

Gestación y vida de las Estrellas

Carlos Román Zúñiga

Instituto de Astronomía, Observatorio Astronómico Nacional

Universidad Nacional Autónoma de México



La Formación de las Estrellas

La Formación de las Estrellas

- Hasta hace menos de un siglo, la formación de las estrellas se entendía tan poco, que llegó incluso a pensarse que era un fenómeno imposible. La mínima o nula evidencia observacional envolvían al origen de las estrellas en un oscuro halo de misterio.

La Formación de las Estrellas

- Hasta hace menos de un siglo, la formación de las estrellas se entendía tan poco, que llegó incluso a pensarse que era un fenómeno imposible. La mínima o nula evidencia observacional envolvían al origen de las estrellas en un oscuro halo de misterio.
- Y es que en realidad, el nacimiento de las estrellas, **sí** ocurre en regiones frías y oscuras. Y está (o mejor dicho, *estaba*) oculto a la vista del hombre.

La Formación de las Estrellas

- Hasta hace menos de un siglo, la formación de las estrellas se entendía tan poco, que llegó incluso a pensarse que era un fenómeno imposible. La mínima o nula evidencia observacional envolvían al origen de las estrellas en un oscuro halo de misterio.
- Y es que en realidad, el nacimiento de las estrellas, **sí** ocurre en regiones frías y oscuras. Y está (o mejor dicho, *estaba*) oculto a la vista del hombre.
- La formación de las estrellas es todavía uno de los problemas sin resolver en la astrofísica moderna. Aunque hoy, gracias al avance de la tecnología, una enorme producción de trabajos observacionales, analíticos y numéricos, nos acercan ya rápidamente hacia la construcción de una teoría predictiva de la formación estelar.

El Origen de las Estrellas

El Origen de las Estrellas



El Origen de las Estrellas

- ✦ La astronomía una de las ciencias más “naturales”. Observar el cielo es una de nuestras primeras actividades intelectuales.



El Origen de las Estrellas

- ✦ La astronomía una de las ciencias más “naturales”. Observar el cielo es una de nuestras primeras actividades intelectuales.
- ✦ ¿Qué son las estrellas y por qué están ahí?



El Origen de las Estrellas

- ✦ La astronomía una de las ciencias más “naturales”. Observar el cielo es una de nuestras primeras actividades intelectuales.
- ✦ ¿Qué son las estrellas y por qué están ahí?
- ✦ Al observar el cielo, todos quisieramos una explicación. Algunos la buscan desde la niñez, y luego durante toda su vida.



El Origen de las Estrellas

El Origen de las Estrellas

Las estrellas han sido esenciales para la humanidad desde sus orígenes. Son nuestra primera brújula, nuestro primer calendario, nuestra primera fuente de mitos. Todas las grandes civilizaciones han rendido culto a las estrellas.

El Origen de las Estrellas

¿cómo se dice estrella en...?

Náhuatl	<i>citlali</i>
Chino	<i>xing</i>
Inglés antiguo	<i>sterling</i>
Árabe	<i>zeke</i>
Eslavo	<i>danica</i>
Tailandés	<i>dao</i>
Ruso	<i>esfir</i>
Otomí	<i>tsö</i>
Vasco	<i>izar</i>
Griego	<i>astarte</i>

El Origen de las Estrellas

- Algunas ideas sobre el origen de las estrellas a lo largo de la historia de la humanidad...



El Origen de las Estrellas

El Origen de las Estrellas

- De acuerdo a los Yakut, en Siberia, las estrellas son ventanas de cristal por las cuales los Dioses se asoman para ver los actos de los hombres...



El Origen de las Estrellas

- De acuerdo a los Yakut, en Siberia, las estrellas son ventanas de cristal por las cuales los Dioses se asoman para ver los actos de los hombres...
- De acuerdo a los Turco-tártaros, el firmamento es una gran manta con agujeritos -las estrellas-, y esta manta se desliza sobre el cielo, durante la noche...



El Origen de las Estrellas

- De acuerdo a los Yakut, en Siberia, las estrellas son ventanas de cristal por las cuales los Dioses se asoman para ver los actos de los hombres...
- De acuerdo a los Turco-tártaros, el firmamento es una gran manta con agujeritos -las estrellas-, y esta manta se desliza sobre el cielo, durante la noche...
- Para los Paliute, las estrellas son los hijos del Sol y de la Luna. El Sol se come a sus hijos y por eso desaparecen durante el día. Al llegar la noche, la Luna vuelve a danzar con las estrellas por el firmamento.



El Origen de las Estrellas

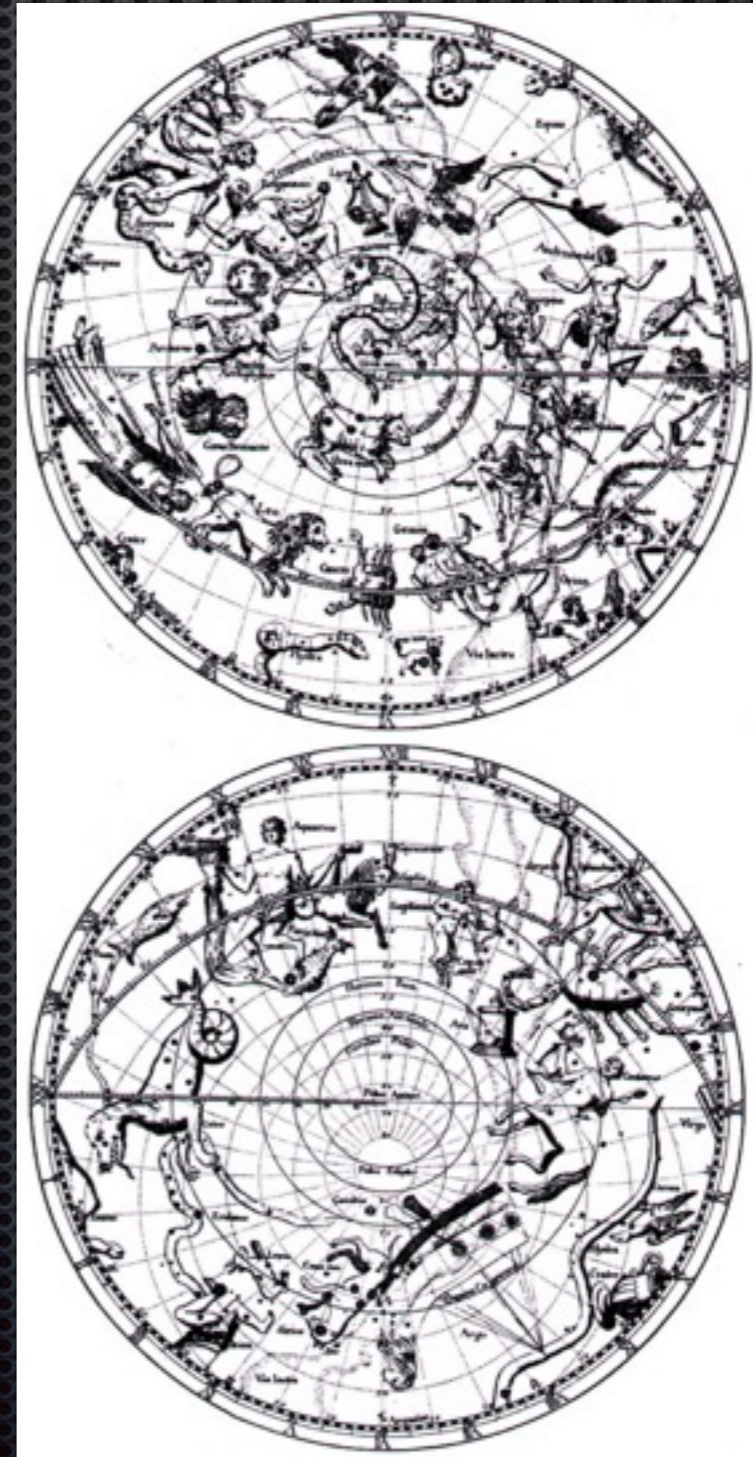
- De acuerdo a los Aztecas, la Luna y las estrellas son hijas de la diosa Coatlicue, la de la falda de serpientes. Las hijas deciden matar a su madre, pero su padre, el dios Huitzilopochtli (El Sol), las mata a ellas primero.



El Origen de las Estrellas

El Origen de las Estrellas

- Los griegos prefieren dar a los planetas categoría de dioses y a las estrellas la categoría de objetos abstractos de absoluta pureza. Se dan cuenta que están demasiado lejos como para poder entenderlos.



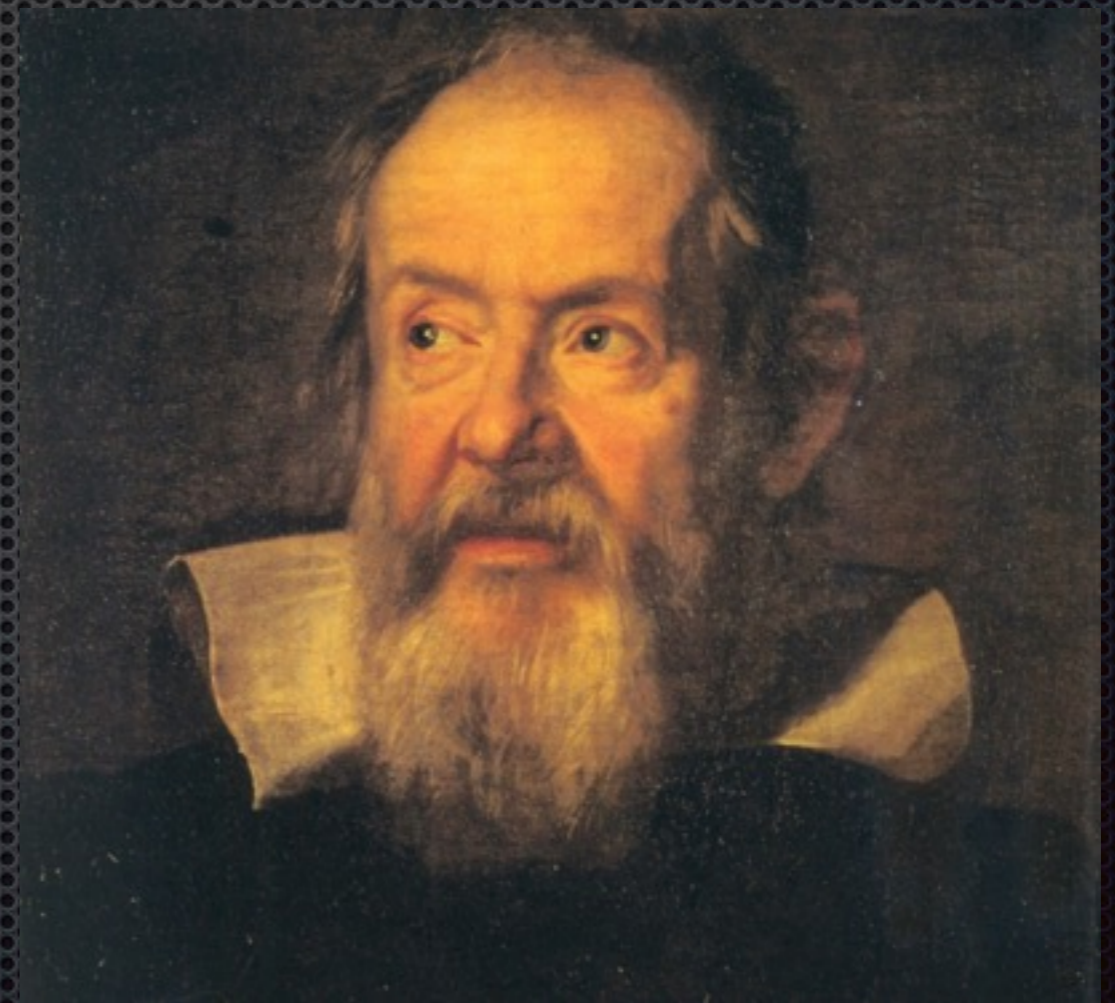
El Origen de las Estrellas

- ✦ Los griegos prefieren dar a los planetas categoría de dioses y a las estrellas la categoría de objetos abstractos de absoluta pureza. Se dan cuenta que están demasiado lejos como para poder entenderlos.
- ✦ Ptolomeo cataloga las estrellas y las ideas sobre el Universo en *El Almagesto*. Tendrán que pasar cientos de años antes de la siguiente revisión.



El Origen de las Estrellas

- Los griegos prefieren dar a los planetas categoría de dioses y a las estrellas la categoría de objetos abstractos de absoluta pureza. Se dan cuenta que están demasiado lejos como para poder entenderlos.
- Ptolomeo cataloga las estrellas y las ideas sobre el Universo en *El Almagesto*. Tendrán que pasar cientos de años antes de la siguiente revisión.
- Galileo Galilei es el primero en hacer público que el número de estrellas catalogadas en *El Almagesto* se queda un “poco” corto.



El Origen de las Estrellas

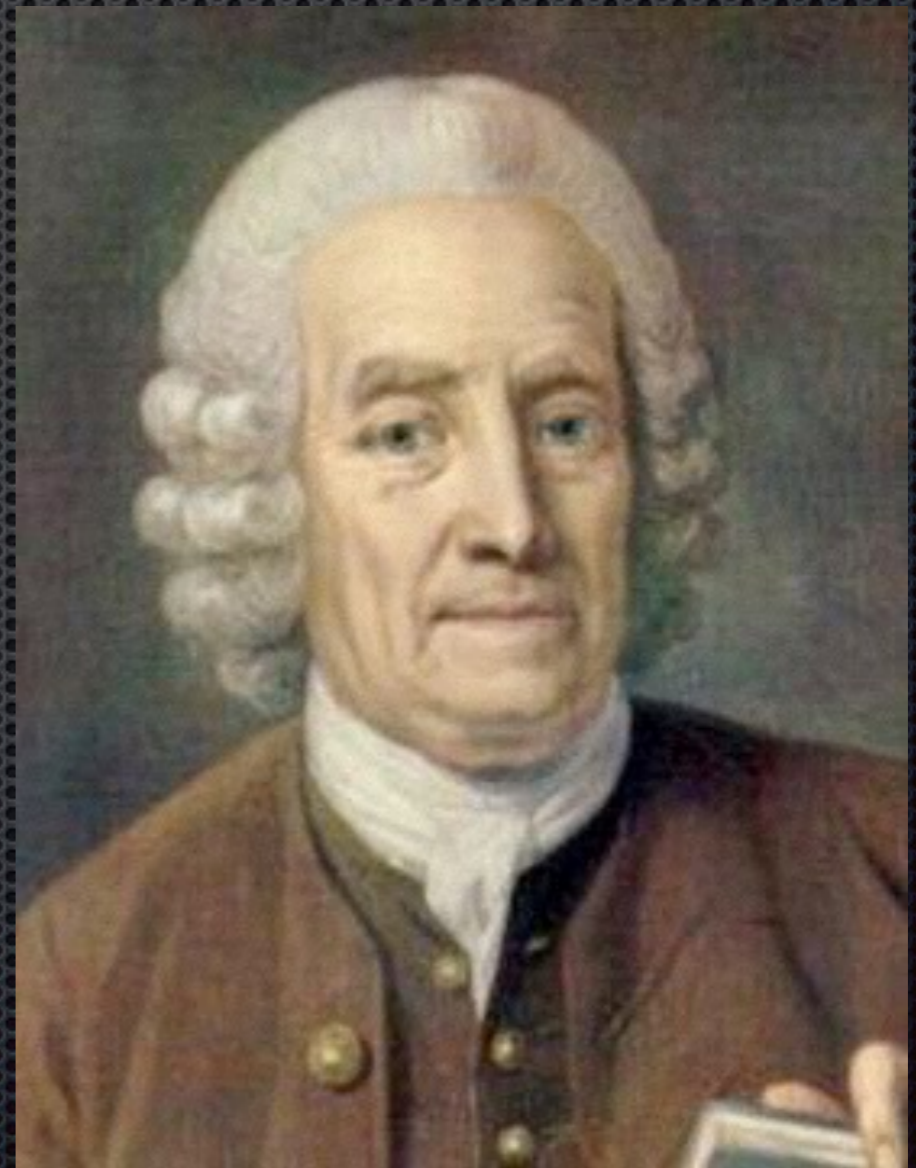
El Origen de las Estrellas

- ✦ 1644. René Descartes: *Teoría de los Vórtices*.



El Origen de las Estrellas

- ✦ 1644. René Descartes: *Teoría de los Vórtices*.
- ✦ 1734. Emanuel Swendeborg: primera *Hipótesis Nebular*.



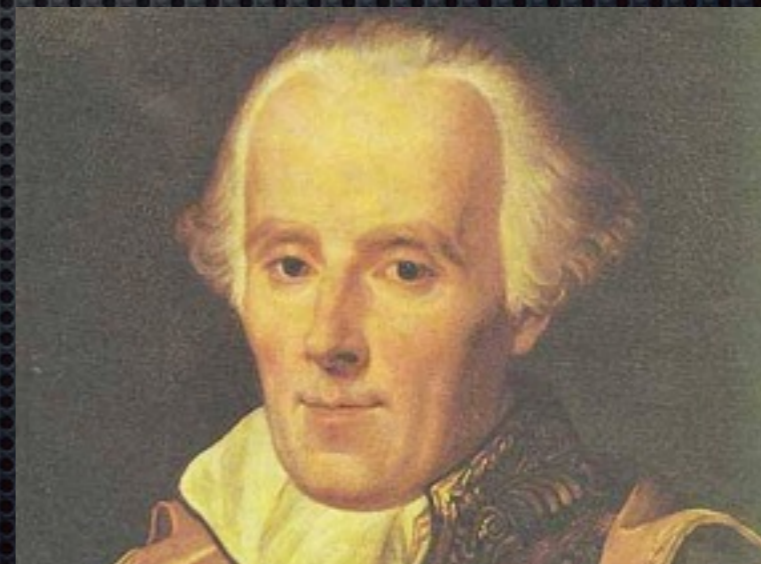
El Origen de las Estrellas

- ✦ 1644. René Descartes: *Teoría de los Vórtices*.
- ✦ 1734. Emanuel Swendeborg: primera *Hipótesis Nebular*.
- ✦ 1754. Georges Buffon: *Teoría del Impacto*.



El Origen de las Estrellas

- ✦ 1644. René Descartes: *Teoría de los Vórtices*.
- ✦ 1734. Emanuel Swendeborg: primera *Hipótesis Nebular*.
- ✦ 1754. Georges Buffon: *Teoría del Impacto*.
- ✦ 1755-1798. Emmanuel Kant y Simon de Laplace: *Hipótesis Nebulares Independientes*.



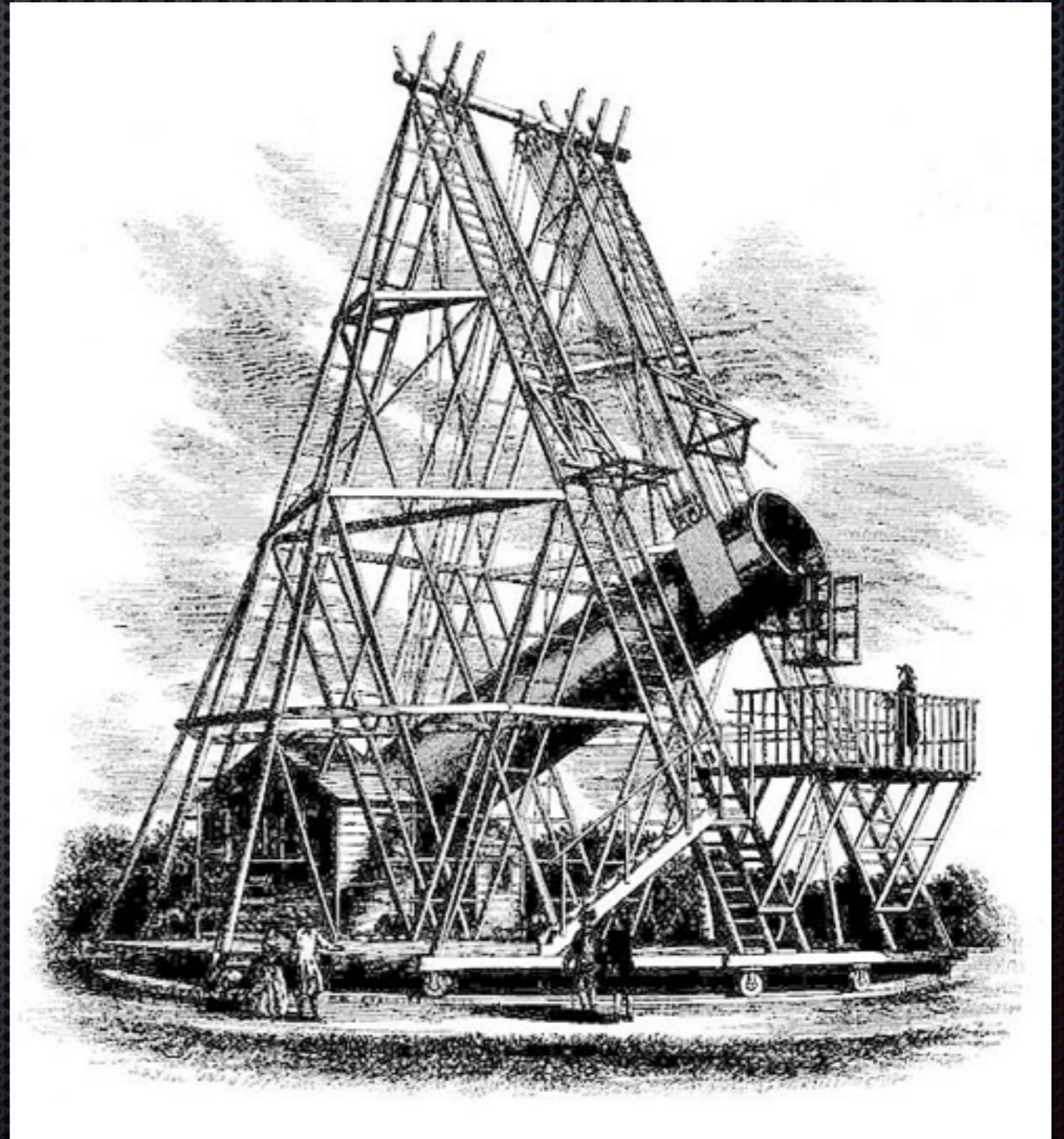
El Origen de las Estrellas

- ✦ 1644. René Descartes: *Teoría de los Vórtices*.
- ✦ 1734. Emanuel Swendeborg: primera *Hipótesis Nebular*.
- ✦ 1754. Georges Buffon: *Teoría del Impacto*.
- ✦ 1755-1798. Emmanuel Kant y Simon de Laplace: *Hipótesis Nebulares Independientes*.
- ✦ 1771. El catálogo de objetos nebulosas de Messier



El Origen de las Estrellas

- ✦ 1644. René Descartes: *Teoría de los Vórtices*.
- ✦ 1734. Emanuel Swendeborg: primera *Hipótesis Nebular*.
- ✦ 1754. Georges Buffon: *Teoría del Impacto*.
- ✦ 1755-1798. Emmanuel Kant y Simon de Laplace: *Hipótesis Nebulares Independientes*.
- ✦ 1771. El catálogo de objetos nebulosas de Messier
- ✦ Herschel. Primera cartografía de la galaxia. Inaugura la astronomía infrarroja,



El Origen de las Estrellas

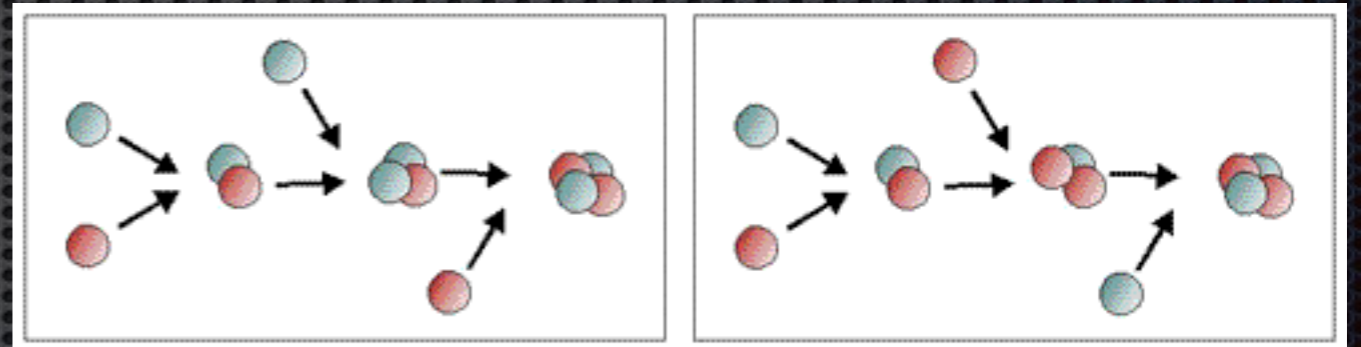
El Origen de las Estrellas

- Teoría de Jeans. 1929. Masa mínima para la contracción de una masa de gas por autogravedad. *¡válida hasta hoy!*.



El Origen de las Estrellas

- ✦ Teoría de Jeans. 1929. Masa mínima para la contracción de una masa de gas por autogravedad. *¡válida hasta hoy!*
- ✦ 1930s - se entienden las reacciones termonucleares H-He



El Origen de las Estrellas

- ✦ Teoría de Jeans. 1929. Masa mínima para la contracción de una masa de gas por autogravedad. *¡válida hasta hoy!*.
- ✦ 1930s - se entienden las reacciones termonucleares H-He
- ✦ 1944. Weizsäcker revive la hipótesis de la nebulosa. Añade la *turbulencia* como ingrediente



El Origen de las Estrellas

- ✦ Teoría de Jeans. 1929. Masa mínima para la contracción de una masa de gas por autogravedad. *¡válida hasta hoy!*.
- ✦ 1930s - se entienden las reacciones termonucleares H-He
- ✦ 1944. Weizsäcker revive la hipótesis de la nebulosa. Añade la *turbulencia* como ingrediente
- ✦ 1951. Weizsäcker elabora la *Hipótesis del Rejuvenecimiento*.



El Origen de las Estrellas

- ✦ Teoría de Jeans. 1929. Masa mínima para la contracción de una masa de gas por autogravedad. *¡válida hasta hoy!*.
- ✦ 1930s - se entienden las reacciones termonucleares H-He
- ✦ 1944. Weizsäcker revive la hipótesis de la nebulosa. Añade la *turbulencia* como ingrediente
- ✦ 1951. Weizsäcker elabora la *Hipótesis del Rejuvenecimiento*.
- ✦ 20 años de debates. 20 de desarrollo tecnológico. 20 de avances exponenciales.



¿Qué es una estrella?

