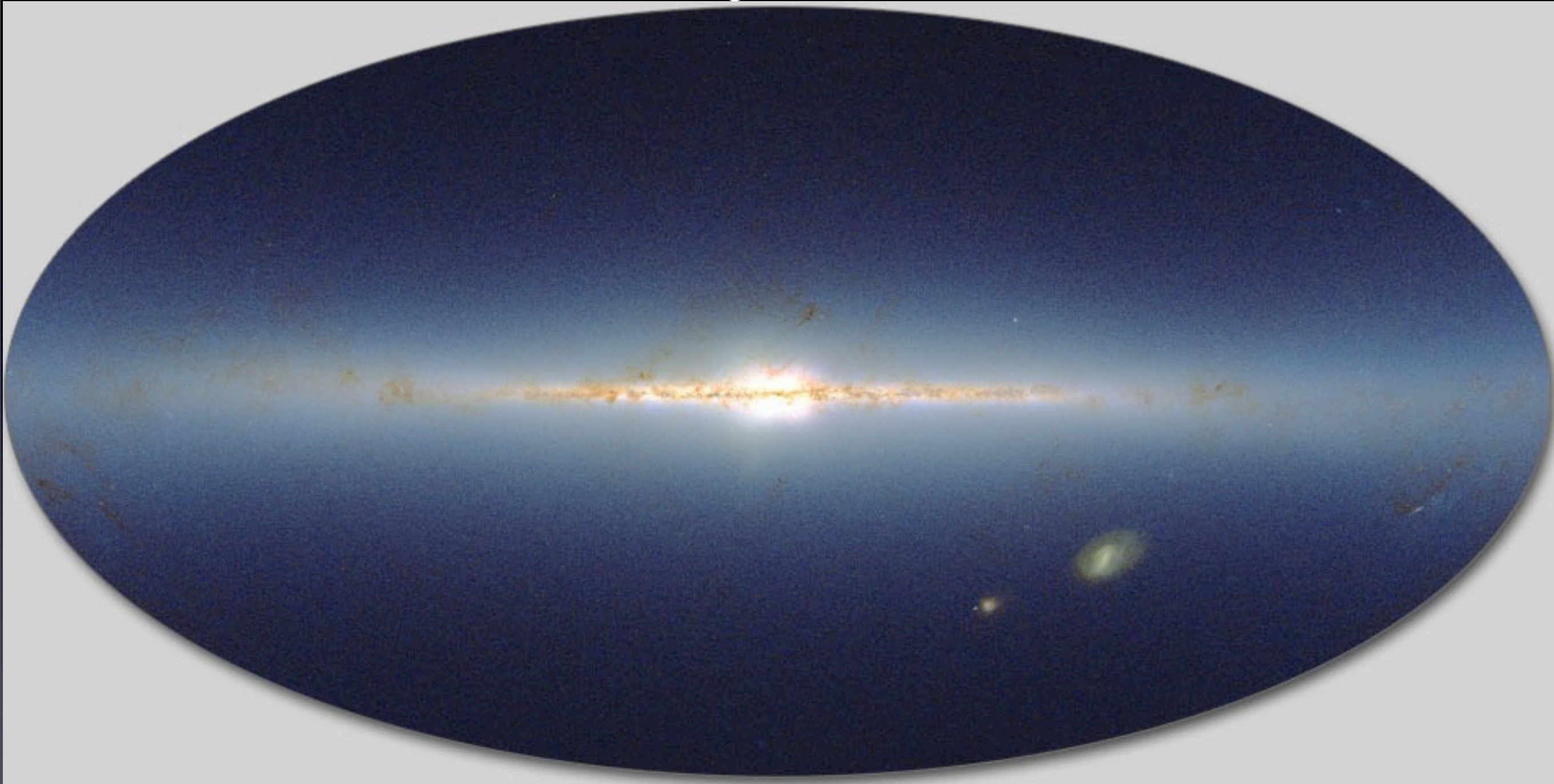
Visible



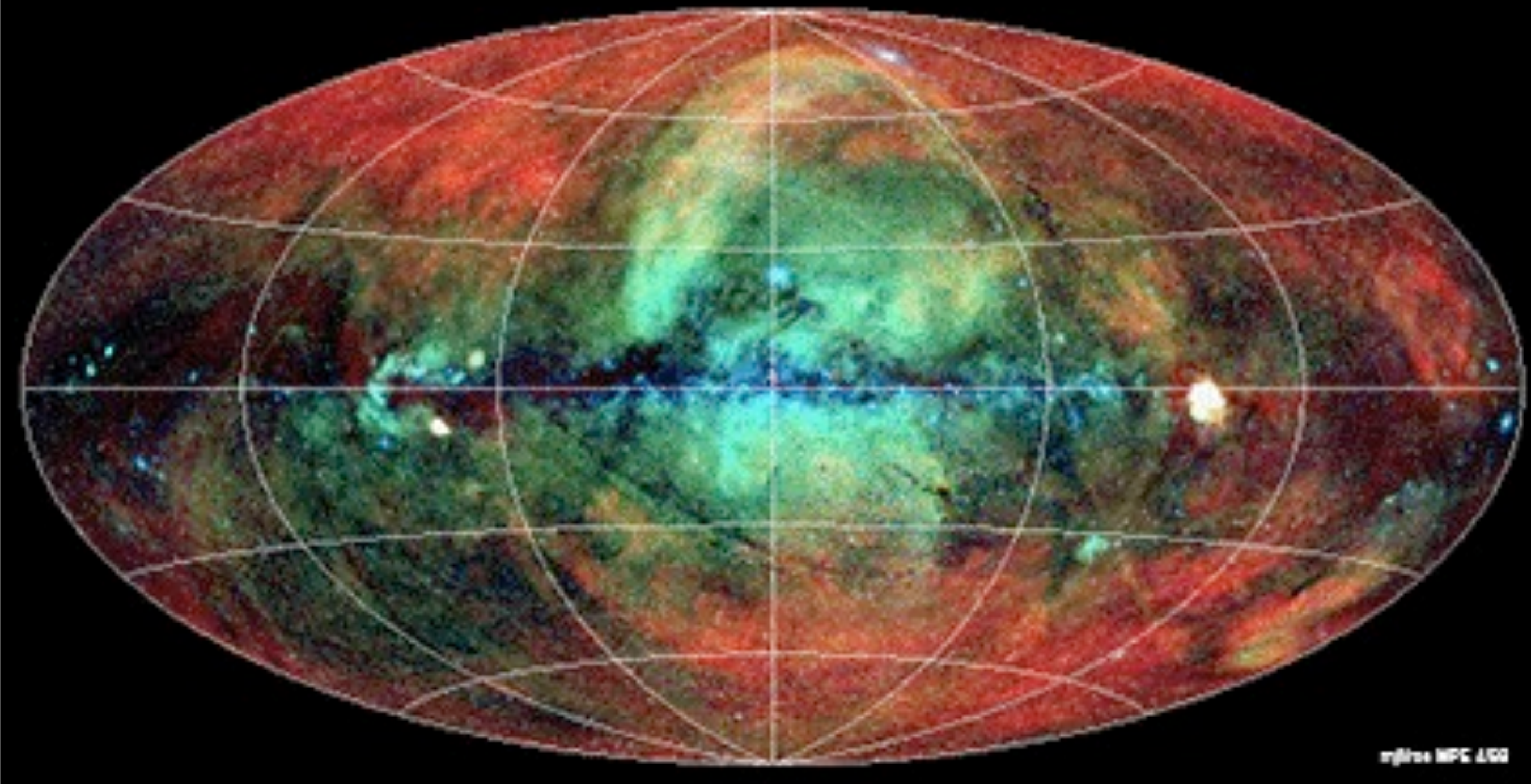
Microondas (WMAP)



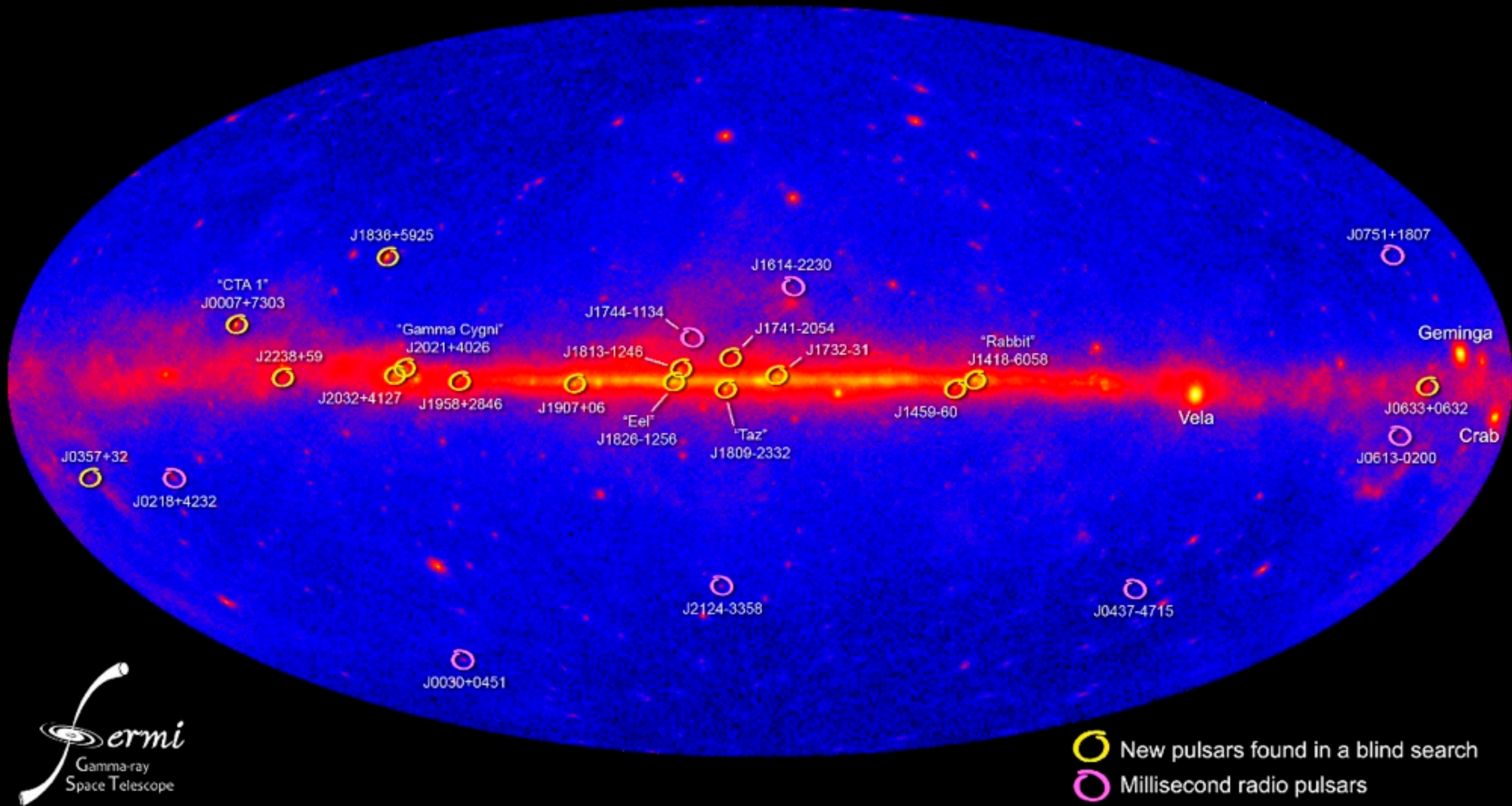
Infrarojo (2MASS)



Rayos X (Rosat)

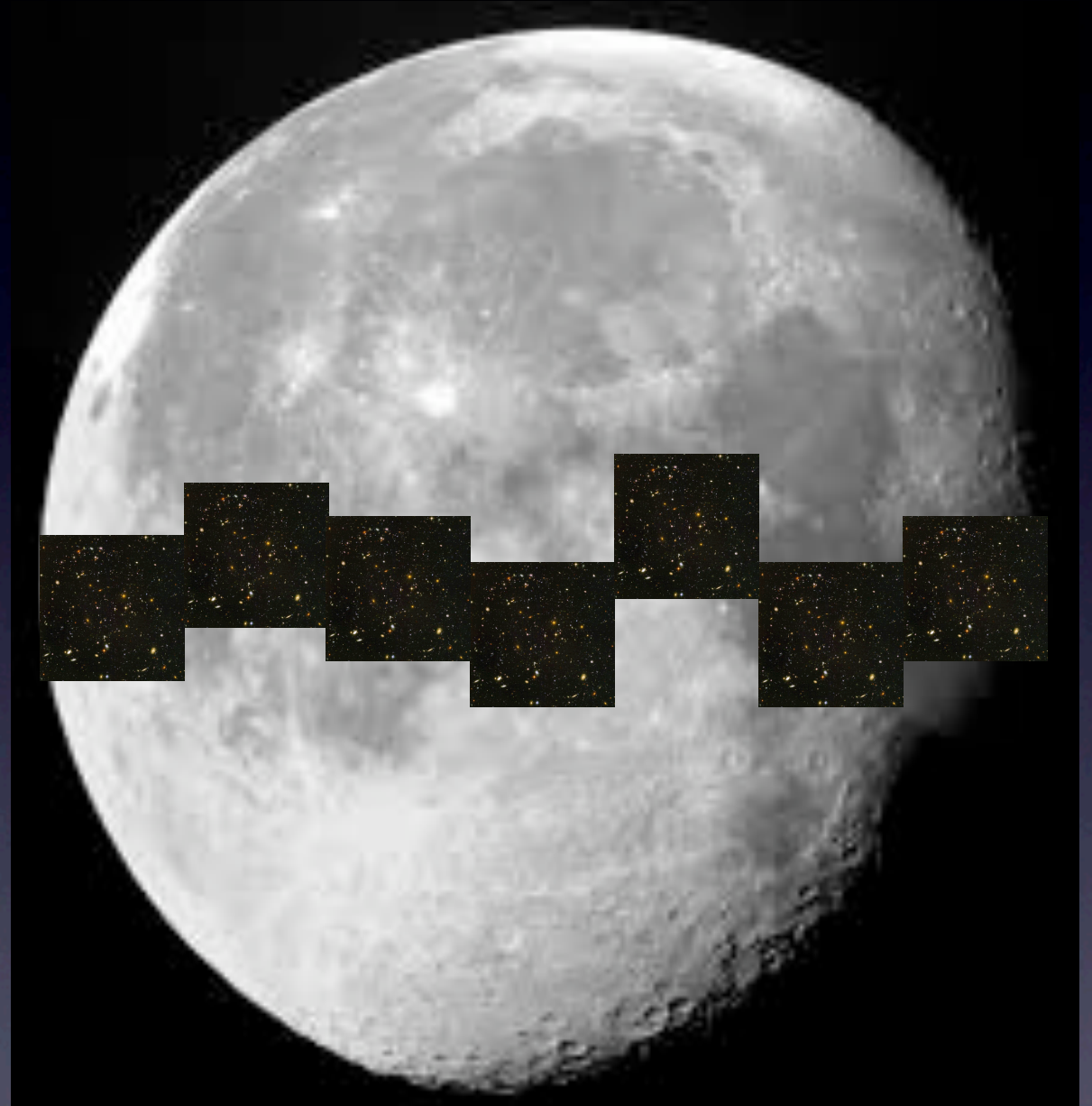
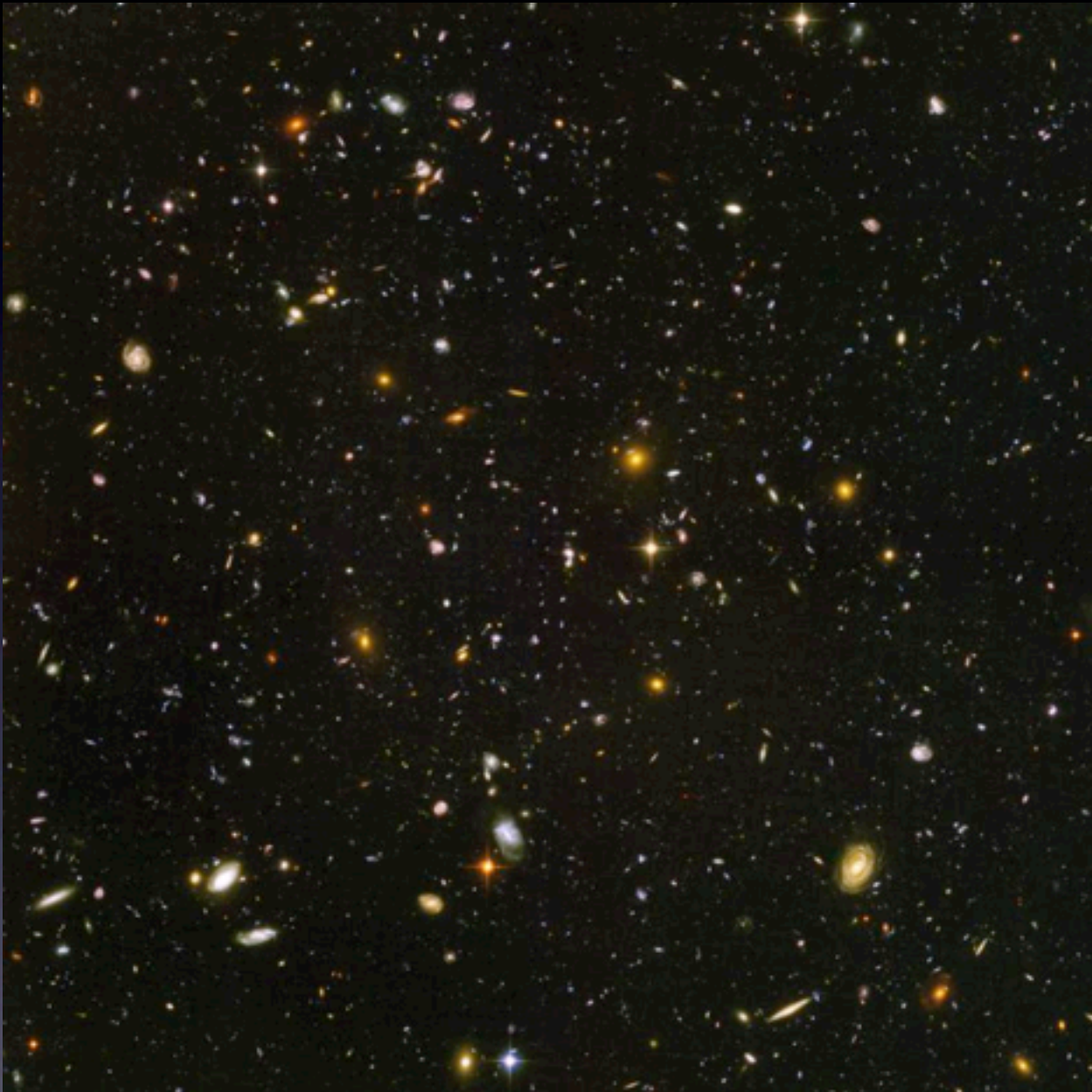


Rayos Gamma (Fermi)



Profundidad vs. cobertura

Hubble Ultra Deep Field ~4'



El Sloan Digital Sky Survey-SDSS

- Telescopio dedicado de 2.5m
- Estudio multi-color en el visible
- Monitoreo repetido de 1/4 del cielo
- Imagen y espectroscopía

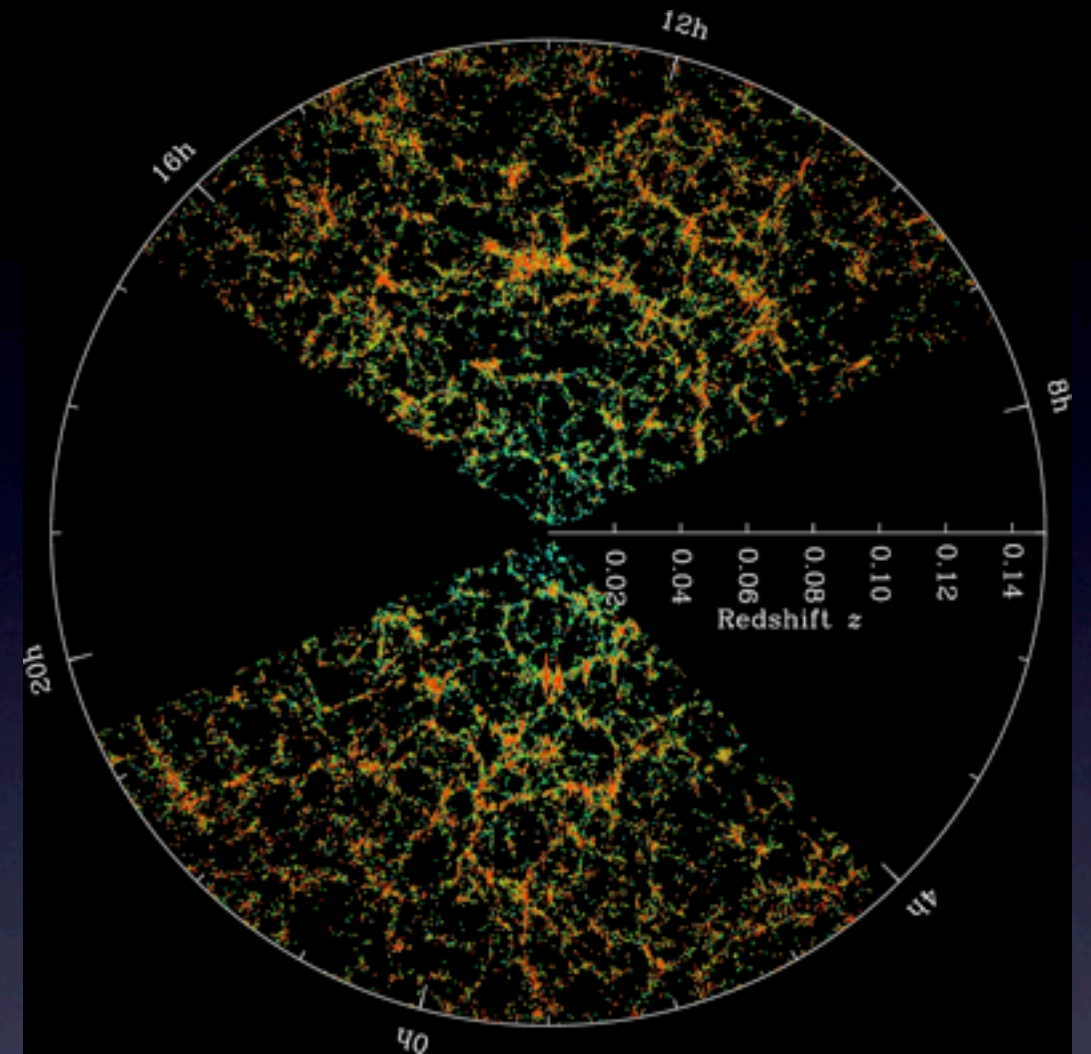
El Sloan Digital Sky Survey-SDSS

- Telescopio dedicado de 2.5m
- Estudio multi-color en el visible
- Monitoreo repetido de 1/4 del cielo
- Imagen y espectroscopía



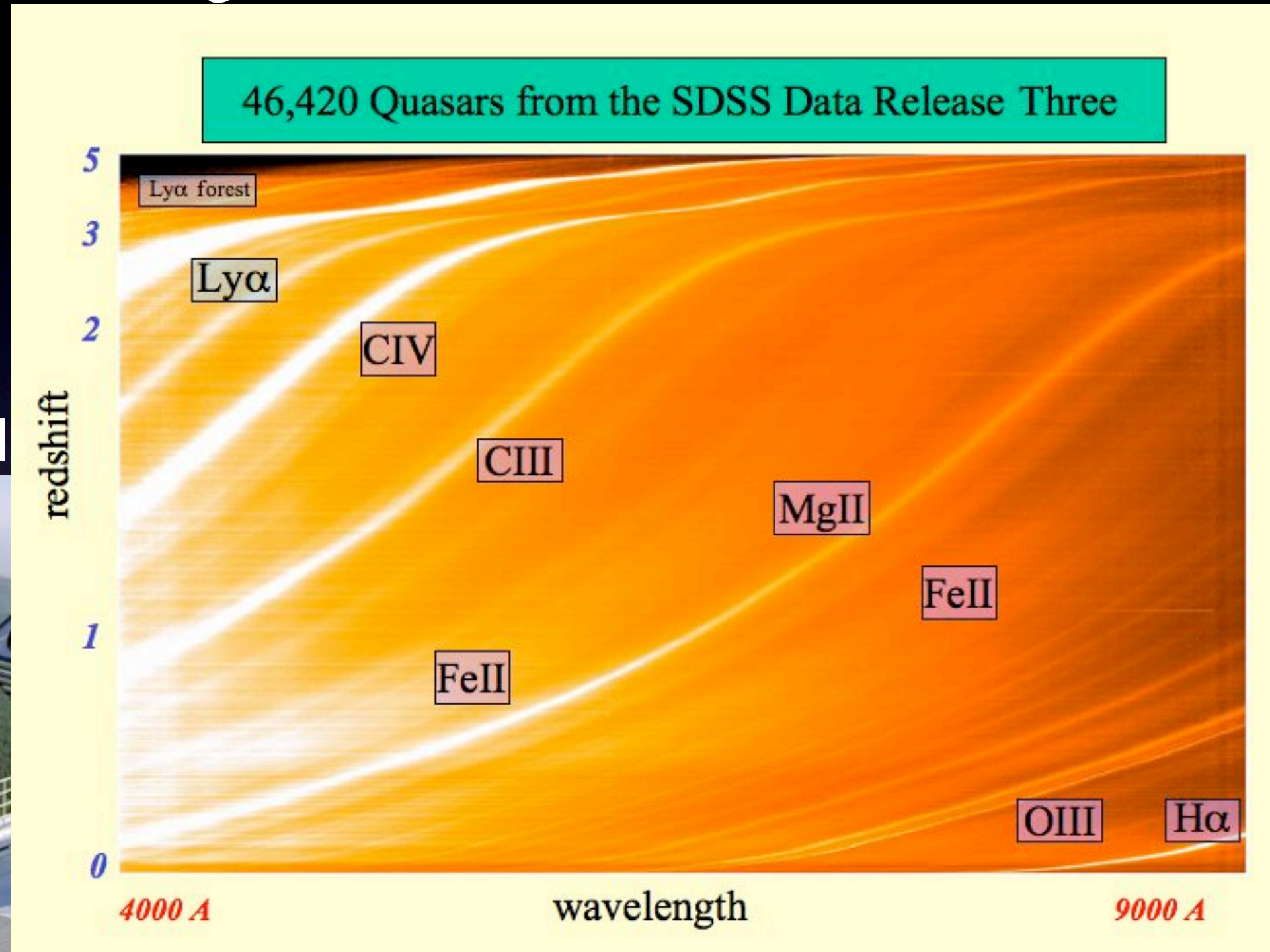
El Sloan Digital Sky Survey-SDSS

- Telescopio dedicado de 2.5m
- Estudio multi-color en el visible
- Monitoreo repetido de 1/4 del cielo
- Imagen y espectroscopía

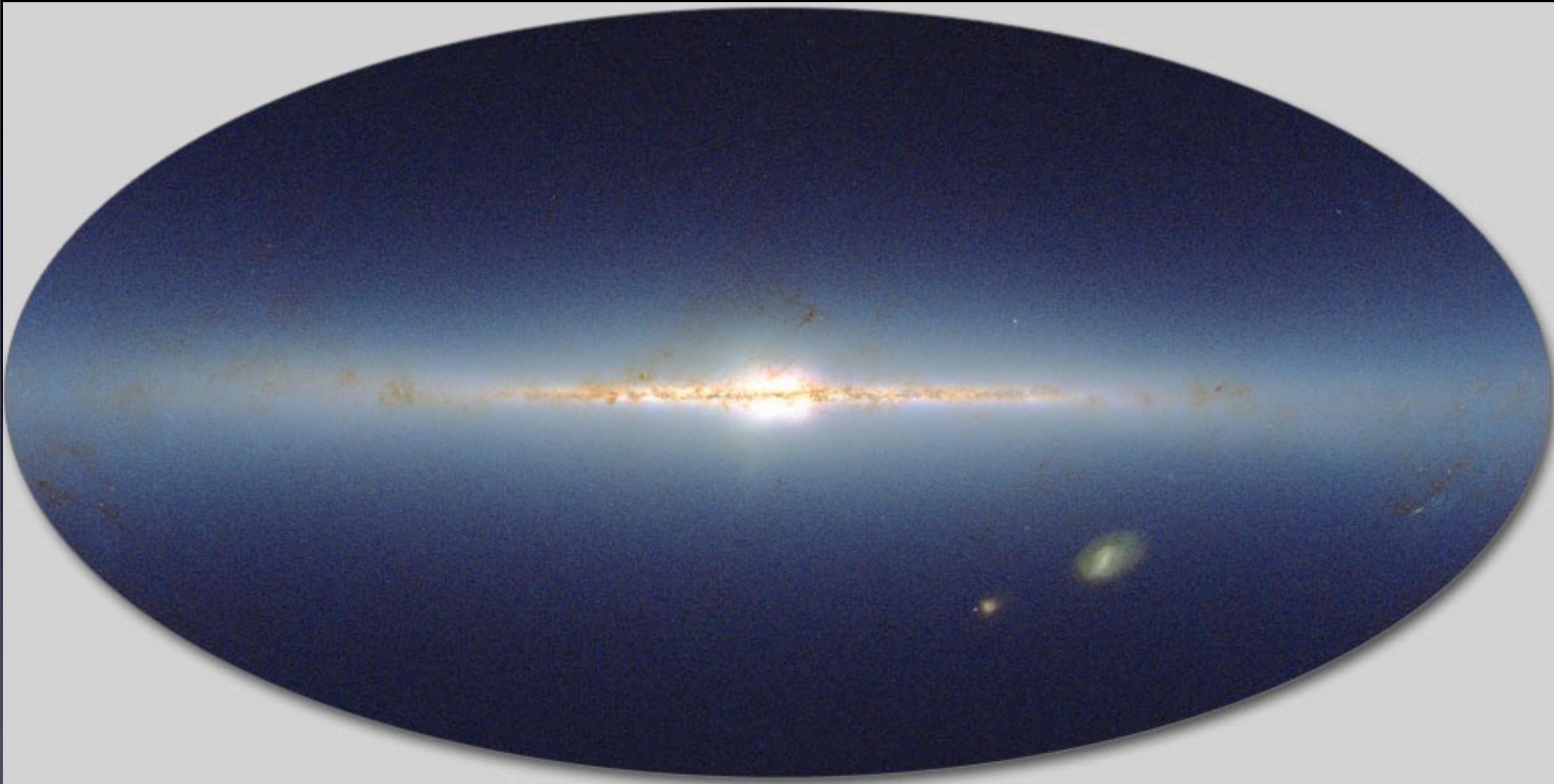


El Sloan Digital Sky Survey-SDSS

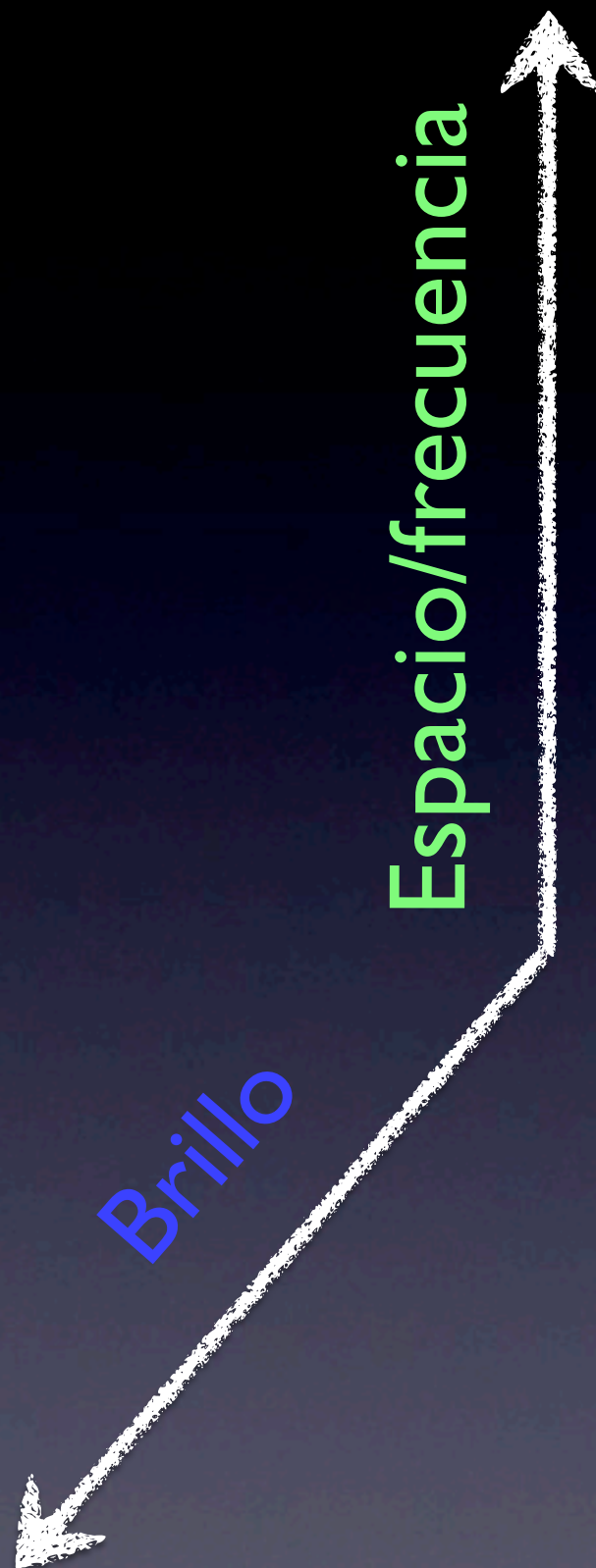
- Telescopio dedicado de 2.5m
- Estudio multi-color en el visible
- Monitoreo repetido de 1/4 del cielo
- Imagen y espectroscopía