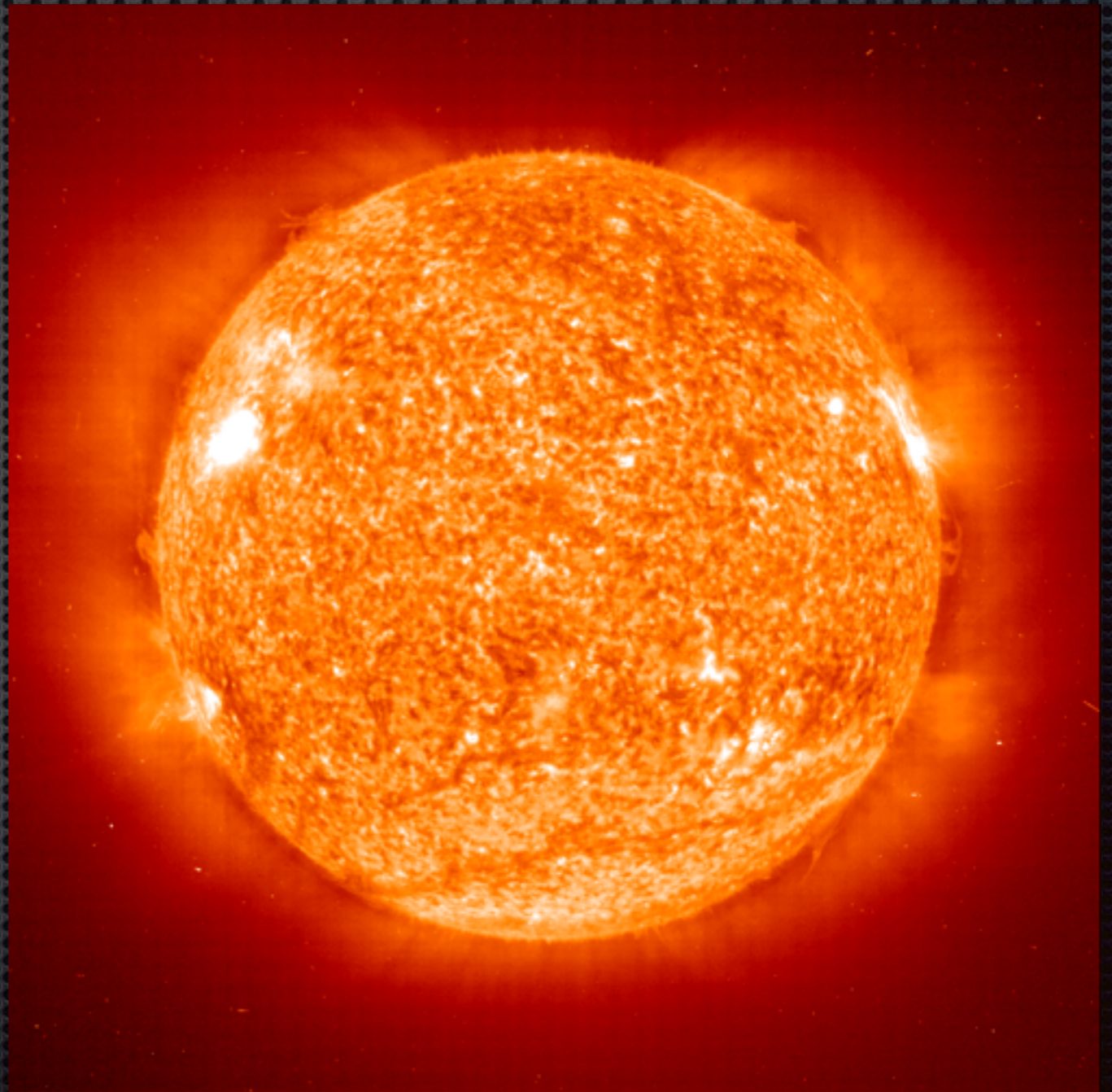
¿Qué es una estrella?

- “Es una gigantesca bola brillante que produce enormes cantidades de luz y energía” - NASA



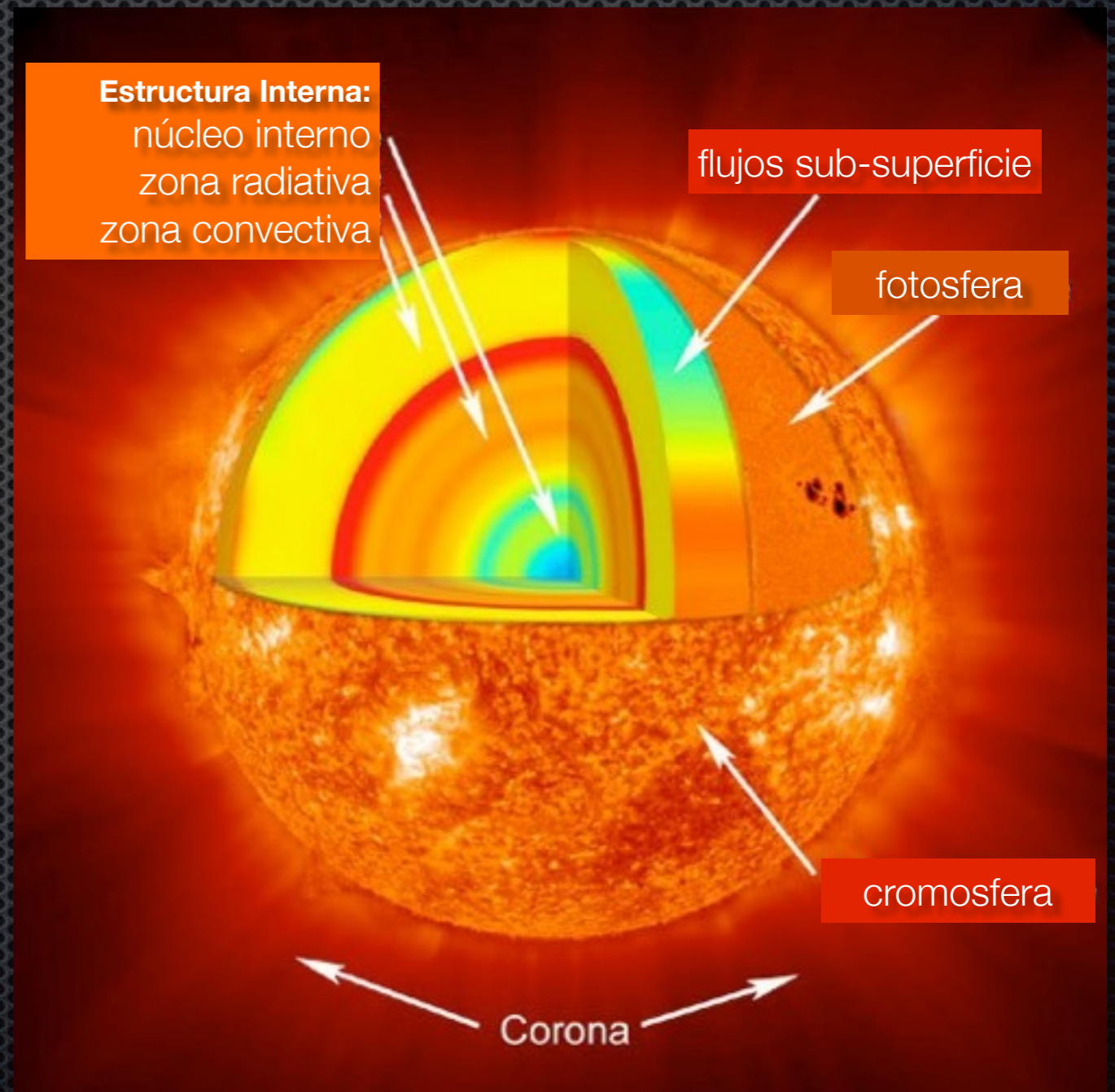
¿Qué es una estrella?

- “Es una gigantesca bola brillante que produce enormes cantidades de luz y energía” - NASA
- Es una masa de gas incandescente capaz de producir, por sí misma luz y energía.

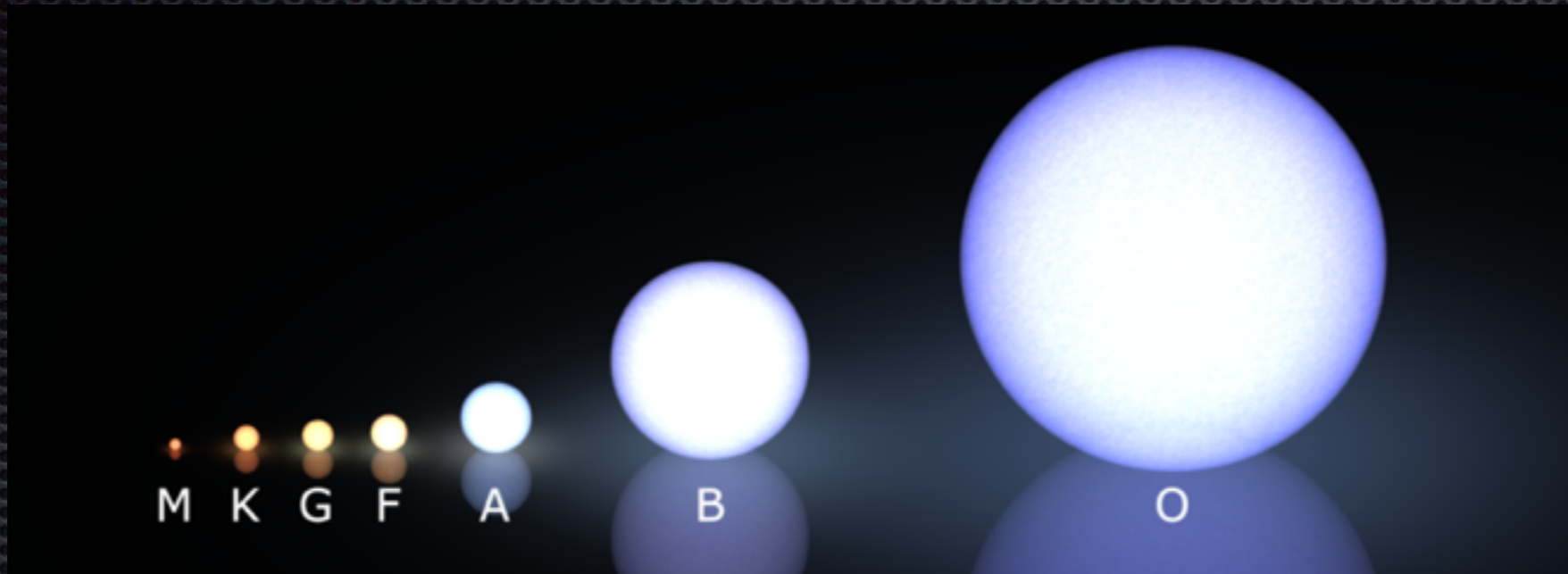


¿Qué es una estrella?

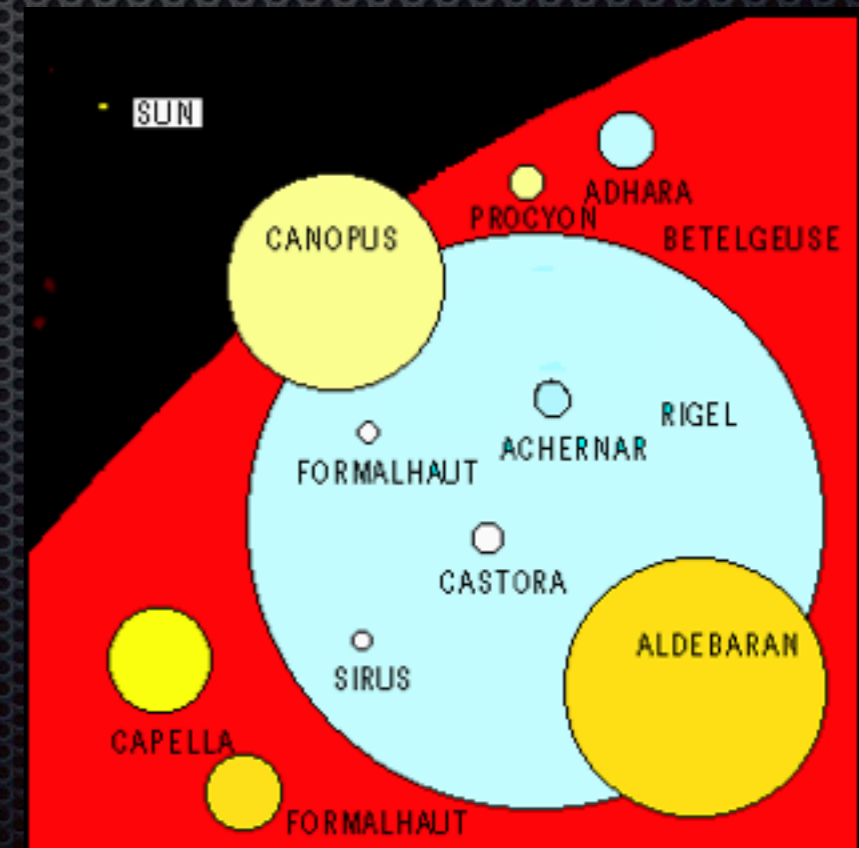
- “Es una gigantesca bola brillante que produce enormes cantidades de luz y energía” - NASA
- Es una masa de gas incandescente capaz de producir, por sí misma luz y energía.
- La energía y la luz de las estrellas proviene de la transformación de elementos ligeros en pesados por medio de reacciones de fusión termonuclear.



¿Qué es una estrella?

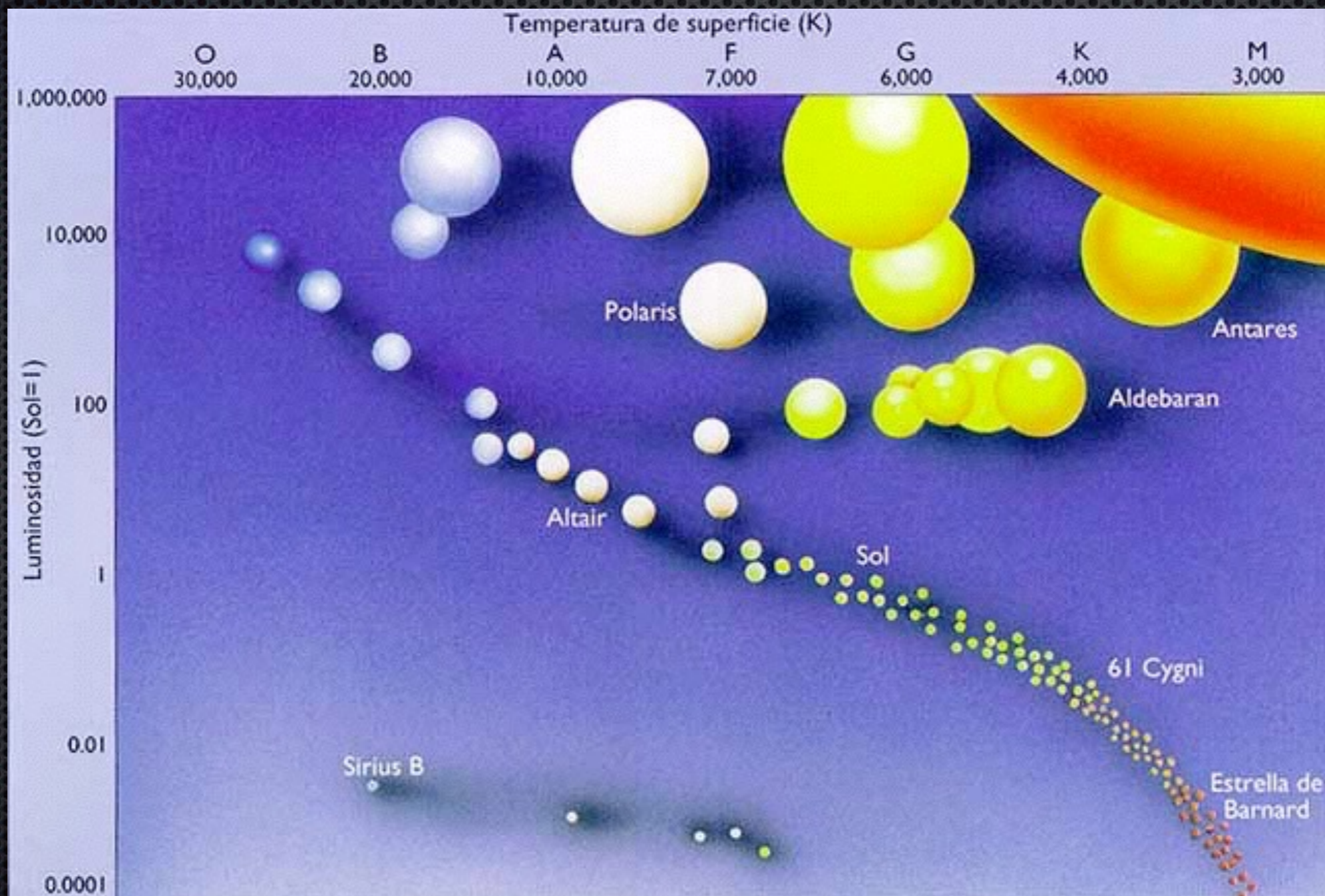


- Las estrellas se clasifican de acuerdo a la luz que emiten. Esto se llama tipo espectral.
- Existe también la clase de luminosidad, que las divide en estrellas supergigantes, gigantes, enanas y subenanas



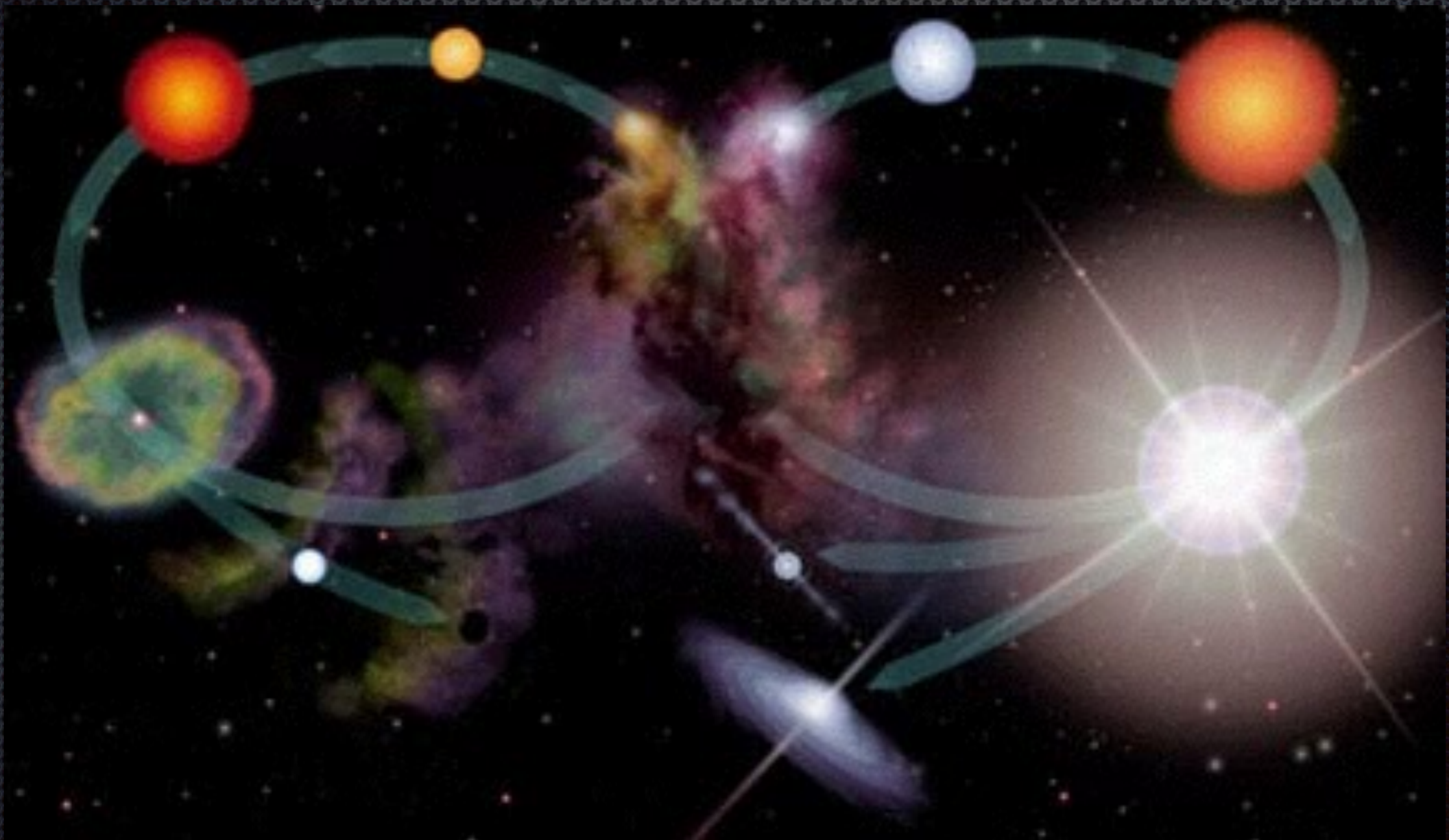
¿Qué es una estrella?

Diagrama Hertzsprung-Rusell. Clasificación en dos dimensiones: temperatura y luminosidad



¿Qué es una estrella?

Ciclo de Vida de las estrellas



¿Qué es una estrella?

Ciclo de Vida de las estrellas



¿Qué es una estrella?

Ciclo de Vida de las estrellas




La mayoría de las estrellas pasan la mayor parte de su vida en la secuencia principal, mientras el material disponible permita el proceso de nucleosíntesis.

The diagram illustrates the stellar life cycle with various stages: a protostar, a main sequence star (yellow), a red giant, a white dwarf, a black hole, and a neutron star. It also shows a supernova explosion and a nebula. The background is a dark space with stars and a galaxy.

¿Qué es una estrella?

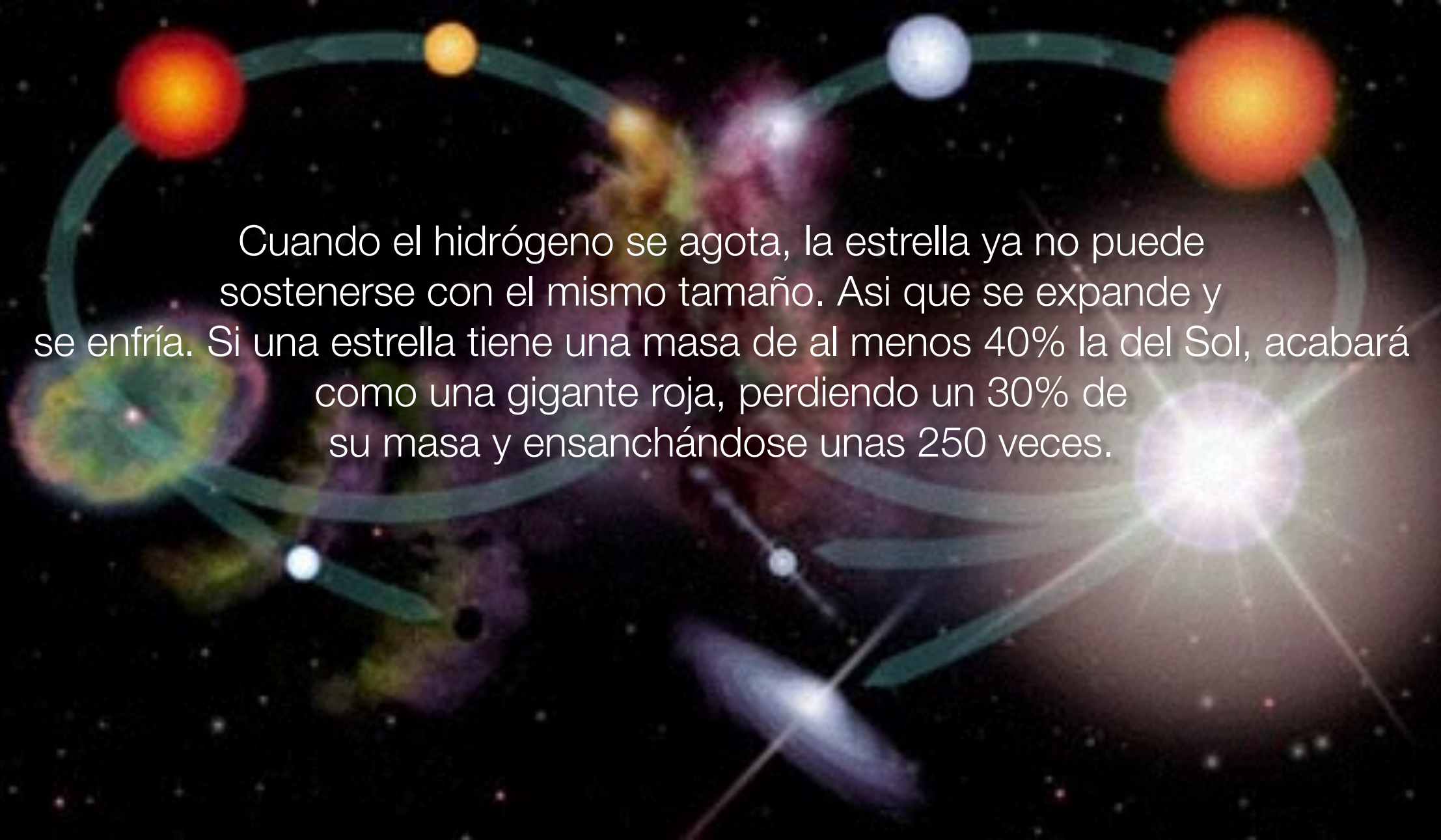
Ciclo de Vida de las estrellas



La duración de una estrella como el Sol en la secuencia principal es del orden de unos 10 mil millones de años.

¿Qué es una estrella?

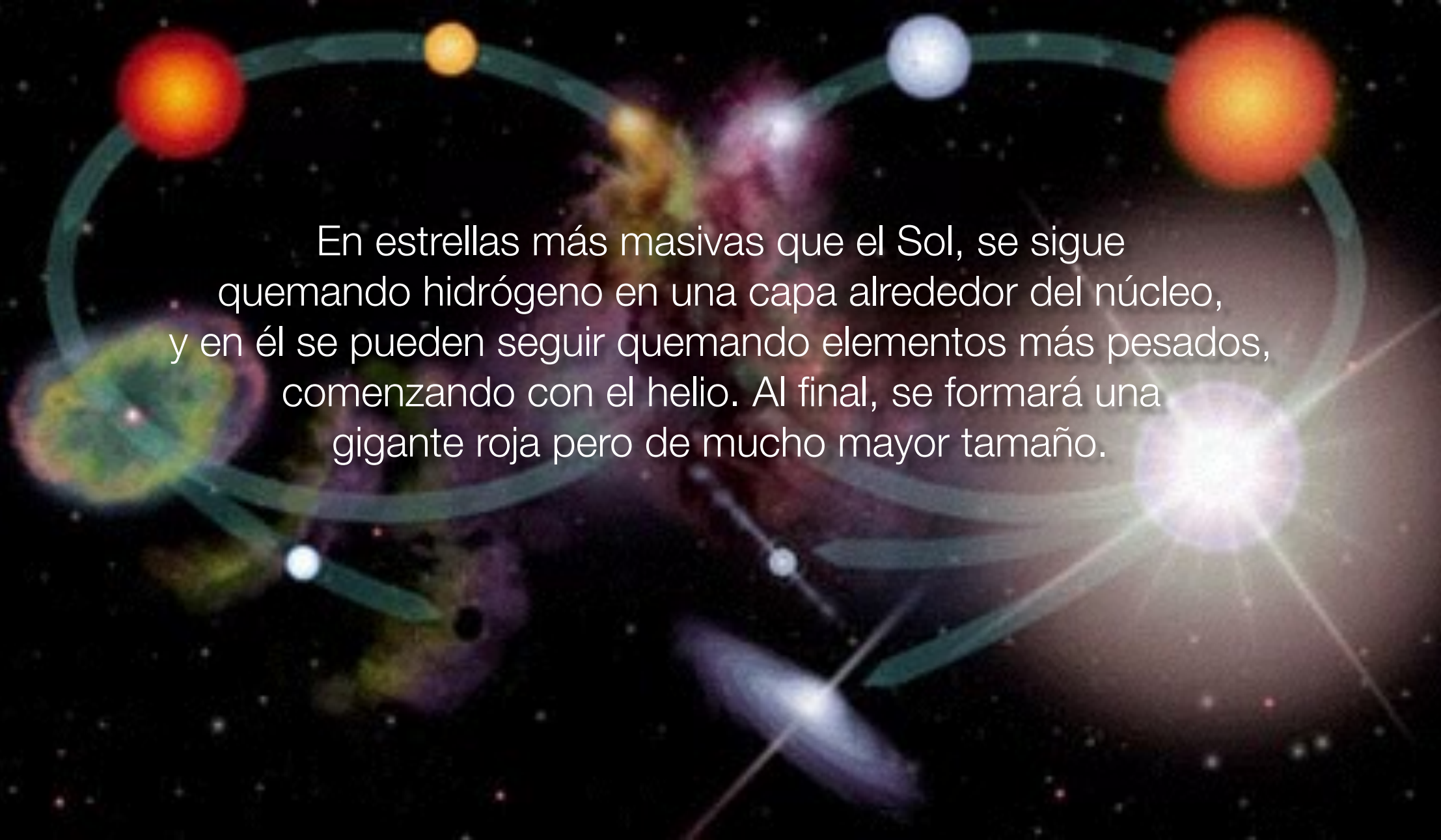
Ciclo de Vida de las estrellas



Cuando el hidrógeno se agota, la estrella ya no puede sostenerse con el mismo tamaño. Así que se expande y se enfría. Si una estrella tiene una masa de al menos 40% la del Sol, acabará como una gigante roja, perdiendo un 30% de su masa y ensanchándose unas 250 veces.

¿Qué es una estrella?