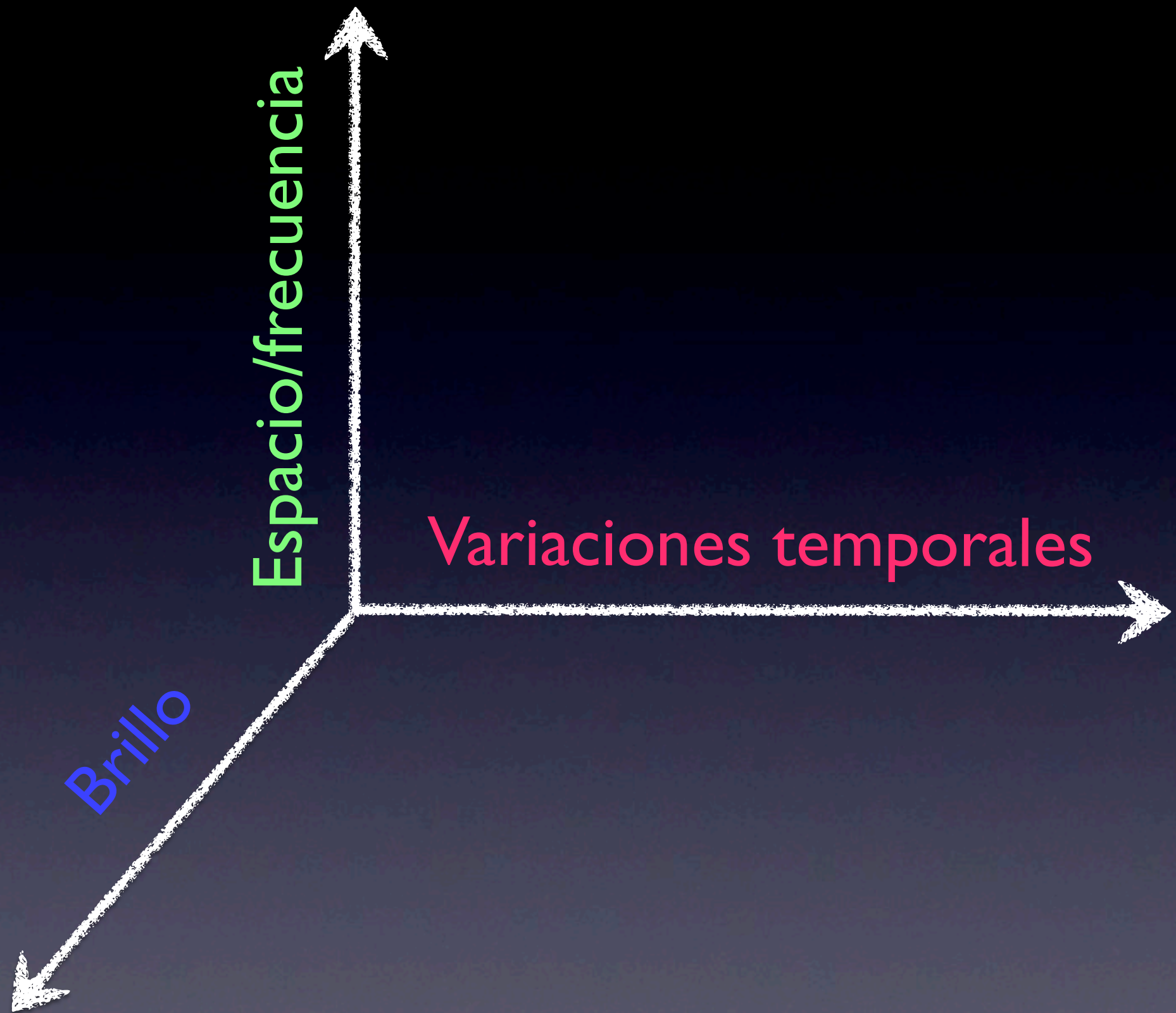


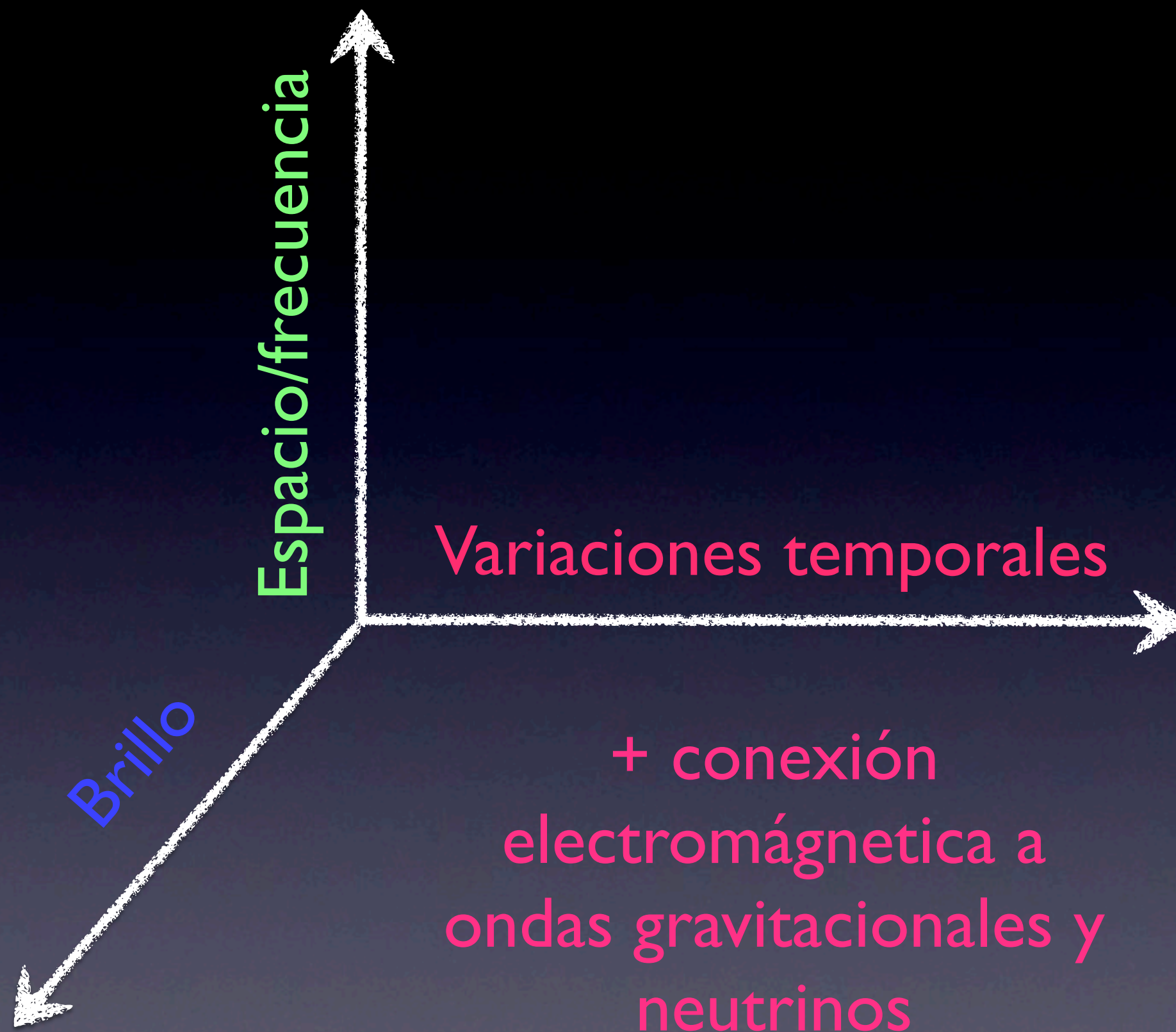
Infrarojo (2MASS)



Cada punto en el cielo visto una vez, por 8s, con un telescopio de 1m, en 3 bandas en el infrarrojo.





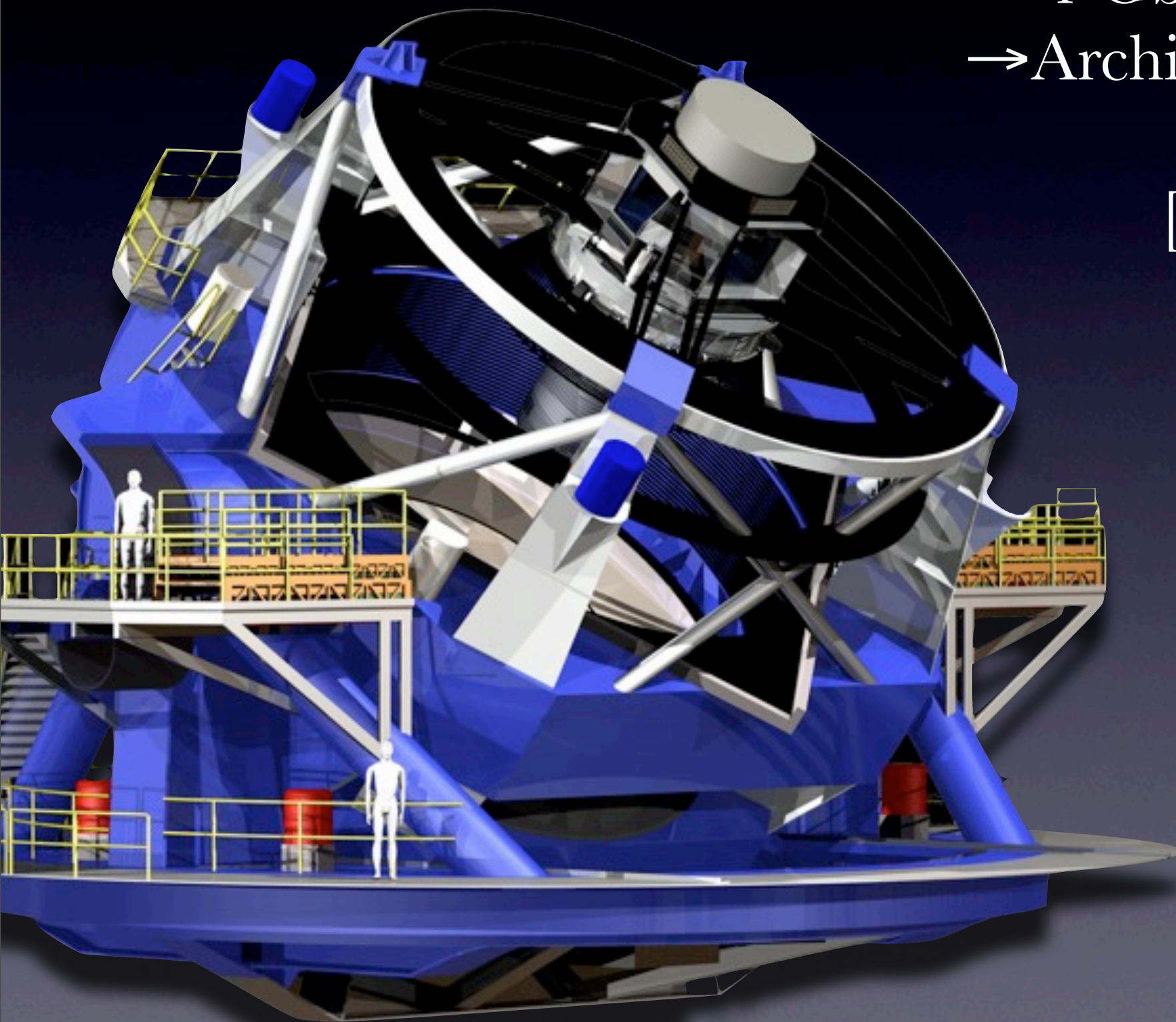


Large Synoptic Survey Telescope (LSST):

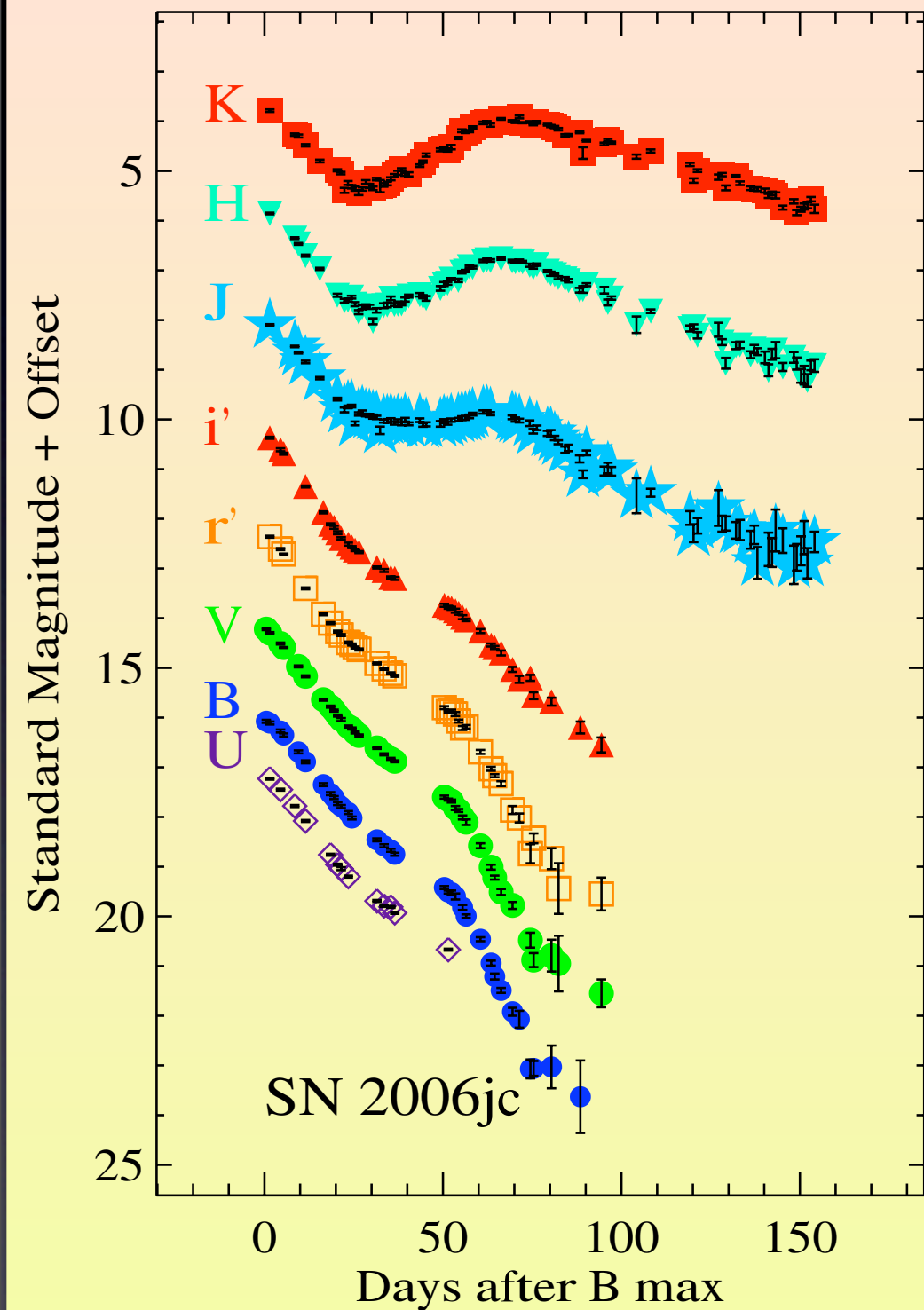
1 Gb cada 2 segundos

→ Archivo de imágenes de 3
Petabytes
[2019 - 2029]

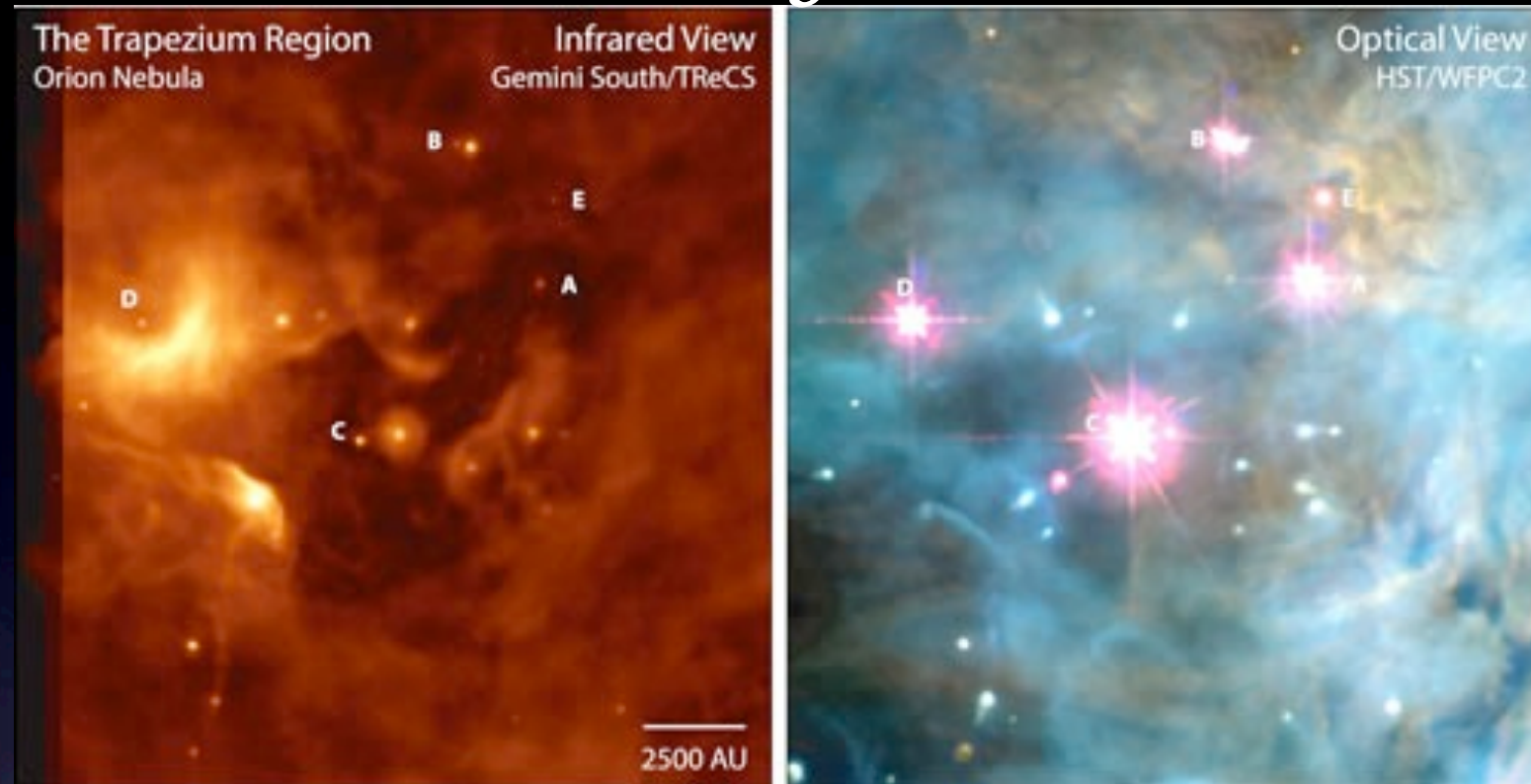
Requiere analizar
curvas de luz de 800
millones de fuentes
cada 3 días. Hay que
darles seguimiento



¿Porqué es útil el infrarrojo?



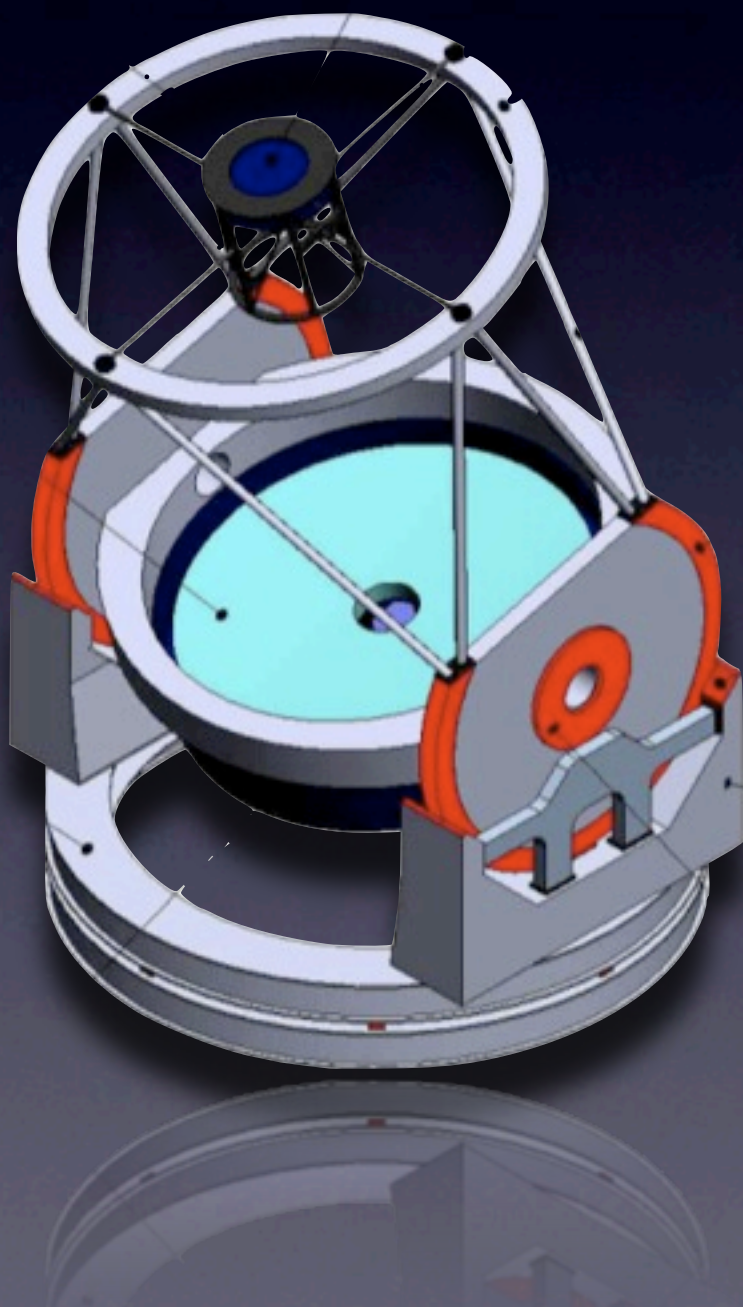
Modjaz et al. 08



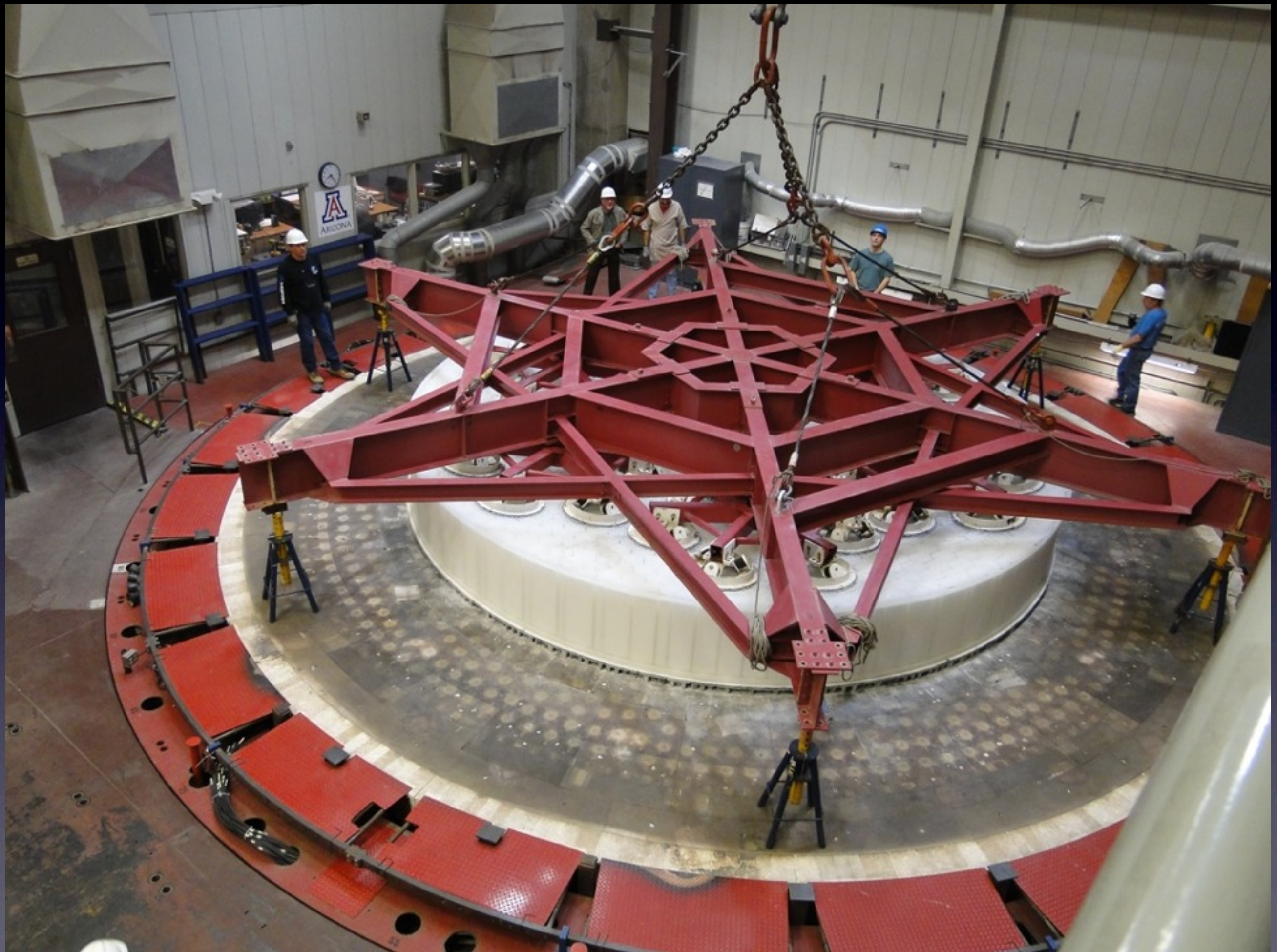
Penetra el polvo

Una gran parte de la energía suele ser emitida en el infrarrojo

Un proyecto para estudiar el cielo variable con un telescopio de campo amplio (SPMT)

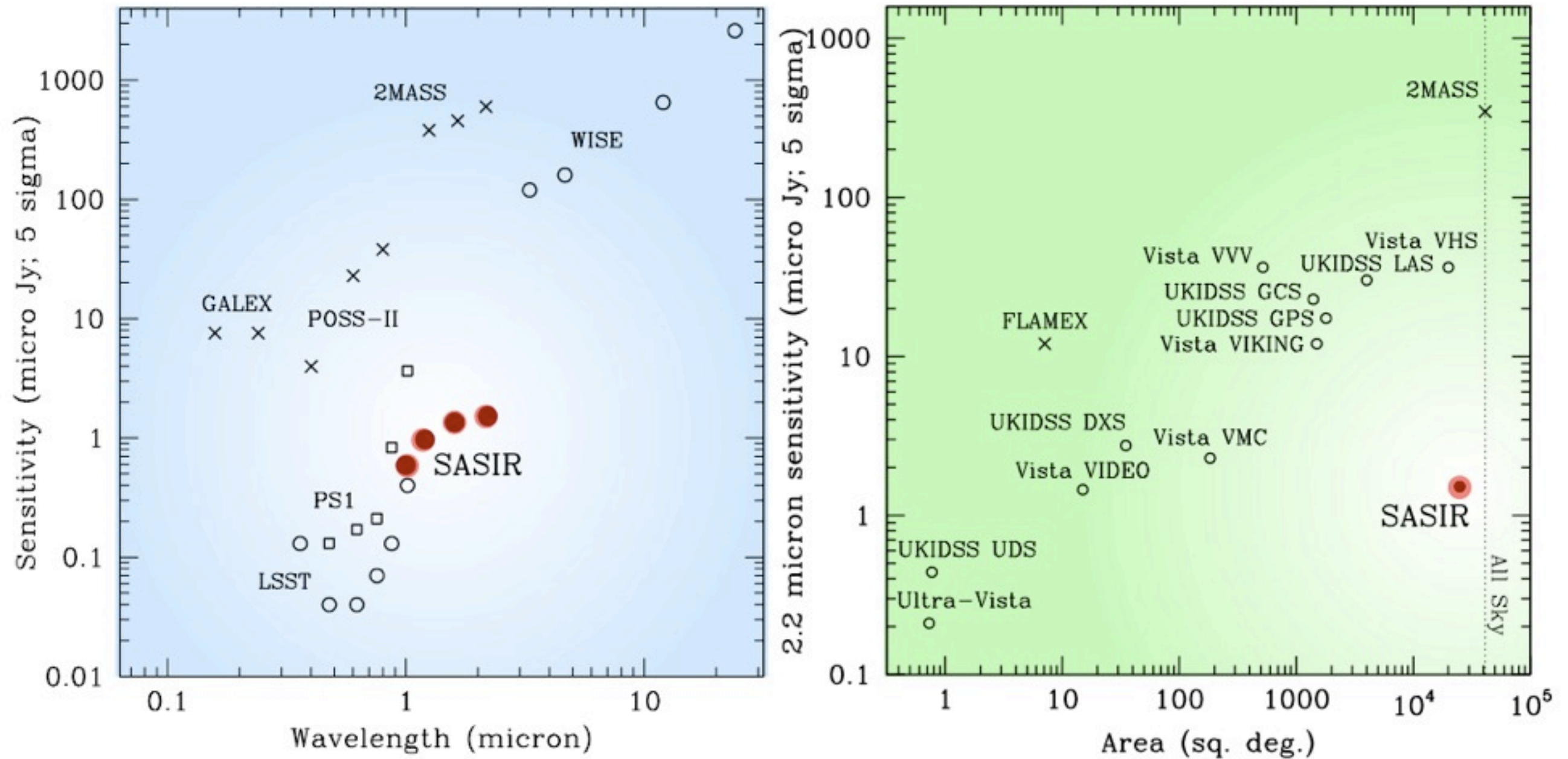


- Telescopio de 6.5m
- 4 colores simultáneos
- Cámara de 0.5Gpx
- Campo de ~ 1 grado
- Cobertura repetida del cielo en ~ 3 meses
- Censo total en ~ 4 años
- ~ 1 TB/noche de datos
- Sitio: San Pedro Mártir, B.C.
- Diseño inspirado en los telescopios Magallanes en Chile



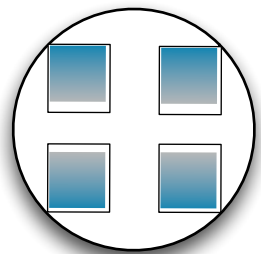
Friday, May 18, 2012

Sensibilidad

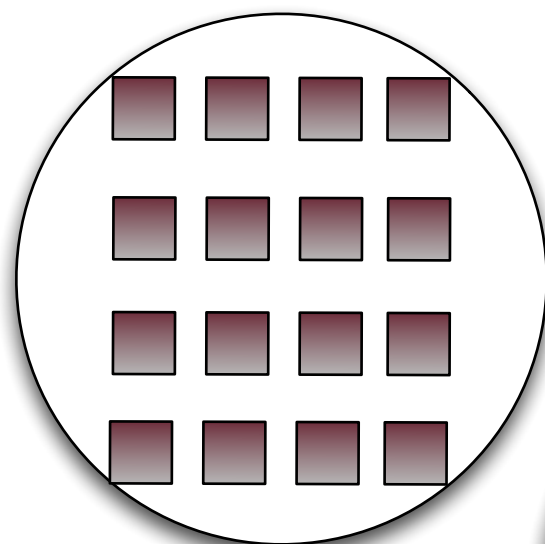


Extensión-color

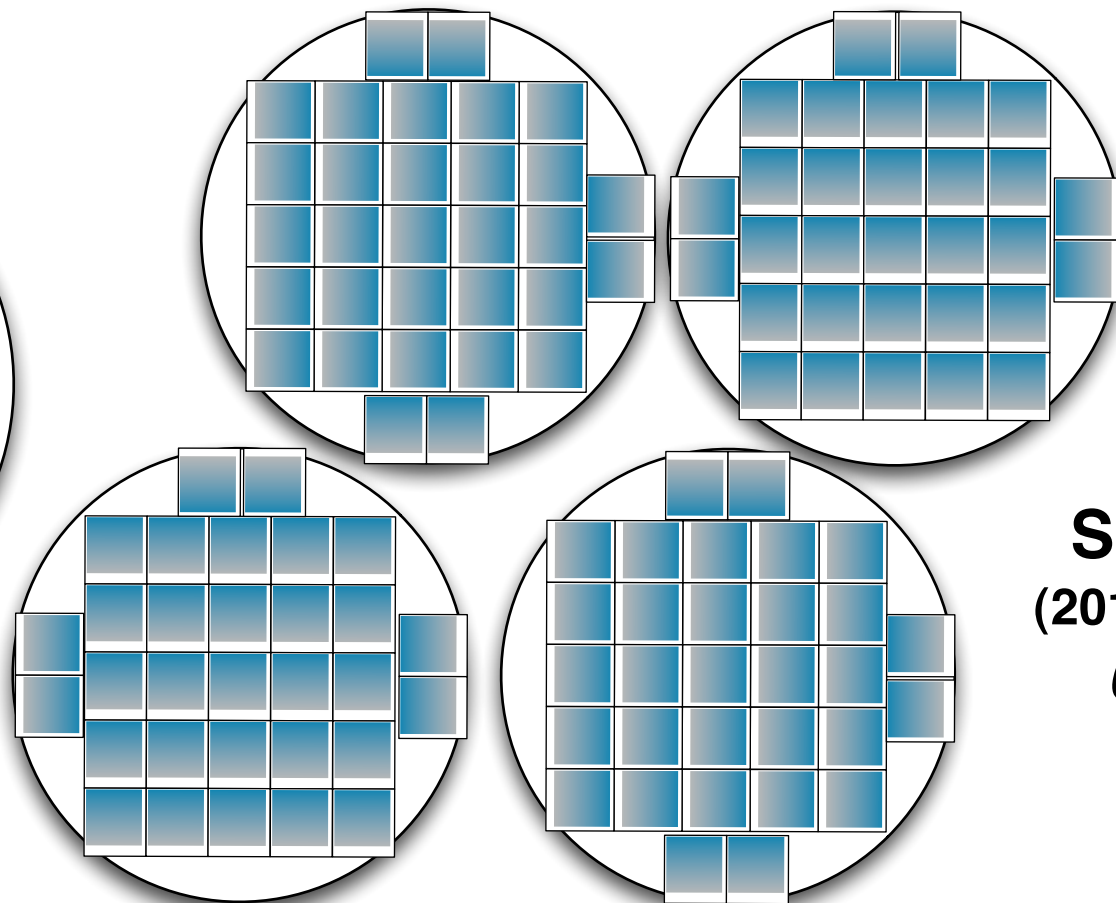
■ ■ ■
2MASS
(1997-2001)
0.054



UKIDSS
(2004-2009)
2.33



VISTA
(2009-2015?)
6.4



SASIR
(2017-2020)
65.5

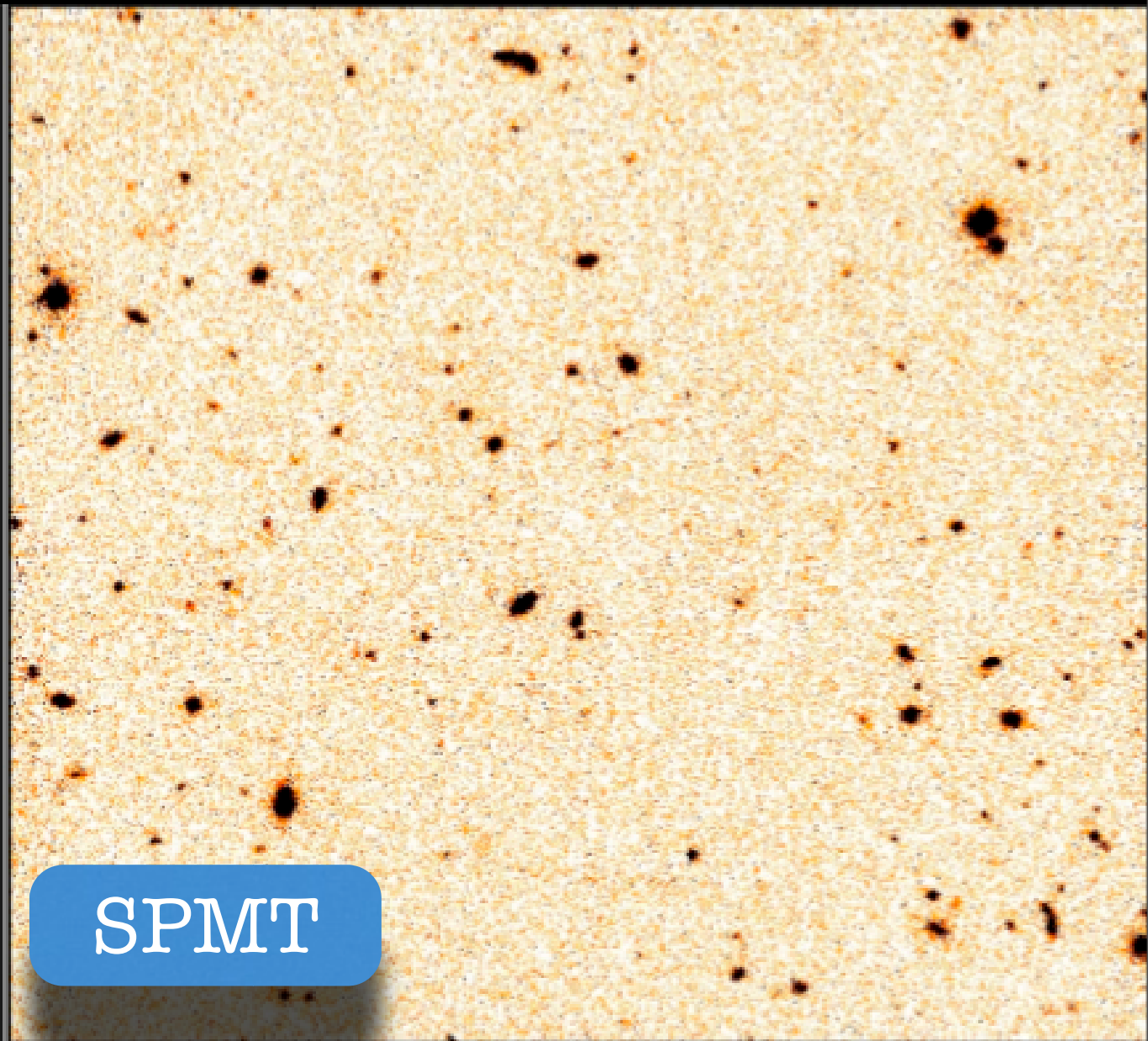
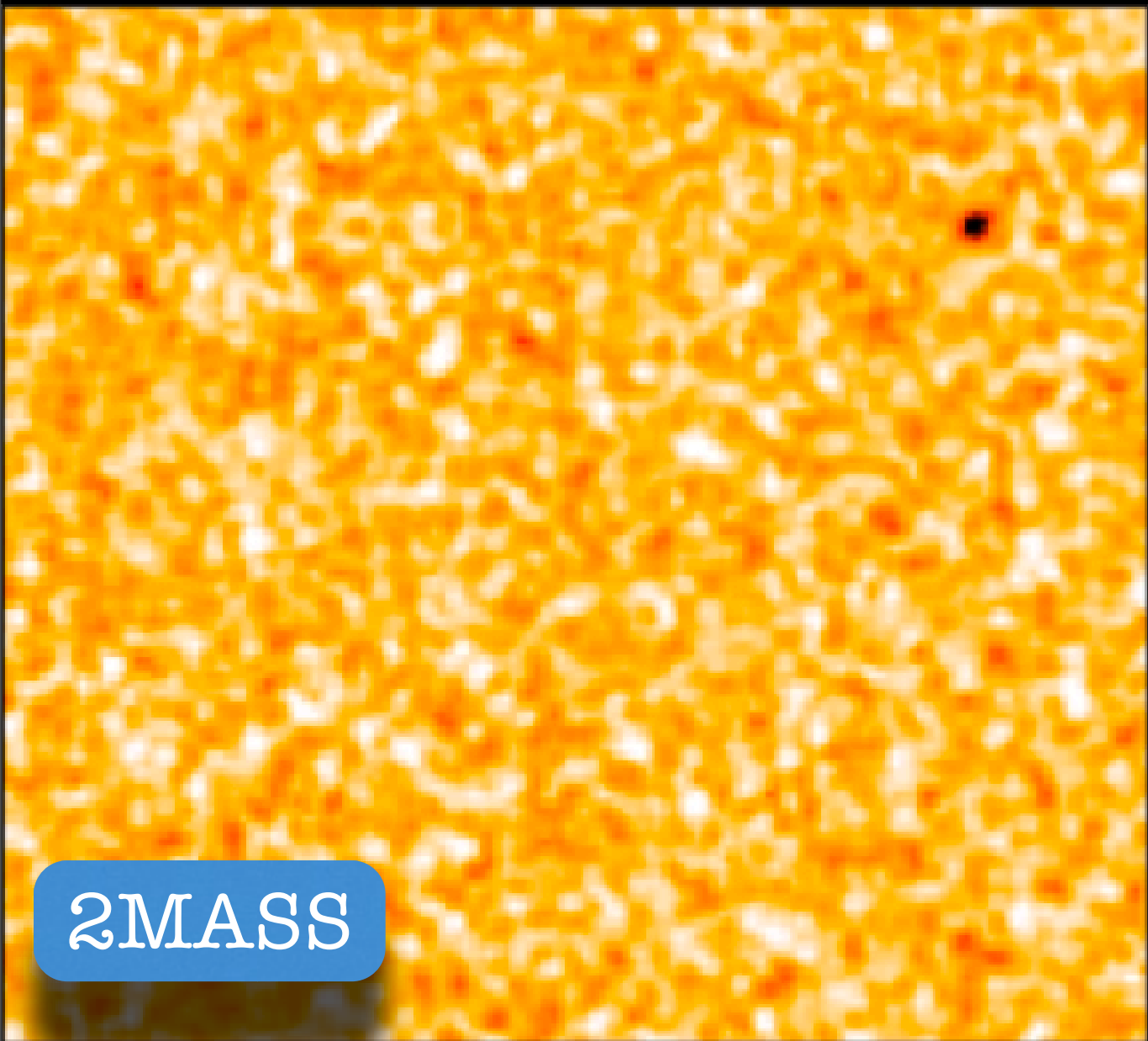
Bandas x apertura x campo de visión

Imágenes en banda K

2MASS

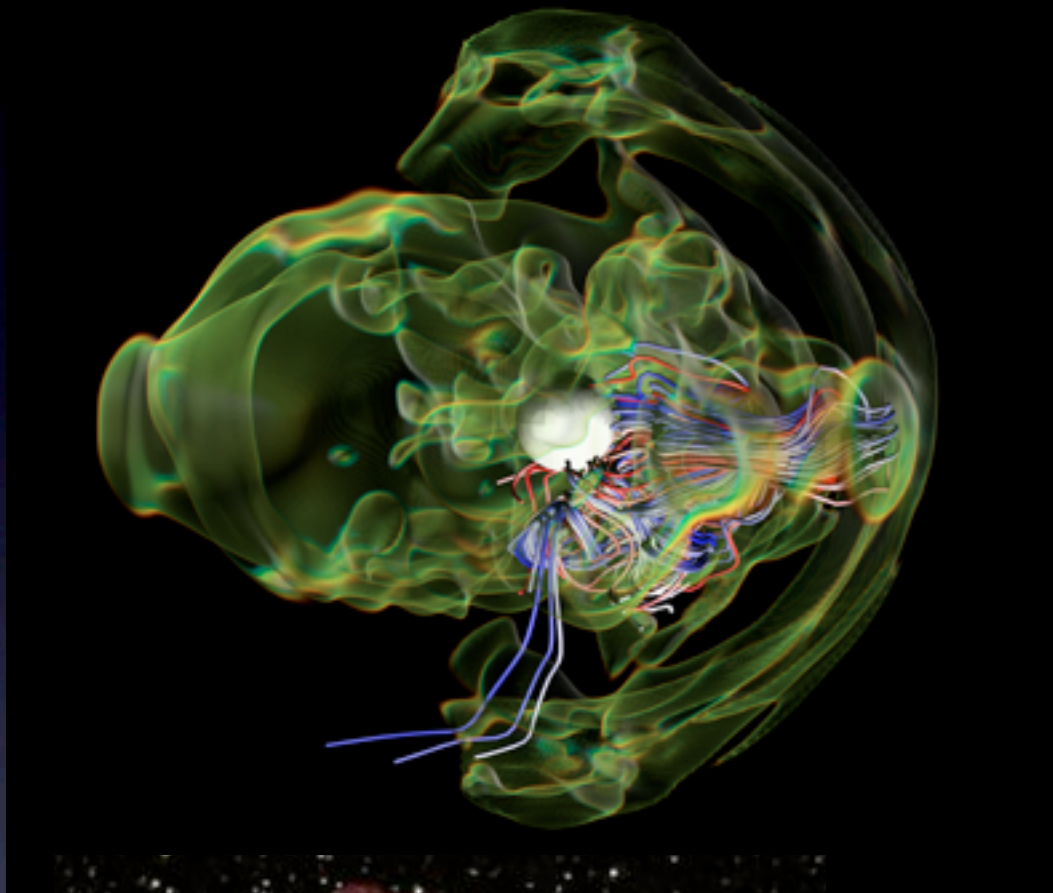
SPMT

Imágenes en banda K

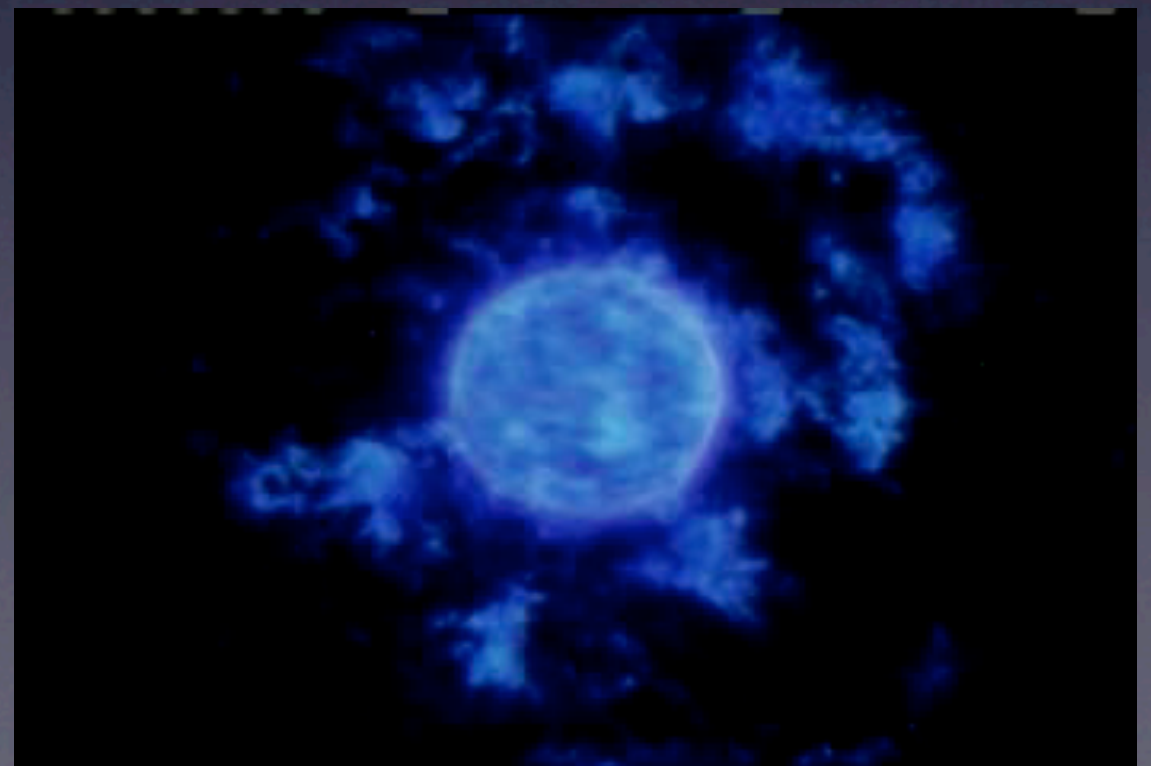
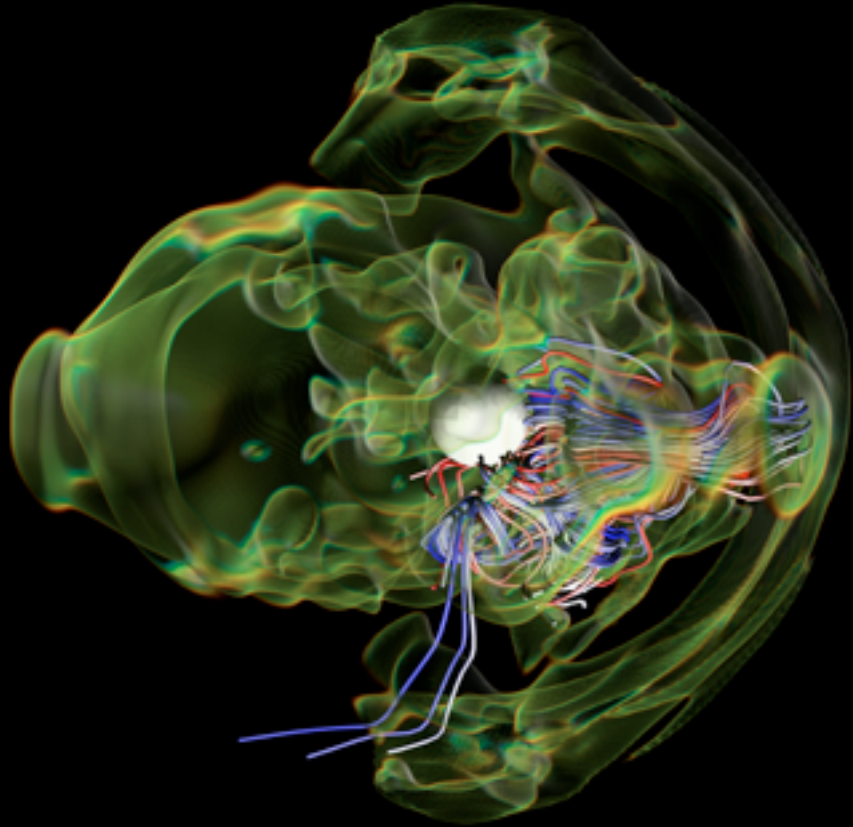


El cielo estático

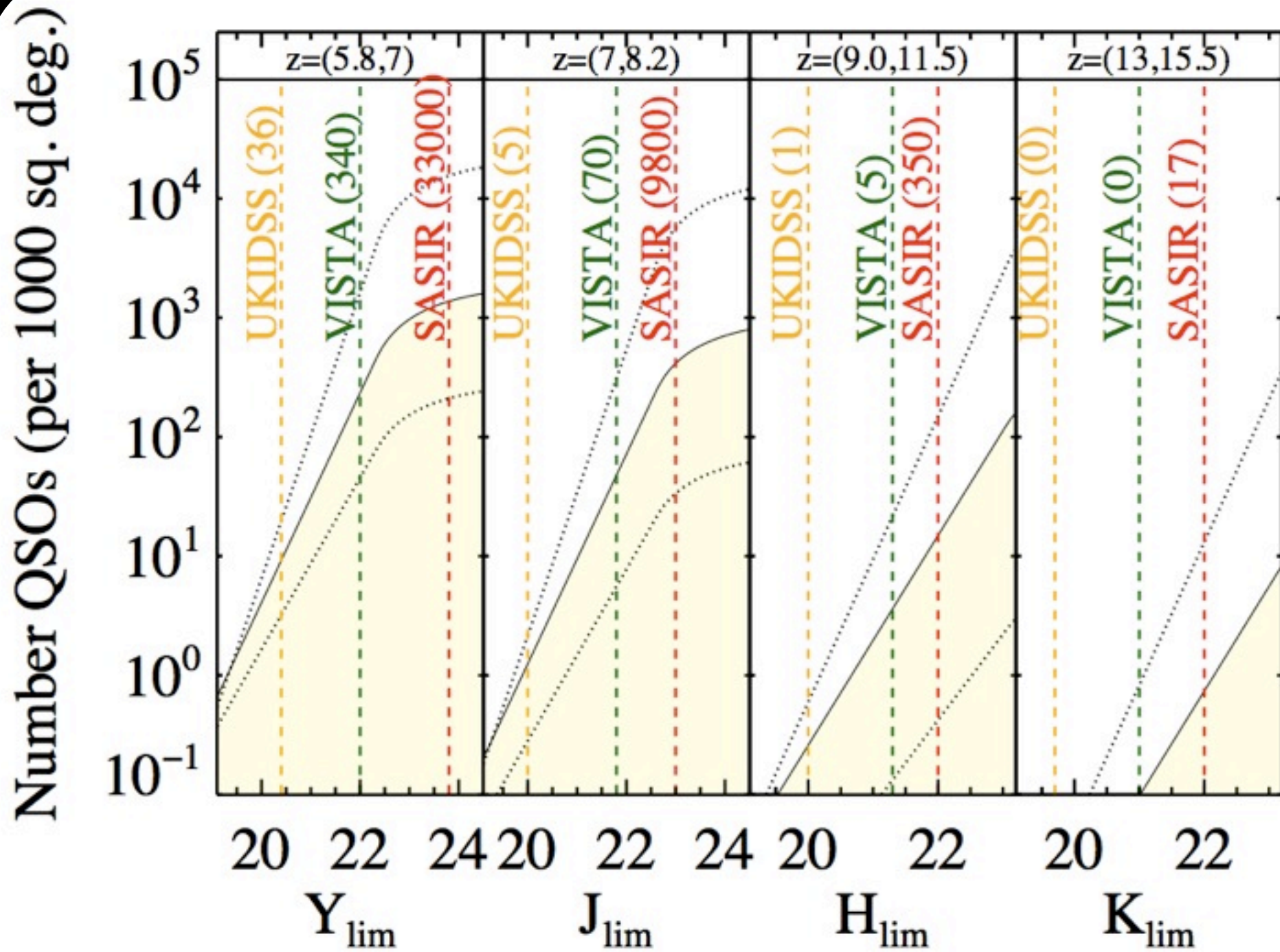
Los agujeros negros se forman por el colapso de estrellas masivas a su muerte



Los agujeros negros se forman por el colapso de estrellas masivas a su muerte



Cuásares distantes



X Prochaska

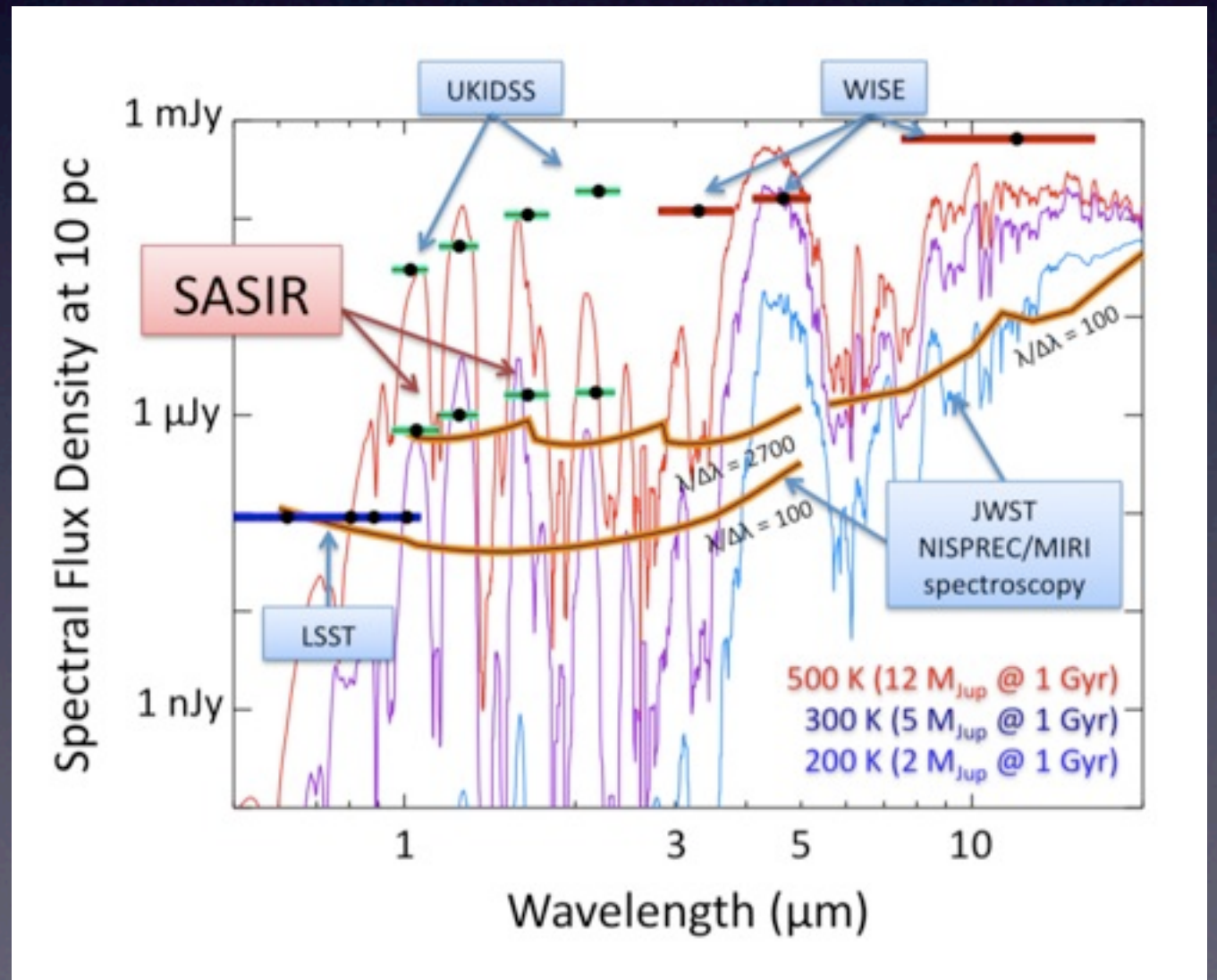
Vecinos fríos

Las enanas café (no queman Hidrógeno pero si Deuterio) son importantes porque:

- Representan una fracción importante de la población de objetos
- Son análogos a planetas gigantes, y mas faciles de estudiar
- La forma de la Función Inicial de Masa en el regimen subestelar pone restricciones sobre la formación de estrellas de baja masa y planetas.

Con el SPMT se podría proporcionar:

- Un catálogo completo en volumen de enanas L, T, y una muestra grande de enanas Y
- Posiblemente planetas libres



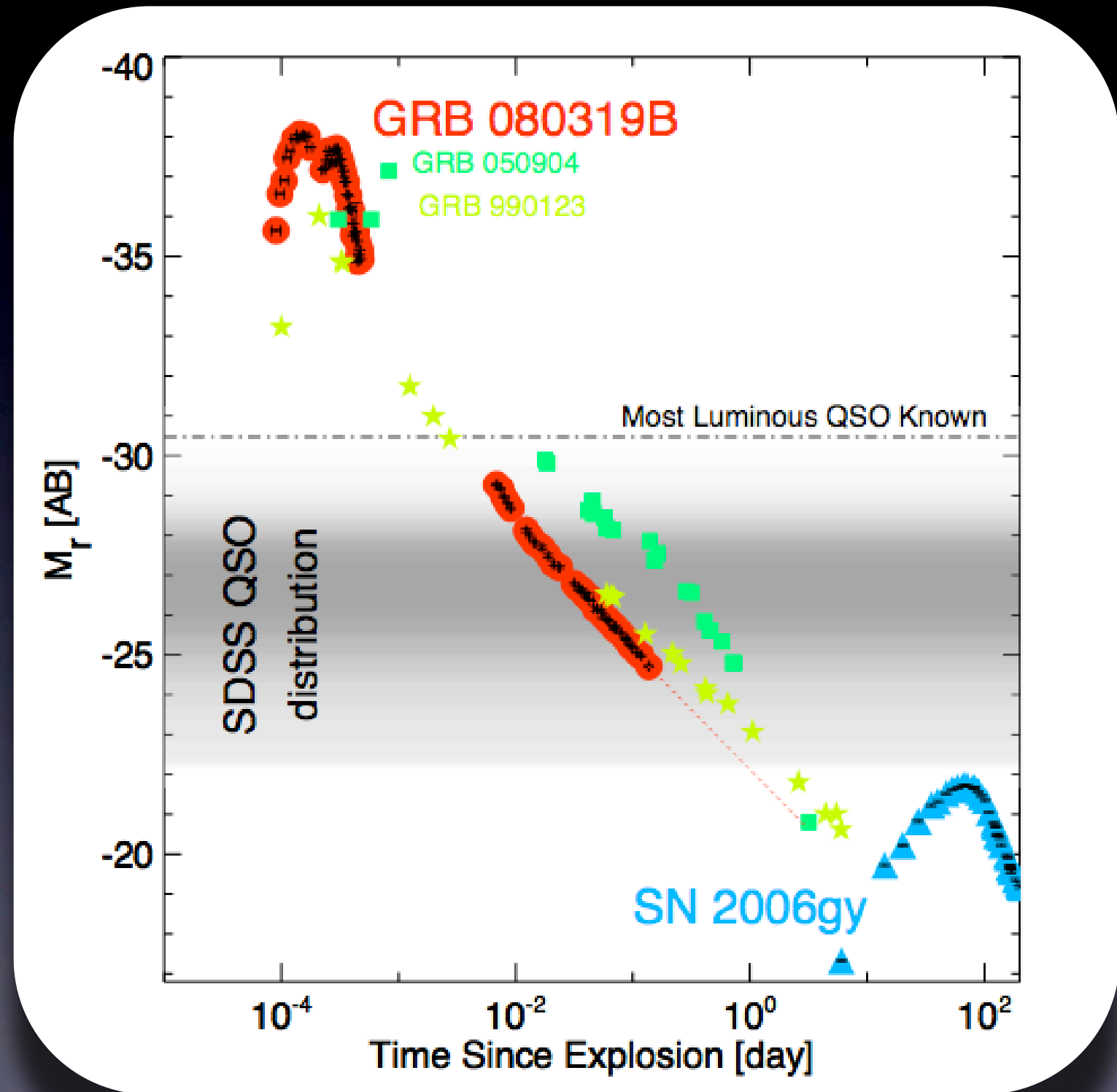
G Hallinan, A Burgasser

El cielo transitorio

Explorando las capas del Universo

BLOOM ET AL. (2009)

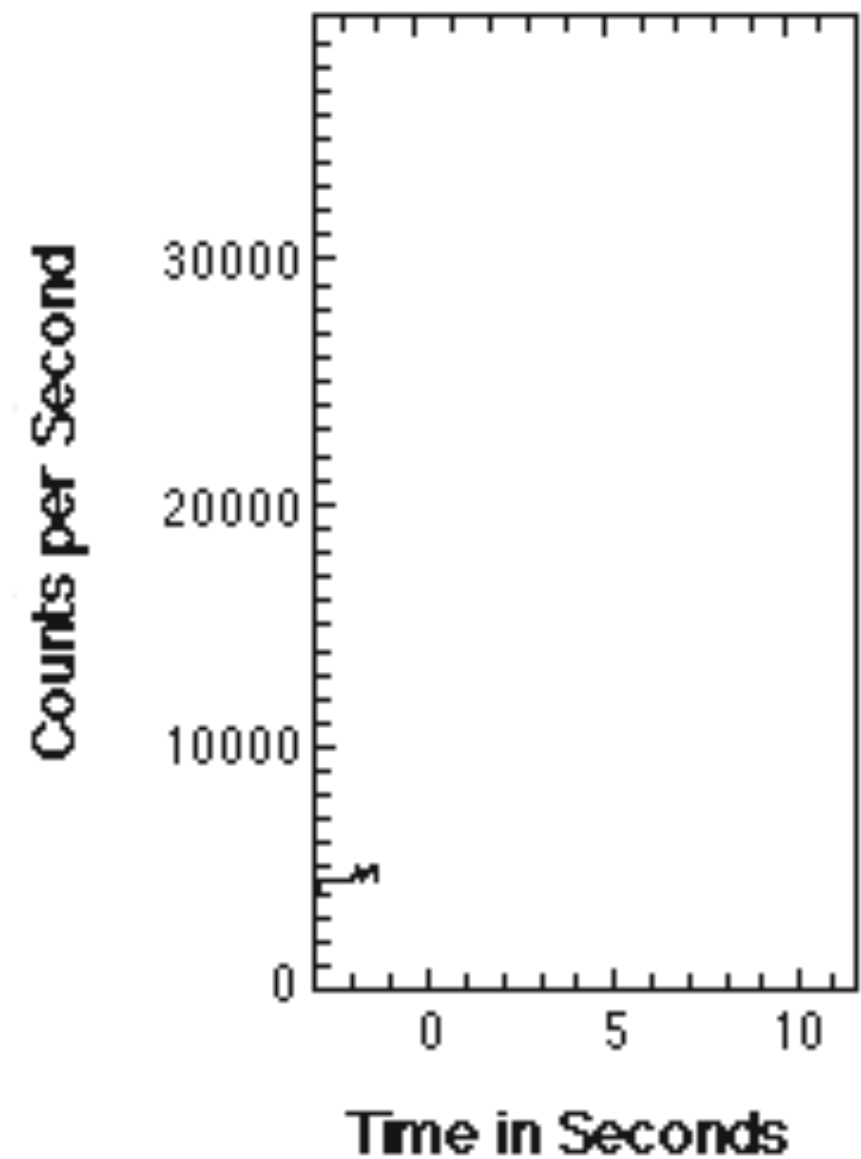
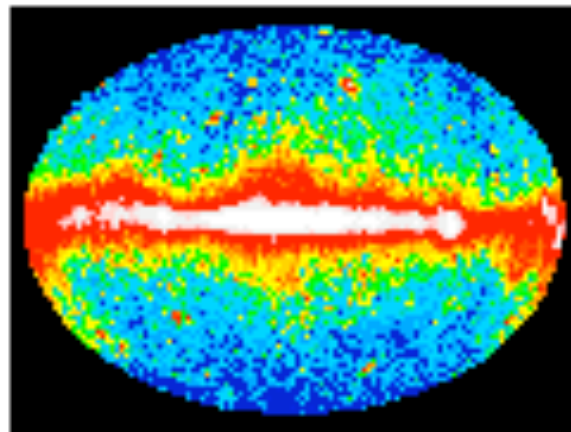
Los destellos de rayos gamma son más brillantes que los cuásares, sin afectar su entrono inmediato.