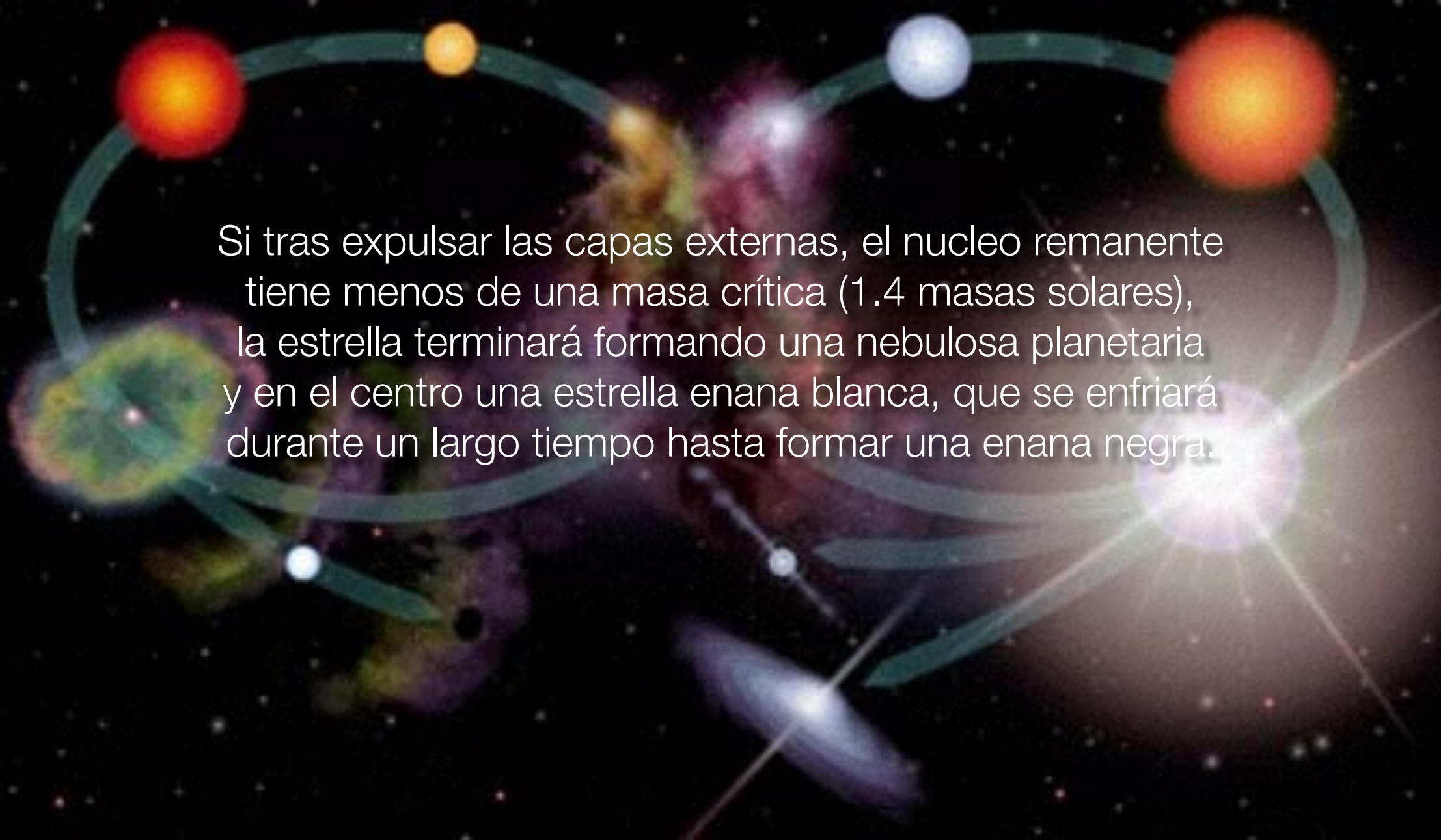
Ciclo de Vida de las estrellas



En estrellas más masivas que el Sol, se sigue quemando hidrógeno en una capa alrededor del núcleo, y en él se pueden seguir quemando elementos más pesados, comenzando con el helio. Al final, se formará una gigante roja pero de mucho mayor tamaño.

¿Qué es una estrella?

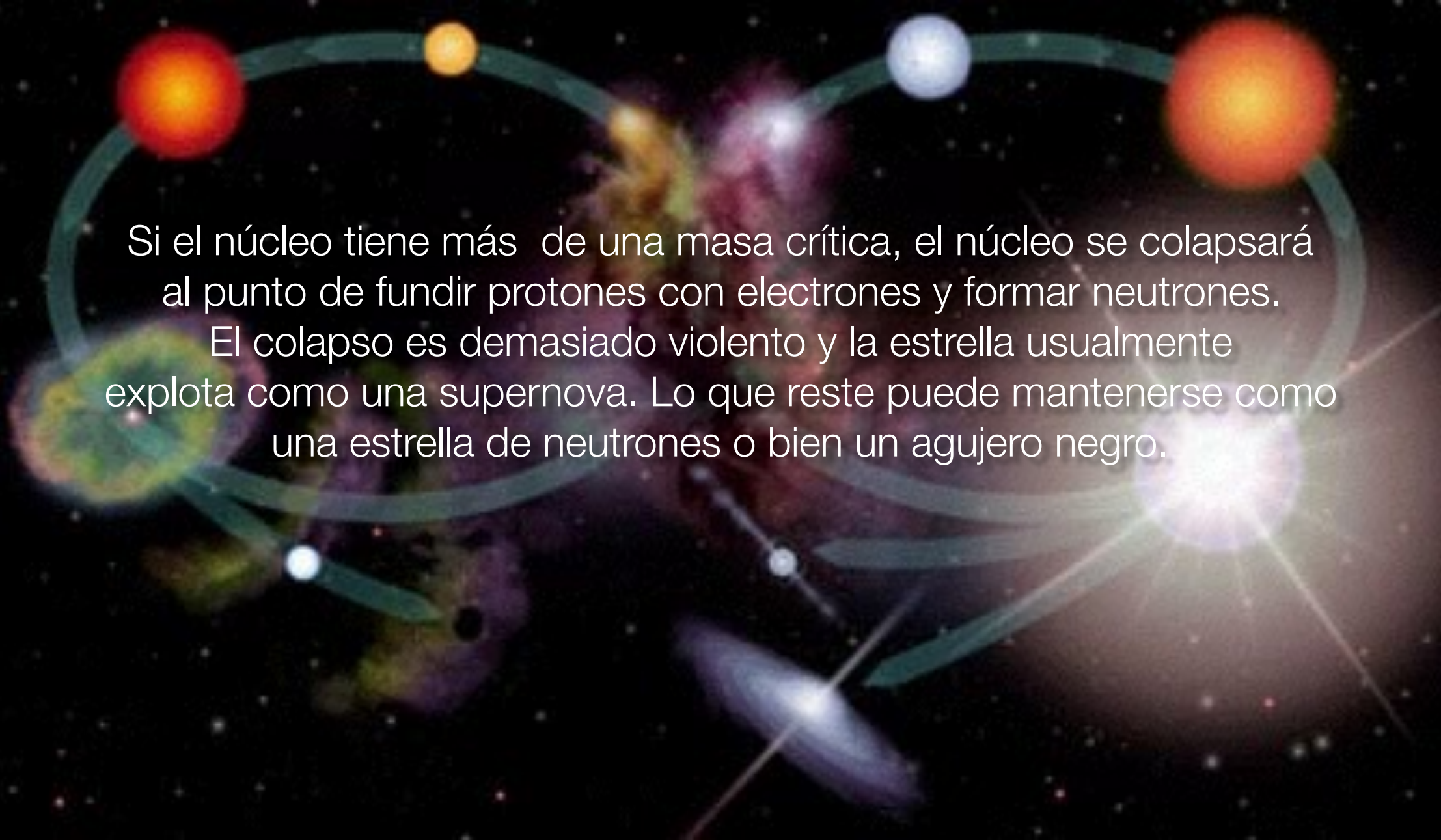
Ciclo de Vida de las estrellas



Si tras expulsar las capas externas, el núcleo remanente tiene menos de una masa crítica (1.4 masas solares), la estrella terminará formando una nebulosa planetaria y en el centro una estrella enana blanca, que se enfriará durante un largo tiempo hasta formar una enana negra.

¿Qué es una estrella?

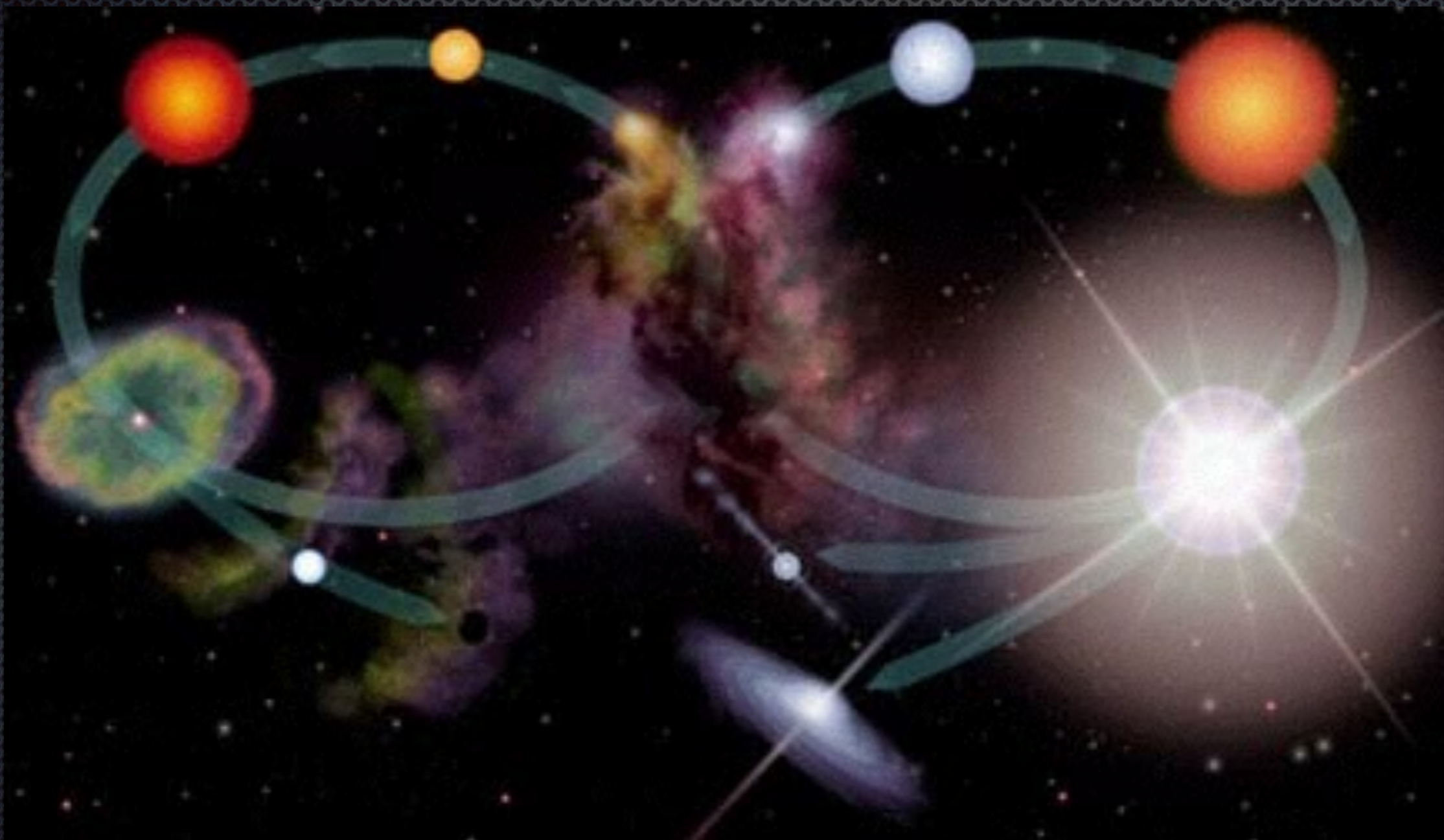
Ciclo de Vida de las estrellas

A diagram illustrating the stellar life cycle. It features a central cluster of stars in various colors (red, orange, yellow, white, blue) and stages of evolution. A green path traces the cycle from a main sequence star to a red giant, then to a supernova, and finally to a neutron star or black hole. The background is a dark space with stars and nebulae.

Si el núcleo tiene más de una masa crítica, el núcleo se colapsará al punto de fundir protones con electrones y formar neutrones. El colapso es demasiado violento y la estrella usualmente explota como una supernova. Lo que reste puede mantenerse como una estrella de neutrones o bien un agujero negro.

¿Qué es una estrella?

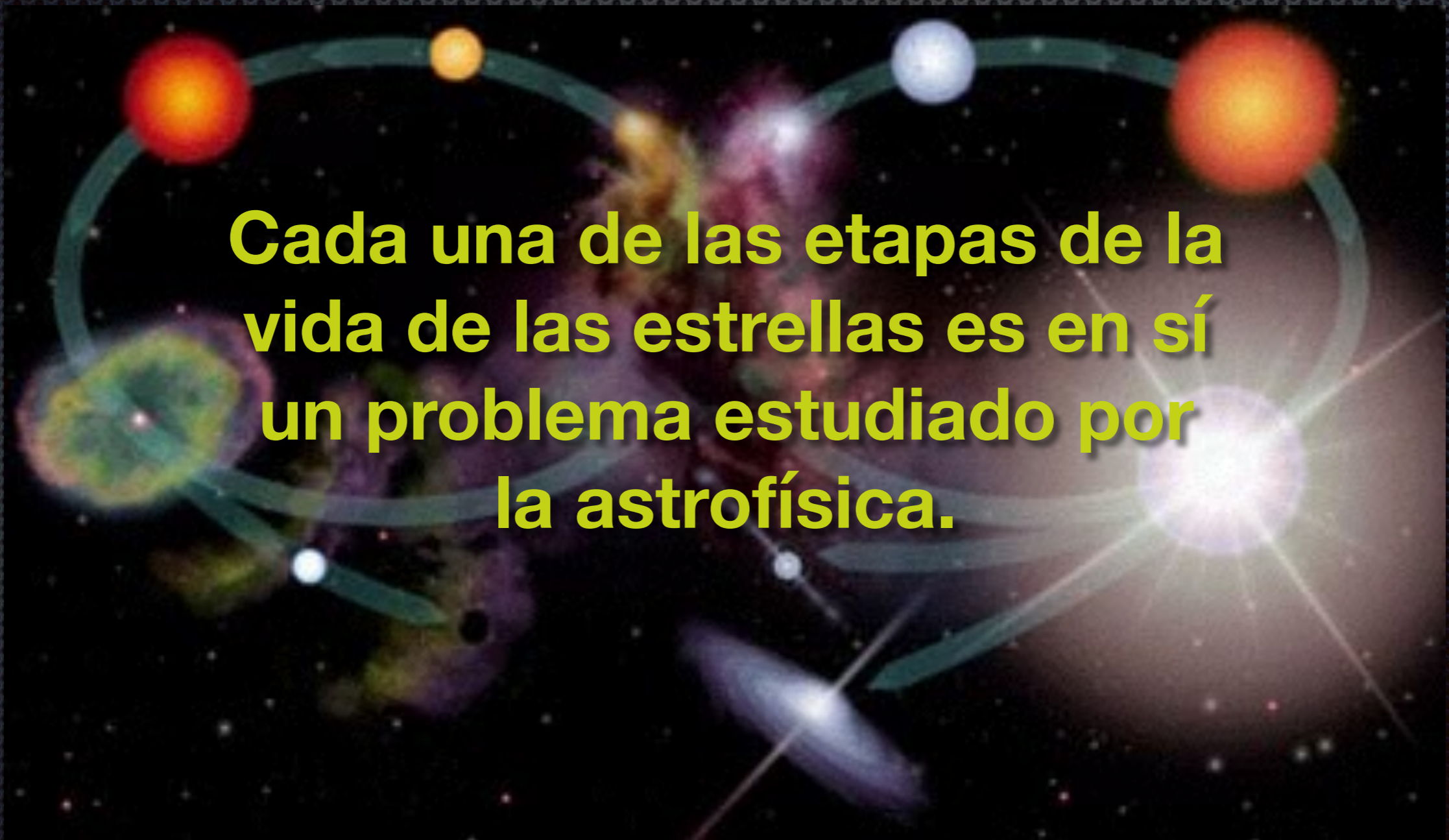
Ciclo de Vida de las estrellas



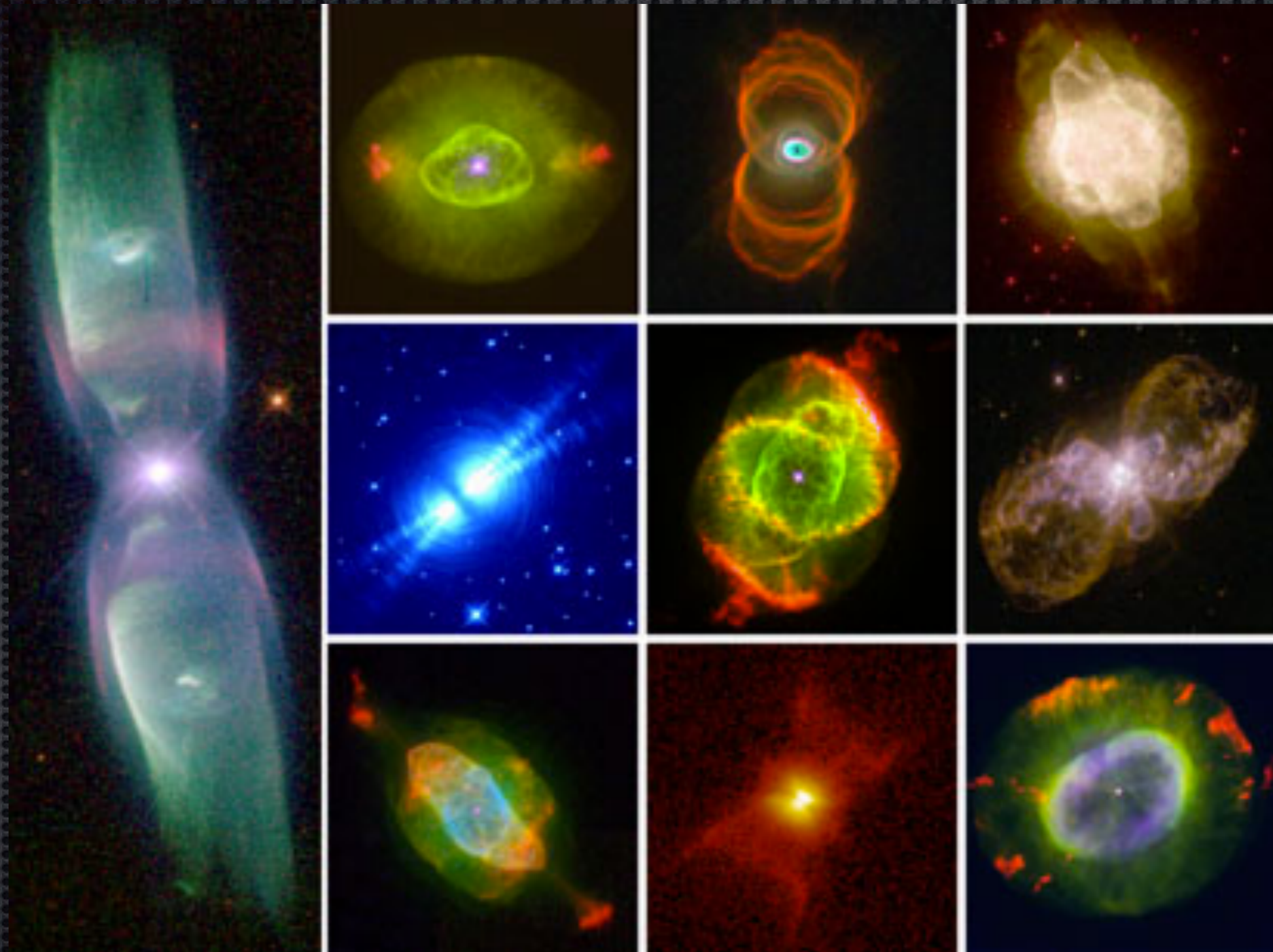
¿Qué es una estrella?

Ciclo de Vida de las estrellas

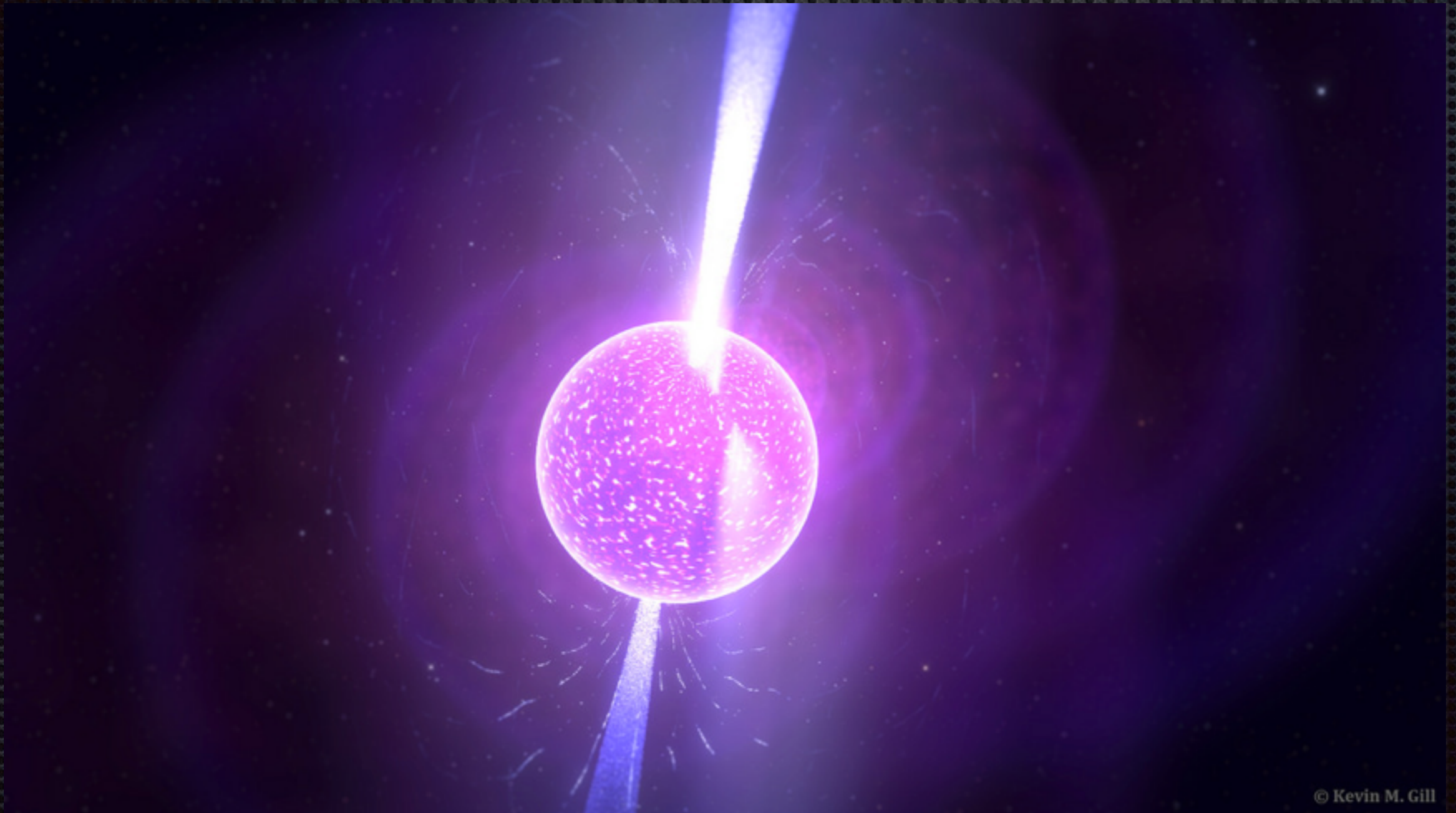
Cada una de las etapas de la vida de las estrellas es en sí un problema estudiado por la astrofísica.