CORTESÍA X. PROCHASKA

Un destello de rayos
gamma es, por unos
instantes, la fuente mas
brillante en el cielo en altas
energías

Un destello de rayos gamma es, por unos instantes, la fuente mas brillante en el cielo en altas energías

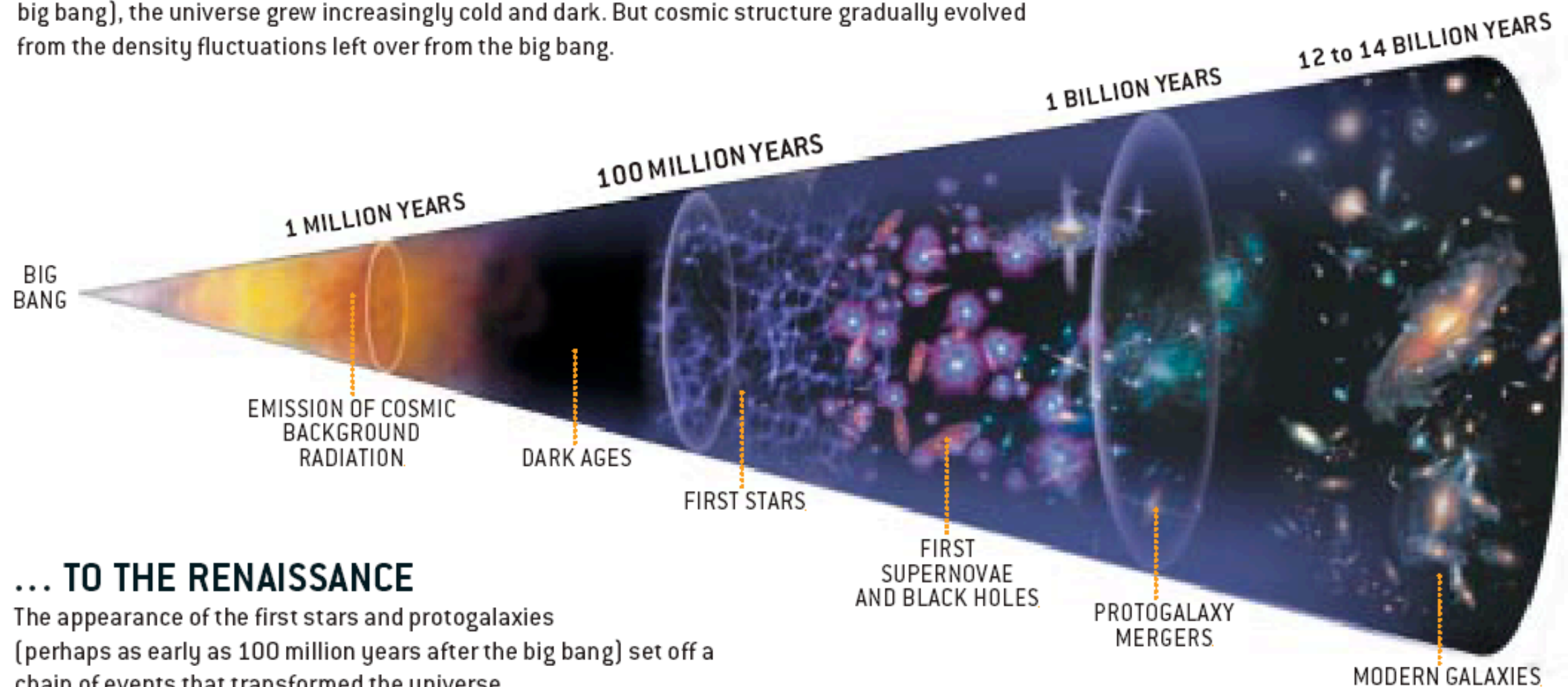


Estas explosiones son producto de la muerte de estrellas a enormes distancias

COSMIC TIMELINE

FROM THE DARK AGES ...

After the emission of the cosmic microwave background radiation (about 400,000 years after the big bang), the universe grew increasingly cold and dark. But cosmic structure gradually evolved from the density fluctuations left over from the big bang.



... TO THE RENAISSANCE

The appearance of the first stars and protogalaxies (perhaps as early as 100 million years after the big bang) set off a chain of events that transformed the universe.

Contrapartes de GRBs

Keck



Estrella
masiva



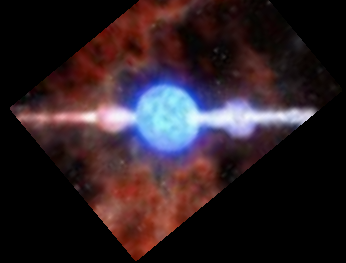
El progenitor de un GRB es una estrella masiva en una galaxia
con formación estelar

Contrapartes de GRBs

Keck



GRB



Después de ~30 millones de años, la estrella colapsa a un agujero negro y produce un GRB

Contrapartes de GRBs

Keck



GRB



Crepúsculo

El GRB produce un crepúsculo, un brillante pulso de radiación.

Contrapartes de GRBs

Keck



GRB



Crepúsculo

La luz viaja a la Tierra, y lleva información sobre las capas que atraviesa en el camino.

Contrapartes de GRBs

CSM: Evolución tardía de
estrellas masivas.

HII: Densidad, abundancias,
composición de regiones
estelares en el Universo
temprano.

Keck

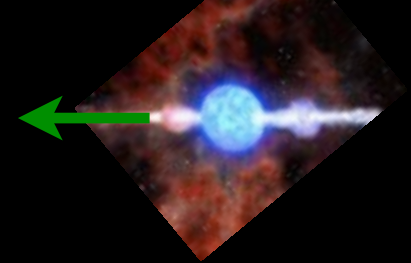


Región HII



$d \sim 10 \text{ pc}$

GRB



El GRB está rodeado por una región de 10 a 100 pc de gas
ionizado (HII) producida por la estrella que ha muerto.

Contrapartes de GRBs

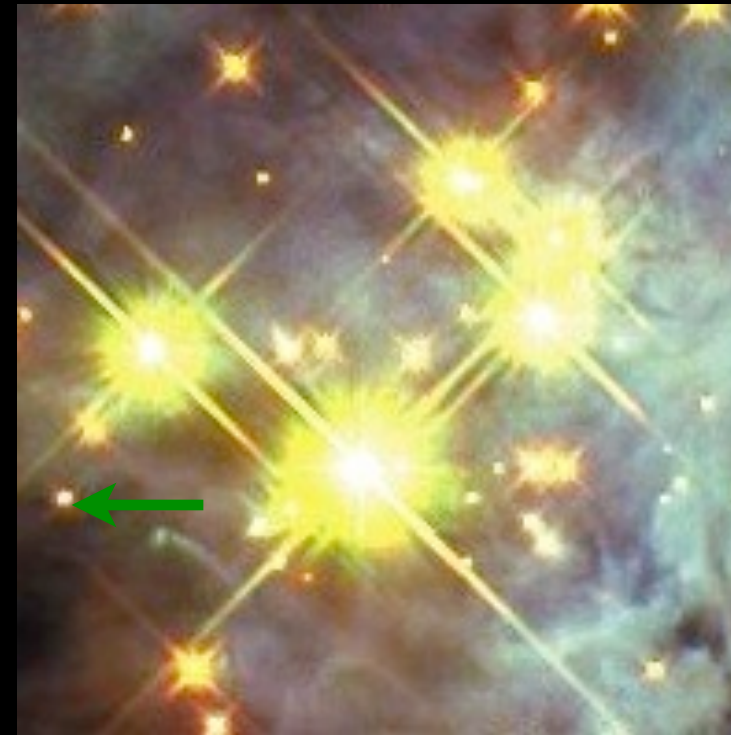
CSM: Evolución tardía de
estrellas masivas.

HII: Densidad, abundancias,
composición de regiones
estelares en el Universo
temprano.

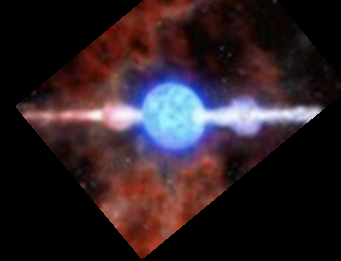
Keck



Región HII



GRB

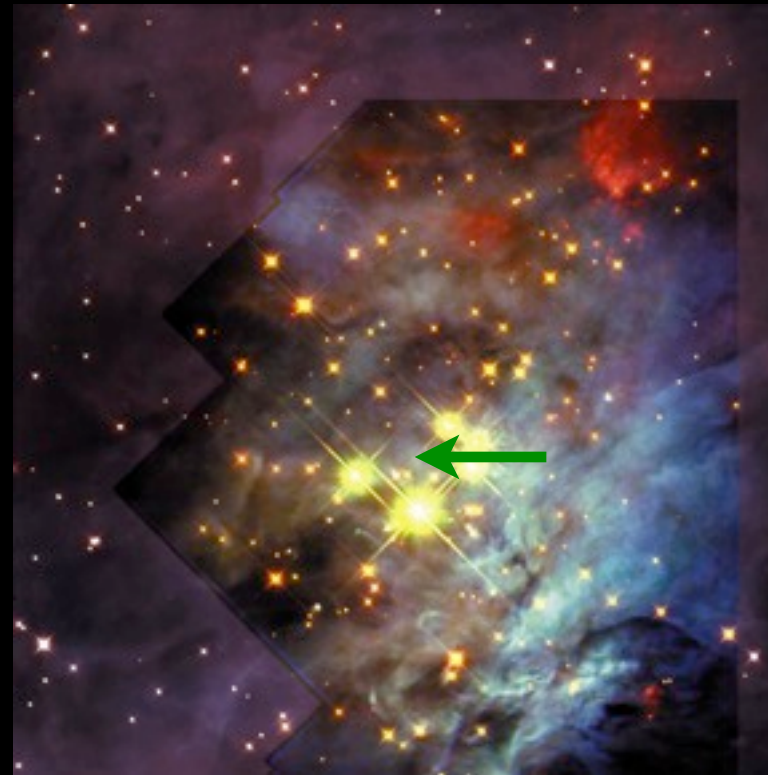


$d \sim 10 \text{ pc}$

El GRB está rodeado por una región de 10 a 100 pc de gas
ionizado (HII) producida por la estrella que ha muerto.

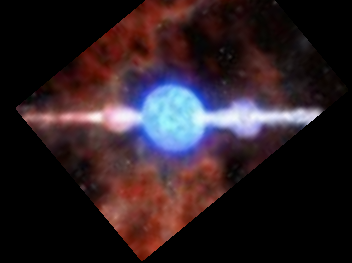
Contrapartes de GRBs

Región SF



$d \sim 100 \text{ pc}$

GRB



Región HII



$d \sim 10 \text{ pc}$

Keck



Región de SF: Contenido molecular, polvo, estructura del complejo de SF.

El polvo, moléculas y gas de la región cercana (SF) absorbe, enrojece y dispersa la luz.

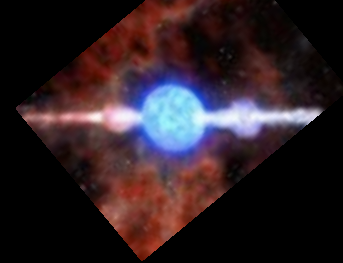
Contrapartes de GRBs

Región SF



$d \sim 100 \text{ pc}$

GRB



Región HII



$d \sim 10 \text{ pc}$

Keck



Región de SF: Contenido molecular, polvo, estructura del complejo de SF.

El polvo, moléculas y gas de la región cercana (SF) absorbe, enrojece y dispersa la luz.

Contrapartes de GRBs

ISM

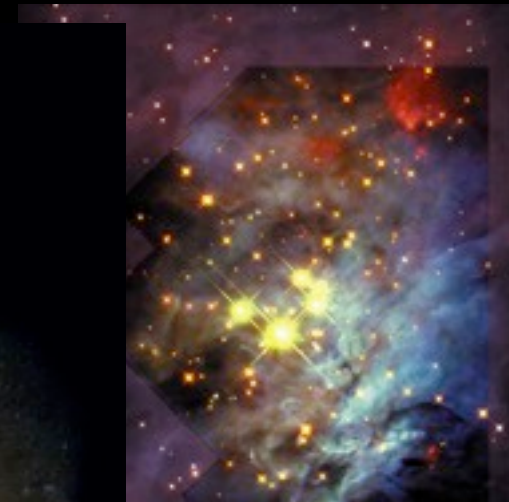
Región SF

GRB

Keck



ISM: Cinemática, composición, densidad superficial del disco de gas en galaxias. Determinación de la distancia.

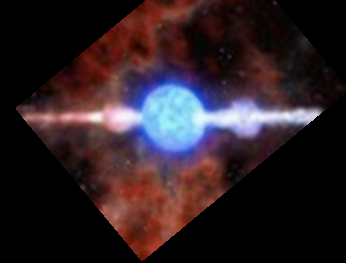


$d \sim 100 \text{ pc}$

Región HII



$d \sim 10 \text{ pc}$



El Medio Interestelar (ISM) está lleno de gas, metales y polvo.
Absorbe y dispersa la luz del GRB.

Contrapartes de GRBs

ISM

Región SF

Keck



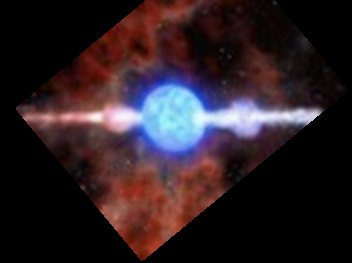
ISM: Cinemática, composición, densidad superficial del disco de gas en galaxias. Determinación de la distancia.



$d \sim 100 \text{ pc}$

Región HII

GRB



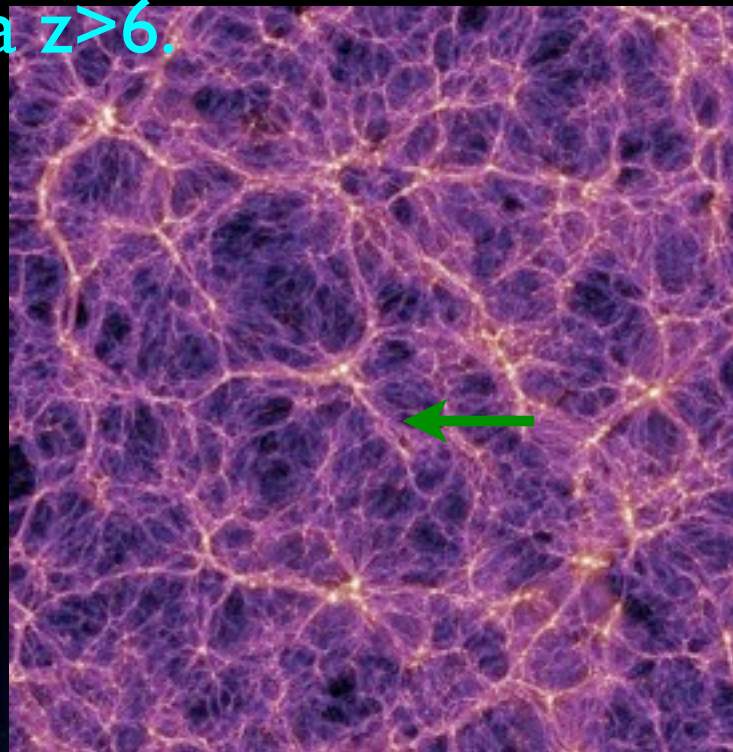
$d \sim 10 \text{ pc}$

El Medio Interestelar (ISM) está lleno de gas, metales y polvo.
Absorbe y dispersa la luz del GRB.

Contrapartes de GRBs

IGM: Estructura y abundancias
en el Universo. Estudio de la
reionización a $z > 6$.

Keck



Región SF



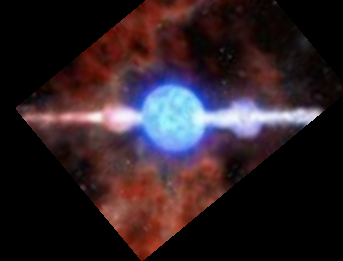
$d \sim 100 \text{ pc}$

Región HII



$d \sim 10 \text{ pc}$

GRB

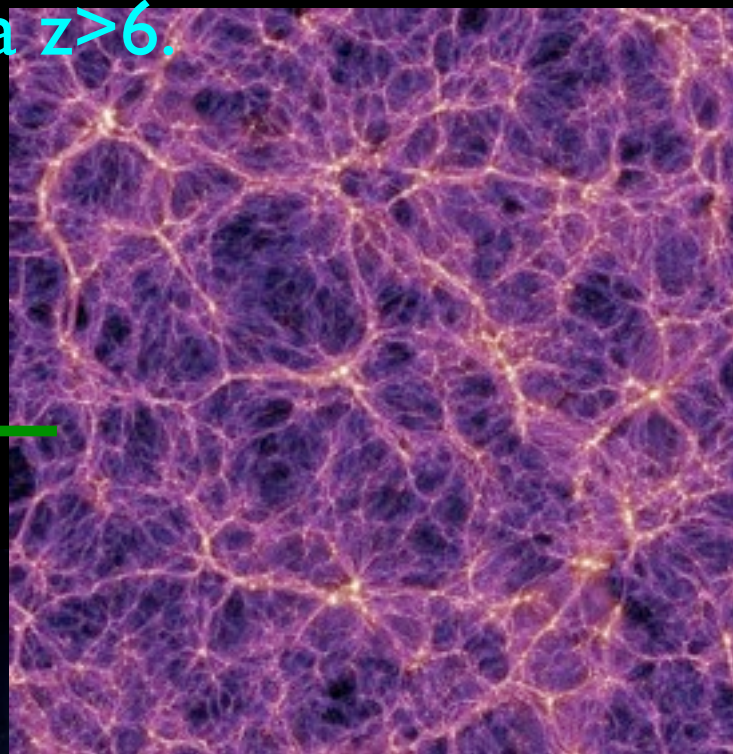


Al viajar hacia la Tierra, atraviesa el medio entre las Galaxias
(IGM).

Contrapartes de GRBs

IGM: Estructura y abundancias
en el Universo. Estudio de la
reionización a $z > 6$.

Keck



$d \sim 10 \text{ Gpc}$

$d \sim 1 \text{ kpc}$

Región SF



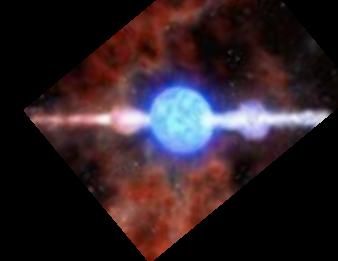
$d \sim 100 \text{ pc}$

Región HII



$d \sim 10 \text{ pc}$

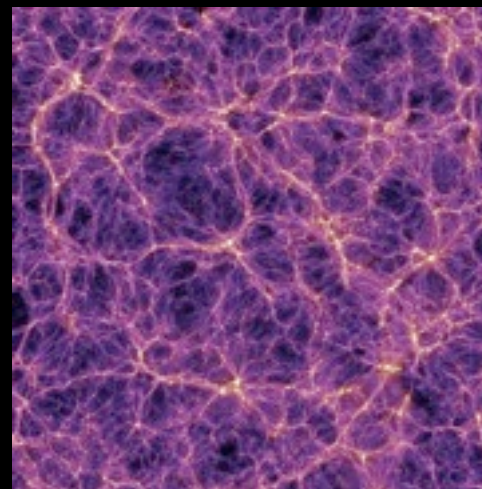
GRB



Al viajar hacia la Tierra, atraviesa el medio entre las Galaxias
(IGM).

Contrapartes de GRBs

IGM



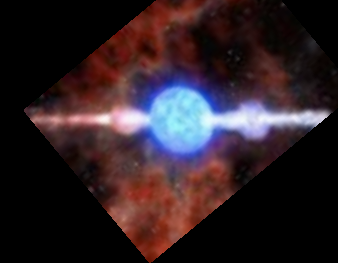
$d \sim 10 \text{ Gpc}$

Región SF



$d \sim 100 \text{ pc}$

GRB



Keck



ISM



$d \sim 1 \text{ kpc}$

Región HII

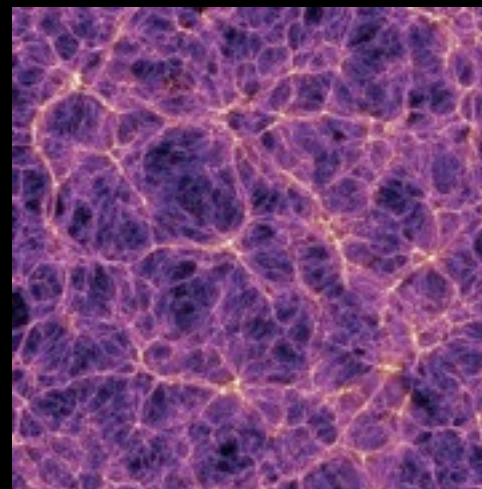


$d \sim 10 \text{ pc}$

La luz se analiza en un espectro, unos 15 mins después de la alerta satelital.

Contrapartes de GRBs

IGM



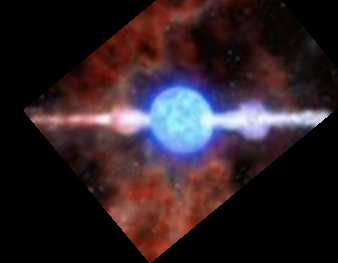
$d \sim 10 \text{ Gpc}$

Región SF



$d \sim 100 \text{ pc}$

GRB



Keck



ISM



$d \sim 1 \text{ kpc}$

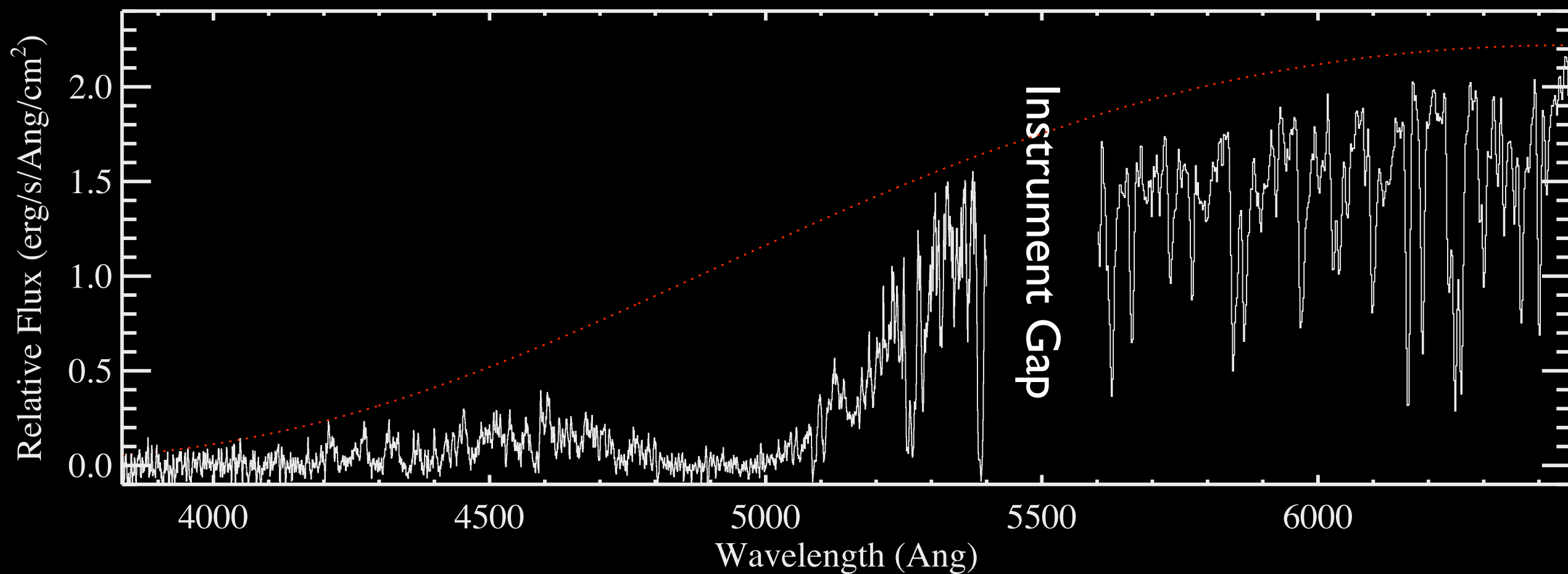
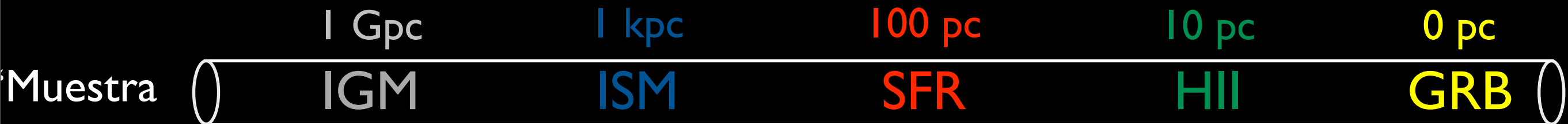
Región HII



$d \sim 10 \text{ pc}$

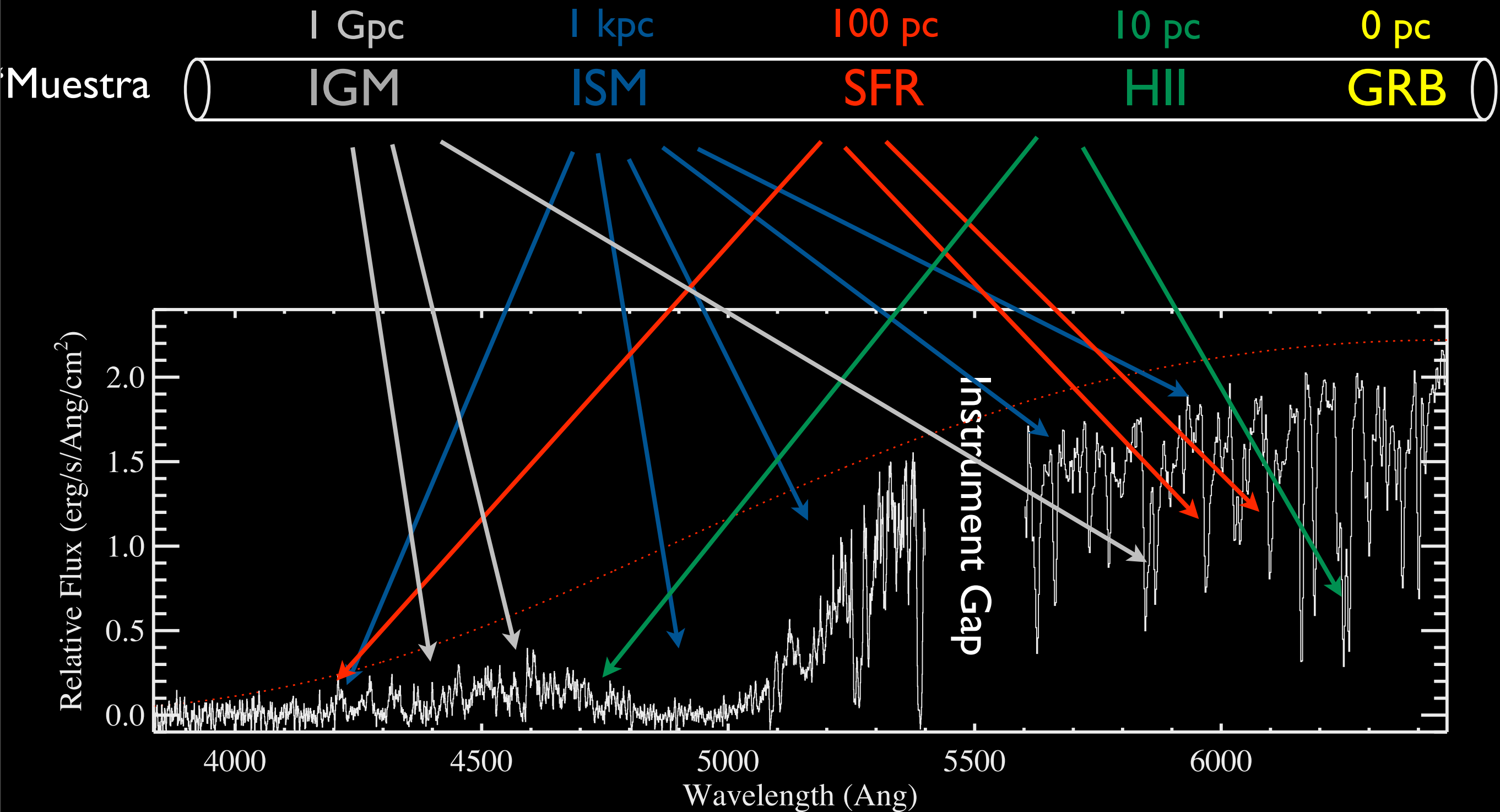
El espectro es como una muestra de las capas de la Tierra, y permite estudiar las del Universo.

Espectro de un destello de rayos gamma



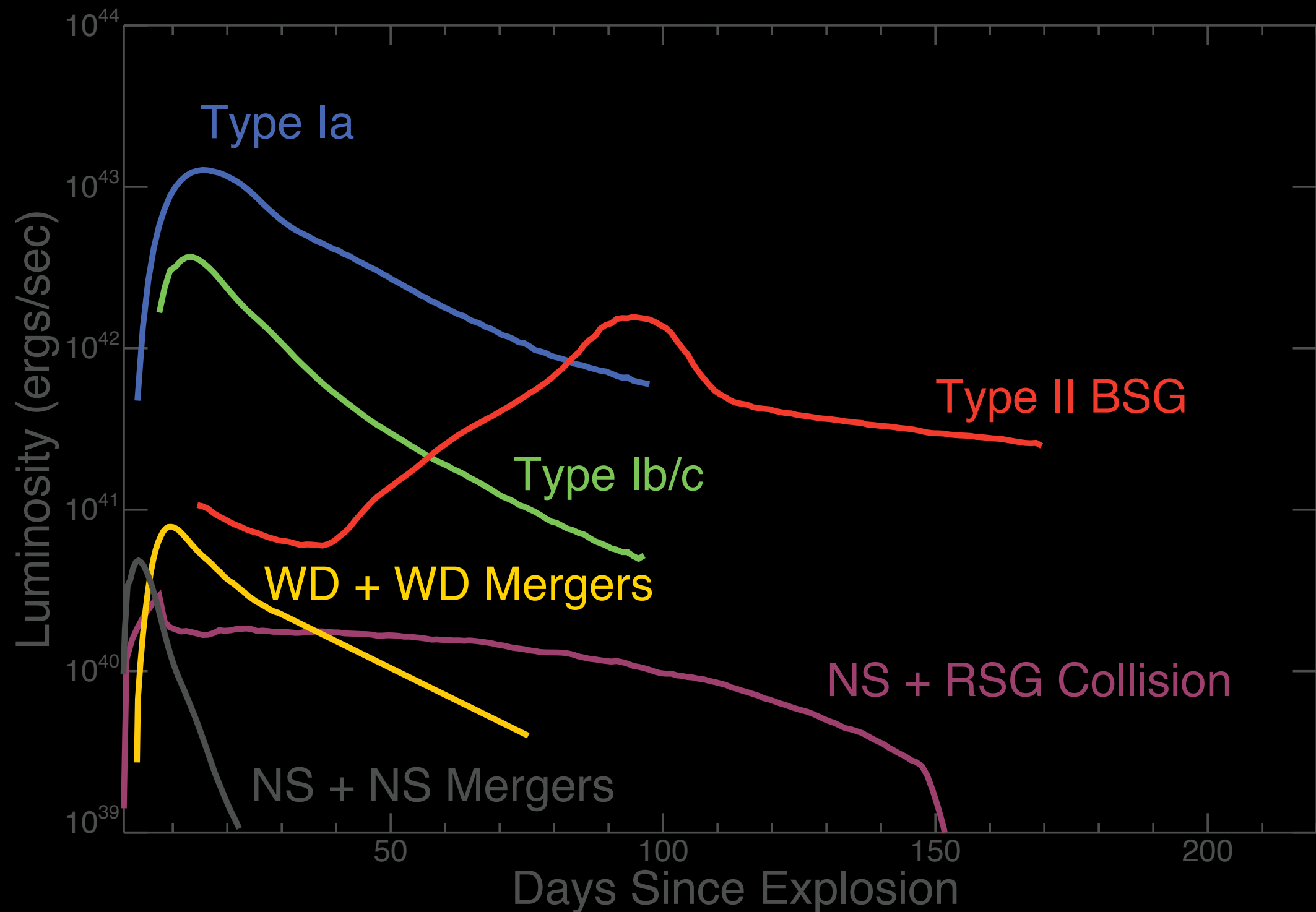
Como una muestra de las capas de la Tierra, el espectro permite estudiar las capas del Universo.

Espectro de un destello de rayos gamma

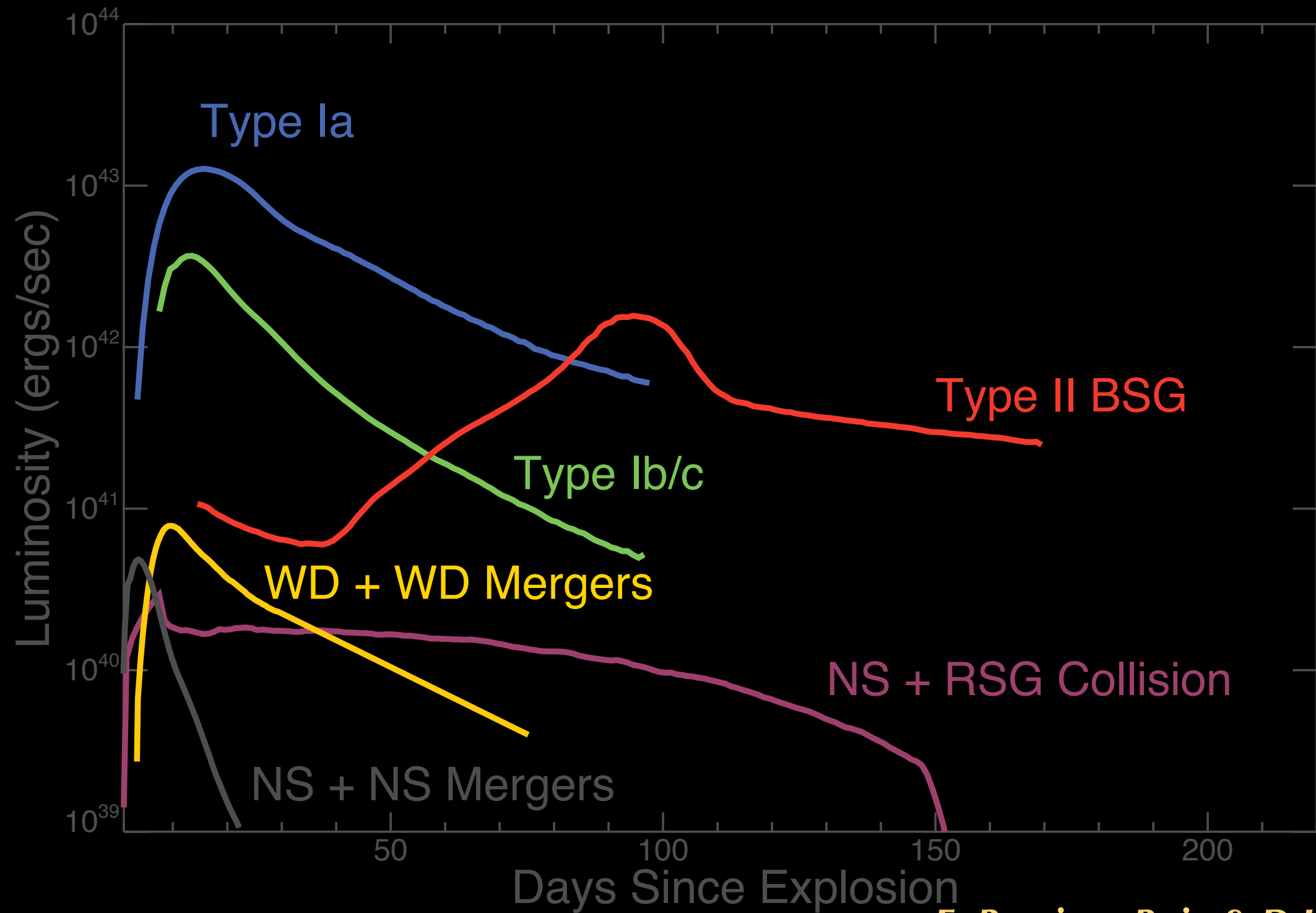


Pero la información esta codificada en color, no en profundidad,
y las capas están mezcladas.

Objetivo: Caracterizar el cielo transitorio



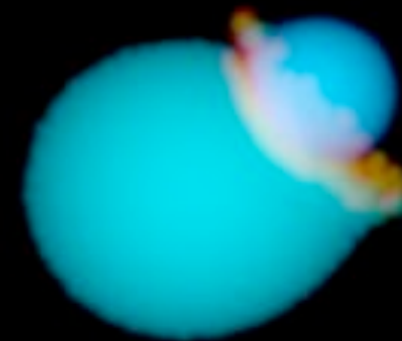
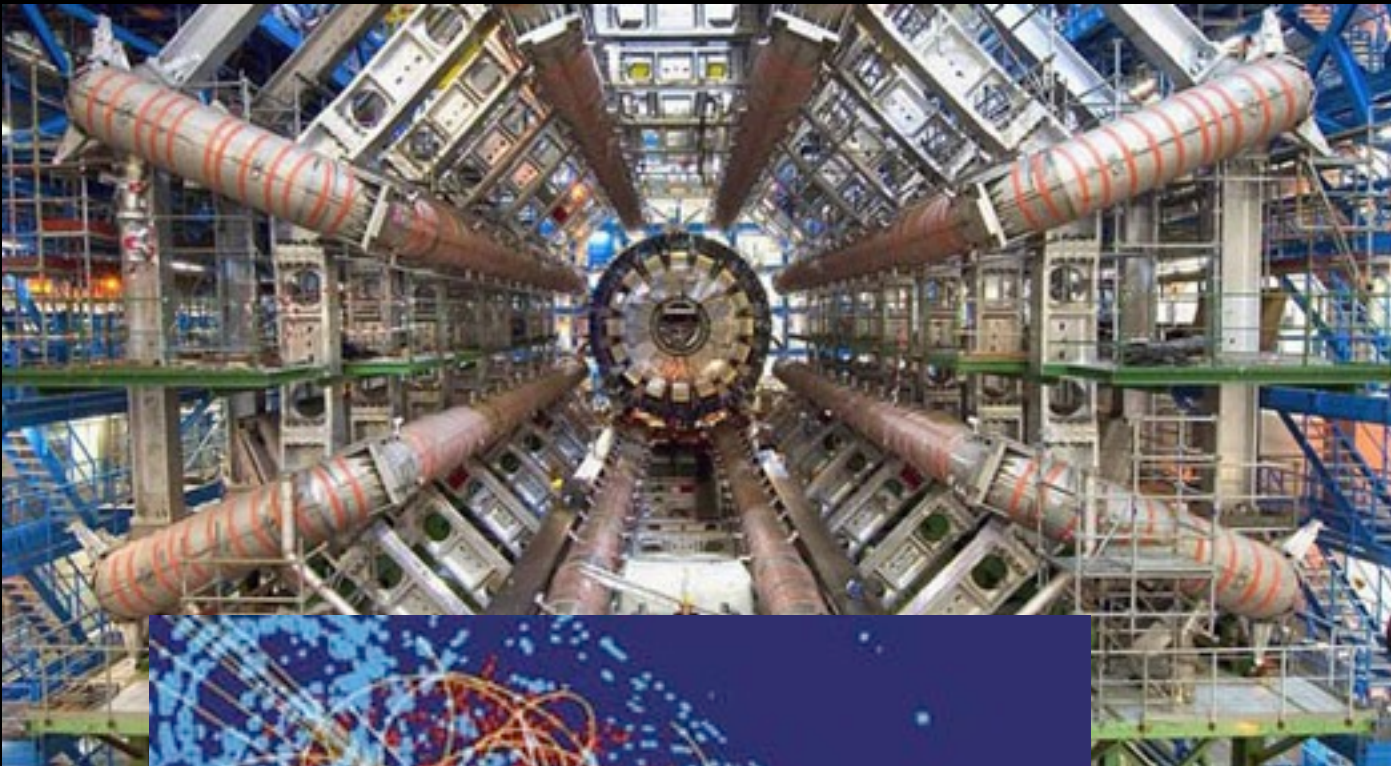
Objetivo: Caracterizar el cielo transitorio



E. Ramirez-Ruiz & D.Kasen

Colisionadores Cósmicos

Los sistemas estelares densos son laboratorios donde la naturaleza hace experimentos con estrellas normales, estrellas de neutrones, agujeros negros, a través de colisiones y la formación de sistemas binarios.

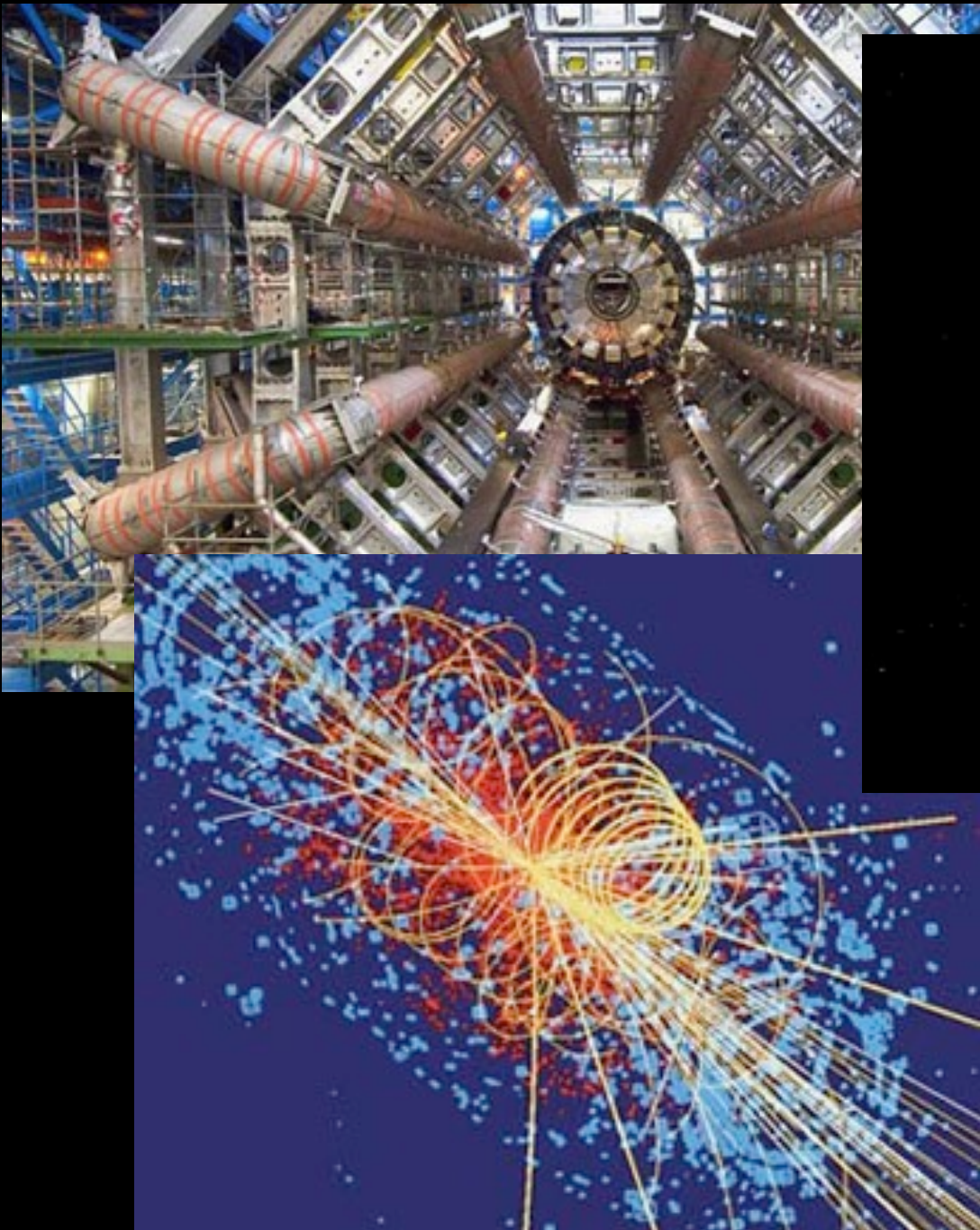


E Ramirez-Ruiz

Colisionadores Cósmicos

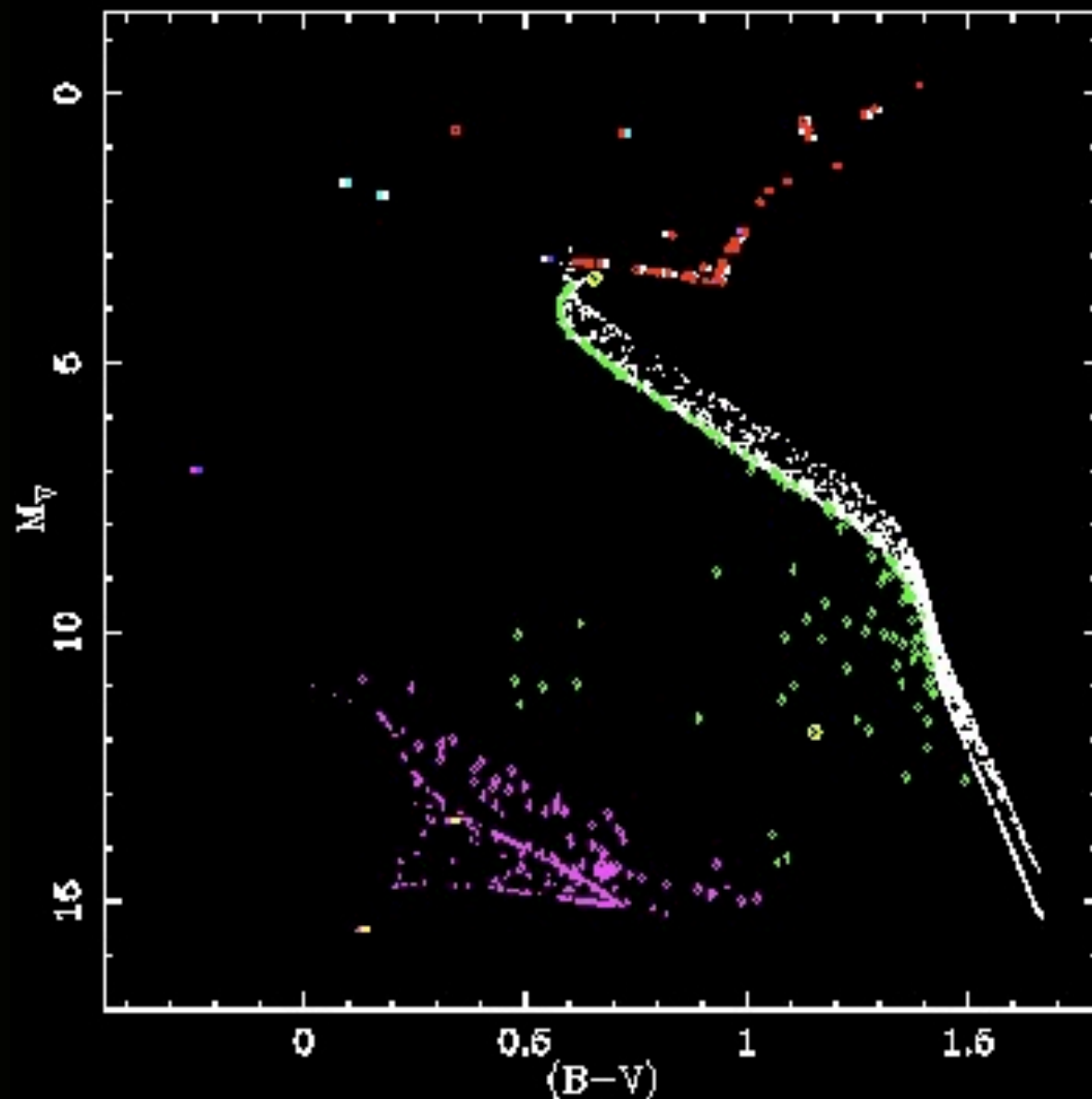
Los sistemas estelares densos son laboratorios donde la naturaleza hace experimentos con estrellas normales, estrellas de neutrones, agujeros negros, a través de colisiones y la formación de sistemas binarios.

Simulation by S. Portegies Zwart



E Ramirez-Ruiz

Cúmulos estelares: un zoológico binario



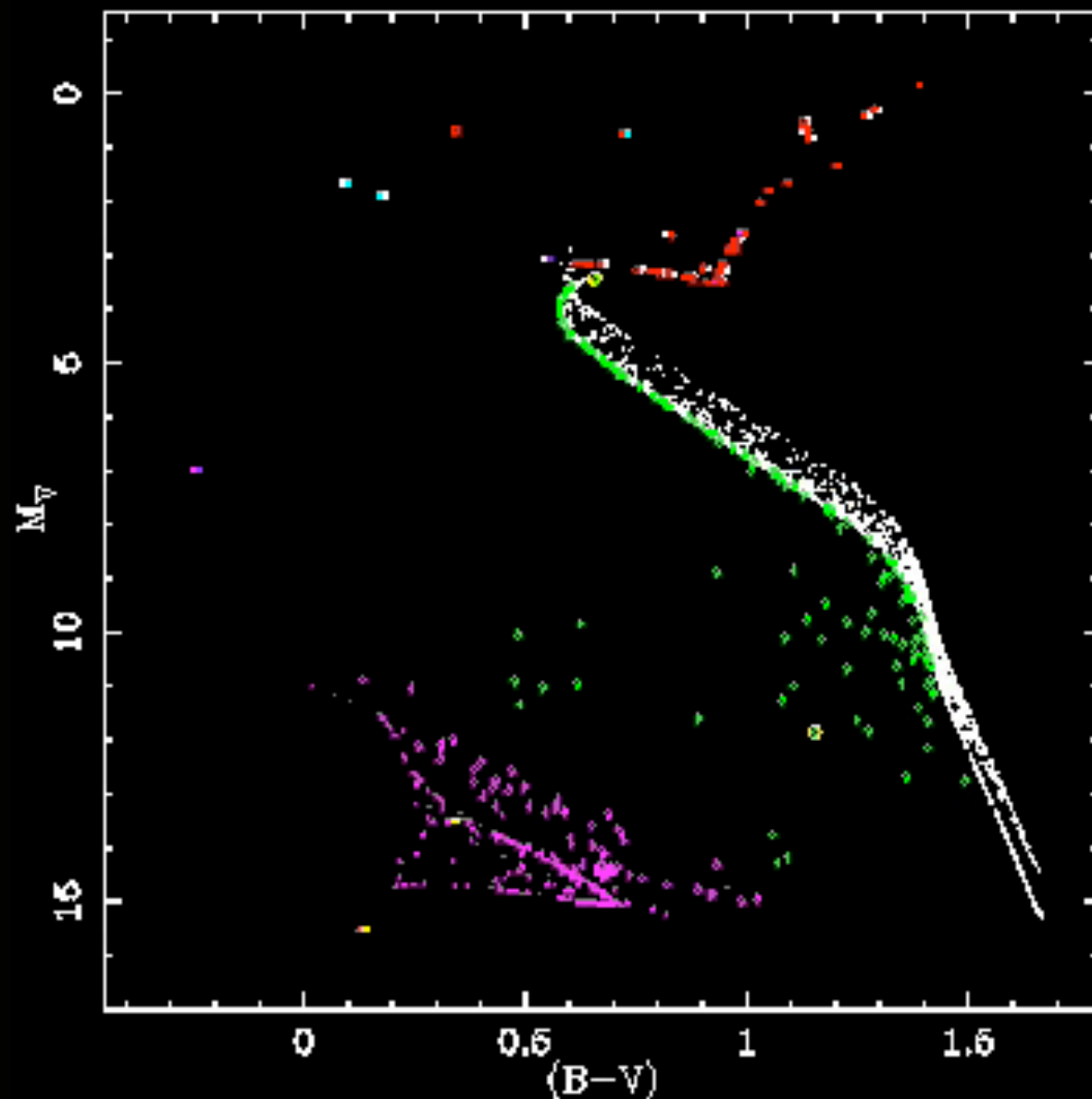
Colour-Magnitude Diagram Legend:

- single main-sequence (MS) star, MS-MS binary
- single white dwarf (WD)
- ◇ WD-WD binary
- ◇ MS-WD binary [◇ active CV]
- MS star in binary (non-MS or WD companion)
- Blue Straggler (BS)
- sub-giant, giant, or supergiant star
- naked Helium star
- WD in binary (non-MS or WD companion)
- Neutron star or Black Hole (only shown if in binary)

e.g. ● ● BS-WD binary

Simulación de M67

Cúmulos estelares: un zoológico binario



Colour-Magnitude Diagram Legend:

- single main-sequence (MS) star, MS-MS binary
- single white dwarf (WD)
- ◇ WD-WD binary
- ◇ MS-WD binary [◇ active CV]
- MS star in binary (non-MS or WD companion)
- Blue Straggler (BS)
- sub-giant, giant, or supergiant star
- naked Helium star
- WD in binary (non-MS or WD companion)
- Neutron star or Black Hole (only shown if in binary)

e.g. ● ● BS-WD binary

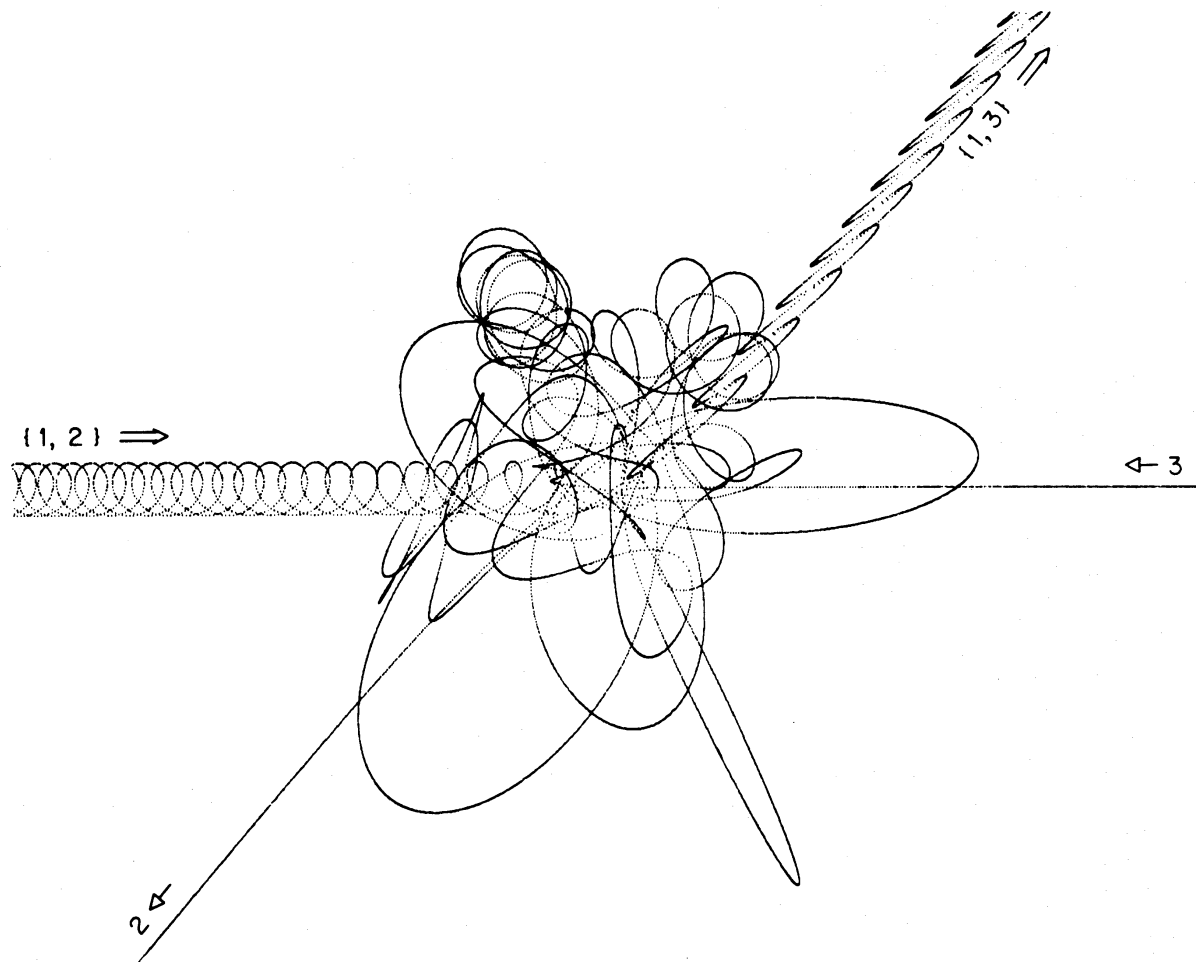
Simulación de M67

Encuentros de 3 cuerpos

La dispersión da lugar a nuevos sistemas

Encuentros de 3 cuerpos

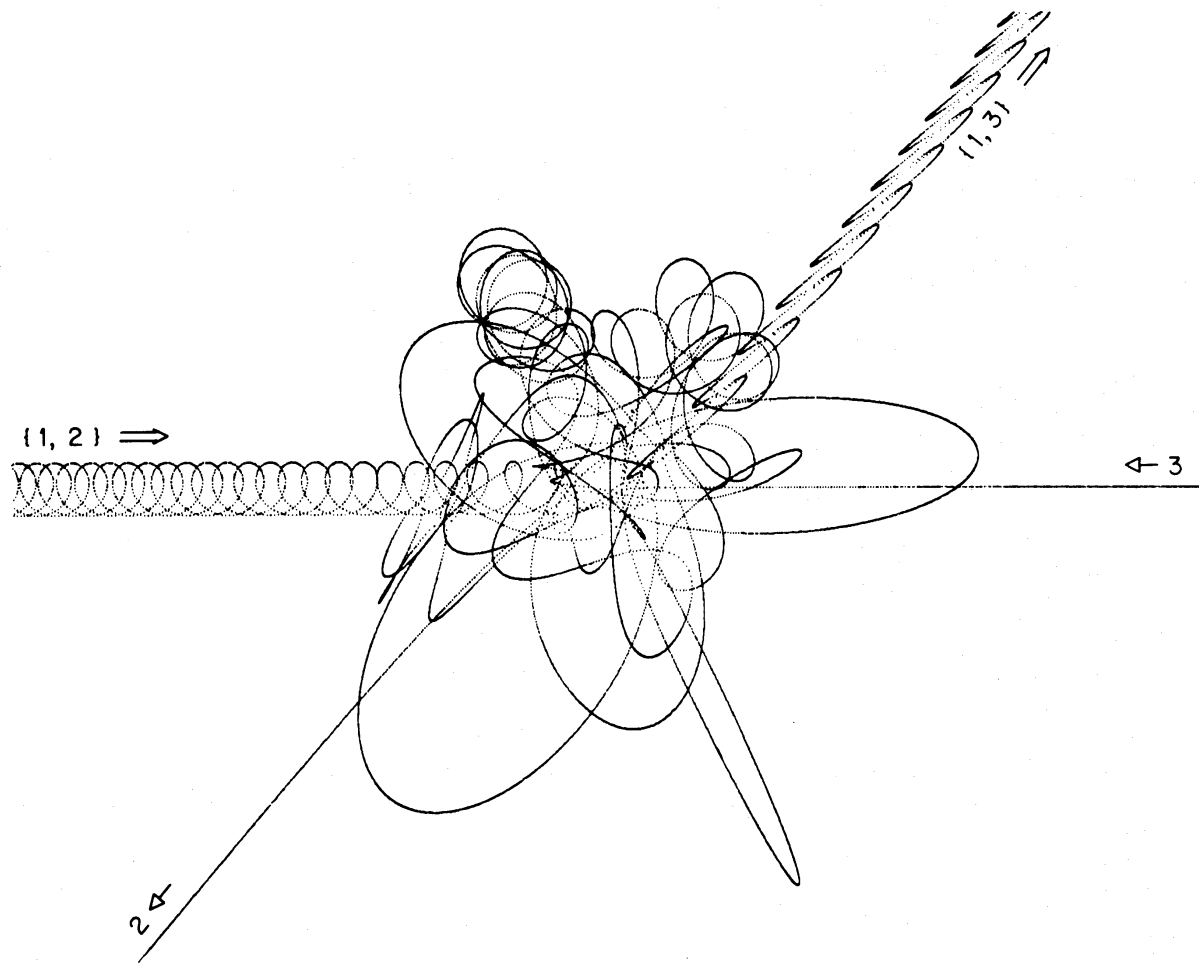
La dispersión da lugar a nuevos sistemas



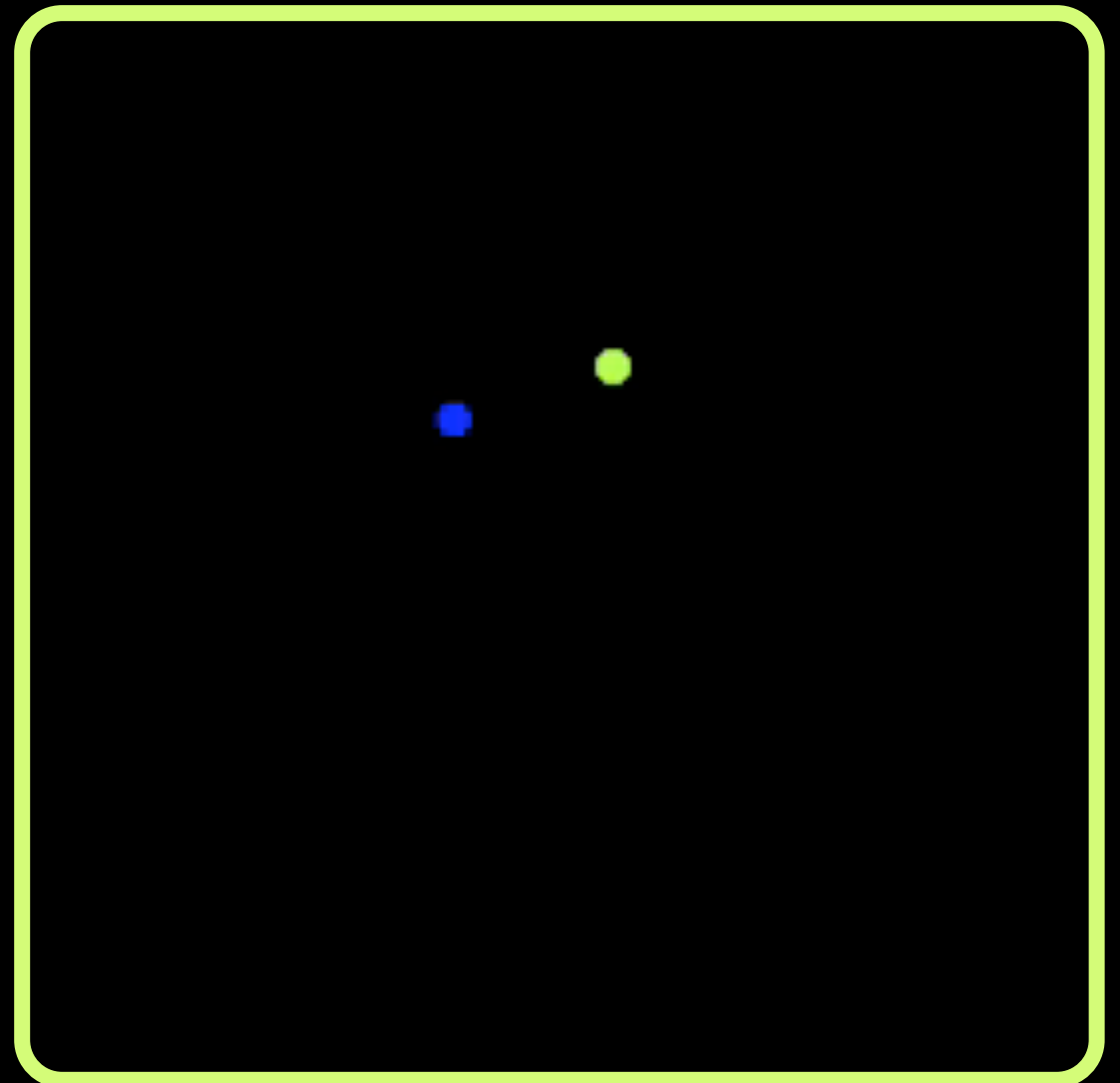
Hut & Bahcall (1983)