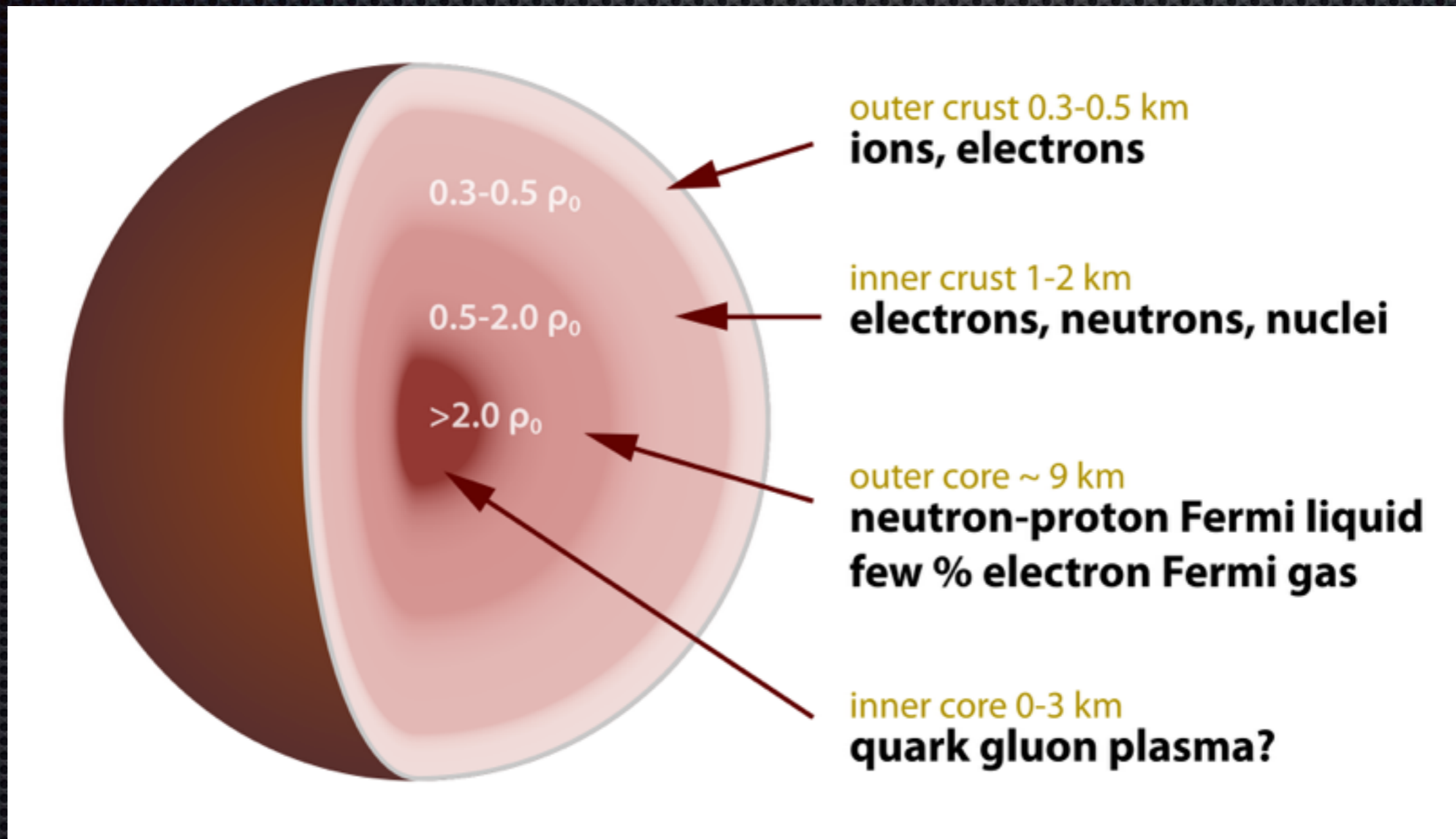
Muerte de las estrellas



Muerte de las estrellas



Muerte de las estrellas

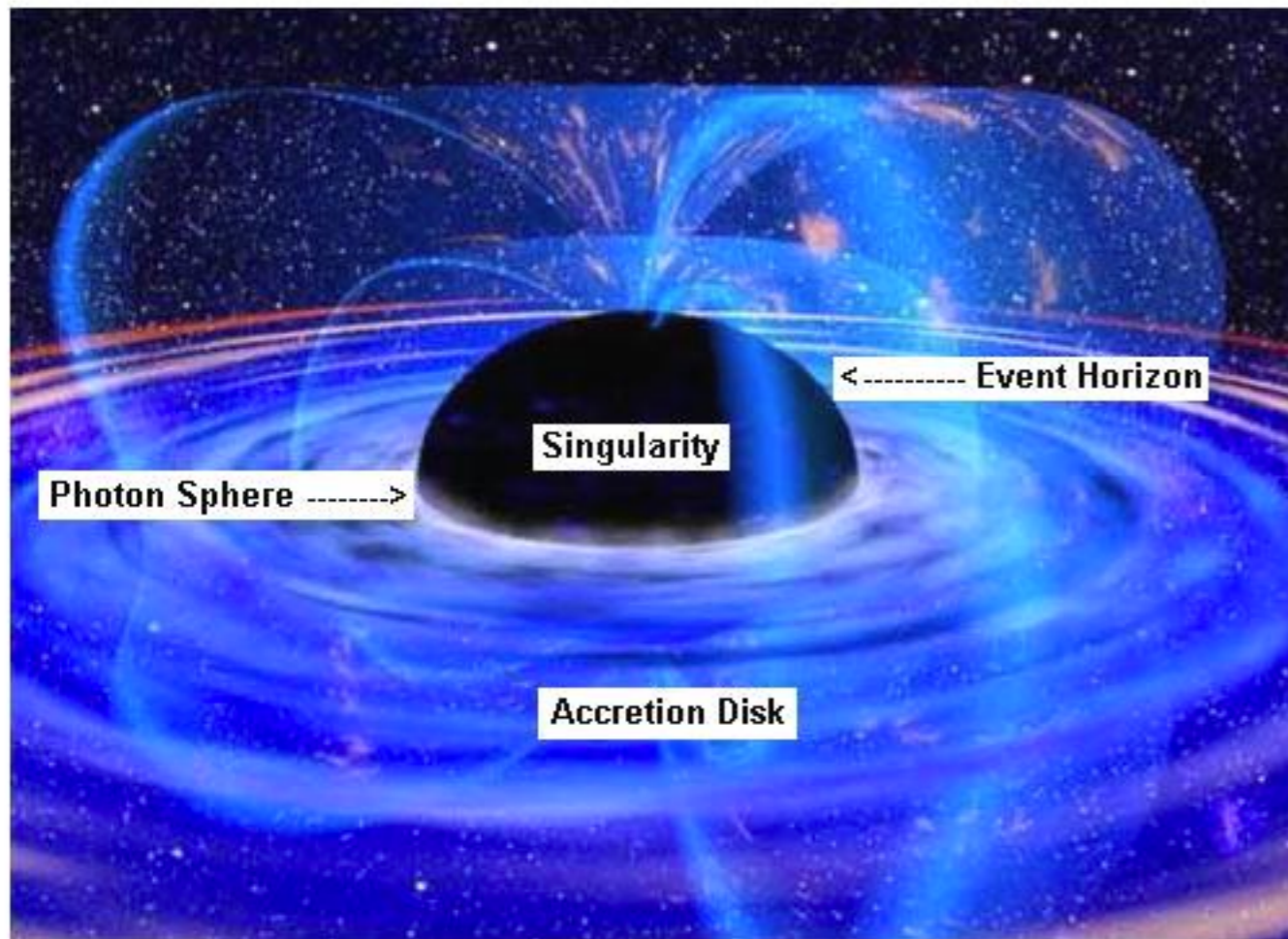


Muerte de las estrellas



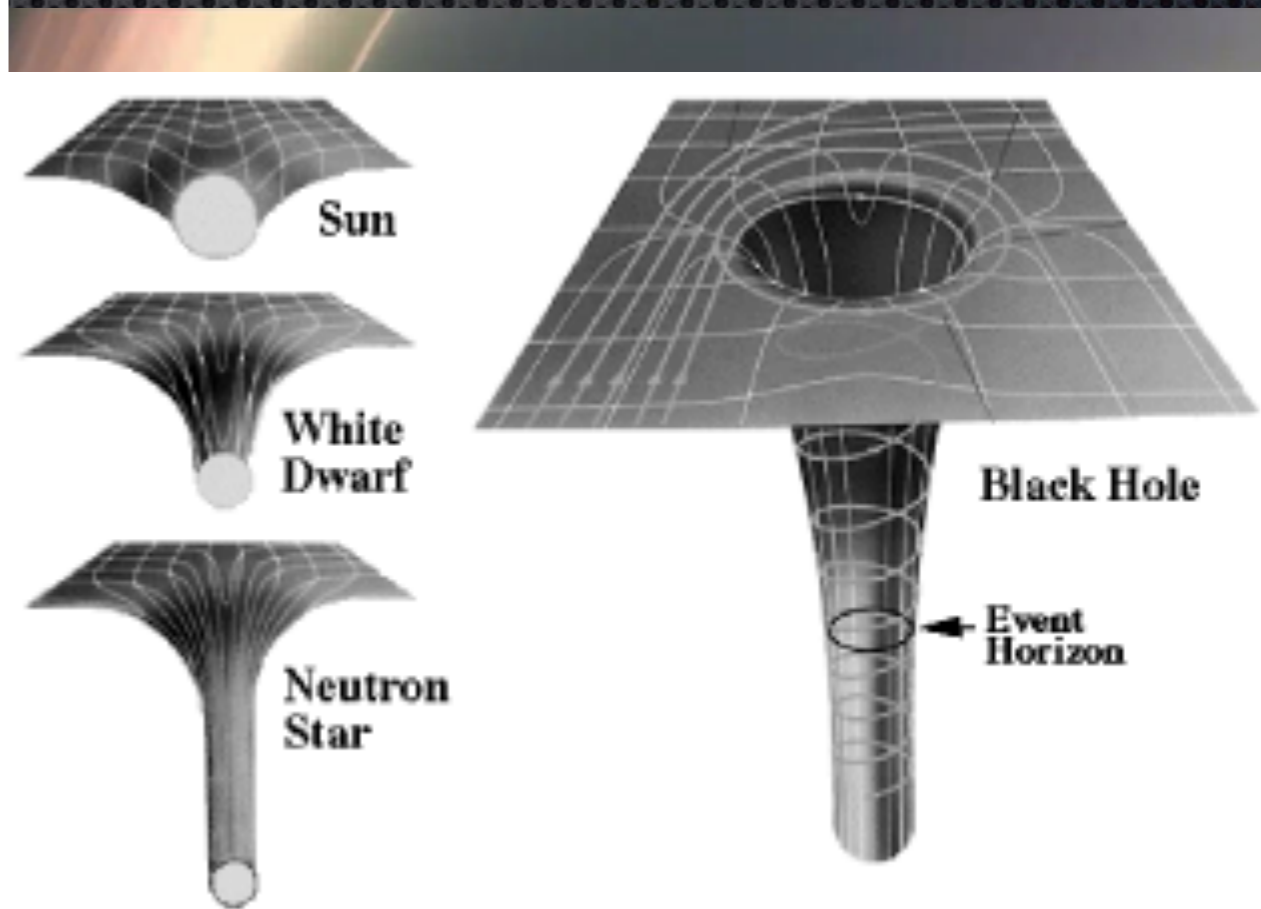
Muerte de las estrellas

Anatomy of a Black Hole



The conventional view of a black hole includes an "event horizon" beyond which nothing can escape. But a new calculation suggests collapsing matter may never get dense enough to form an event horizon, and "black stars" would form instead

(Illustration: XMM-Newton/ESA/NASA)



Gestación e Infancia de las Estrellas



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes

Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

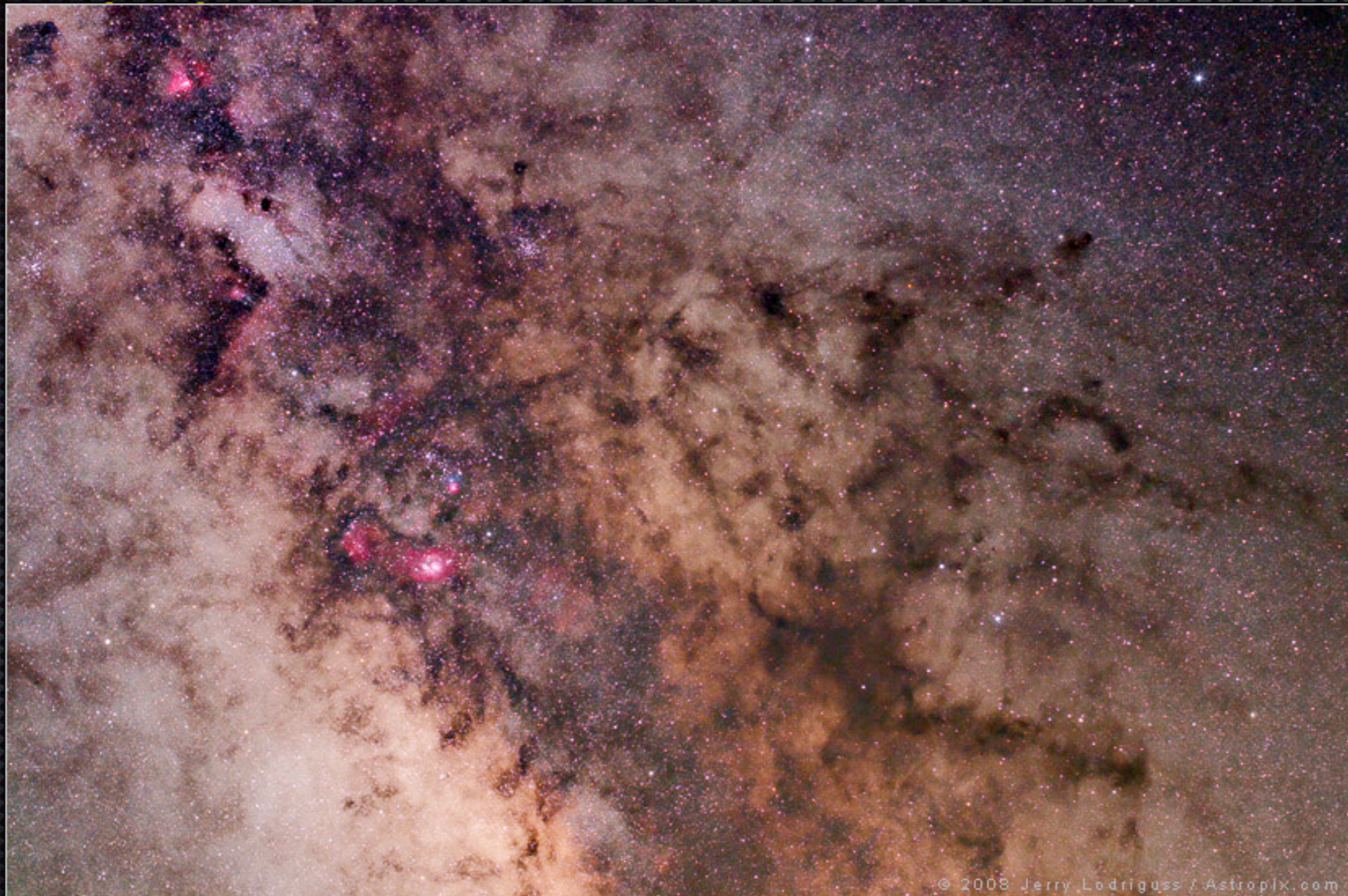
Nubes Moleculares Gigantes

Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes

Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes

El desarrollo de tecnologías permitió, a partir de la segunda mitad del siglo XX, ampliar la zona del espectro electromagnético disponible para los estudios astronómicos. Particularmente útiles para el campo de la formación estelar, fueron el desarrollo de detectores en radio e infrarrojos.

Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



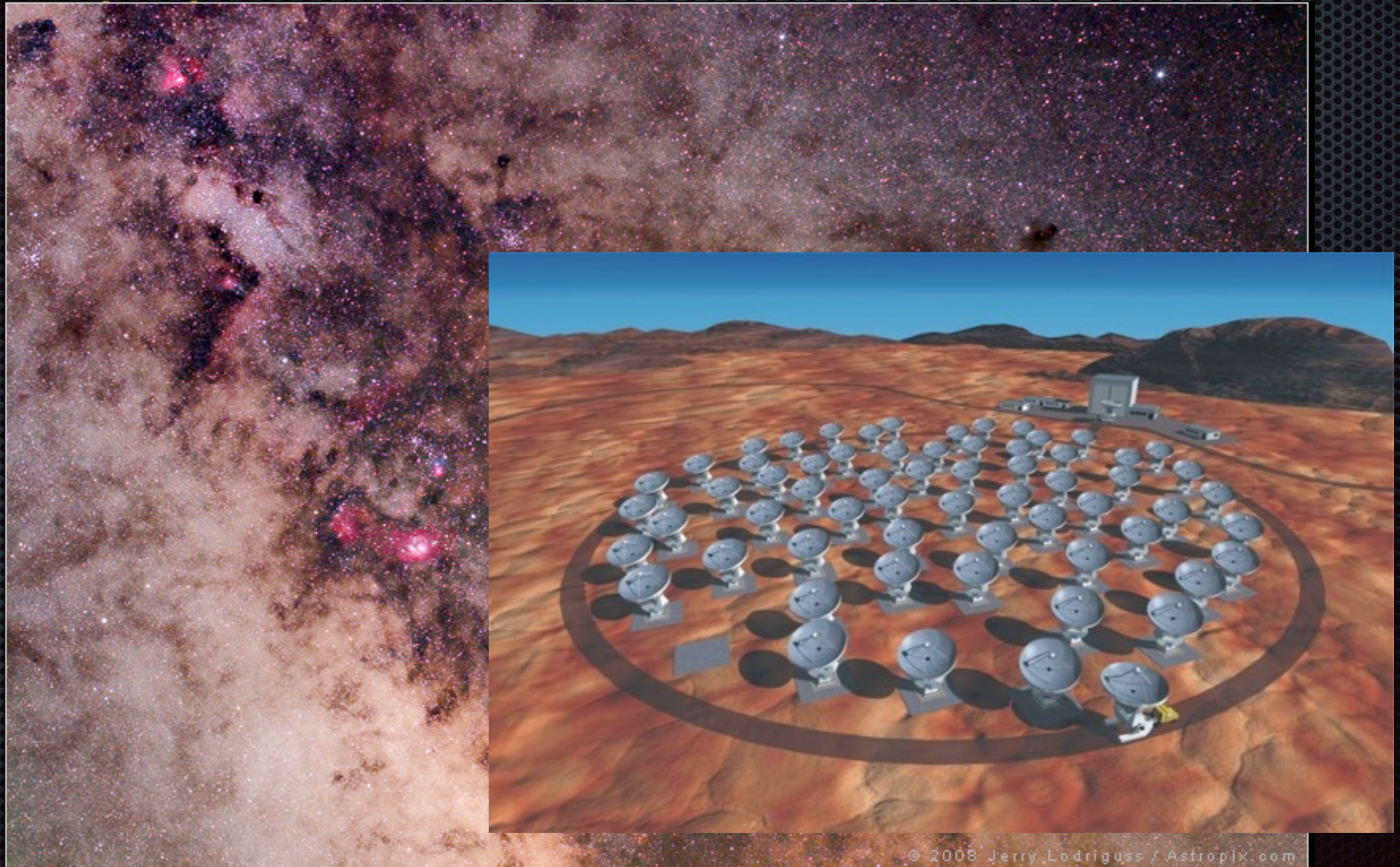
Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



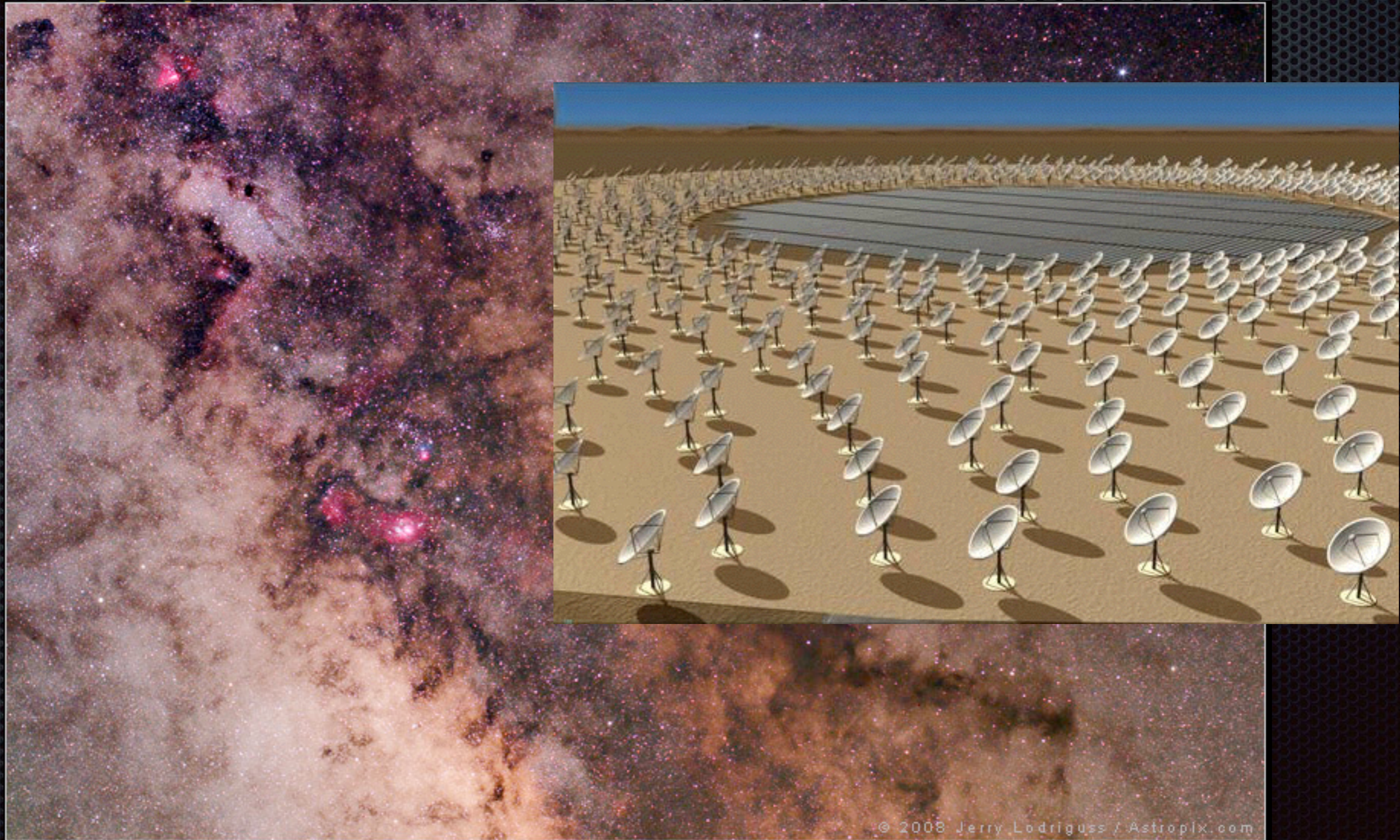
Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes

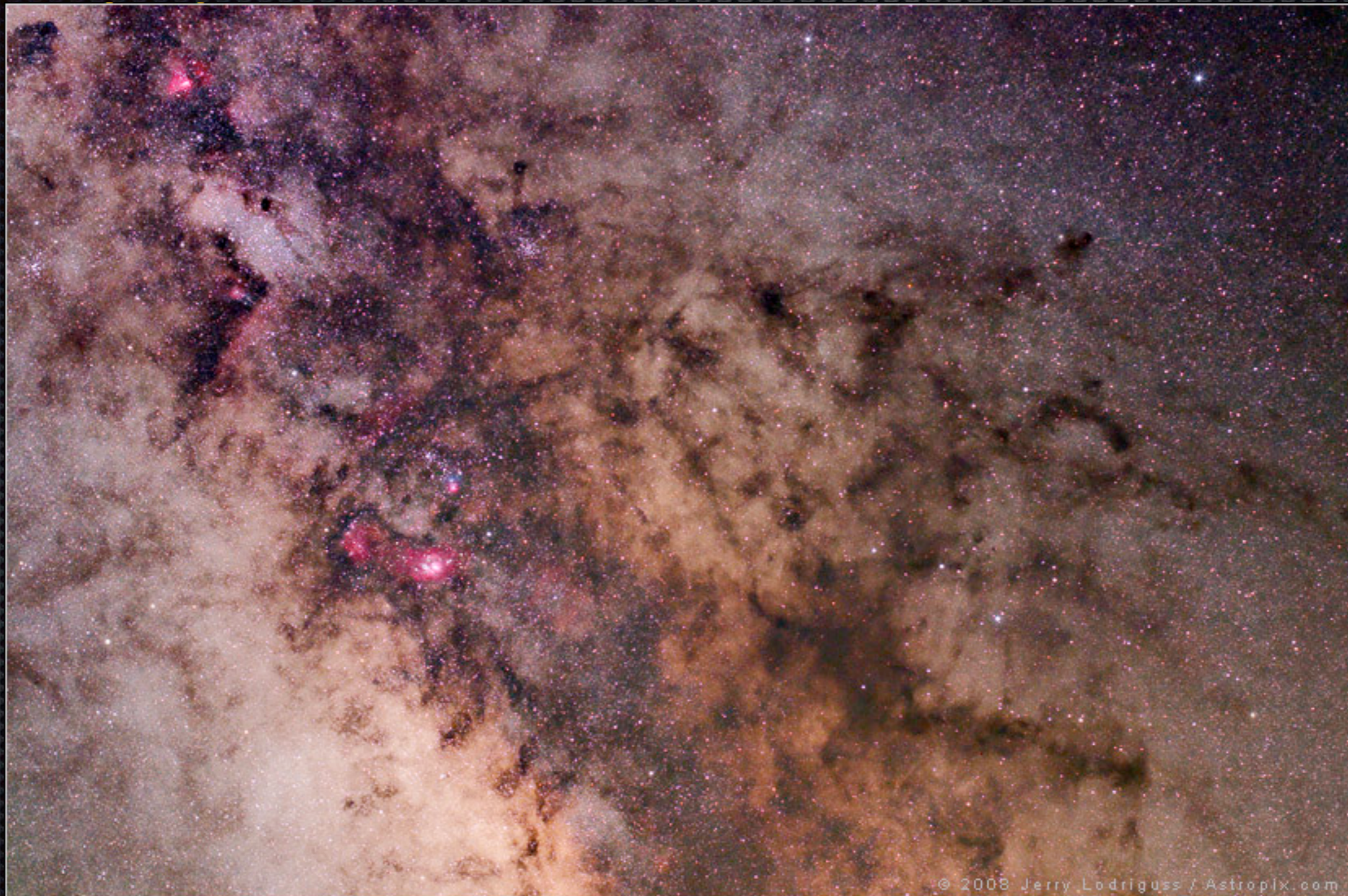


Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes

Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



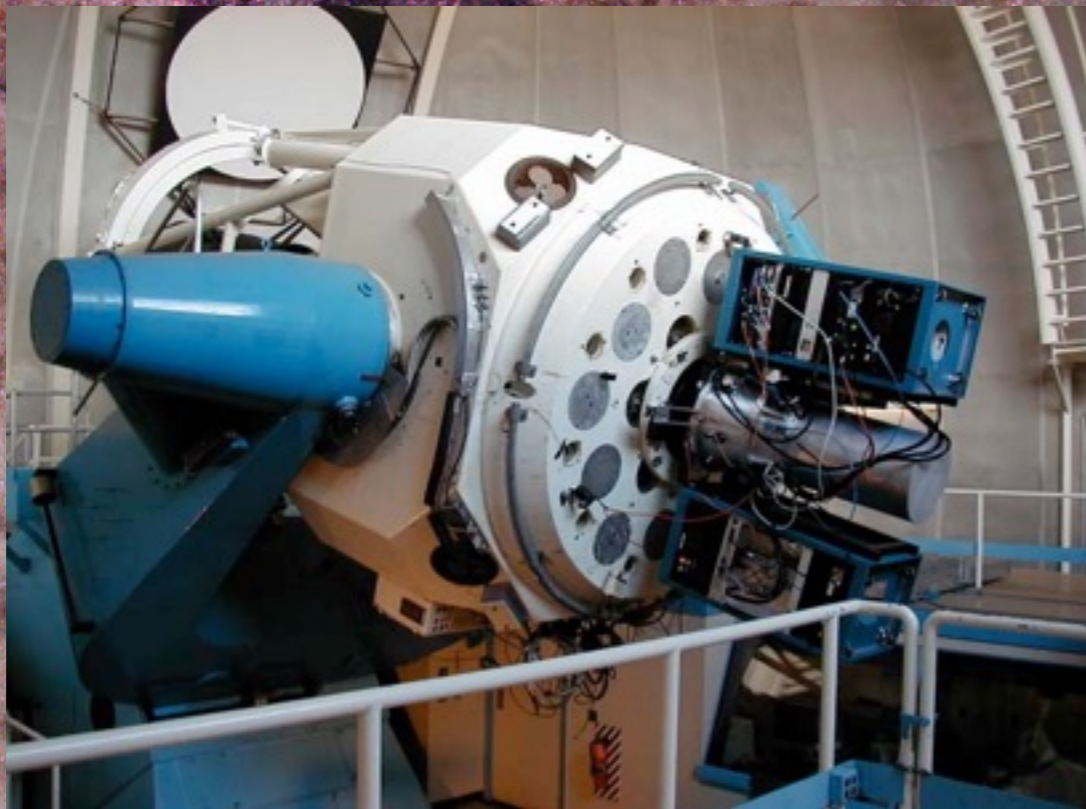
Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



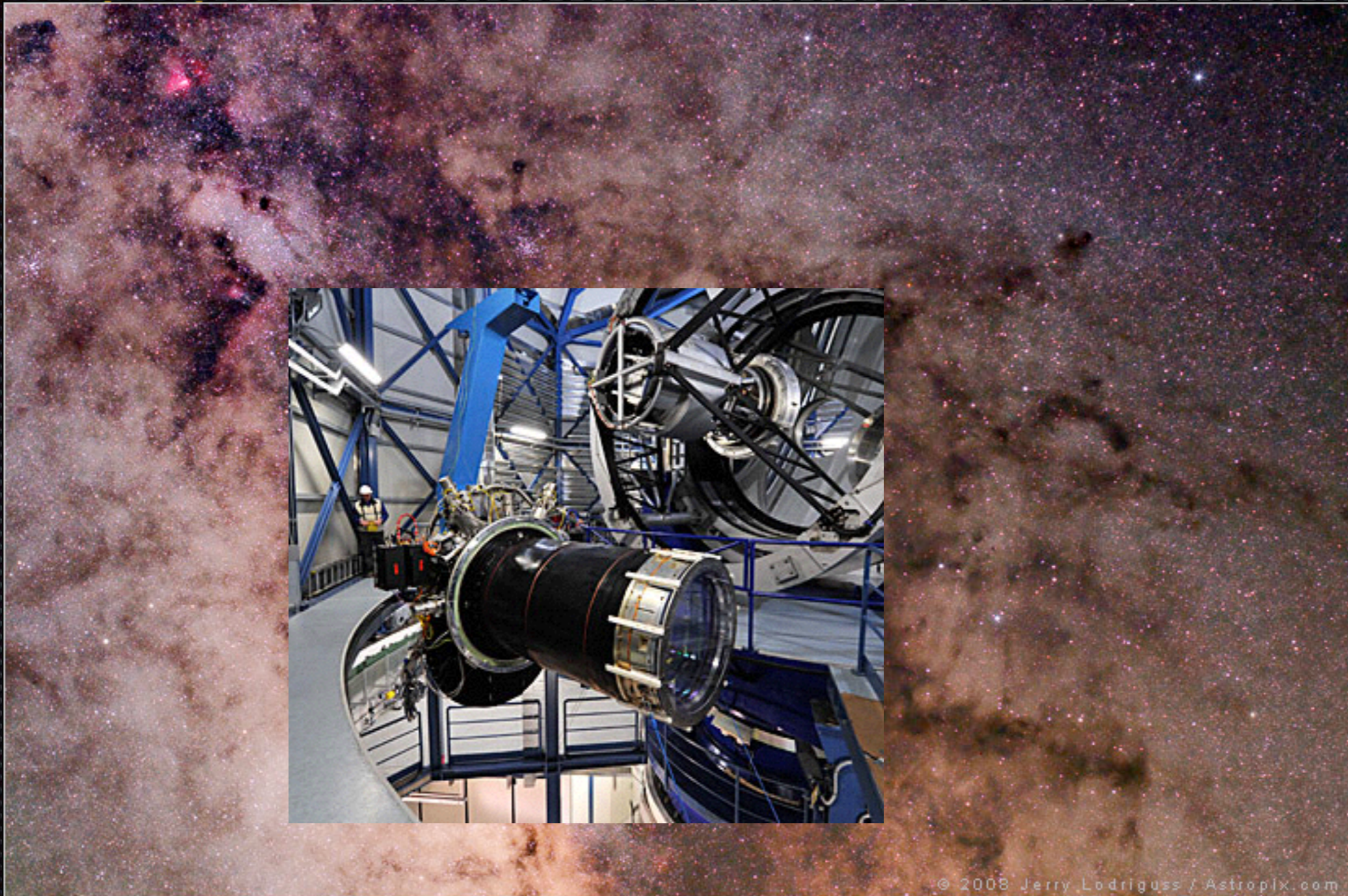
Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