Encuentros de 3 cuerpos

La dispersión da lugar a nuevos sistemas

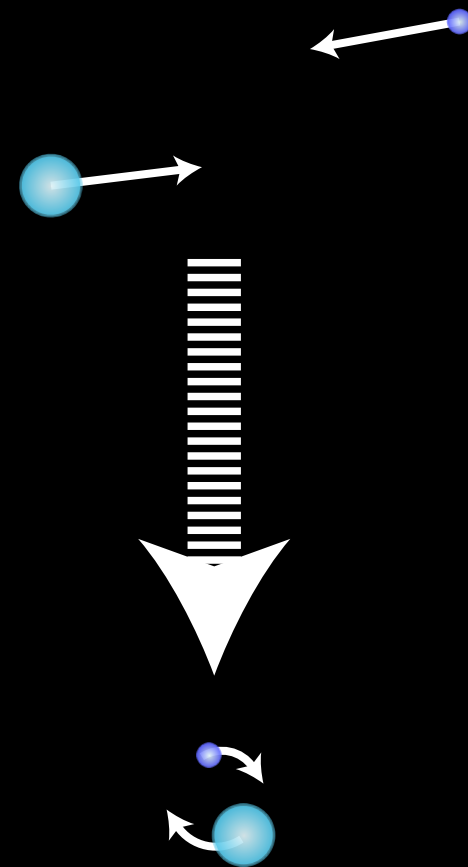
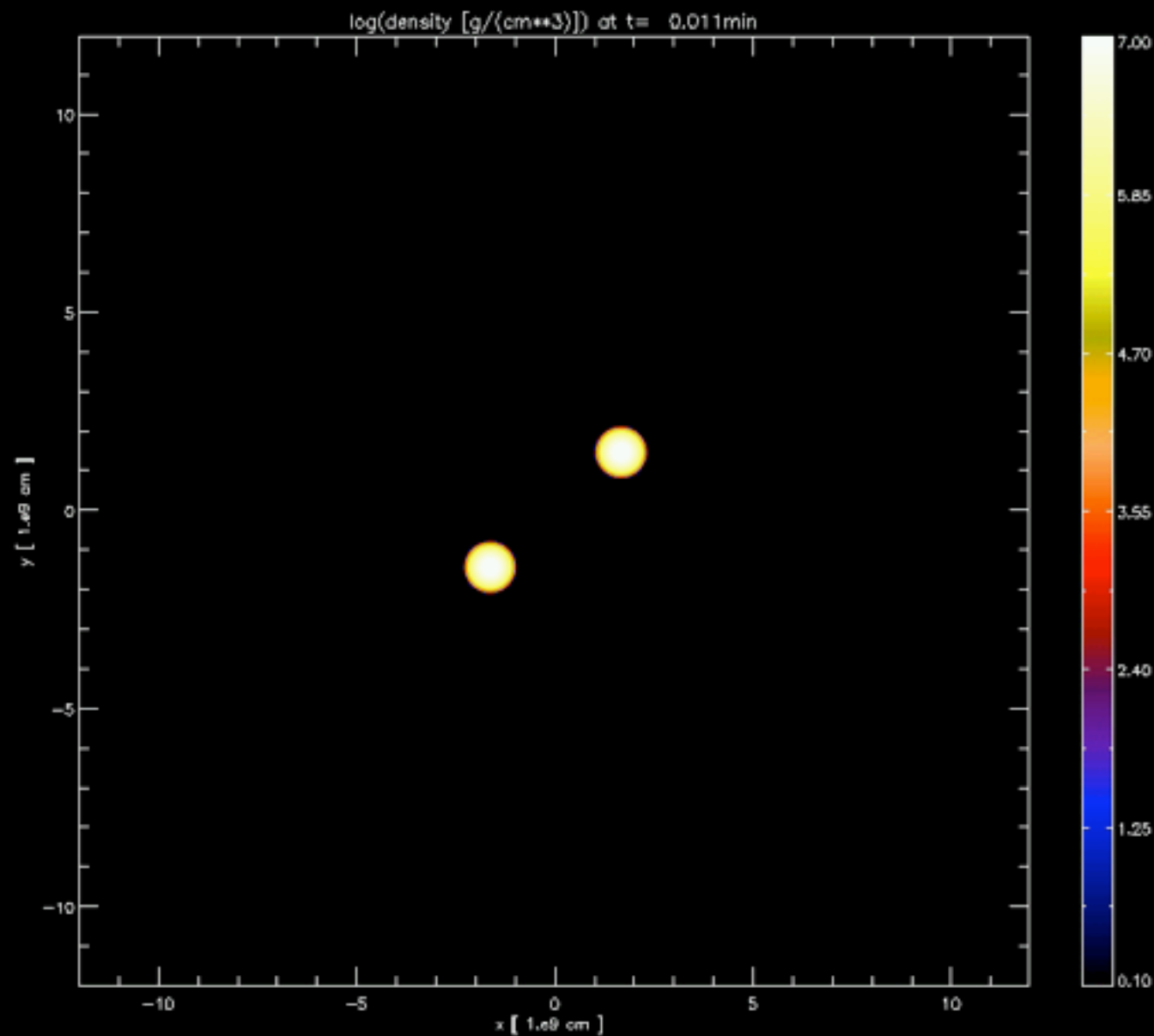


Hut & Bahcall (1983)



from A. Gualandris

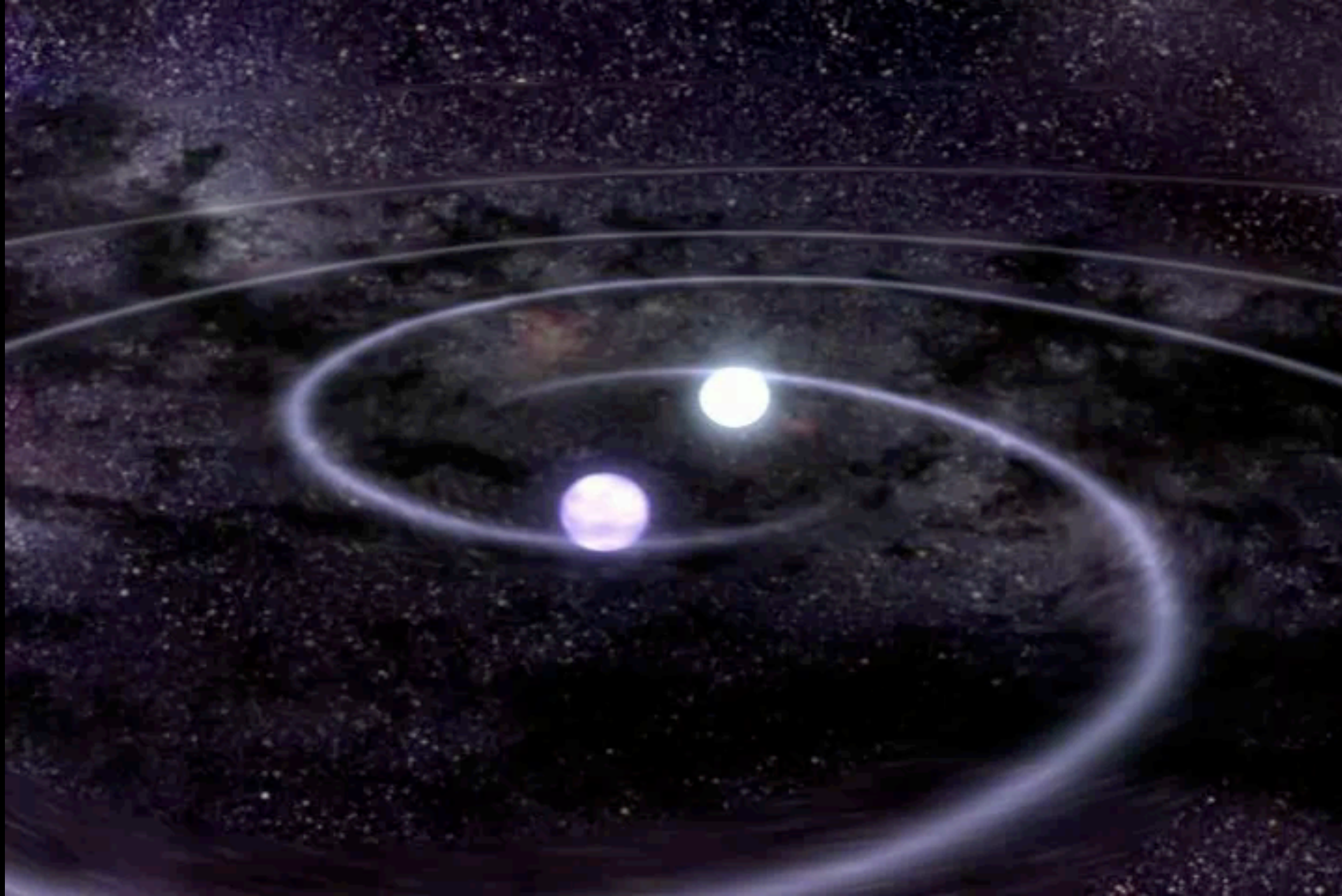
Captura de dos estrellas (enanas blancas)



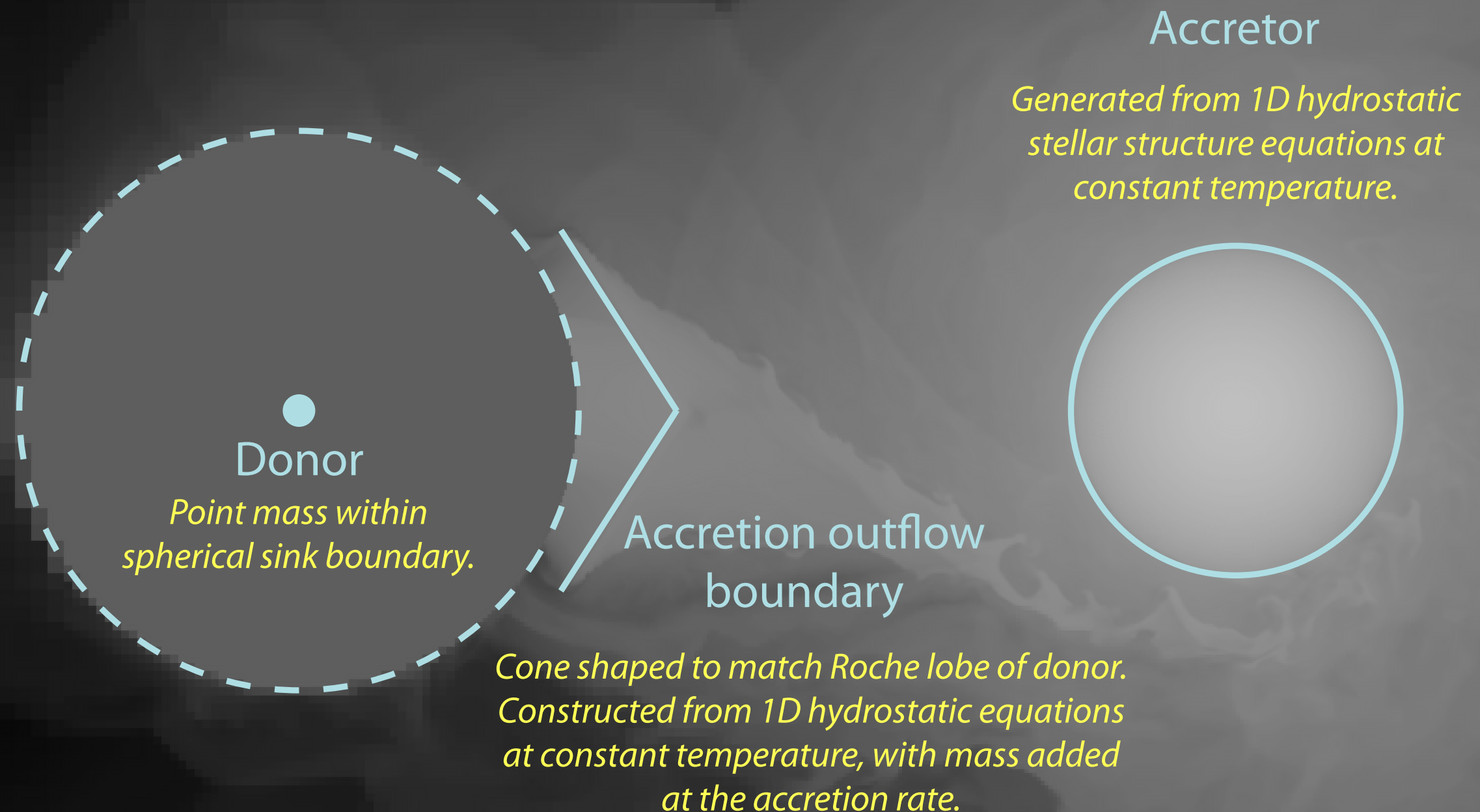
0.6 + 0.6

Rosswog++10

Fusión de enanas blancas y/o estrellas de neutrones

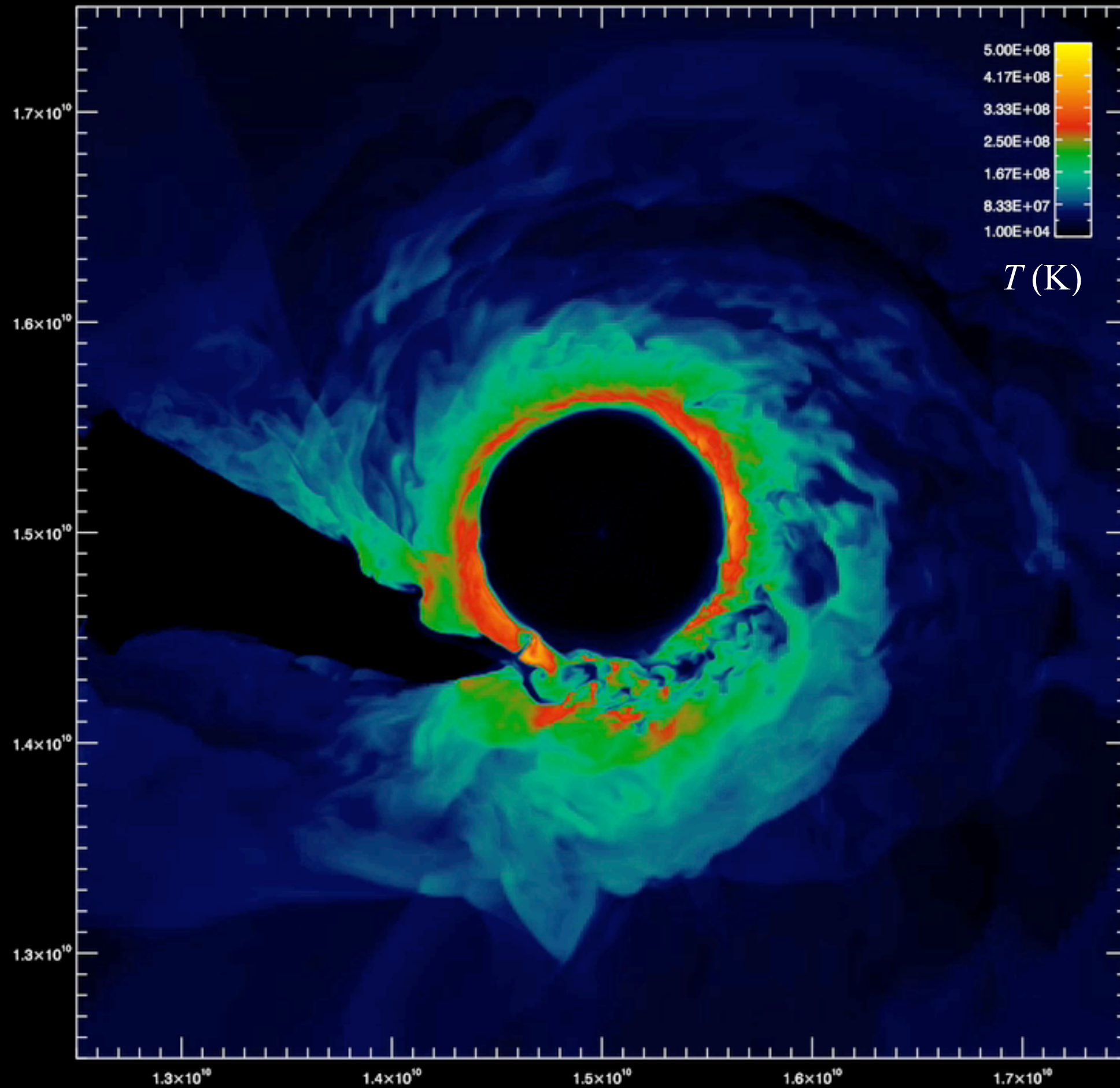


Binaria inestable de enanas blancas

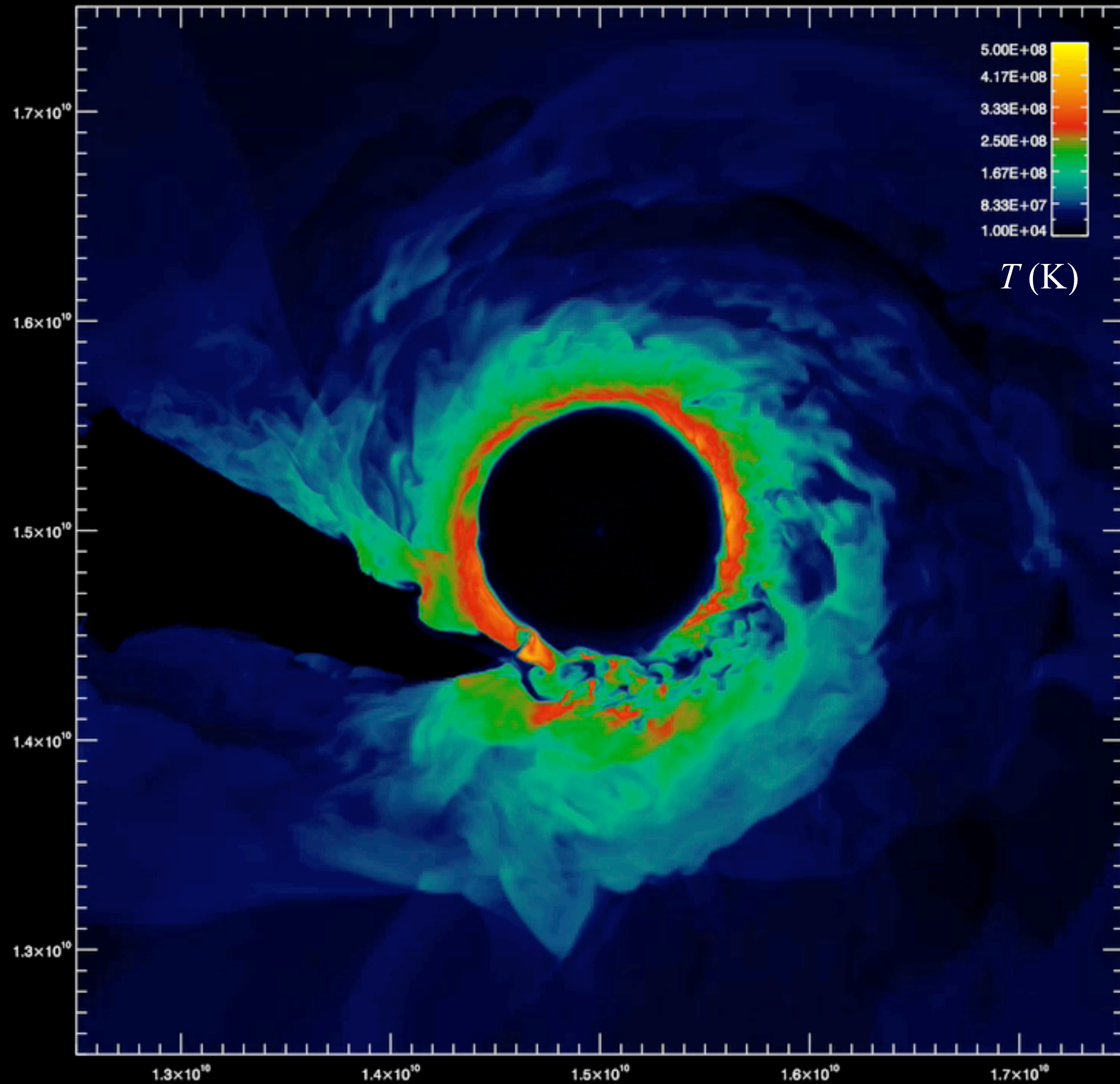


Donor/accretor position, accretion rate from SPH calculation.

Time: 1896.010s

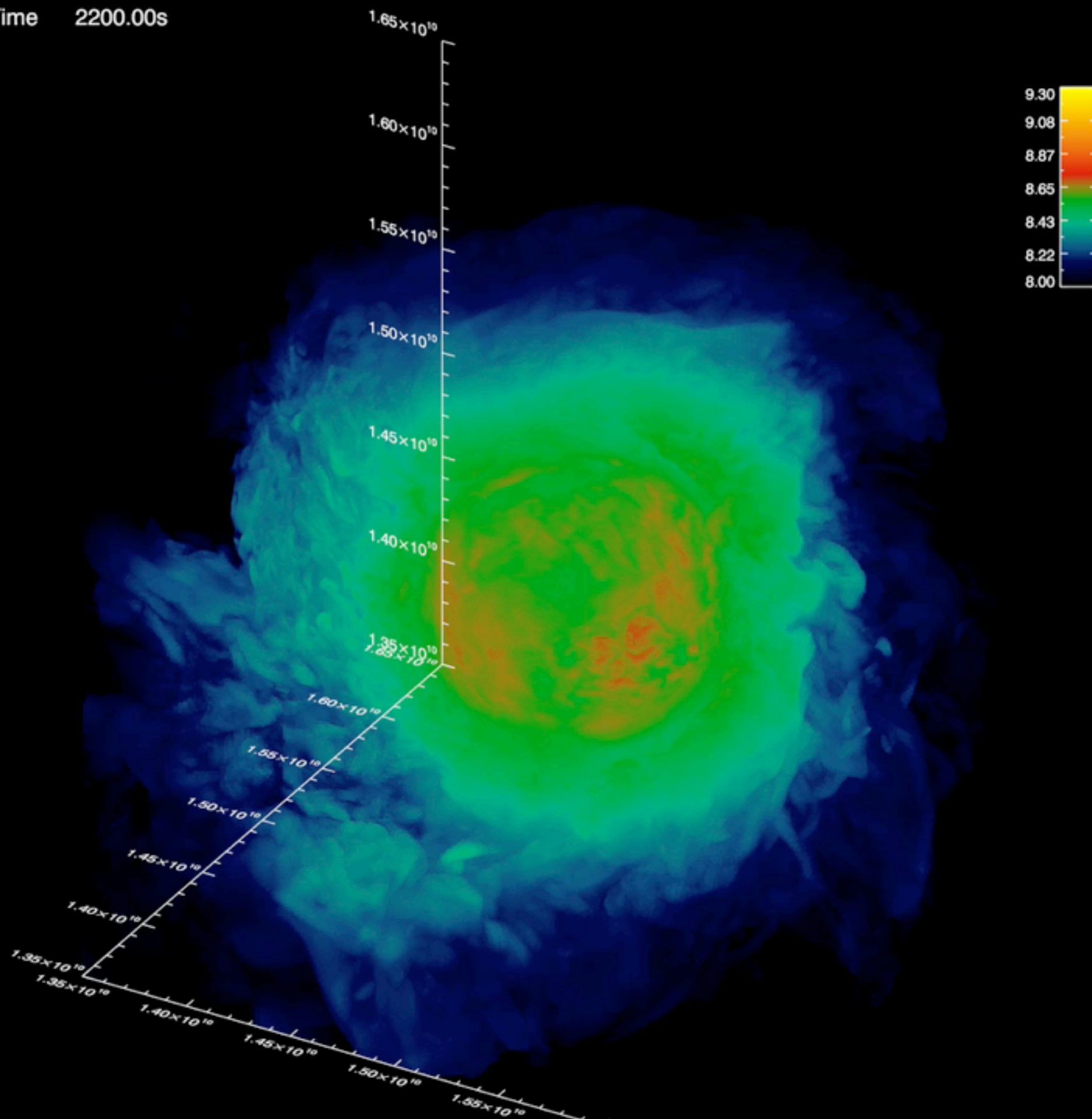


Time: 1896.010s



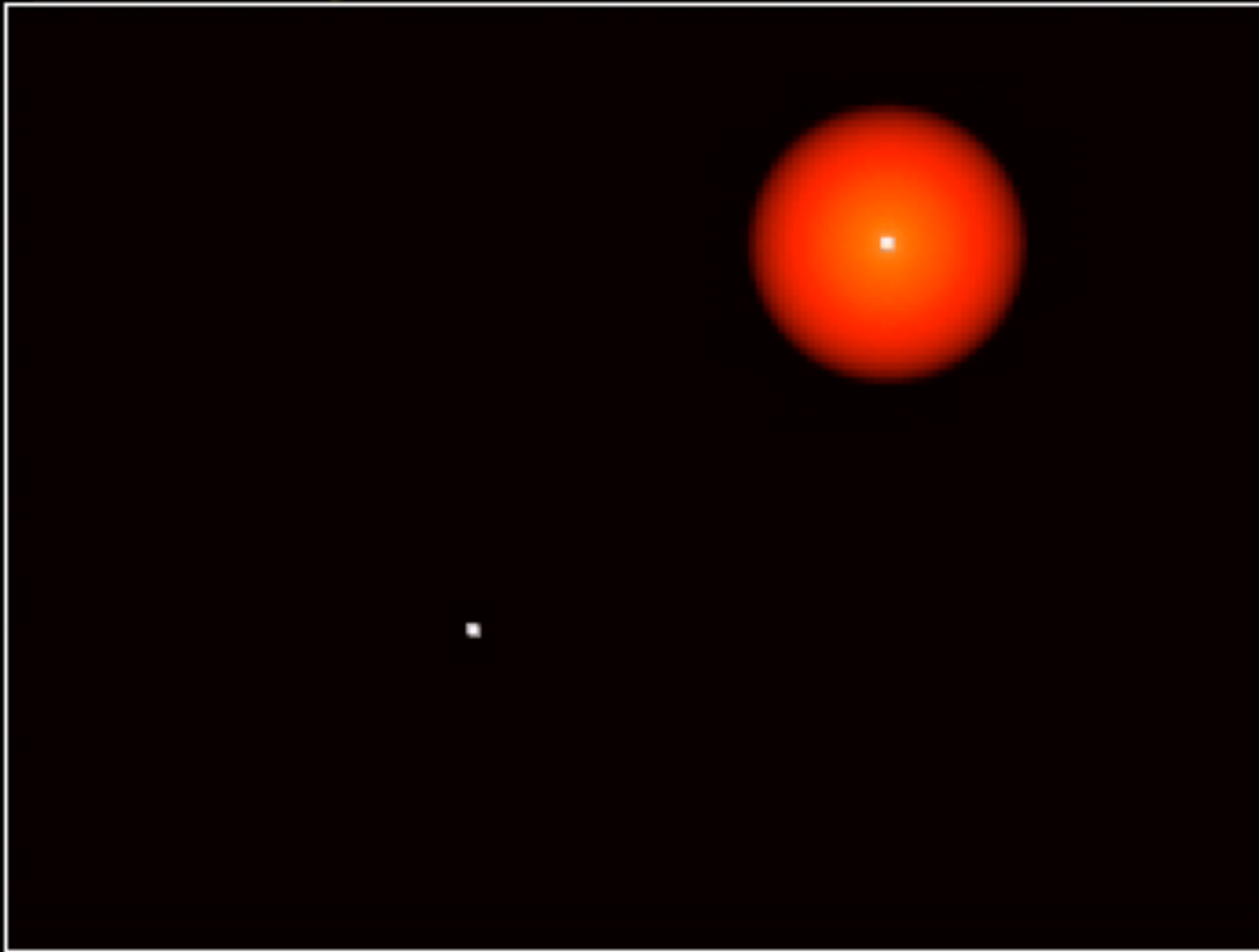
Guillochon et al. (2009)

Time 2200.00s



Colisiones que involucran estrellas gigantes rojas

$t=0.00$ days



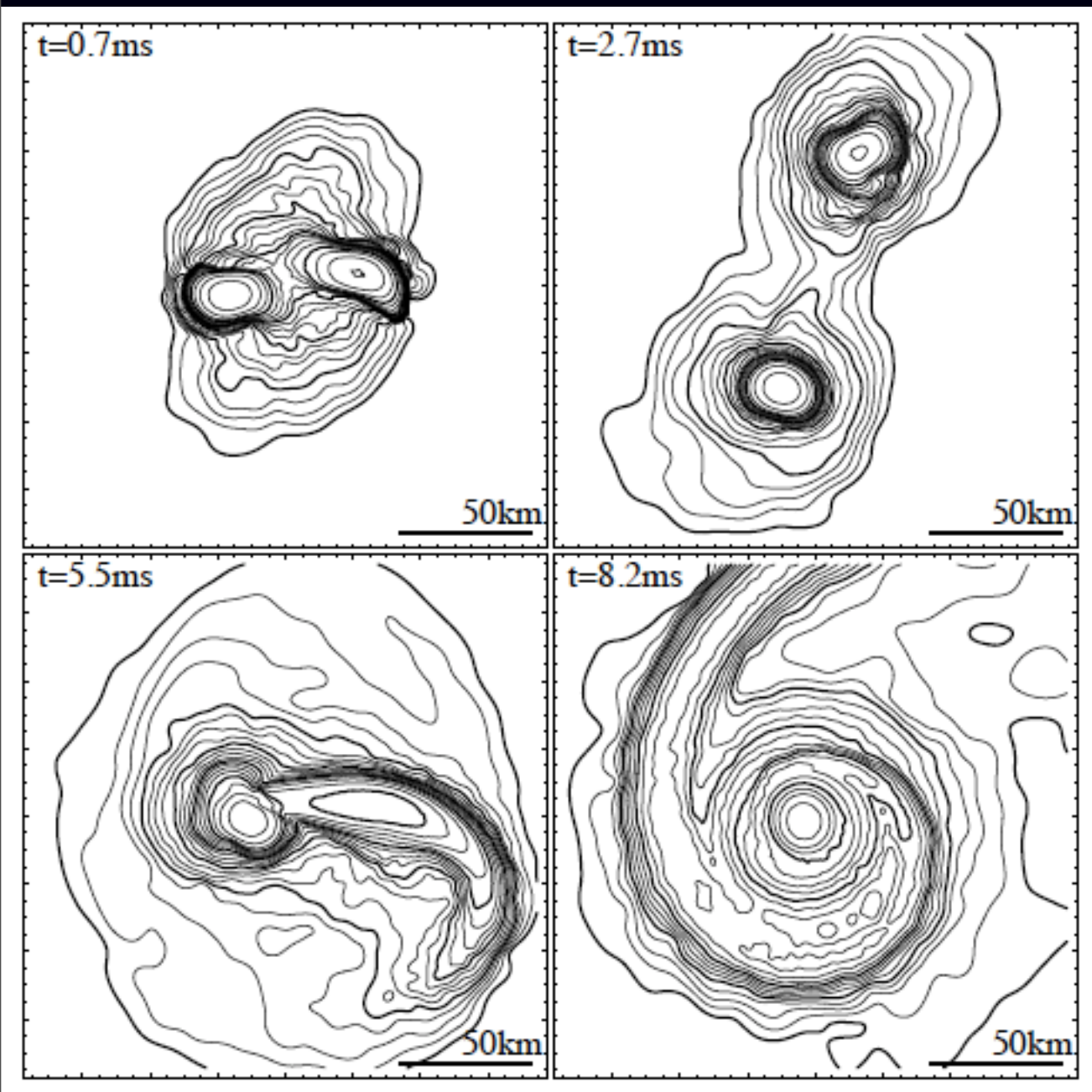
Encuentros de objetos compactos

Encuentros de objetos compactos

Para un par de masa comparable (por ejemplo, dos estrellas de neutrones) la interacción involucra una colisión directa. Destellos de rayos gamma?