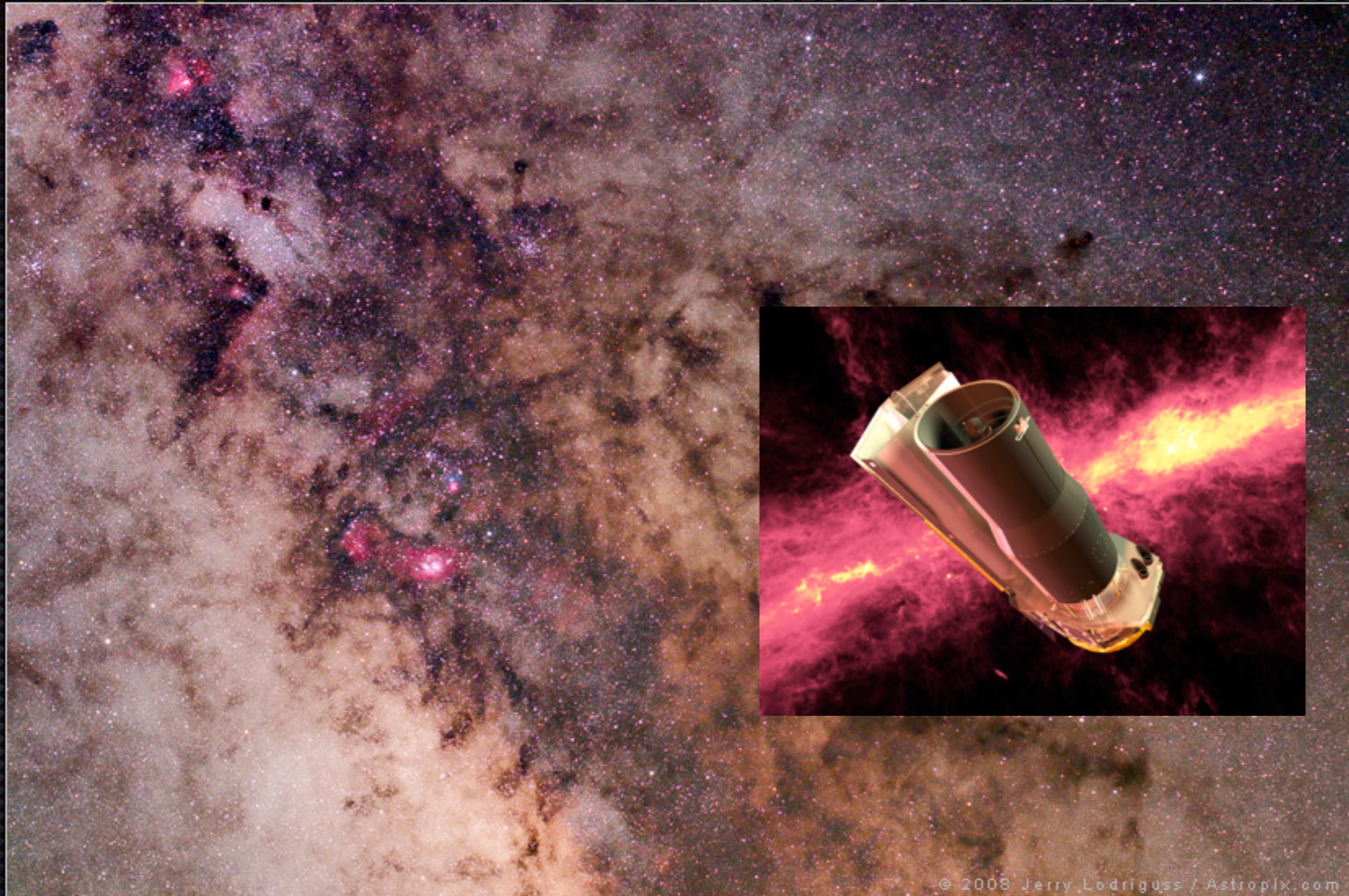
Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



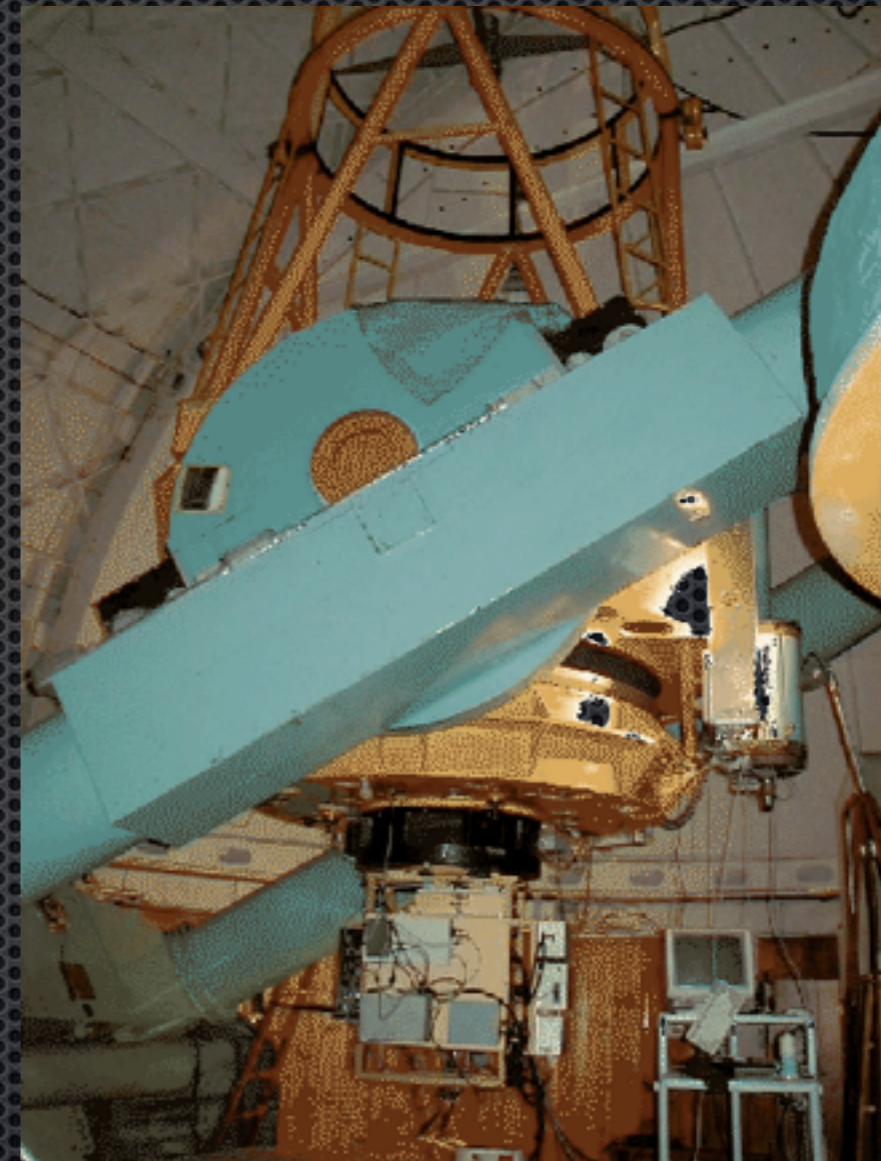
Gestación e Infancia de las Estrellas

Nubes Moleculares Gigantes



Instrumentacion Infrarroja en México

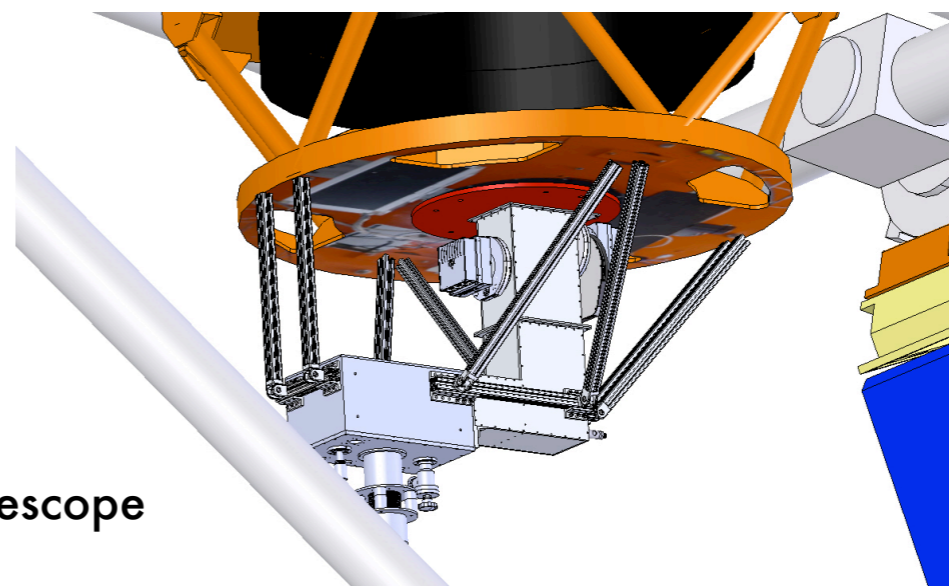
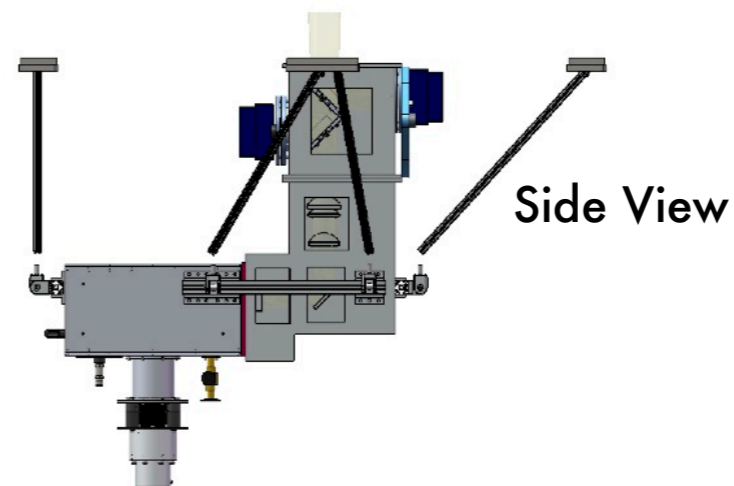
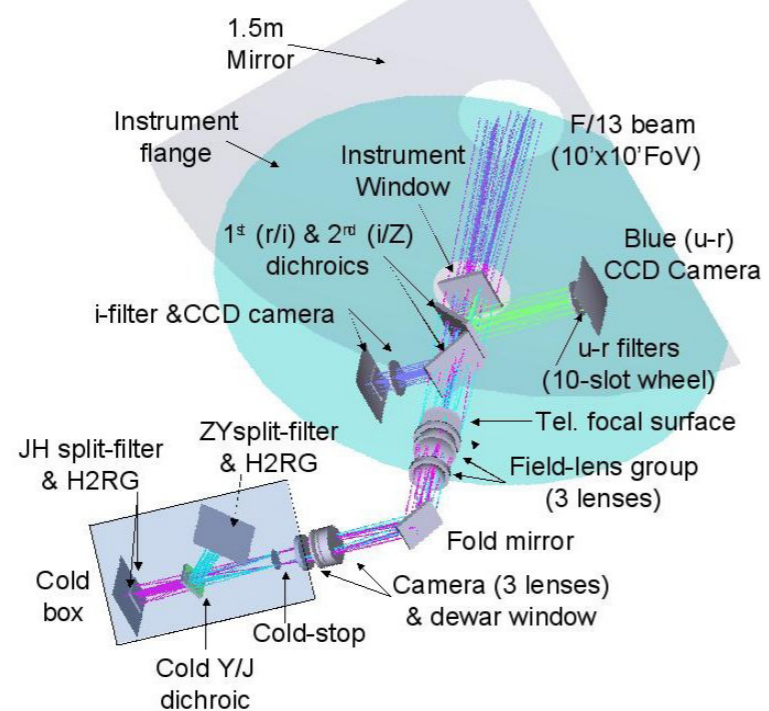
Instrumentación Infrarroja en México



Instrumentacion Infrarroja en México

Instrumentacion Infrarroja en México

Exploded View



Instrumentacion Infrarroja en México

Gestación e Infancia de las Estrellas

Nube Molecular de Tauro

Gestación e Infancia de las Estrellas

Nube Molecular de Tauro

Optico



Gestación e Infancia de las Estrellas

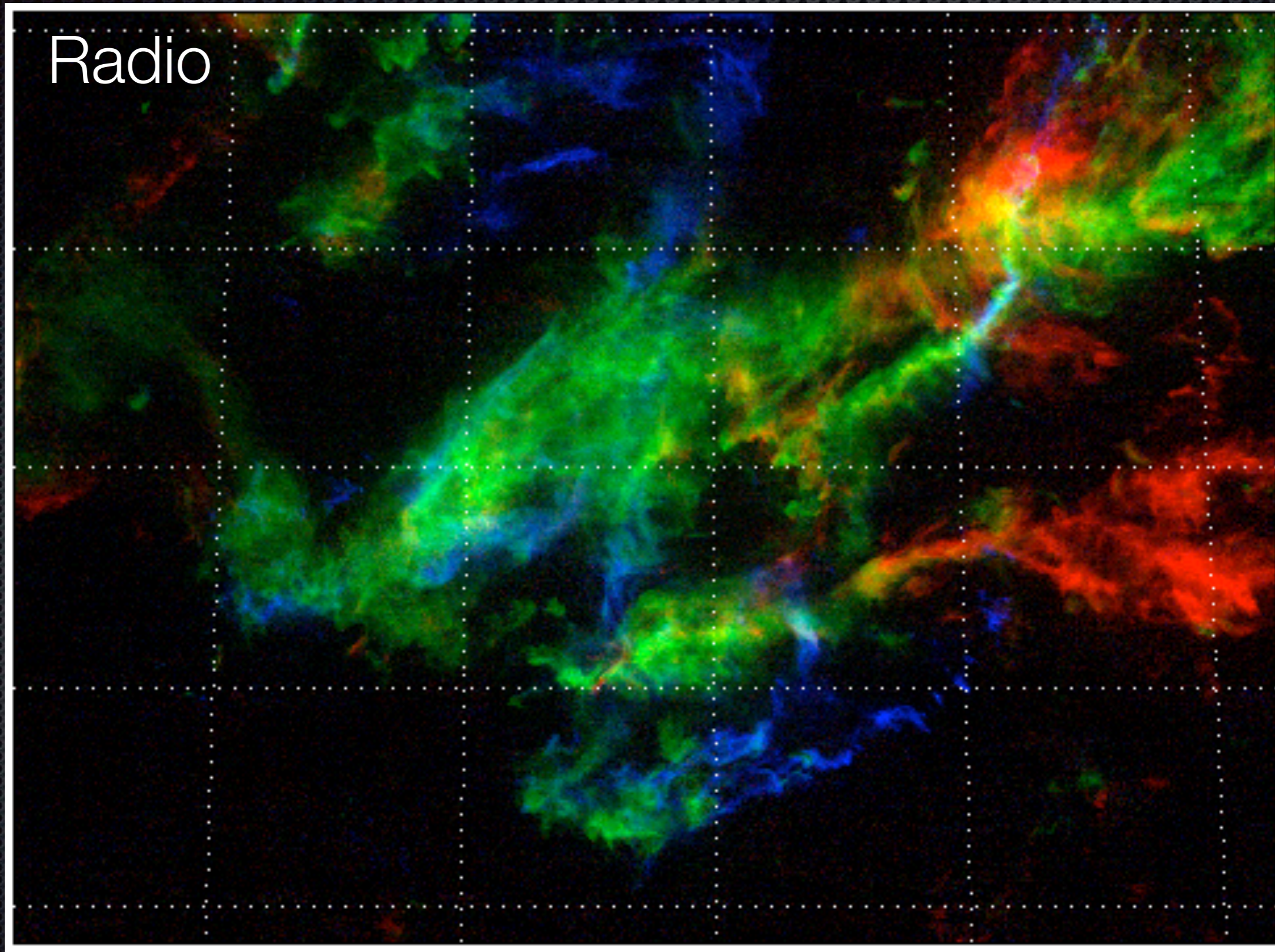
Nube Molecular de Tauro

Infrarrojo



Gestación e Infancia de las Estrellas

Nube Molecular de Tauro



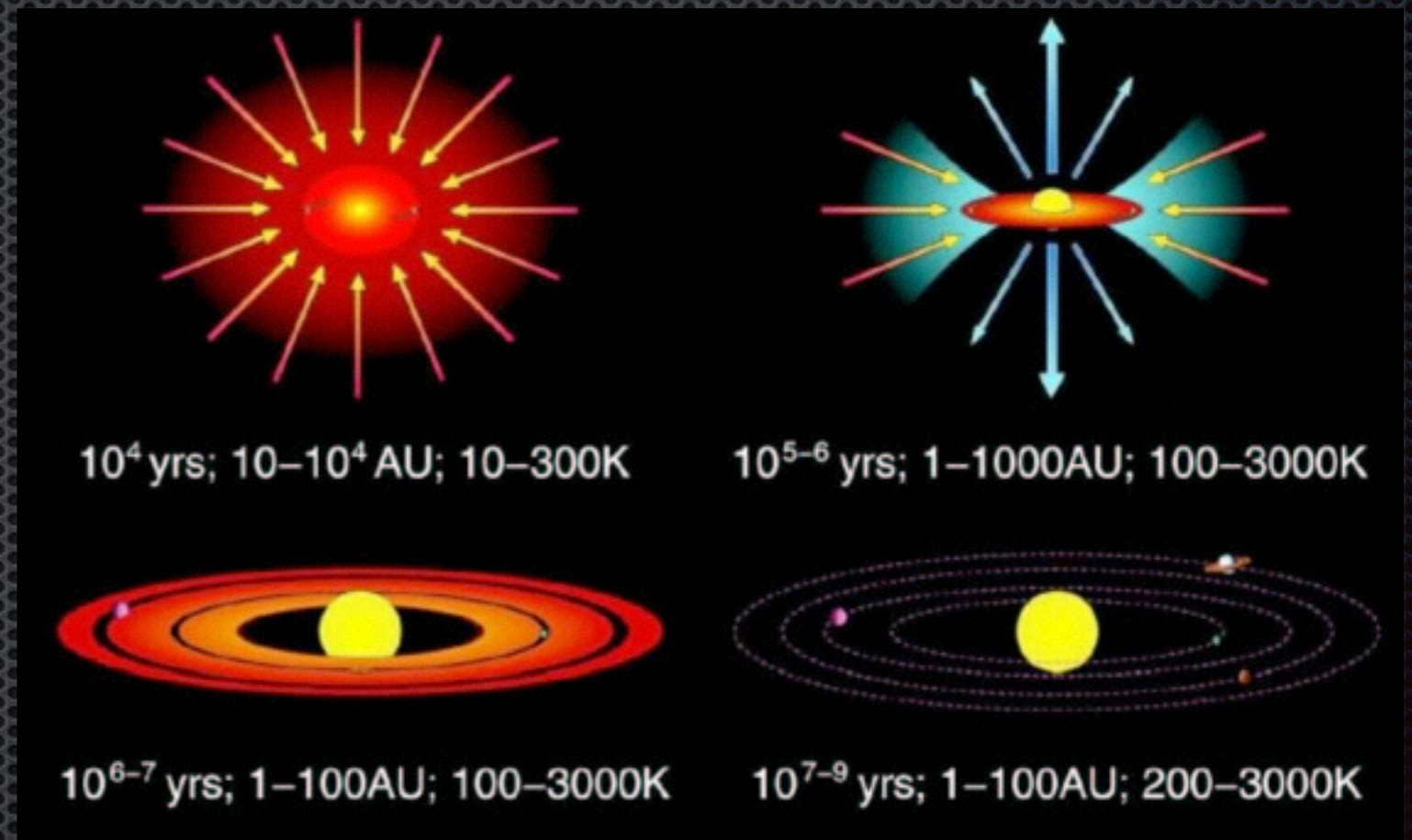
Gestación e Infancia de las Estrellas

Cada etapa de la formación estelar está siendo observada

Gestación e Infancia de las Estrellas

Cada etapa de la formación estelar está siendo observada

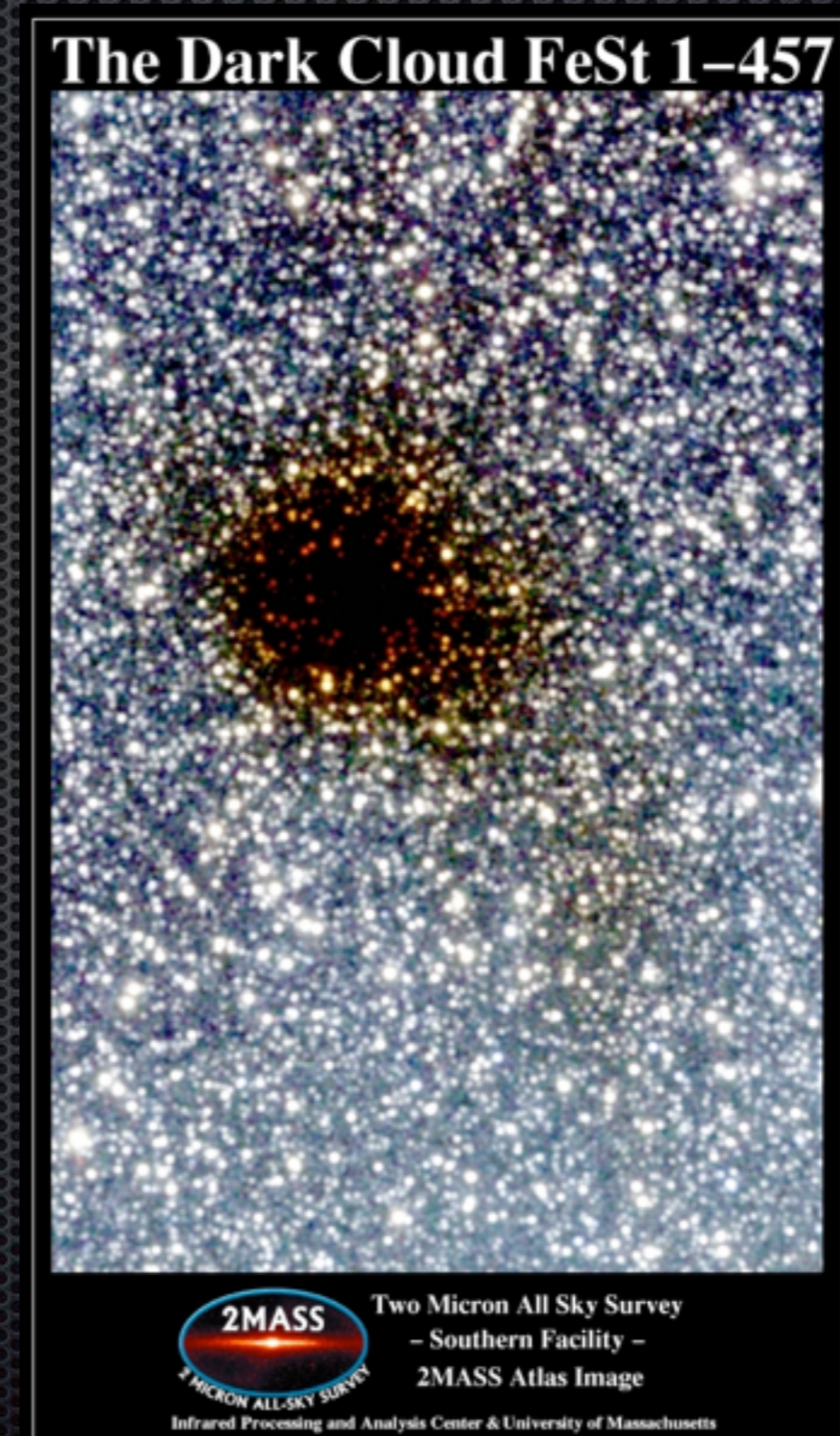
- Shu, Adams y Lizano, 1987.
Modelo de formación de una
estrella de baja masa.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Cada etapa de la formación estelar está siendo observada

- Shu, Adams y Lizano, 1987. Modelo de formación de una estrella de baja masa.
- Formación de grumos oscuros en los filamentos de las nubes moleculares. Pilares.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Cada etapa de la formación estelar está siendo observada

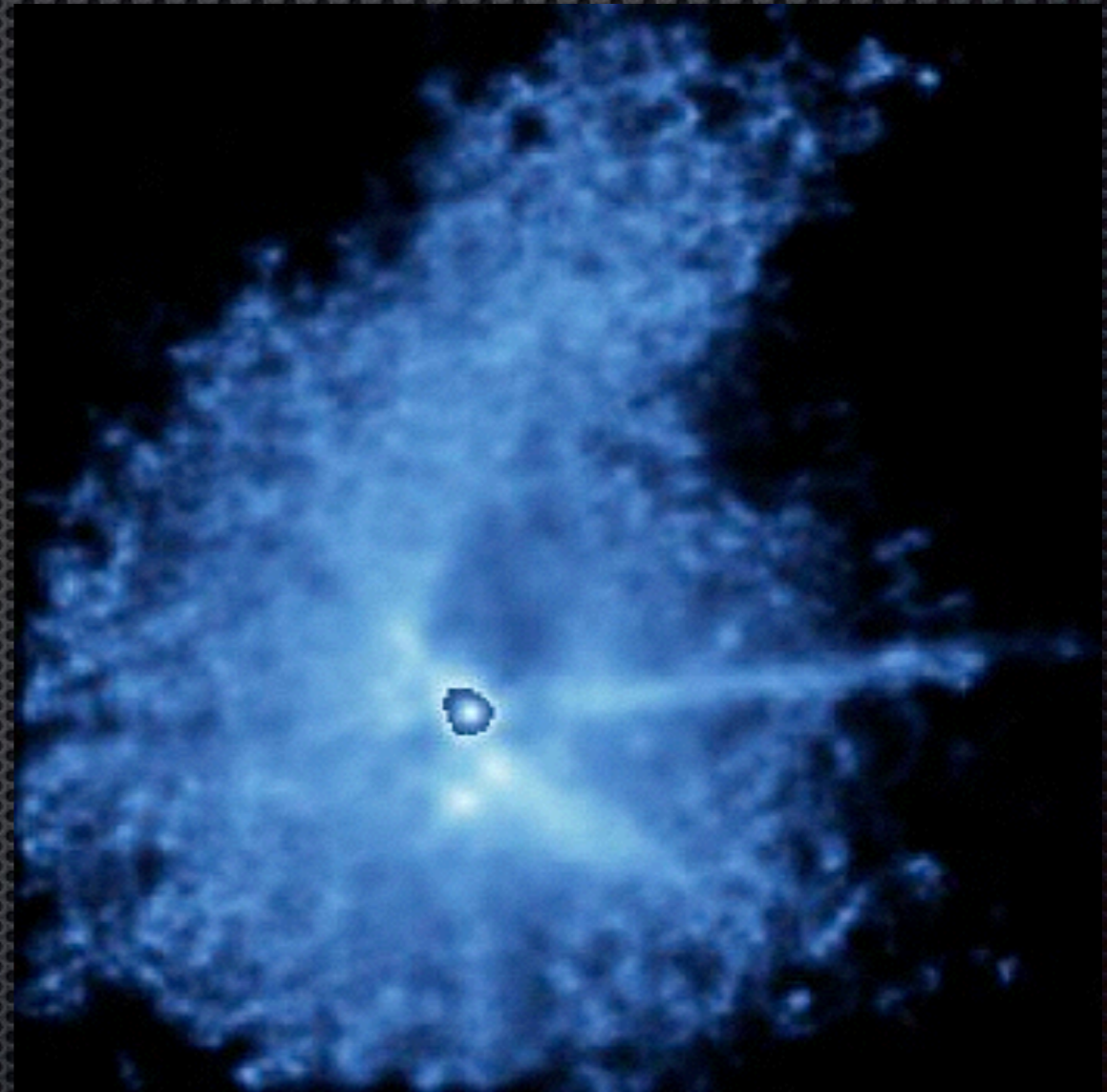
- Shu, Adams y Lizano, 1987. Modelo de formación de una estrella de baja masa.
- Formación de grumos oscuros en los filamentos de las nubes moleculares. Pilares.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Cada etapa de la formación estelar está siendo observada

- Shu, Adams y Lizano, 1987. Modelo de formación de una estrella de baja masa.
- Formación de grumos oscuros en los filamentos de las nubes moleculares. Pilares.
- T-Tauri. Protoestrellas.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Cada etapa de la formación estelar está siendo observada

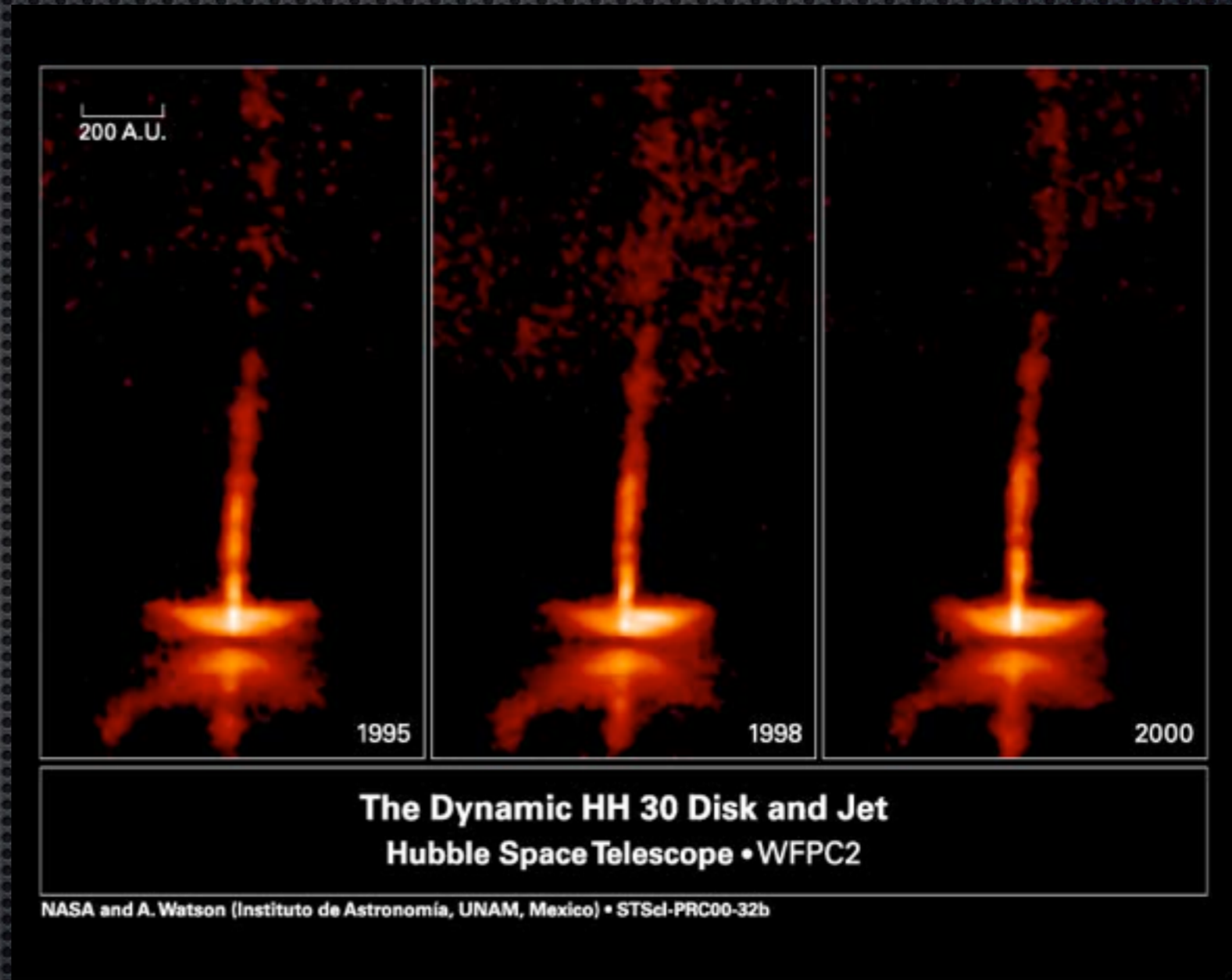
- Shu, Adams y Lizano, 1987. Modelo de formación de una estrella de baja masa.
- Formación de grumos oscuros en los filamentos de las nubes moleculares. Pilares.
- T-Tauri. Protoestrellas.
- Eyección de material. Objetos Herbig Haro.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Cada etapa de la formación estelar está siendo observada

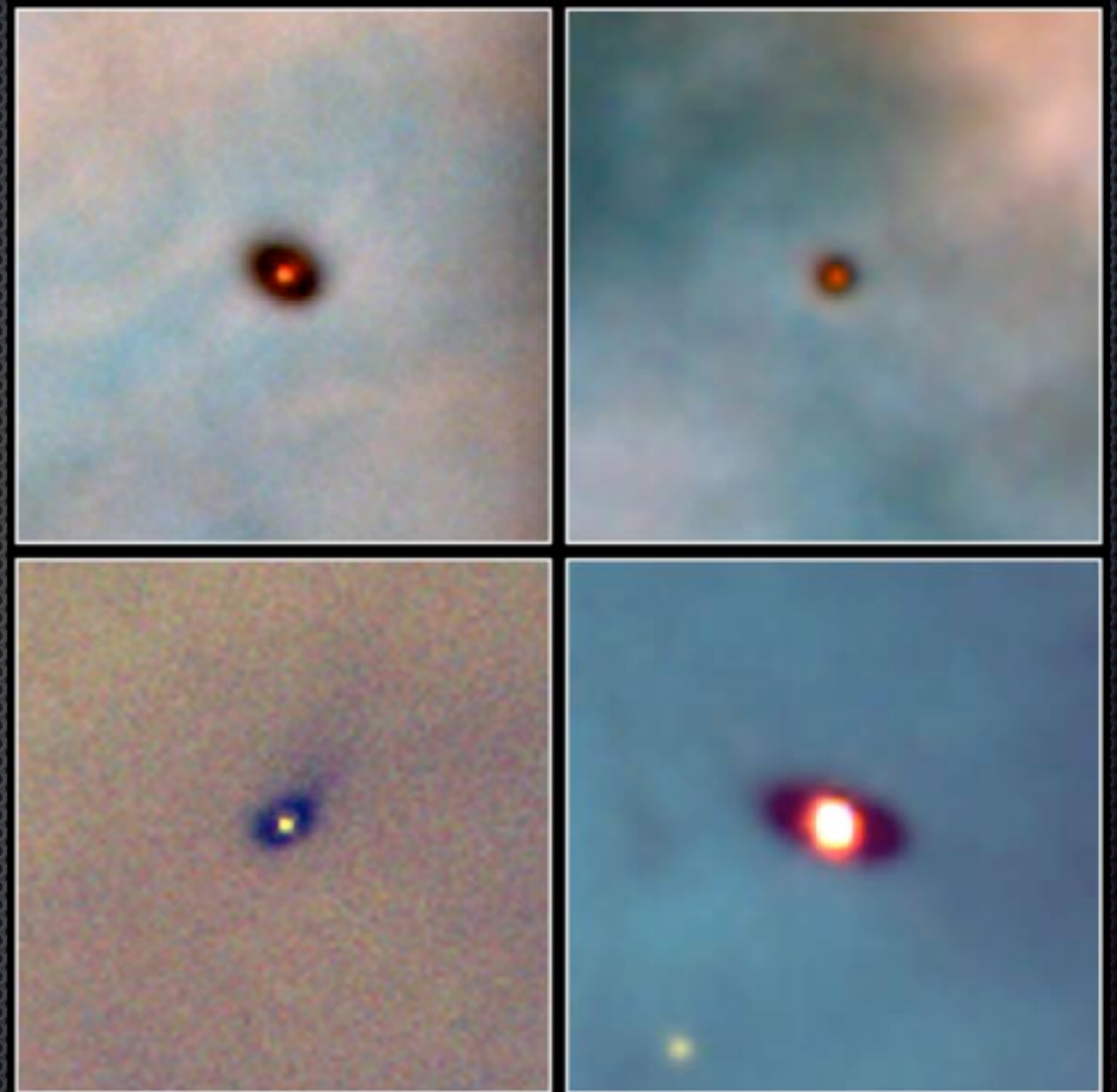
- Shu, Adams y Lizano, 1987. Modelo de formación de una estrella de baja masa.
- Formación de grumos oscuros en los filamentos de las nubes moleculares. Pilares.
- T-Tauri. Protoestrellas.
- Eyección de material. Objetos Herbig Haro.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Cada etapa de la formación estelar está siendo observada

- Shu, Adams y Lizano, 1987. Modelo de formación de una estrella de baja masa.
- Formación de grumos oscuros en los filamentos de las nubes moleculares. Pilares.
- T-Tauri. Protoestrellas.
- Eyección de material. Objetos Herbig Haro.
- Formación de discos protoplanetarios



**Protoplanetary Disks
Orion Nebula**

HST · WFPC2

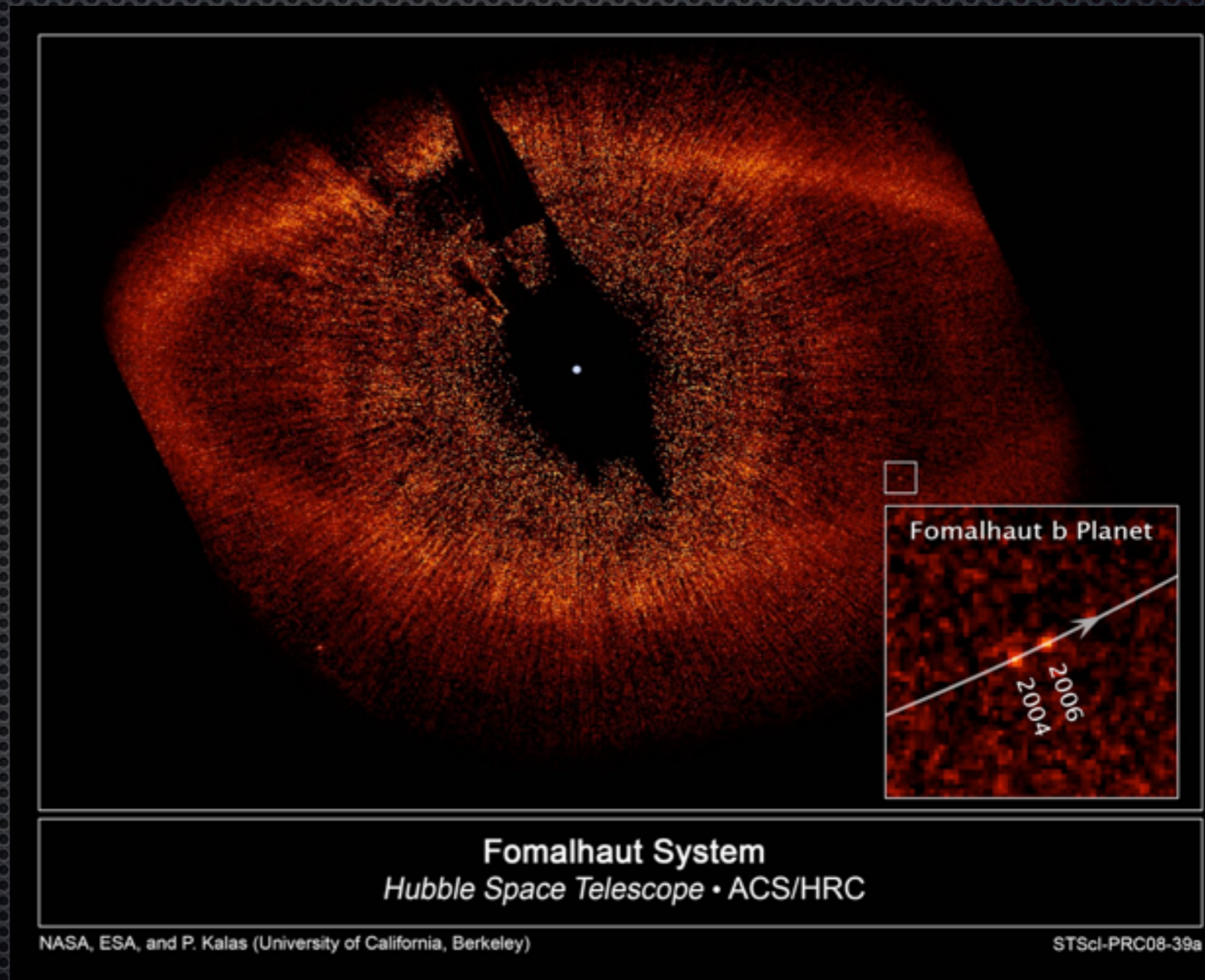
PRC95-45b · ST ScI OPO · November 20, 1995

M. J. McCaughrean (MPIA), C. R. O'Dell (Rice University), NASA

Gestación e Infancia de las Estrellas

Cada etapa de la formación estelar está siendo observada

- Shu, Adams y Lizano, 1987. Modelo de formación de una estrella de baja masa.
- Formación de grumos oscuros en los filamentos de las nubes moleculares. Pilares.
- T-Tauri. Protoestrellas.
- Eyección de material. Objetos Herbig Haro.
- Formación de discos protoplanetarios
- Formación de los planetas

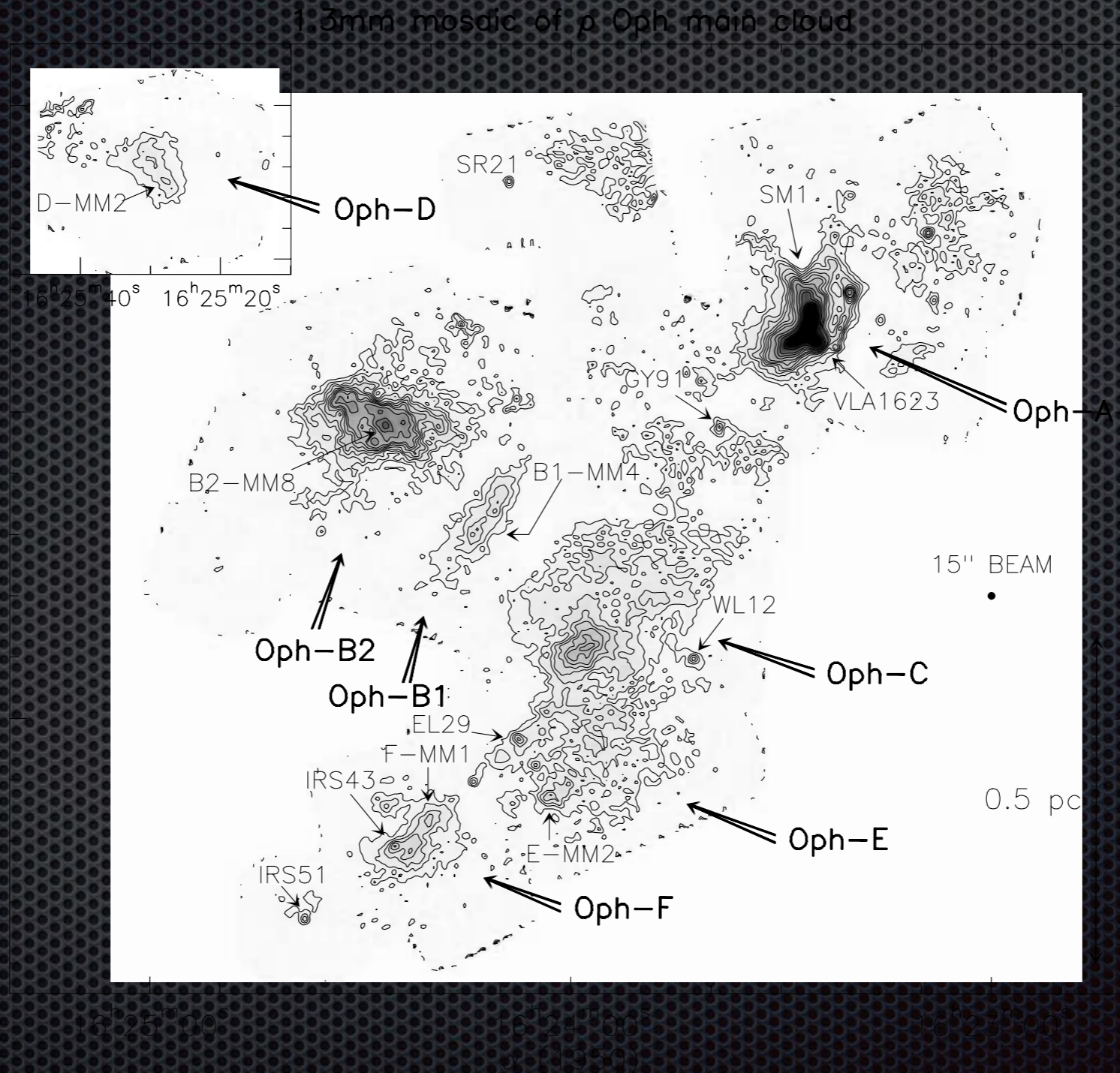


Gestación e Infancia de las Estrellas

Semilleros Estelares. Las condiciones iniciales

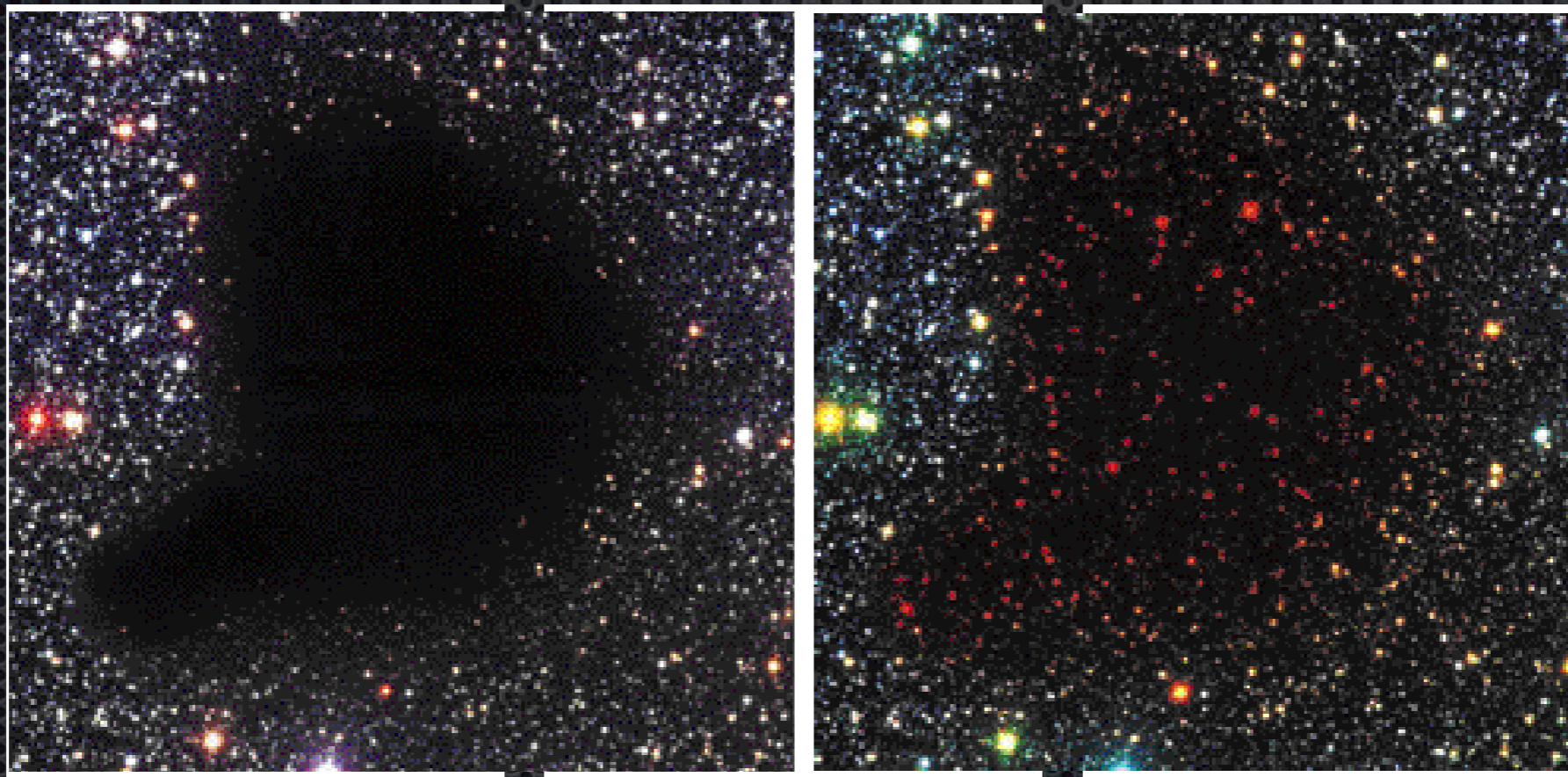
Gestación e Infancia de las Estrellas

Semilleros Estelares. Las condiciones iniciales



Gestación e Infancia de las Estrellas

Semilleros Estelares. Las condiciones iniciales



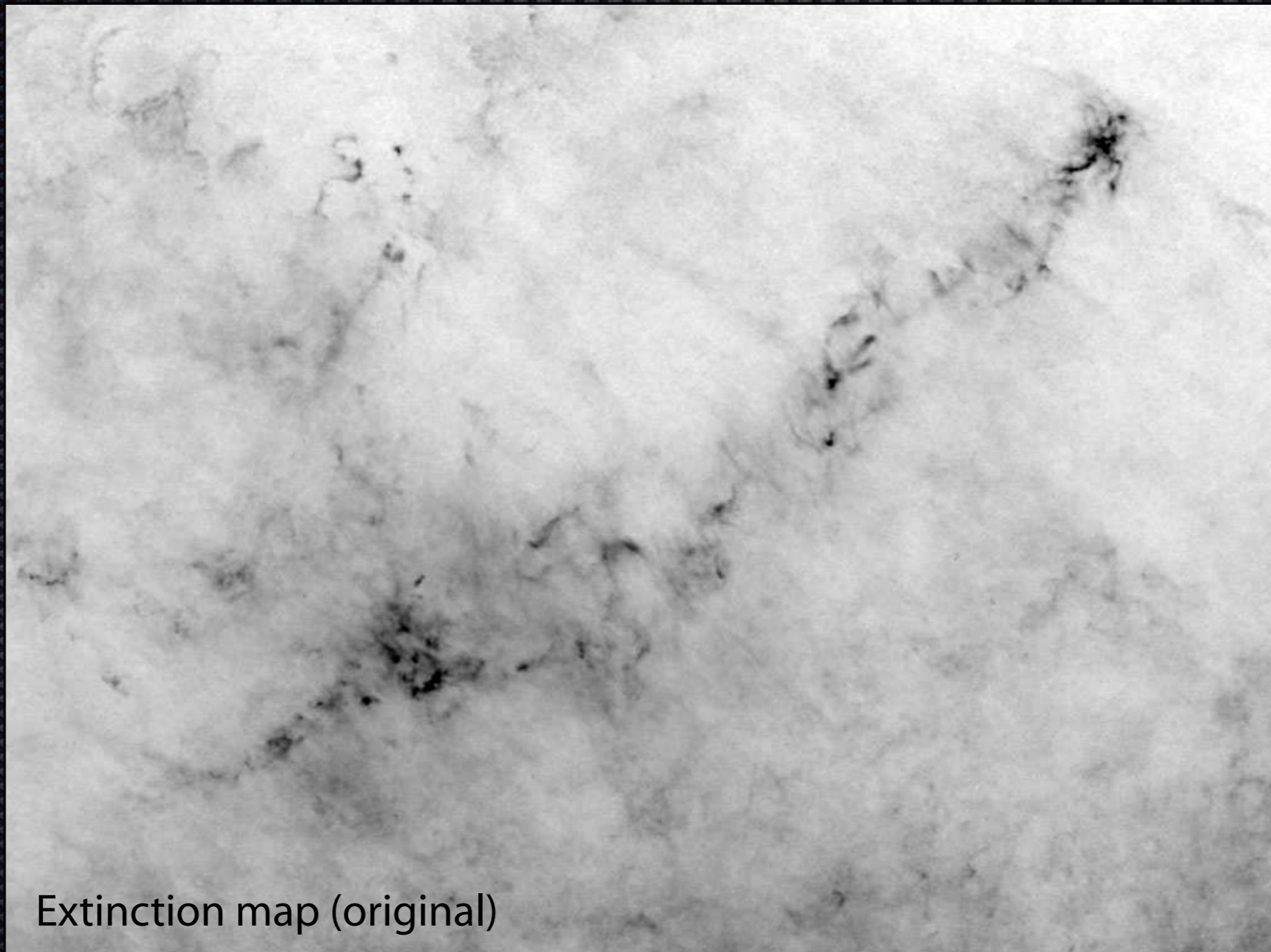
Gestación e Infancia de las Estrellas

Semilleros Estelares. Las condiciones iniciales



Gestación e Infancia de las Estrellas

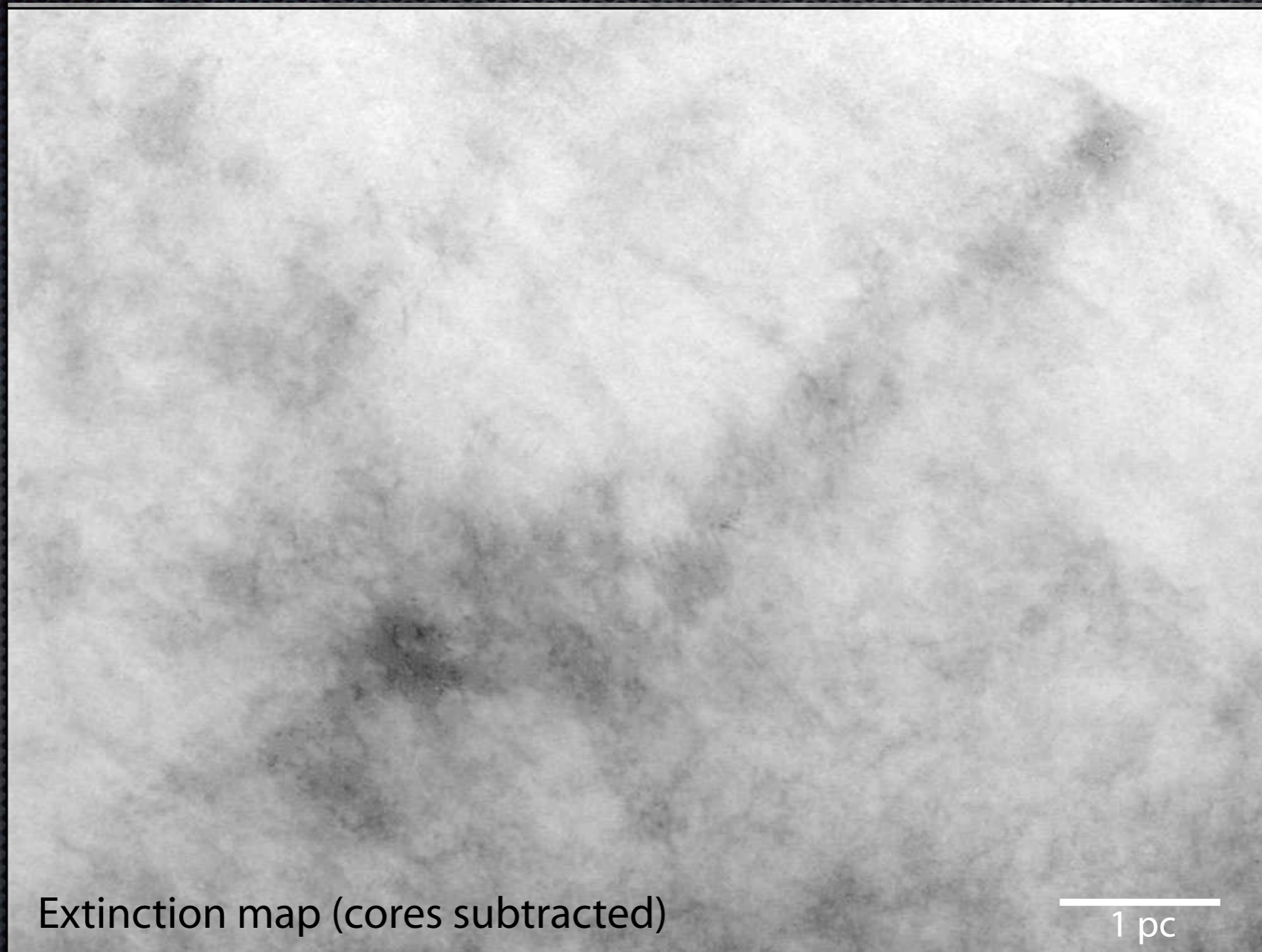
Semilleros Estelares. Las condiciones iniciales