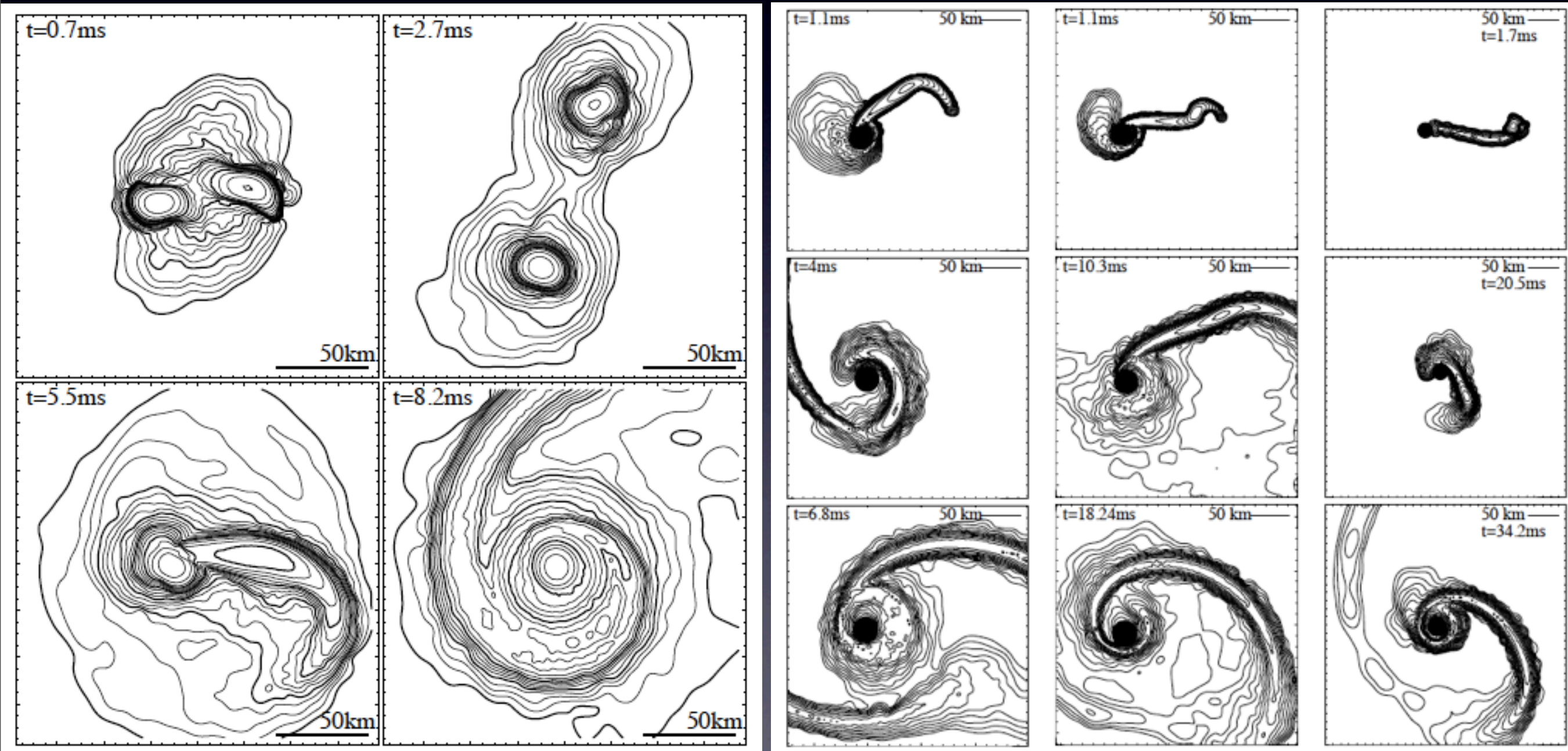
Encuentros de objetos compactos

Para un par de masa comparable (por ejemplo, dos estrellas de neutrones) la interacción involucra una colisión directa. Destellos de rayos gamma?



Encuentros de objetos compactos

Para un par de masa comparable (por ejemplo, dos estrellas de neutrones) la interacción involucra una colisión directa. Destellos de rayos gamma?

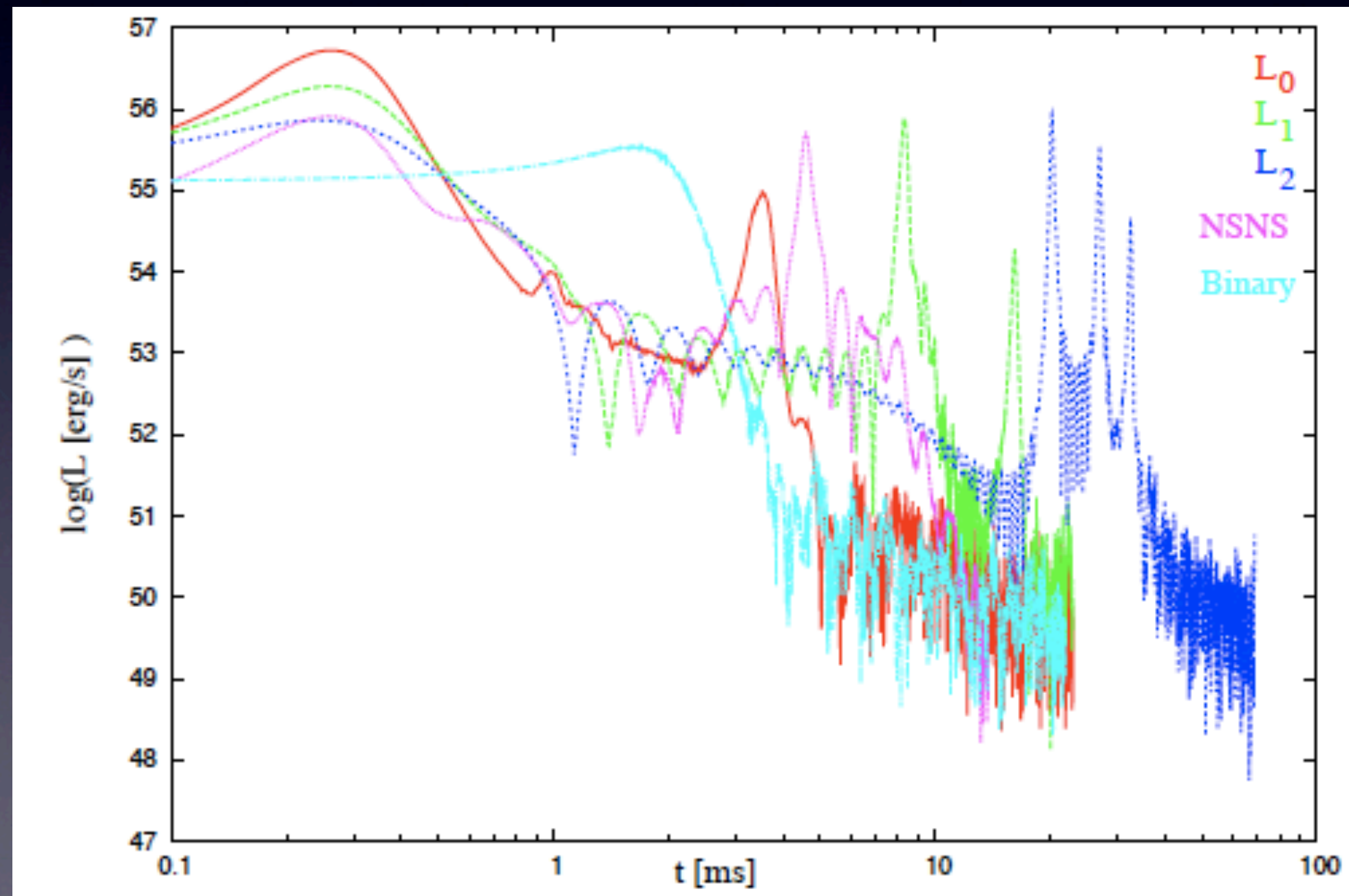


Ondas gravitacionales

- La emisión de ondas gravitacionales se vuelve importante, y se libera una gran cantidad de energía.

Ondas gravitacionales

- La emisión de ondas gravitacionales se vuelve importante, y se libera una gran cantidad de energía.



Luminosidad

Otros espectros-Ondas Gravitacionales

**NS-NS inspiral
Volume**

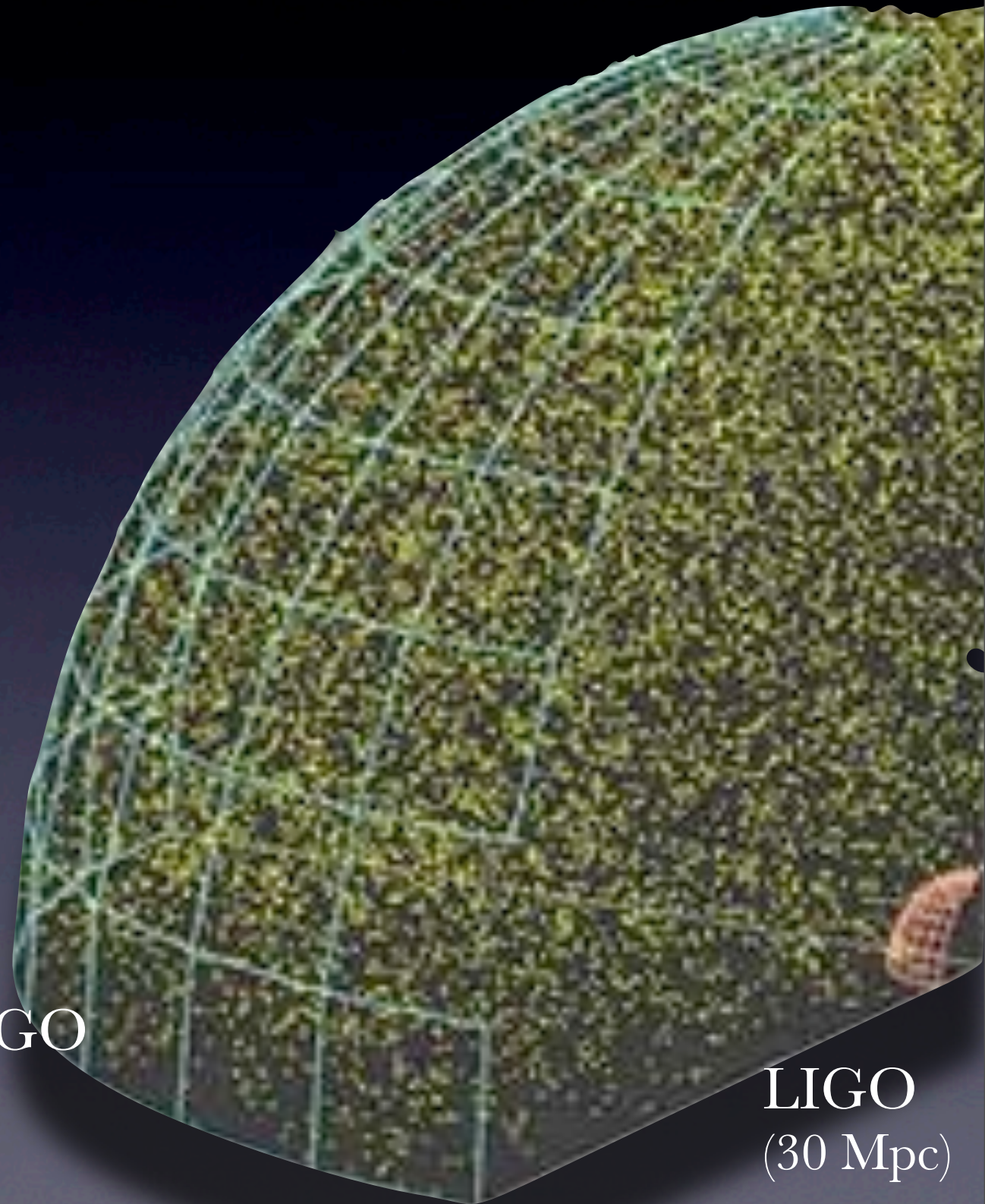
LIGO avanzado: 40/yr

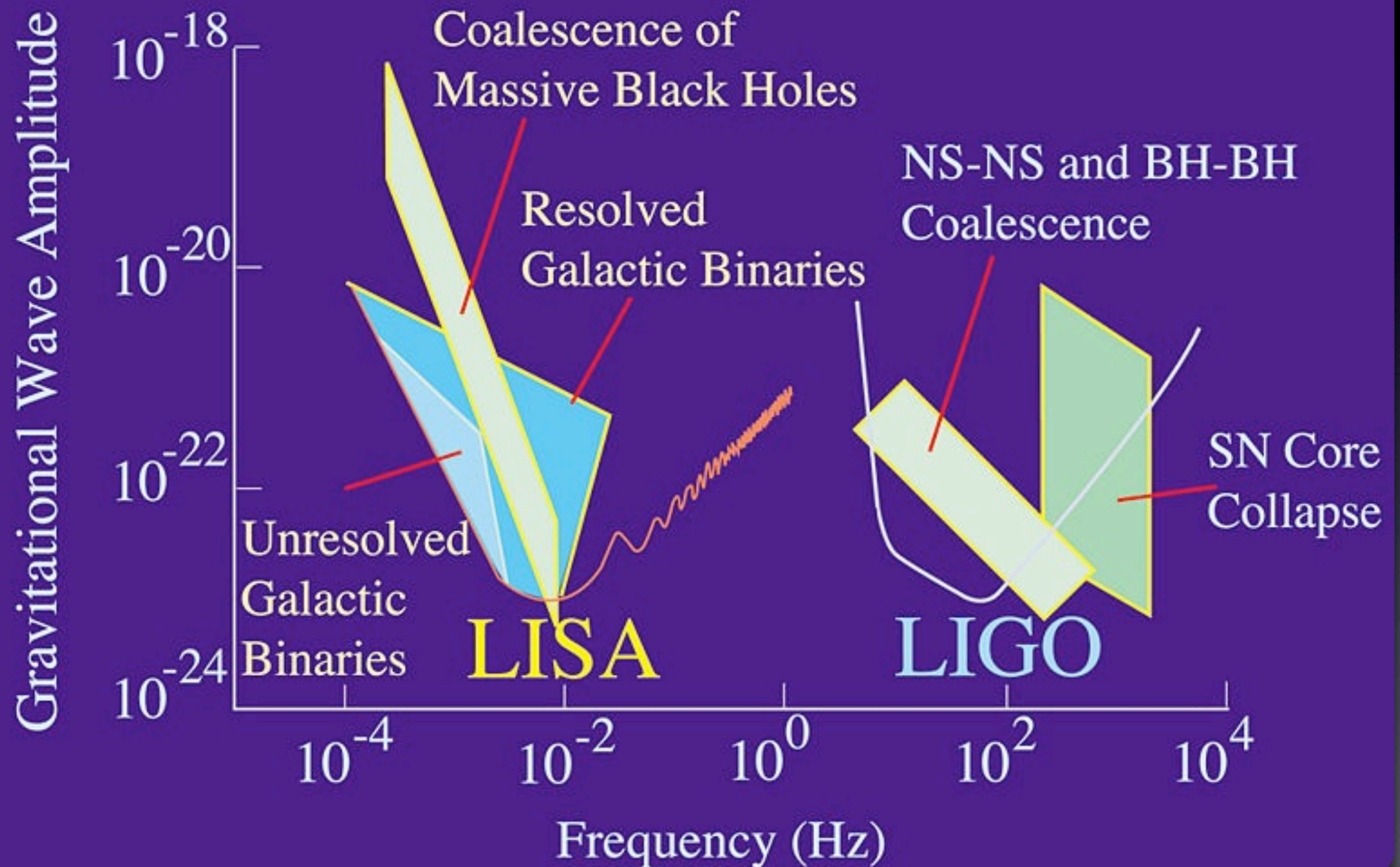
con un error de $\sim 10 \text{ deg}^2$

Con un telescopio de campo amplio se abren la posibilidad de dar seguimiento a las contrapartes de esta clase de fuentes en el espectro electromagnético.

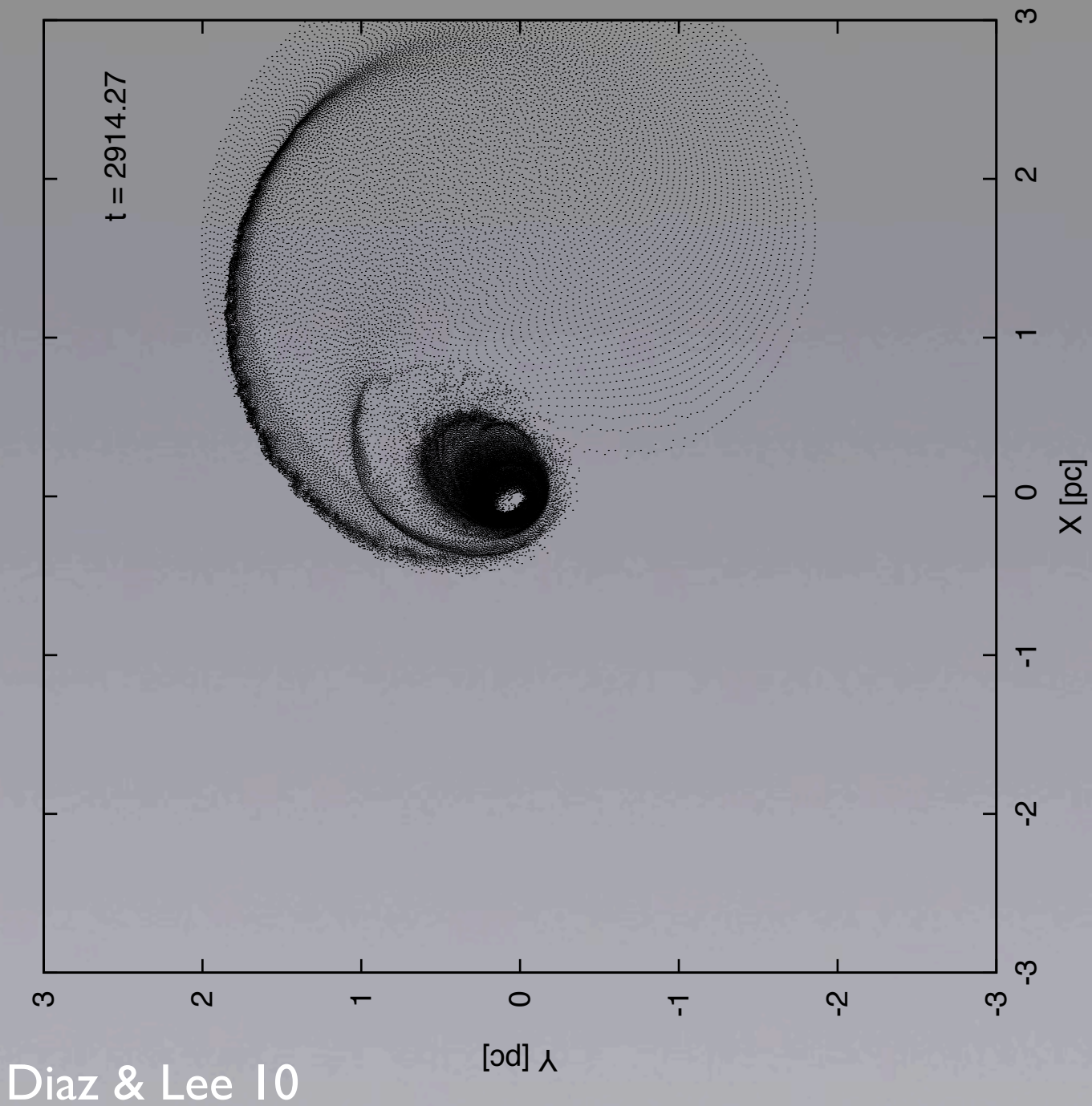
advanced LIGO
(300 Mpc)

LIGO
(30 Mpc)

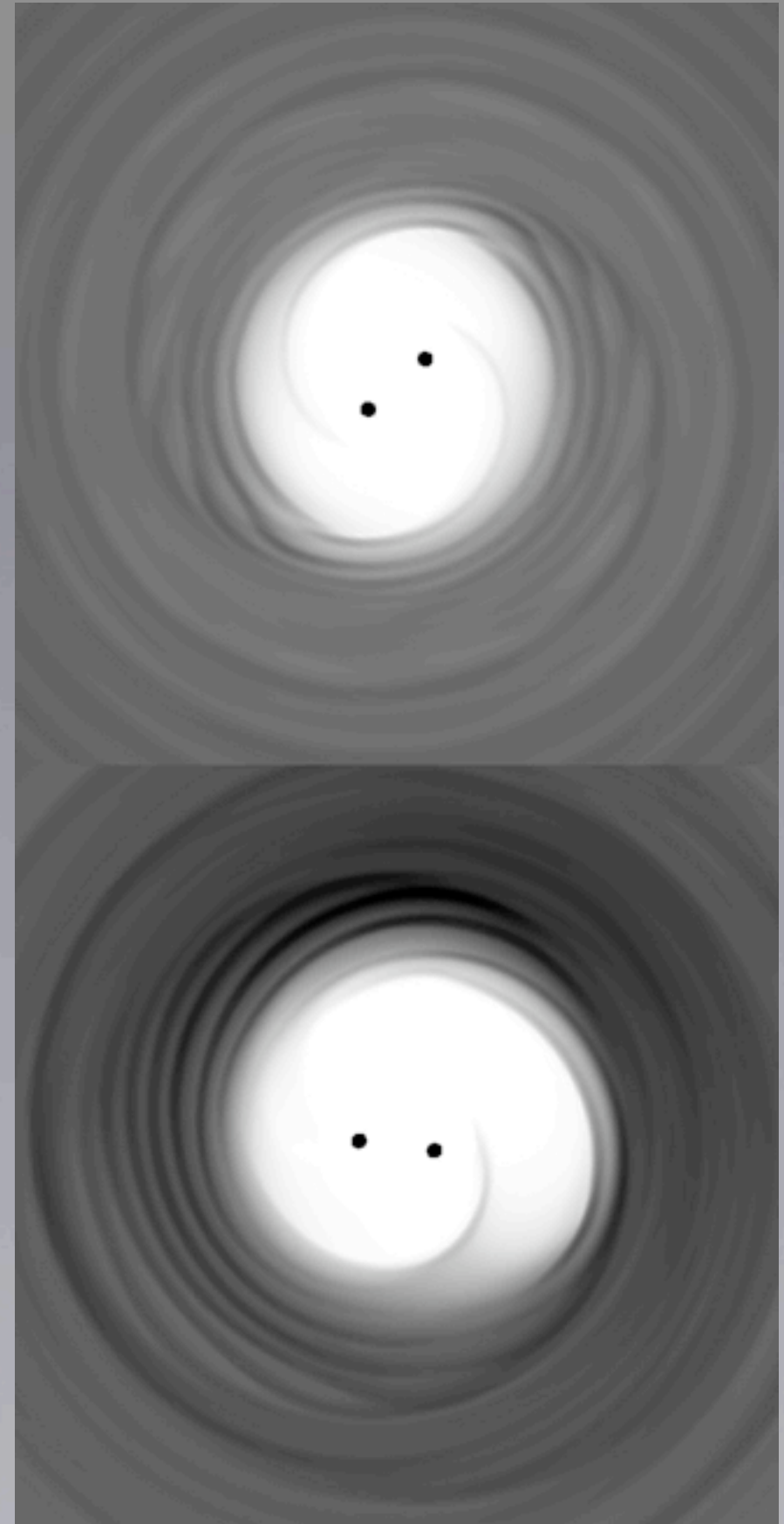




Qué necesitamos saber para asociarlas?



MacFadyen & Milosavljevic 08



Desarrollo tecnológico y de recursos humanos

Desarrollo tecnológico y de recursos humanos

Estos proyectos requieren de desarrollo de infraestructura y personal en:

Desarrollo tecnológico y de recursos humanos

Estos proyectos requieren de desarrollo de infraestructura y personal en:

- ciencia básica (física, astronomía, matemáticas),

Desarrollo tecnológico y de recursos humanos

Estos proyectos requieren de desarrollo de infraestructura y personal en:

- ciencia básica (física, astronomía, matemáticas),
- cómputo, telecomunicaciones,

Desarrollo tecnológico y de recursos humanos

Estos proyectos requieren de desarrollo de infraestructura y personal en:

- ciencia básica (física, astronomía, matemáticas),
- cómputo, telecomunicaciones,
- ingeniería (mecánica, electrónica, control, óptica),

Desarrollo tecnológico y de recursos humanos

Estos proyectos requieren de desarrollo de infraestructura y personal en:

- ciencia básica (física, astronomía, matemáticas),
- cómputo, telecomunicaciones,
- ingeniería (mecánica, electrónica, control, óptica),
- medio ambiente,

Desarrollo tecnológico y de recursos humanos

Estos proyectos requieren de desarrollo de infraestructura y personal en:

- ciencia básica (física, astronomía, matemáticas),
- cómputo, telecomunicaciones,
- ingeniería (mecánica, electrónica, control, óptica),
- medio ambiente,
- difusión, educación, ...

Desarrollo tecnológico y de recursos humanos

Estos proyectos requieren de desarrollo de infraestructura y personal en:

- ciencia básica (física, astronomía, matemáticas),
- cómputo, telecomunicaciones,
- ingeniería (mecánica, electrónica, control, óptica),
- medio ambiente,
- difusión, educación, ...

Para aprovecharlas a 10-15 años estamos planeadno ahora.

México cuenta con infraestructura nacional y acceso a observatorios internacionales



El sitio del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir, B.C.

San Pedro Mártir Site



*Developed & operated as
observatory by IA-UNAM over
the last 35 yrs*

OAN 127 yrs:
Chapultepec (1878) -> Tacubaya (1909)
Tonanzintla (1942) -> SPM (1967)



3 main telescopes (2.1m, 1.5m, & 0.84m)



*Well equipped
with a good battery
of instruments
(Optical to 25 μ m)*

El sitio del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir, B.C.

San Pedro Mártir Site



Developed & operated as observatory by IA-UNAM over the last 35 yrs

OAN 127 yrs:
Chapultepec (1878) -> Tacubaya (1909)
Tonanzintla (1942) -> SPM (1967)



3 main telescopes (2.1m, 1.5m, & 0.84m)



Well equipped with a good battery of instruments (Optical to 25 μ m)

San Diego

Yuma

Tijuana

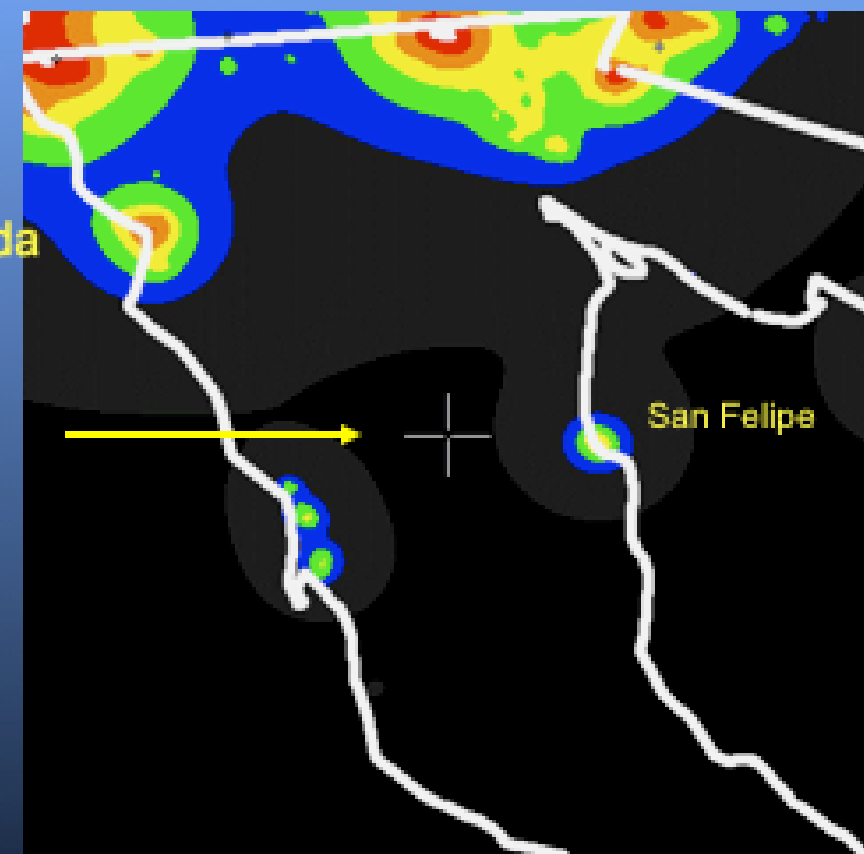
Ensenada

SPM

San Felipe

Sky Brightness at San Pedro Martir

Darker than
B ~ 22.3 mag/sq sec



~300 km

El sitio del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir, B.C.

San Pedro Mártir Site



Developed & operated as observatory by IA-UNAM over the last 35 yrs

OAN 127 yrs:
Chapultepec (1878) -> Tacubaya (1909)
Tonanzintla (1942) -> SPM (1967)



3 main telescopes (2.1m, 1.5m, & 0.84m)



Well equipped with a good battery of instruments (Optical to 25 μ m)

Site TIM-O1 $+31^{\circ} 02.720'$ $-115^{\circ} 28.086'$ 2800 m



San Diego

Yuma

Tijuana

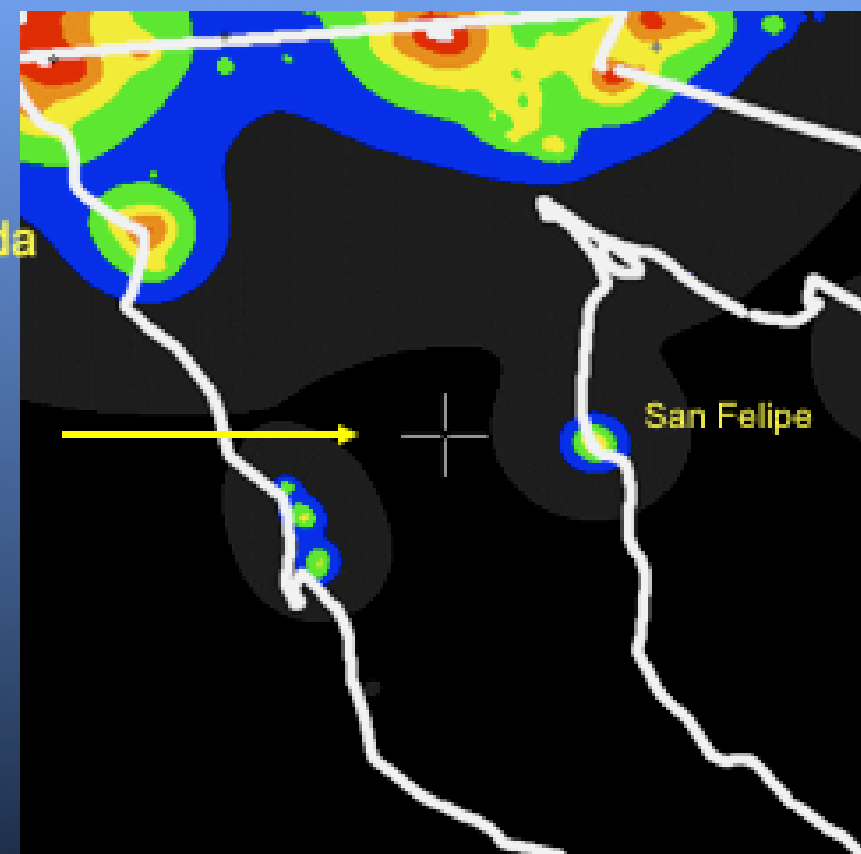
Ensenada

SPM

San Felipe

rightness at
edro Martir

ker than
3 mag/sq sec



~300 km

El sitio del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir, B.C.