Extinction map (original)

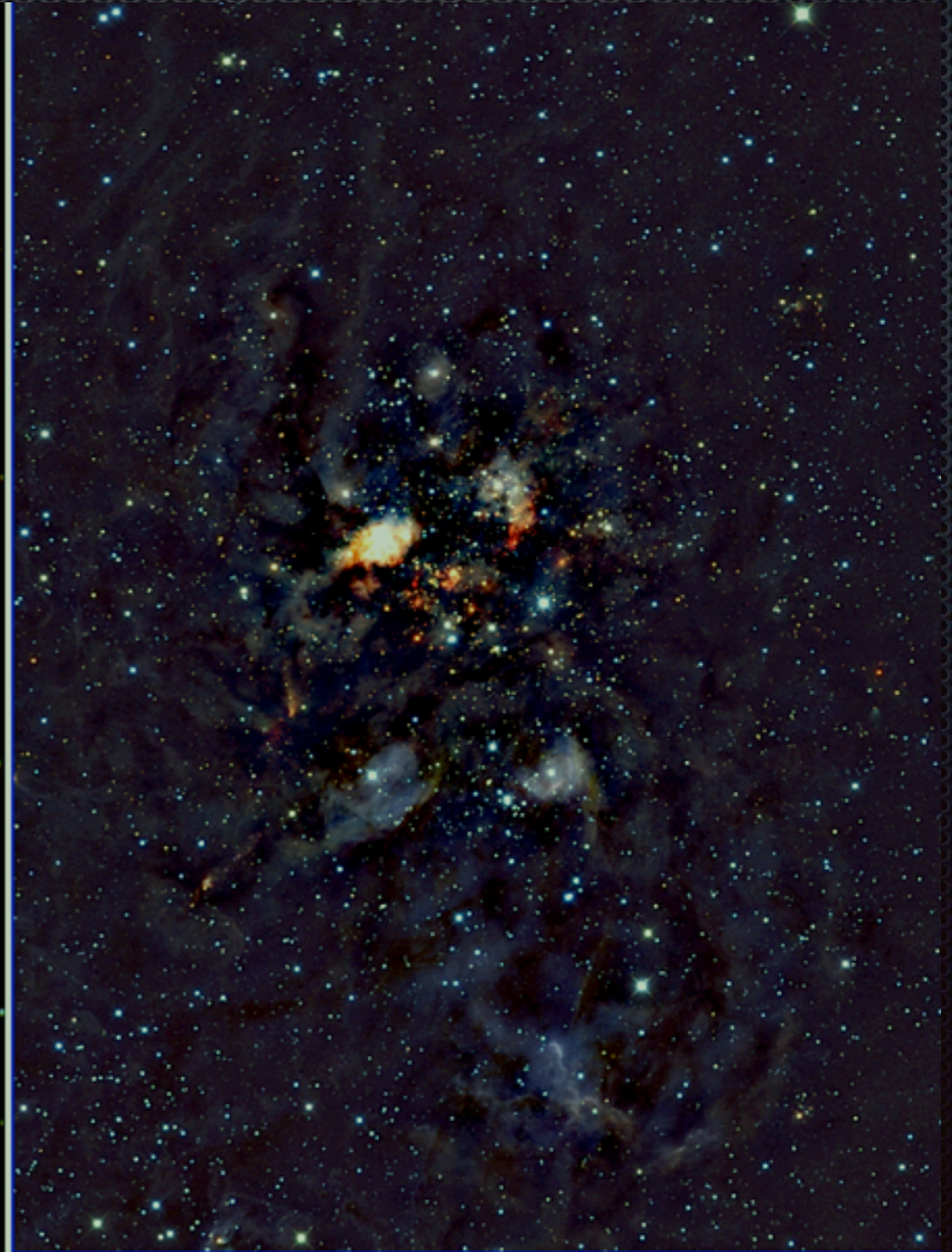
Gestación e Infancia de las Estrellas

Semilleros Estelares. Las condiciones iniciales



Gestación e Infancia de las Estrellas

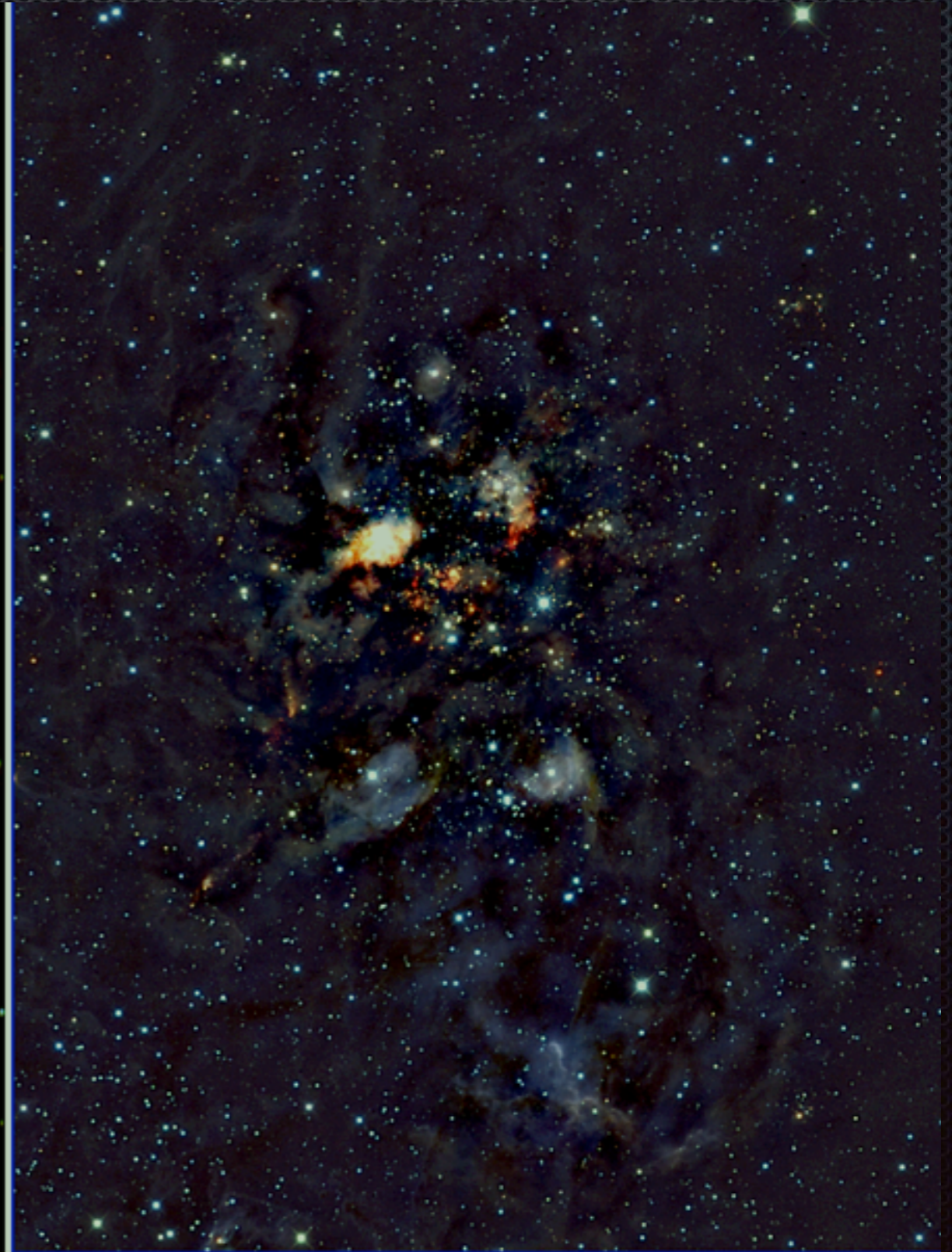
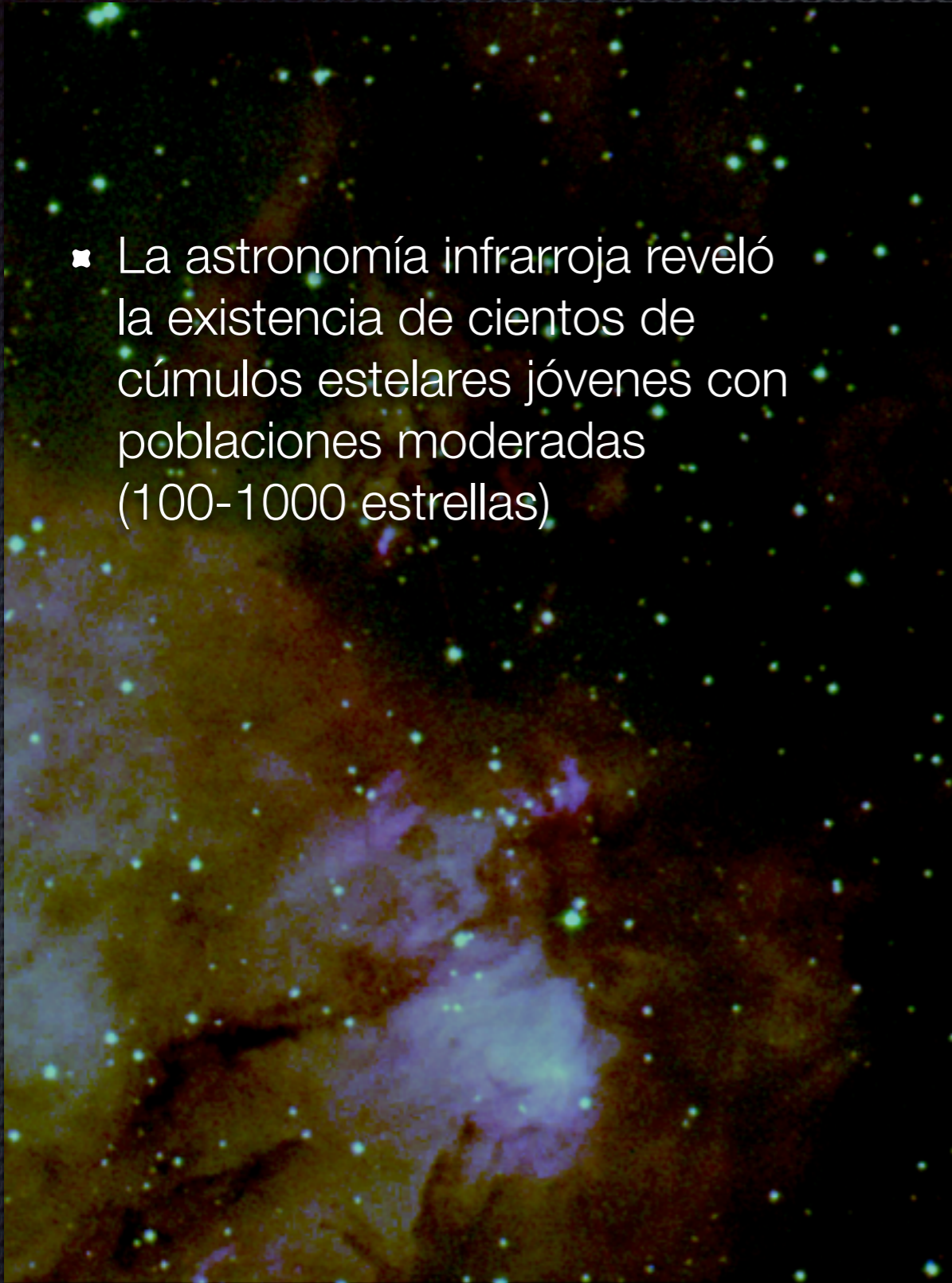
Cuneros estelares. Cúmulos embebidos



Gestación e Infancia de las Estrellas

Cuneros estelares. Cúmulos embebidos

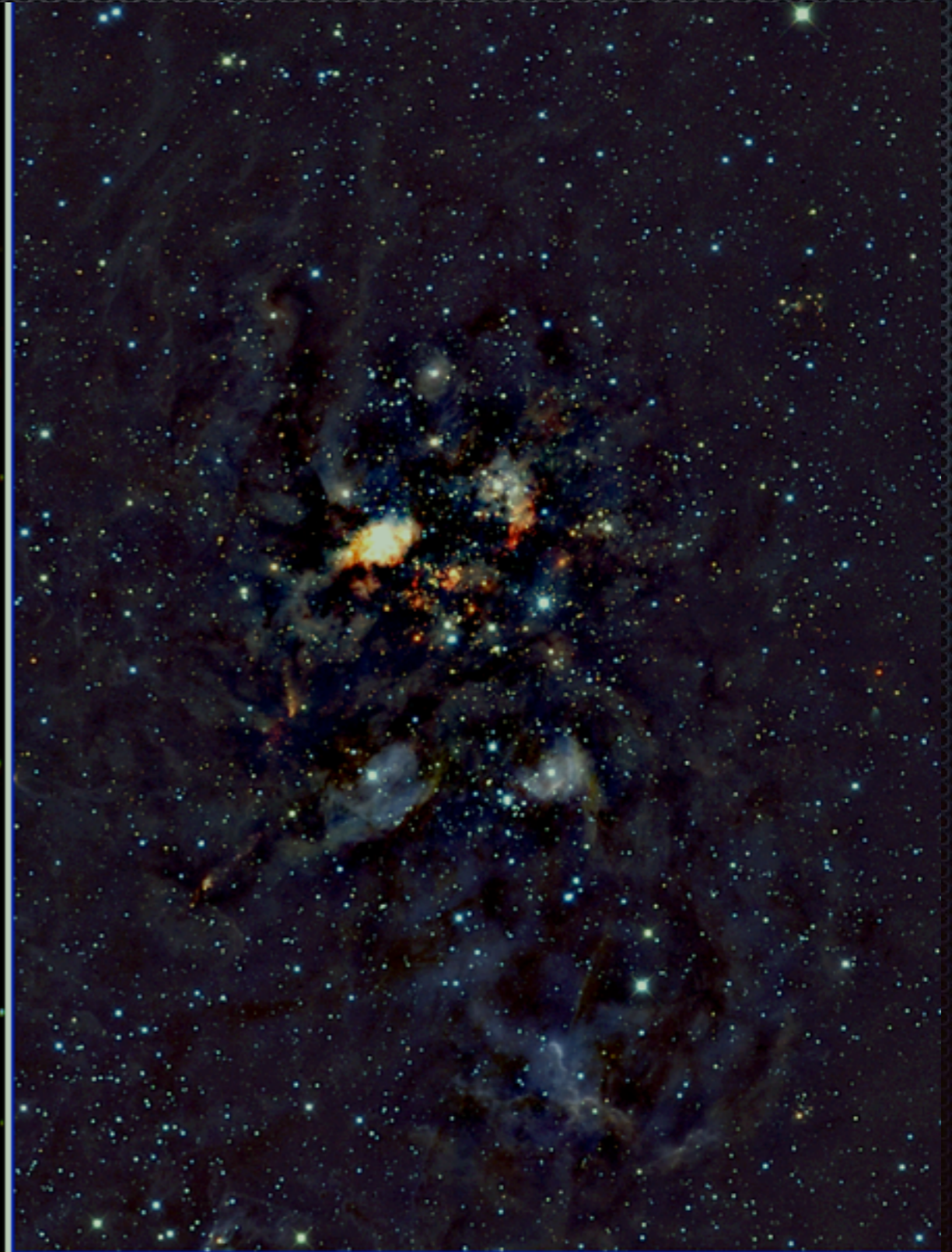
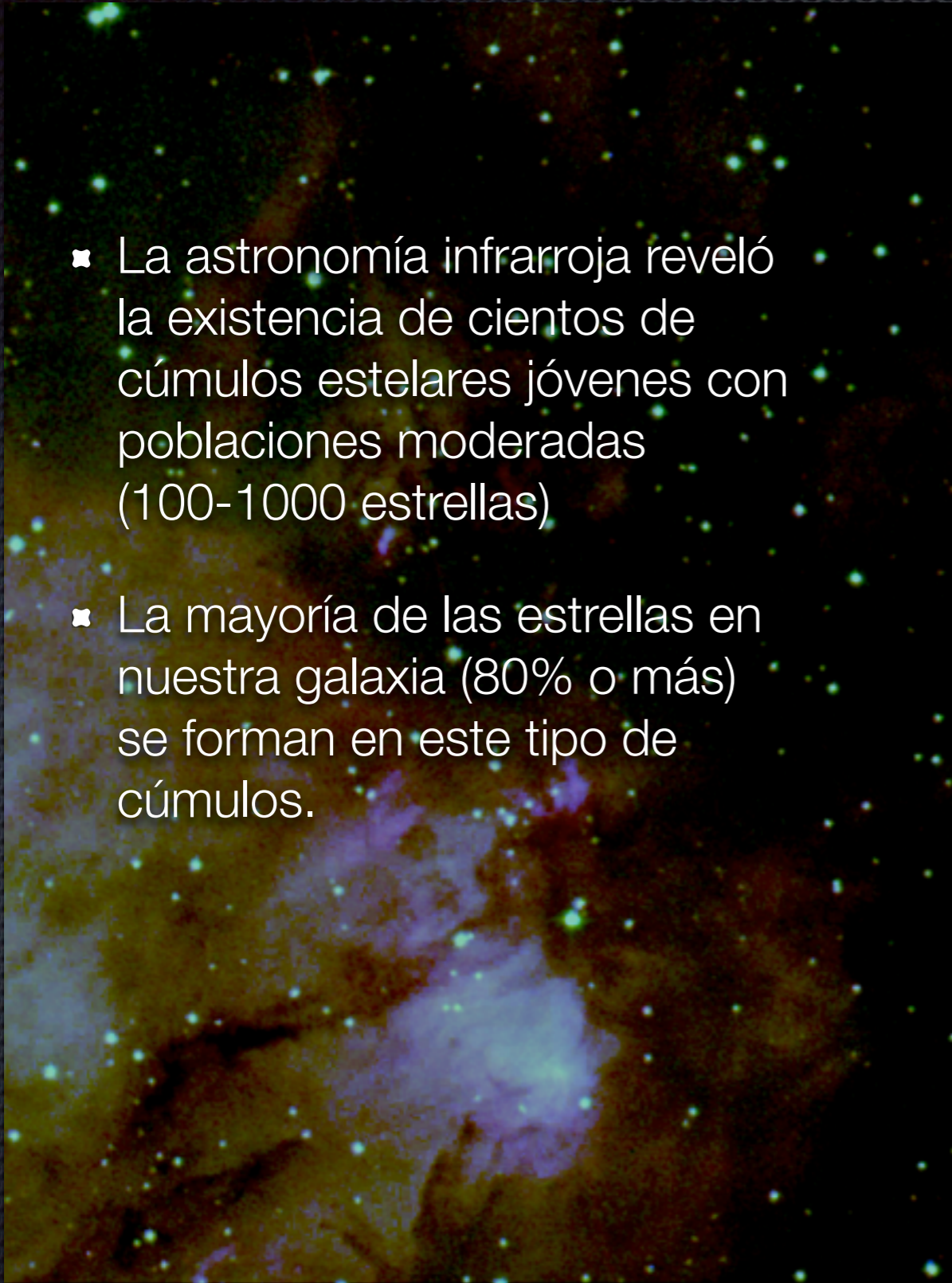
- La astronomía infrarroja reveló la existencia de cientos de cúmulos estelares jóvenes con poblaciones moderadas (100-1000 estrellas)



Gestación e Infancia de las Estrellas

Cuneros estelares. Cúmulos embebidos

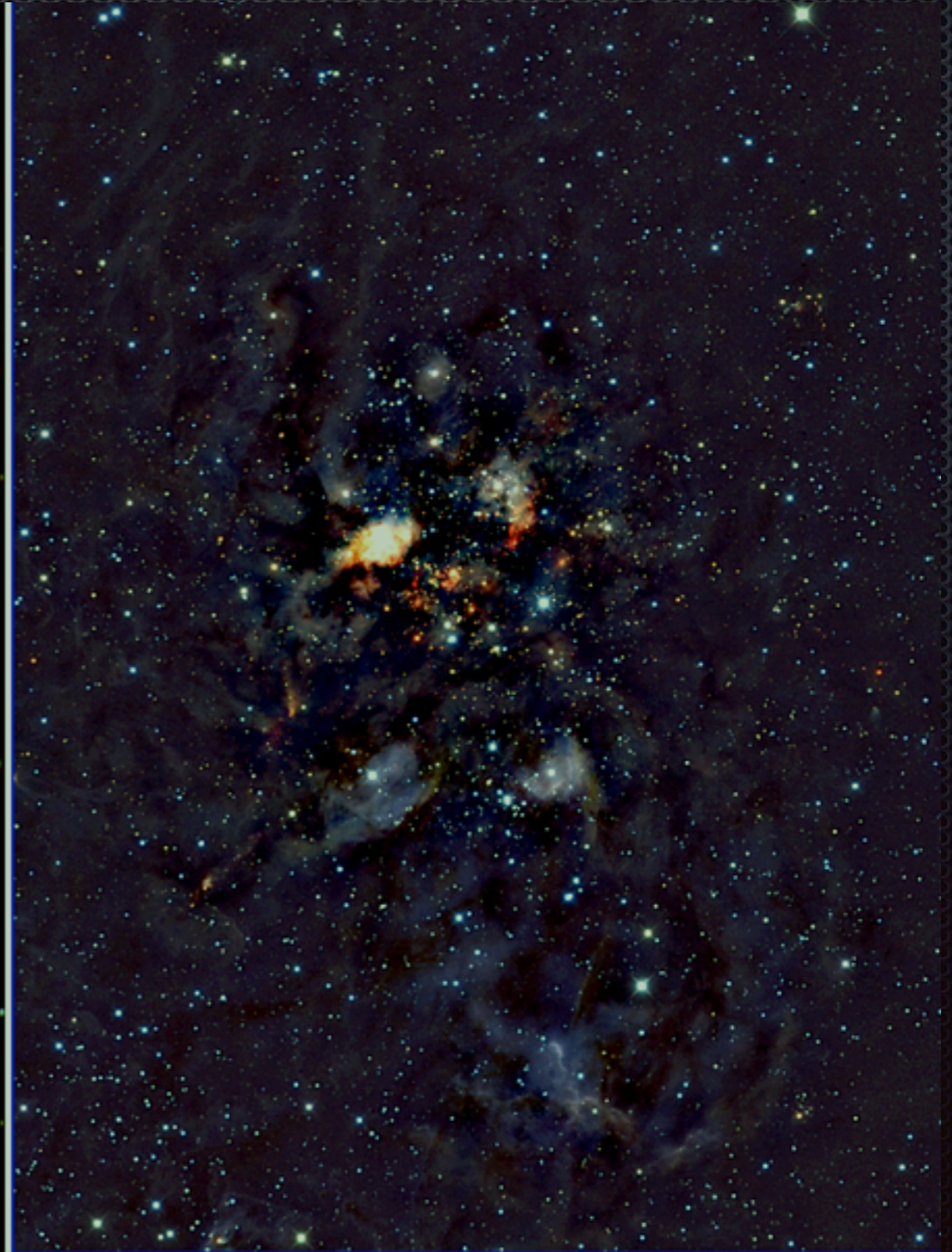
- ✦ La astronomía infrarroja reveló la existencia de cientos de cúmulos estelares jóvenes con poblaciones moderadas (100-1000 estrellas)
- ✦ La mayoría de las estrellas en nuestra galaxia (80% o más) se forman en este tipo de cúmulos.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Cuneros estelares. Cúmulos embebidos

- ✦ La astronomía infrarroja reveló la existencia de cientos de cúmulos estelares jóvenes con poblaciones moderadas (100-1000 estrellas)
- ✦ La mayoría de las estrellas en nuestra galaxia (80% o más) se forman en este tipo de cúmulos.
- ✦ La etapa de embebecimiento es muy corta, comparado con el proceso de formación.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Guarderías Estelares. Cúmulos jóvenes



Gestación e Infancia de las Estrellas

Guarderías Estelares. Cúmulos jóvenes

- La etapa de embebimiento en los cúmulos estelares culmina con la expulsión de la envolvente gaseosa.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Guarderías Estelares. Cúmulos jóvenes

- La etapa de embebimiento en los cúmulos estelares culmina con la expulsión de la envoltente gaseosa.
- El gas, que actuaba como un pegamento gravitacional, es removido rápidamente por las propias estrellas.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Guarderías Estelares. Cúmulos jóvenes

- La etapa de embebimiento en los cúmulos estelares culmina con la expulsión de la envoltente gaseosa.
- El gas, que actuaba como un pegamento gravitacional, es removido rápidamente por las propias estrellas.
- El número de estrellas que se formaron determina la supervivencia del cúmulo como sistema



Gestación e Infancia de las Estrellas

Guarderías Estelares. Cúmulos jóvenes

- La etapa de embebimiento en los cúmulos estelares culmina con la expulsión de la envoltente gaseosa.
- El gas, que actuaba como un pegamento gravitacional, es removido rápidamente por las propias estrellas.
- El número de estrellas que se formaron determina la supervivencia del cúmulo como sistema
- La mayoría de los cúmulos estelares no sobreviven más de 10 millones de años.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Guarderías Estelares. Cúmulos jóvenes

- ✦ La etapa de embebimiento en los cúmulos estelares culmina con la expulsión de la envoltente gaseosa.
- ✦ El gas, que actuaba como un pegamento gravitacional, es removido rápidamente por las propias estrellas.
- ✦ El número de estrellas que se formaron determina la supervivencia del cúmulo como sistema
- ✦ La mayoría de los cúmulos estelares no sobreviven más de 10 millones de años.
- ✦ Problema de la “alta mortalidad infantil”.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Cumulos Viejos. Abiertos y Globulares



Gestación e Infancia de las Estrellas

Cumulos Viejos. Abiertos y Globulares



Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.

Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.

Nebulosa de la Roseta.



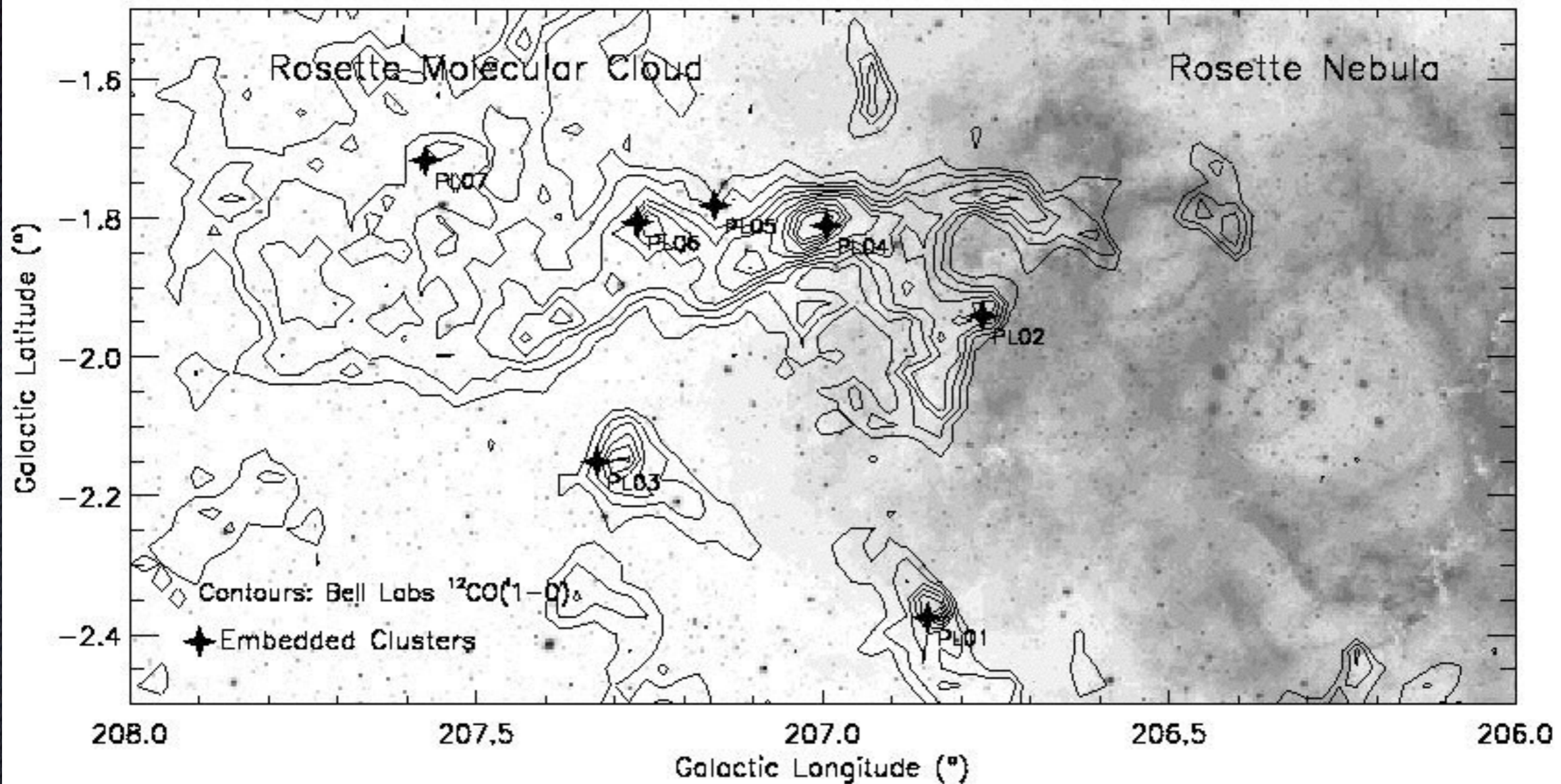
Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.