San Pedro Mártir Site



Developed & operated as observatory by IA-UNAM over the last 35 yrs

OAN 127 yrs:
Chapultepec (1878) -> Tacubaya (1909)
Tonanzintla (1942) -> SPM (1967)



3 main telescopes (2.1m, 1.5m, & 0.84m)



Well equipped with a good battery of instruments (Optical to 25 μ m)

Site TIM-O1 $+31^{\circ} 02.720'$ $-115^{\circ} 28.086'$ 2800 m



- Uno de los 4 mejores sitios para astronomía óptica/IR en el mundo (con Canarias, Hawaii, Chile).

San Diego

Yuma

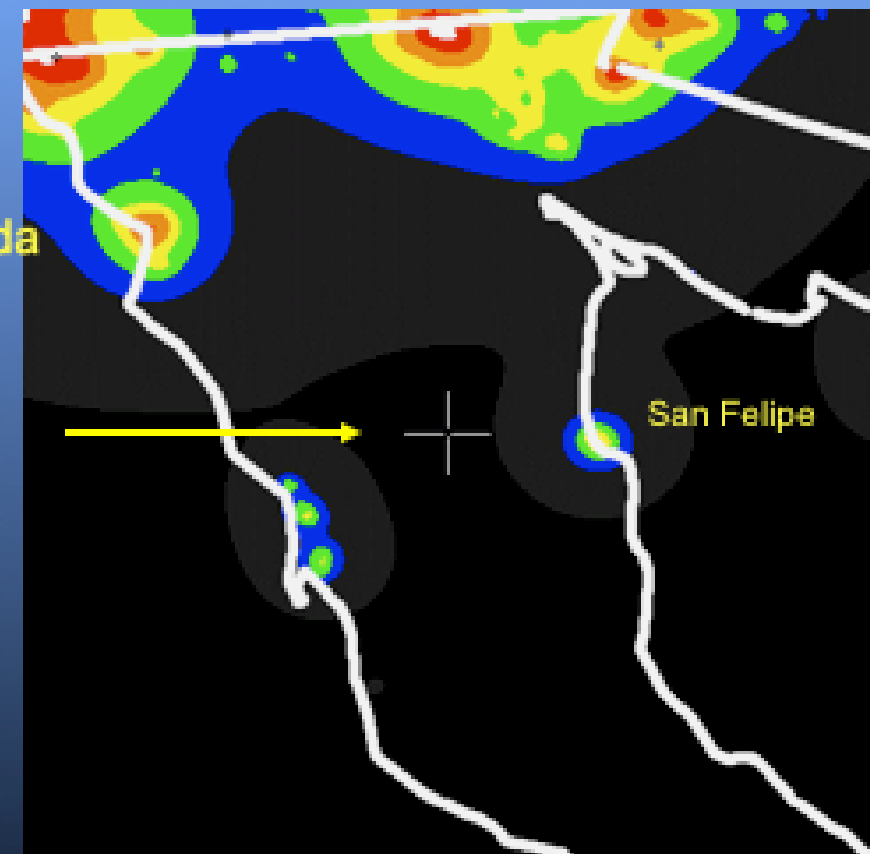
Tijuana

Ensenada

SPM

San Felipe

Lightness at
San Pedro Mártir
greater than
3 mag/sq sec



~300 km

El sitio del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir, B.C.

San Pedro Mártir Site



Developed & operated as observatory by IA-UNAM over the last 35 yrs

OAN 127 yrs:
Chapultepec (1878) -> Tacubaya (1909)
Tonanzintla (1942) -> SPM (1967)



3 main telescopes (2.1m, 1.5m, & 0.84m)



Well equipped
with a good battery
of instruments
(Optical to 25 μ m)

Site TIM-O1 +31° 02.720' -115° 28.086' 2800 m



- Uno de los 4 mejores sitios para astronomía óptica/IR en el mundo (con Canarias, Hawaii, Chile).
- El menos desarrollado.

San Diego

Yuma

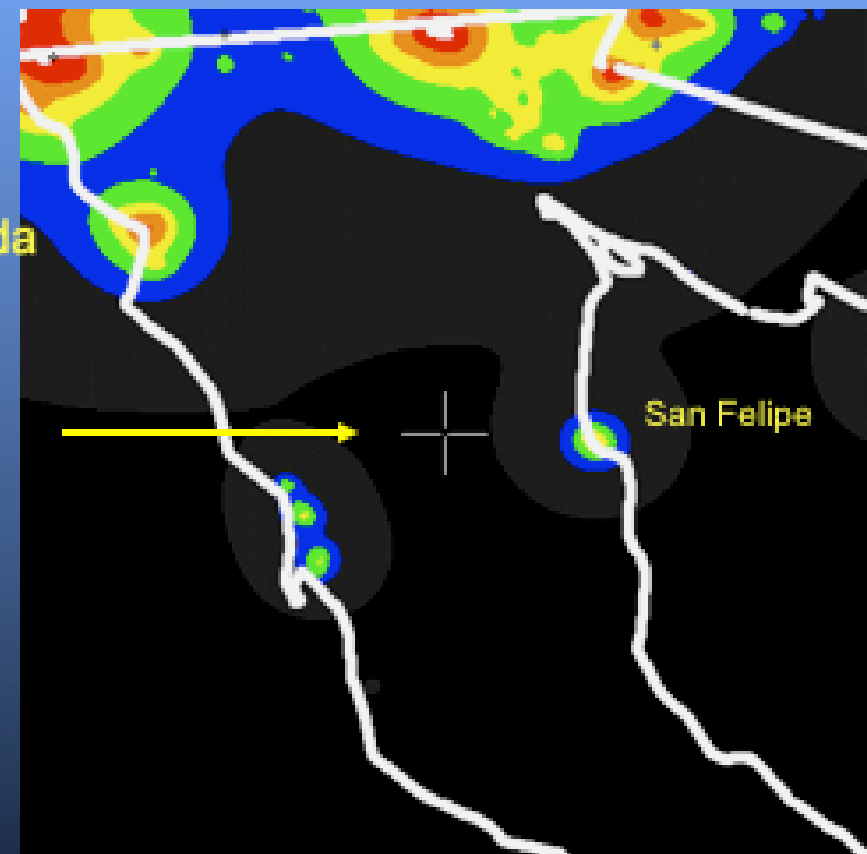
Tijuana

Ensenada

SPM

San Felipe

lightness at
edro Martir
ker than
3 mag/sq sec



~300 km

El sitio del Observatorio Astronómico Nacional en San Pedro Mártir, B.C.

San Pedro Mártir Site



Developed & operated as observatory by IA-UNAM over the last 35 yrs

OAN 127 yrs:
Chapultepec (1878) -> Tacubaya (1909)
Tonanzintla (1942) -> SPM (1967)



3 main telescopes (2.1m, 1.5m, & 0.84m)



Well equipped
with a good battery
of instruments
(Optical to 25 μ m)

Site TIM-O1 +31° 02.720' -115° 28.086' 2800 m



- Uno de los 4 mejores sitios para astronomía óptica/IR en el mundo (con Canarias, Hawaii, Chile).
- El menos desarrollado.

San Diego

Yuma

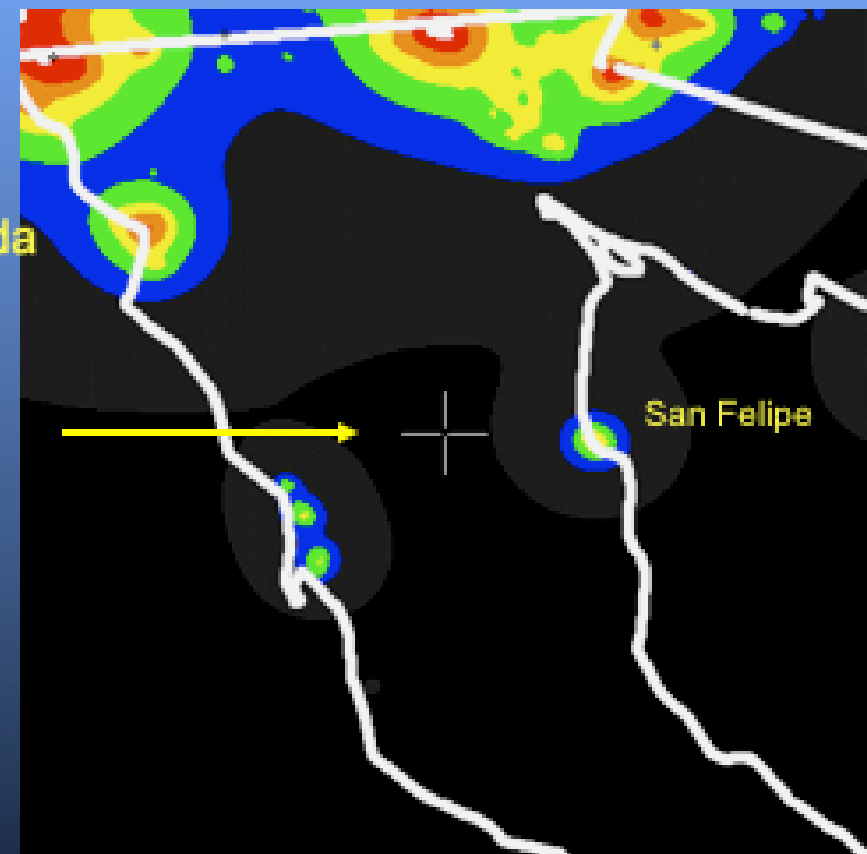
Tijuana

Ensenada

SPM

San Felipe

Lightness at
San Pedro Mártir
greater than
3 mag/sq sec



~300 km

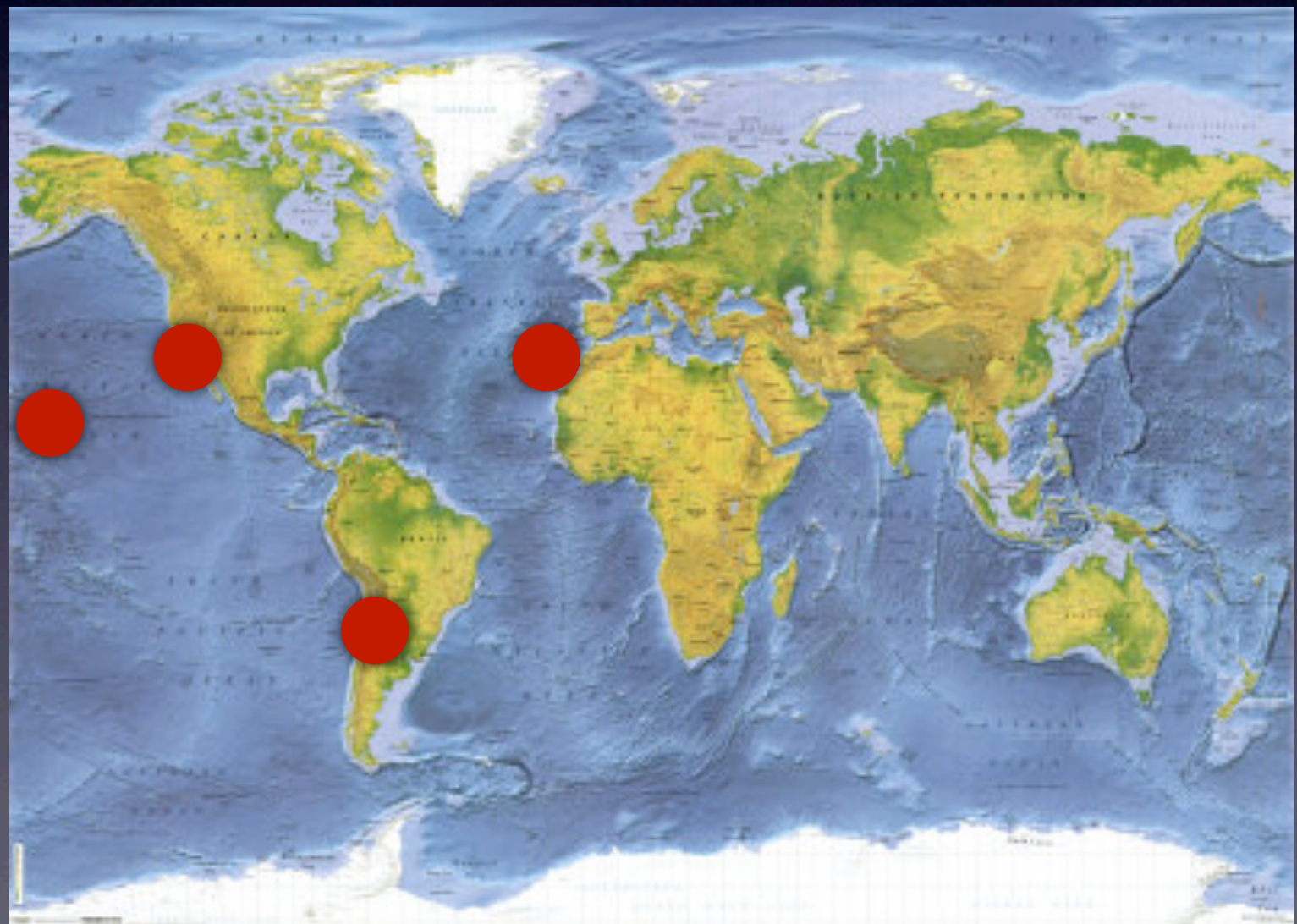
Oscuro, despejado, estable

San Pedro Mártir en el contexto internacional

¿Cuántos lugares así hay en el mundo, y qué tienen?

- Islas Canarias
- Hawaii
- Chile
- San Pedro Mártir

En los tres primeros la inversión promedio es de 6MMD (EUA, Canadá, Europa, Japón, ...).



SPM ha sido evaluado favorablemente para proyectos internacionales

En SPM alcanza ~30MD (México).

Demografía y formación de personal a futuro

Para aprovechar el desarrollo de infraestructura planteado, debemos planear ahora.

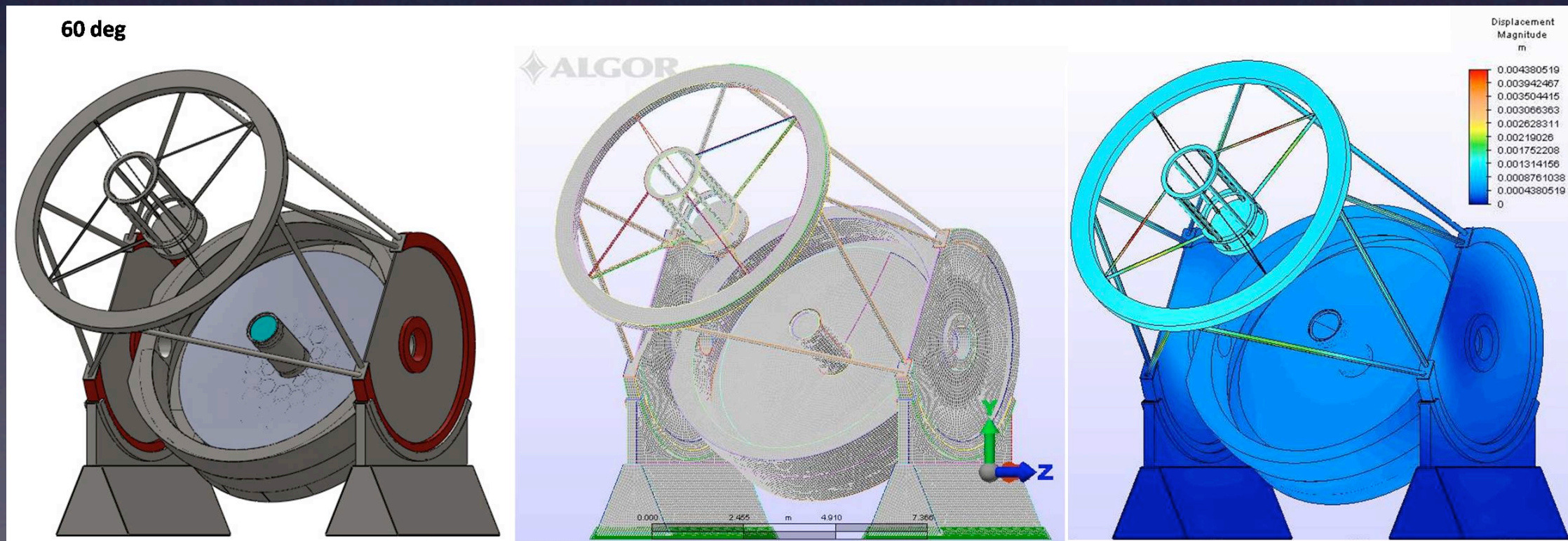
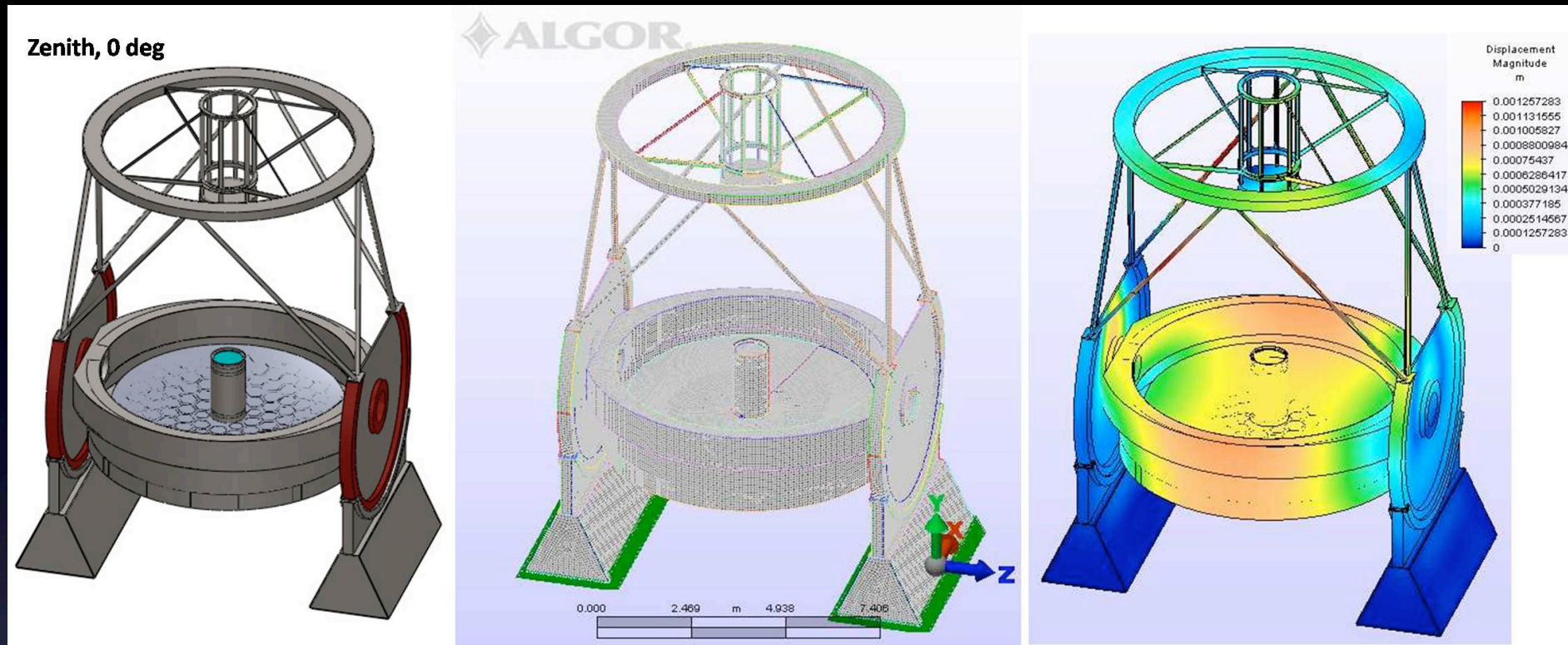
El tiempo requerido para un ciclo licenciatura+maestría+doctorado es de ~10 años, comparable con el ciclo de desarrollo de los proyectos medianos a grandes.

La formación de personal planificada ahora es pieza clave para el éxito de los proyectos. Requiere becas, estancias posdoctorales, organización de escuelas, talleres, cátedras e intercambio académico y tecnológico.

Proyectos para el desarrollo de la astronomía nacional

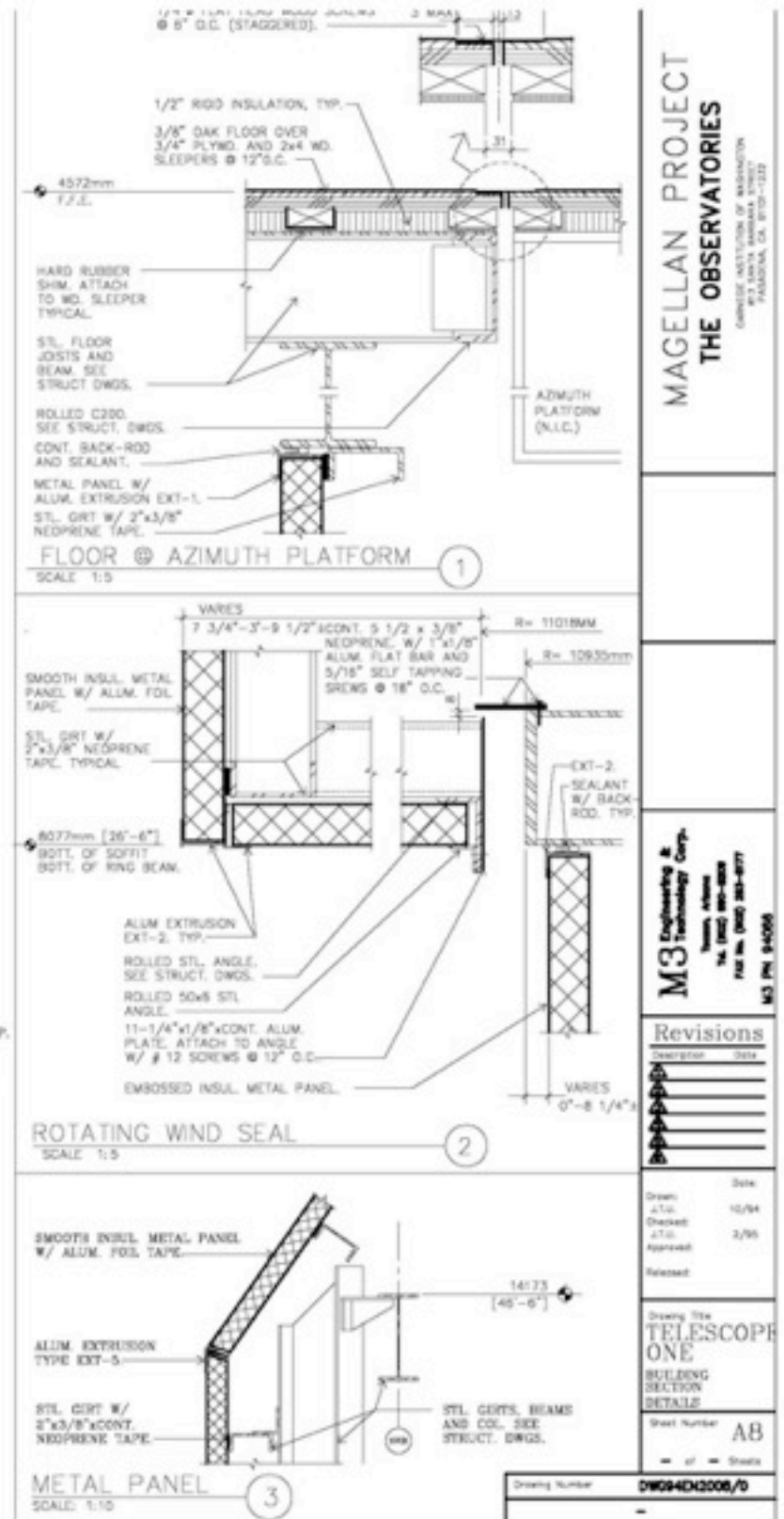
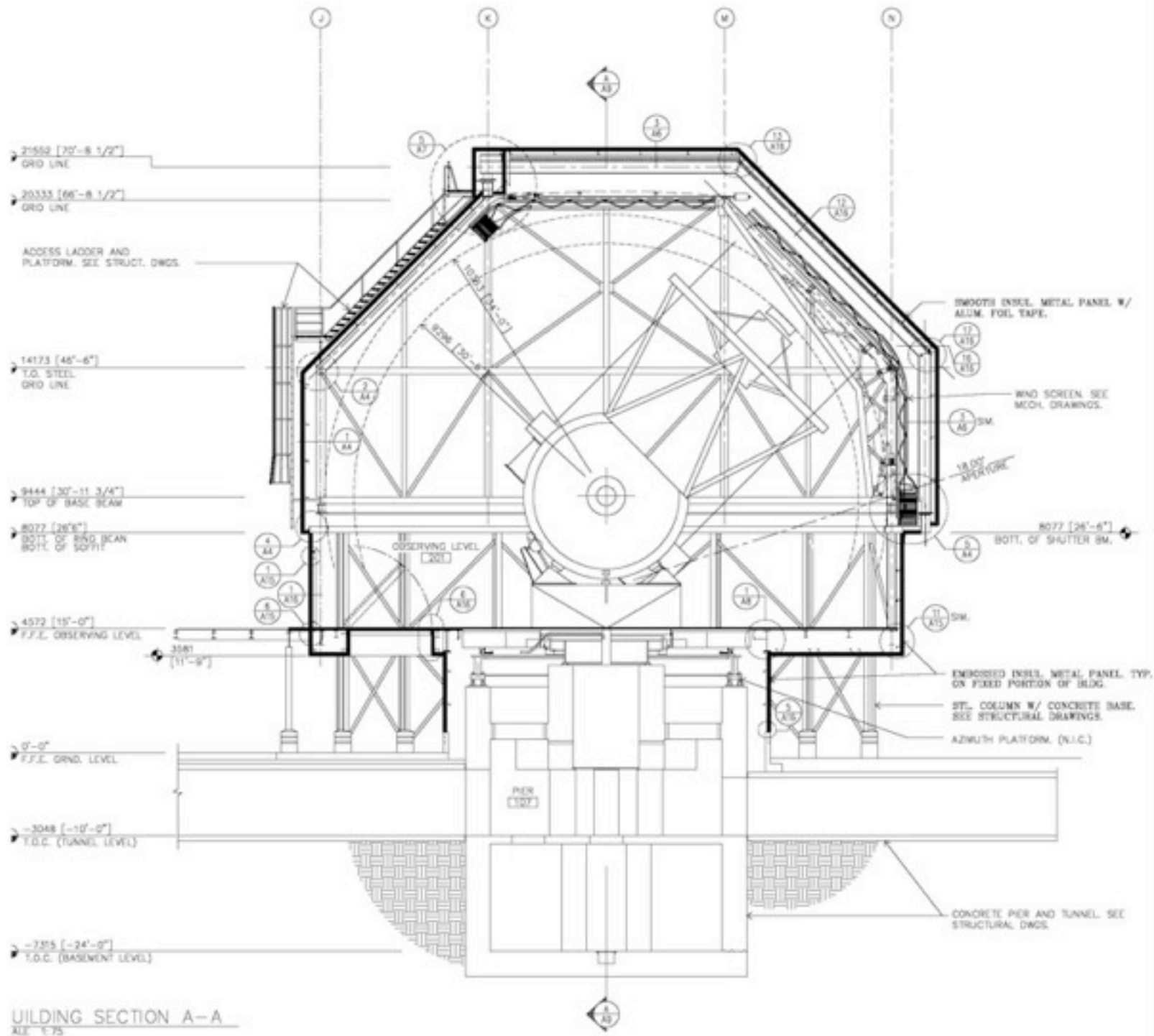
- Programa de becas posdoctorales y escuelas para estudiantes
- Instalación de telescopios robóticos
- Infraestructura de energía y telecomunicaciones para el sitio de SPM
- Proyectos chicos a medianos, dirigidos a objetivos científicos particulares: mapeo del Universo a gran escala; arqueología de sistemas planetarios; estudio del cielo variable.
- Desarrollo científico y tecnológico del SPMT, telescopio de 6.5m dedicado a censos del cielo completo.
- Programa dirigido de difusión y comunicación de la ciencia a nivel regional y nacional

Estudios para el telescopio de 6.5m

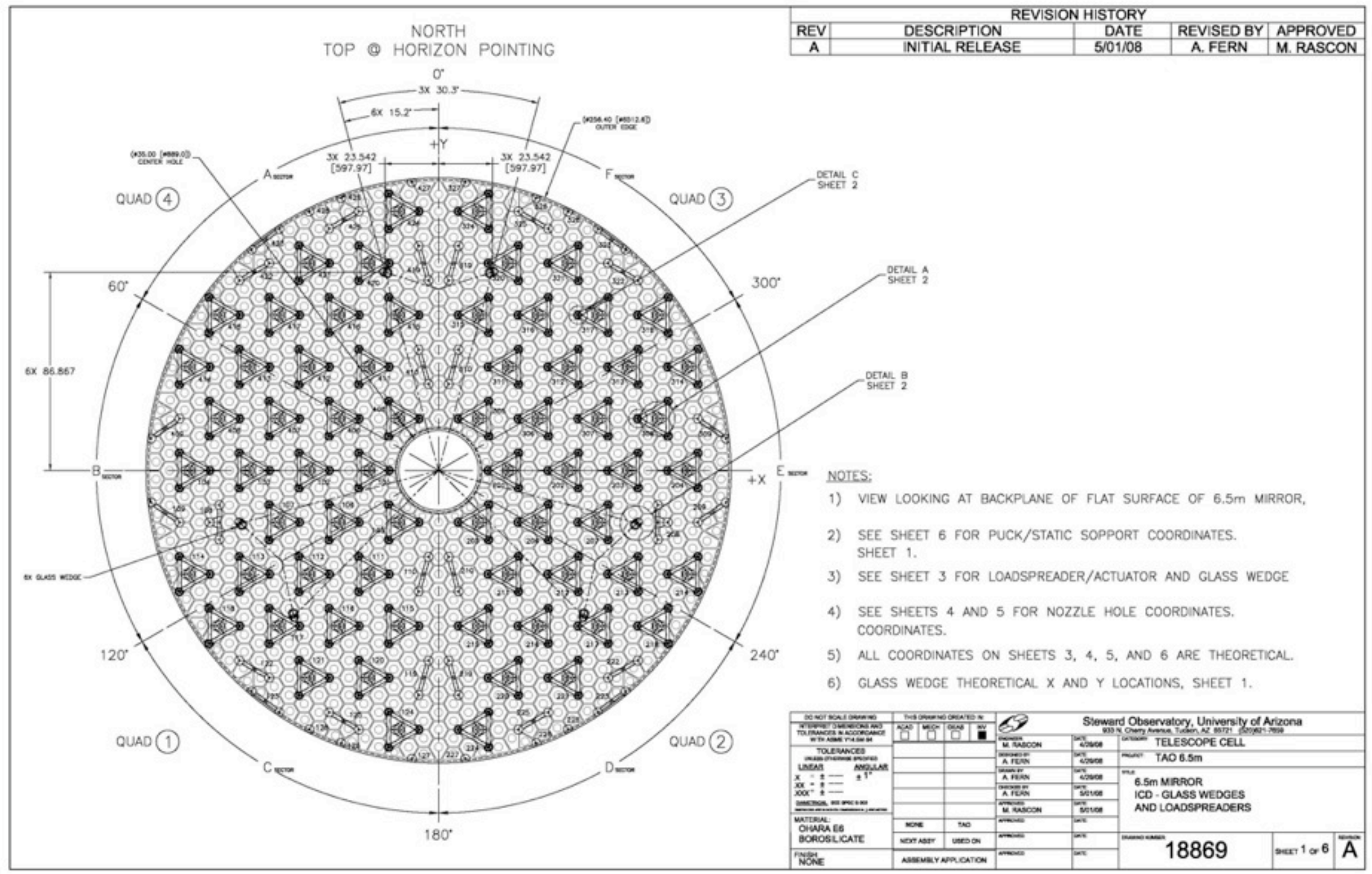


Spaleniak++10

Estudios para el telescopio de 6.5m



Estudios para el telescopio de 6.5m



Oficina de Proyectos para el OAN/SPM

Oficina de Proyectos para el OAN/SPM

- Abrió el septiembre 2009 en la Torre de Ingeniería(UNAM).

Oficina de Proyectos para el OAN/SPM

- Abrió el septiembre 2009 en la Torre de Ingeniería(UNAM).
- Encargada de planeación, gestión, legal, medio ambiente, relación con socios y contratistas.

Oficina de Proyectos para el OAN/SPM

- Abrió el septiembre 2009 en la Torre de Ingeniería(UNAM).
- Encargada de planeación, gestión, legal, medio ambiente, relación con socios y contratistas.
- Encargada del aspecto jurídico para formalizar convenios con los miembros del consorcio.

El desarrollo de la astronomía es una ventana de oportunidad para:

- desarrollar ciencia con impacto en prácticamente todas las áreas de astronomía y la física,
- colaboración científica y tecnológica dirigida a nivel nacional y con socios internacionales,
- desarrollo de recursos humanos,
- educación y vinculación en ciencia y tecnología.



Gracias