Gestación e Infancia de las Estrellas

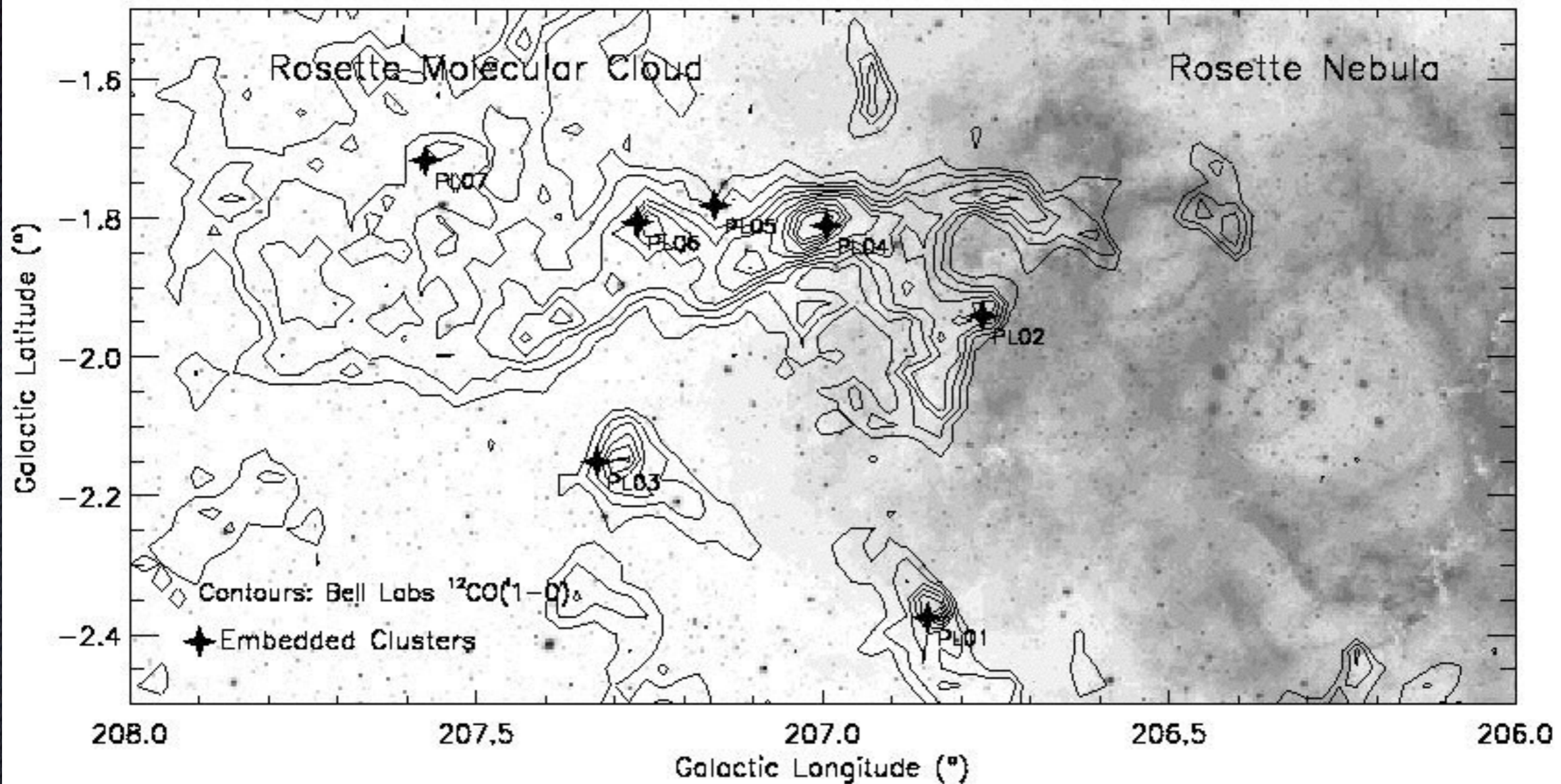
El contexto. Complejos de formación estelar.

Complejo de la Roseta



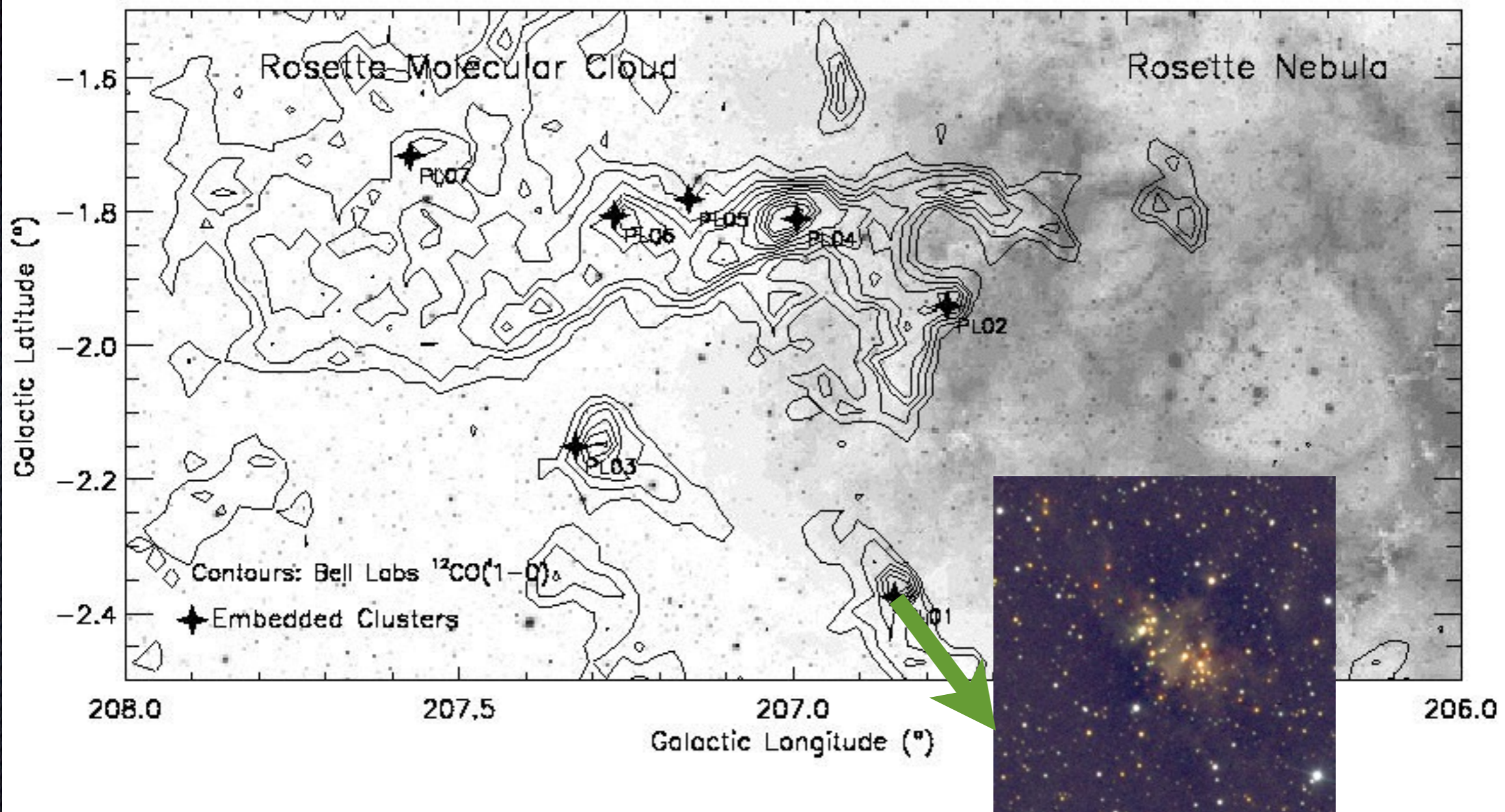
Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.



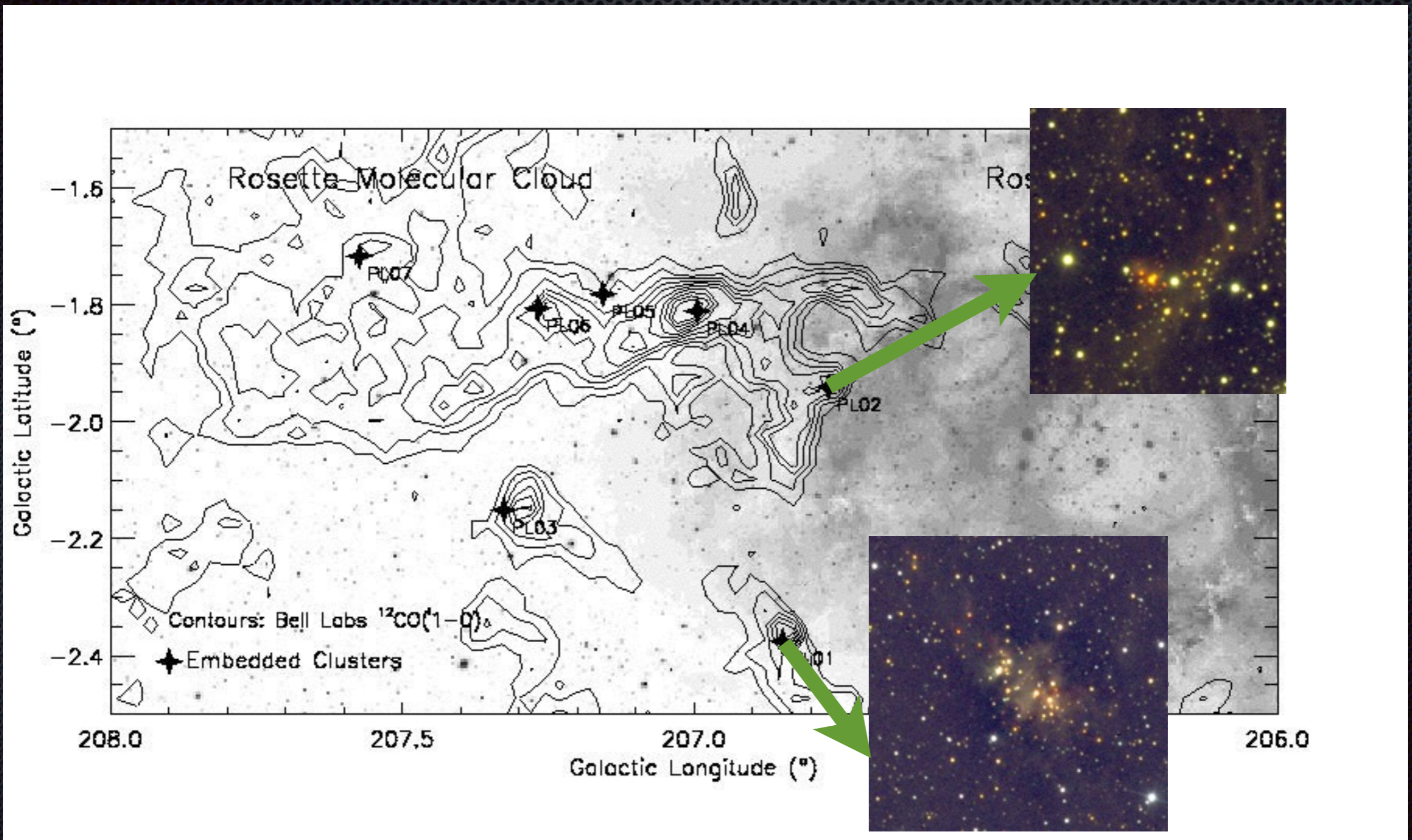
Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.



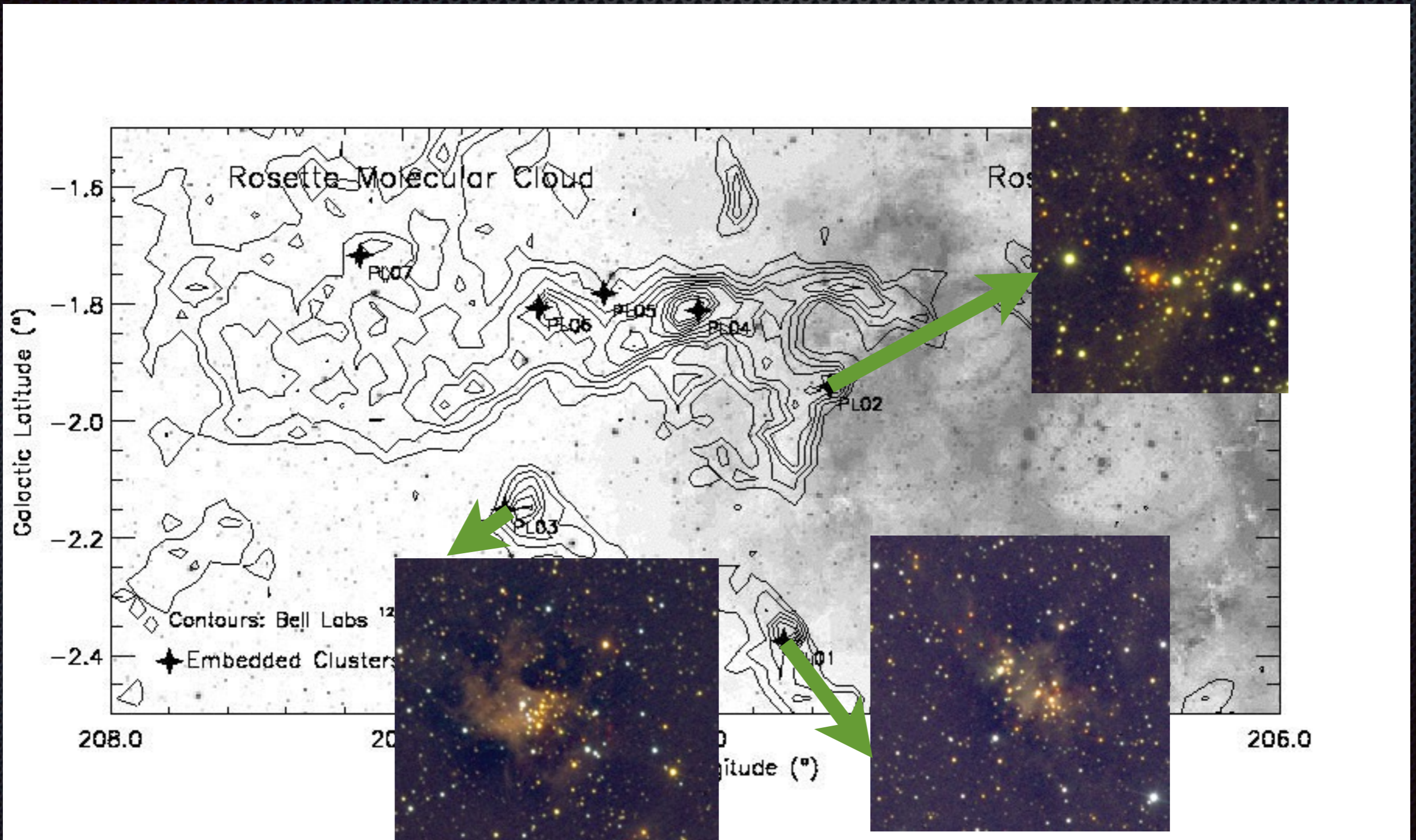
Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.



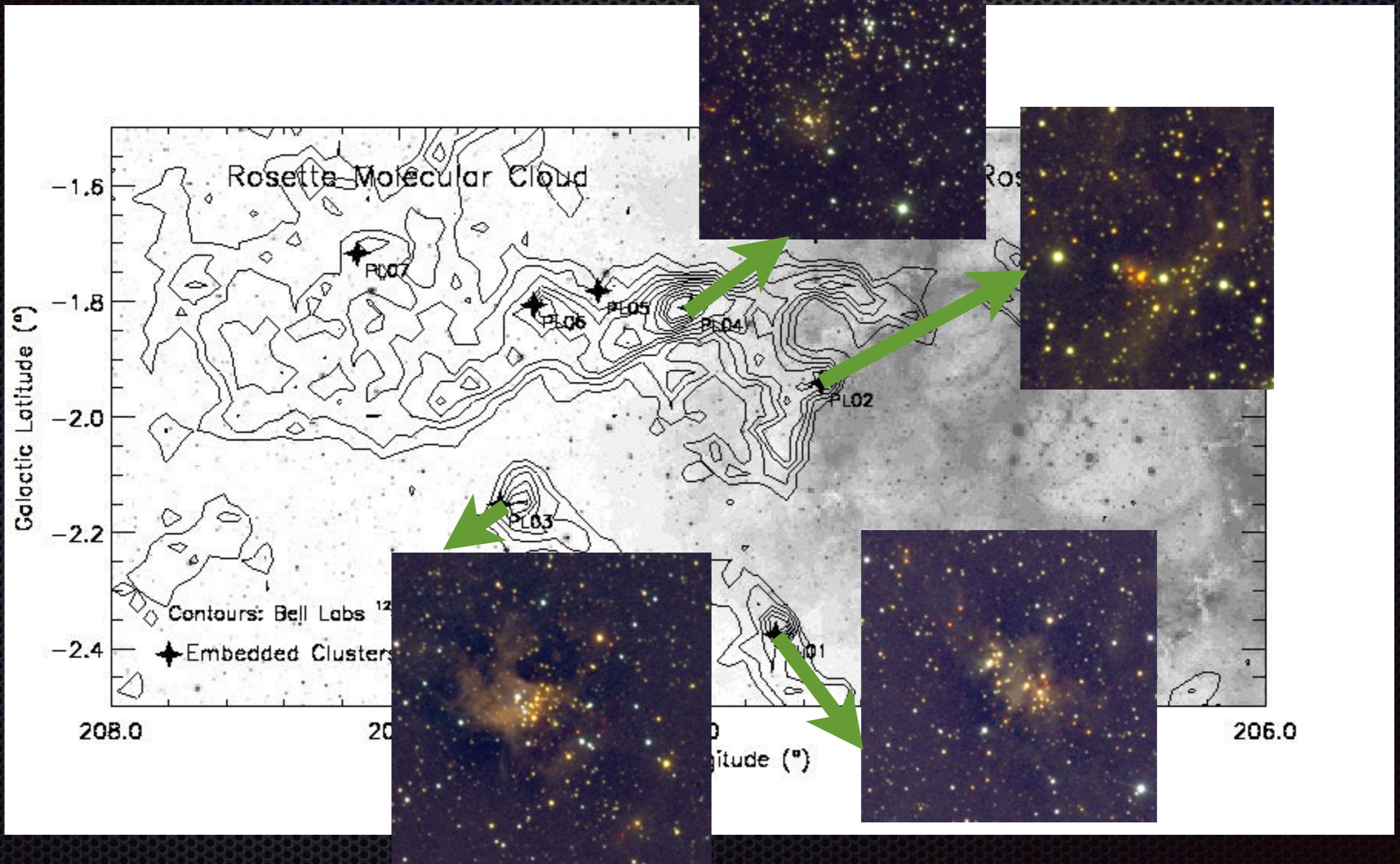
Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.



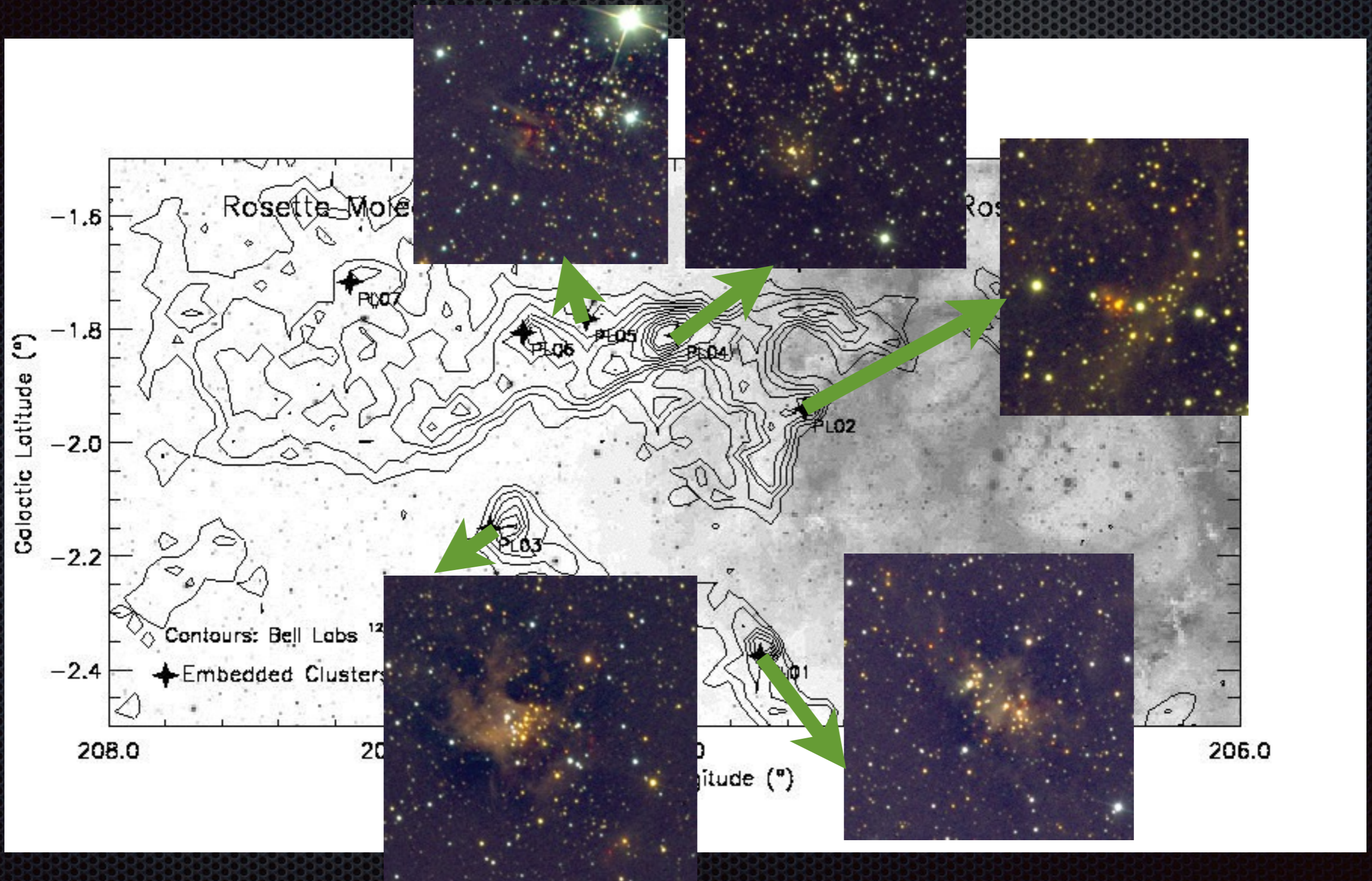
Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.



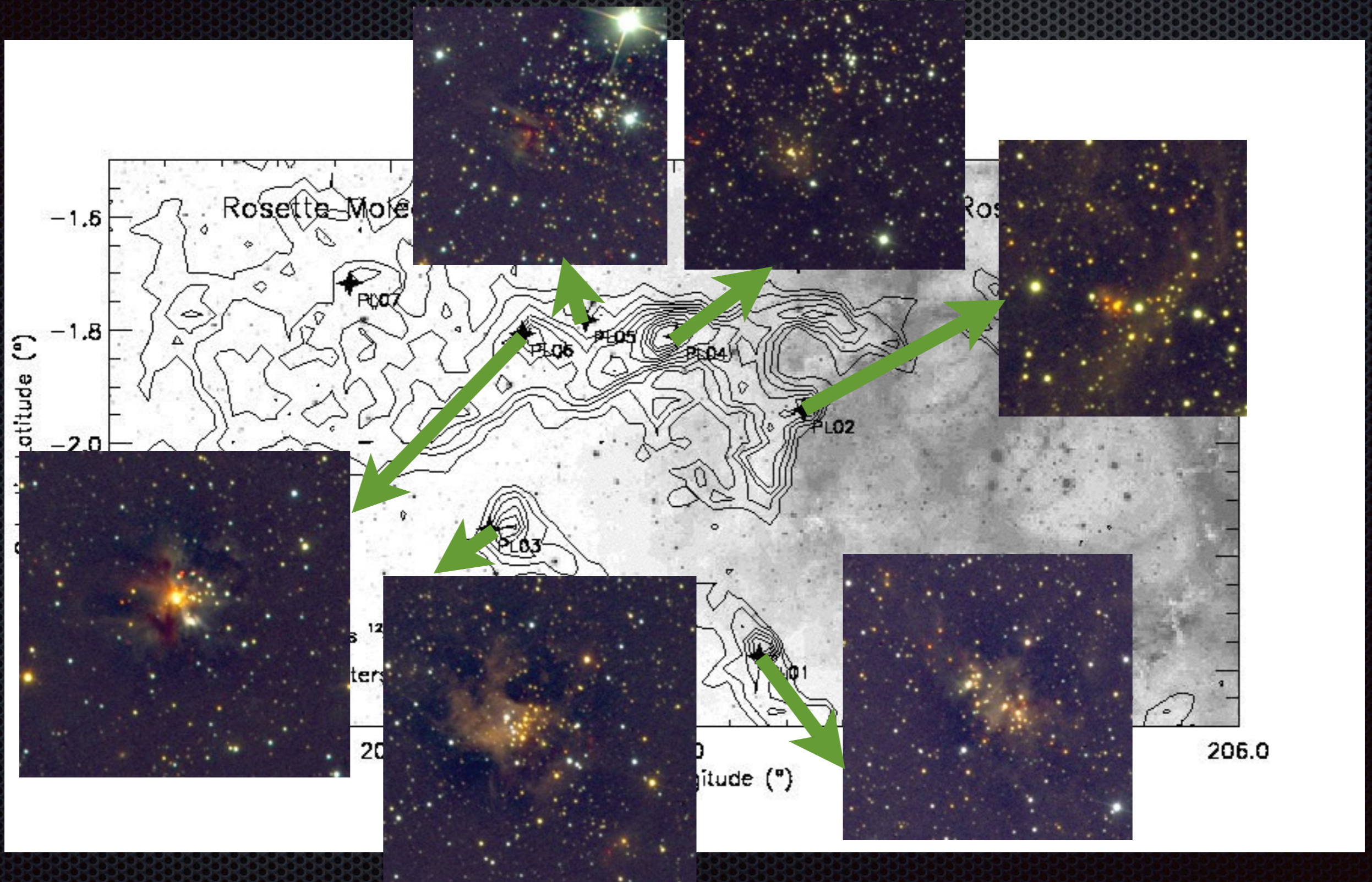
Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.



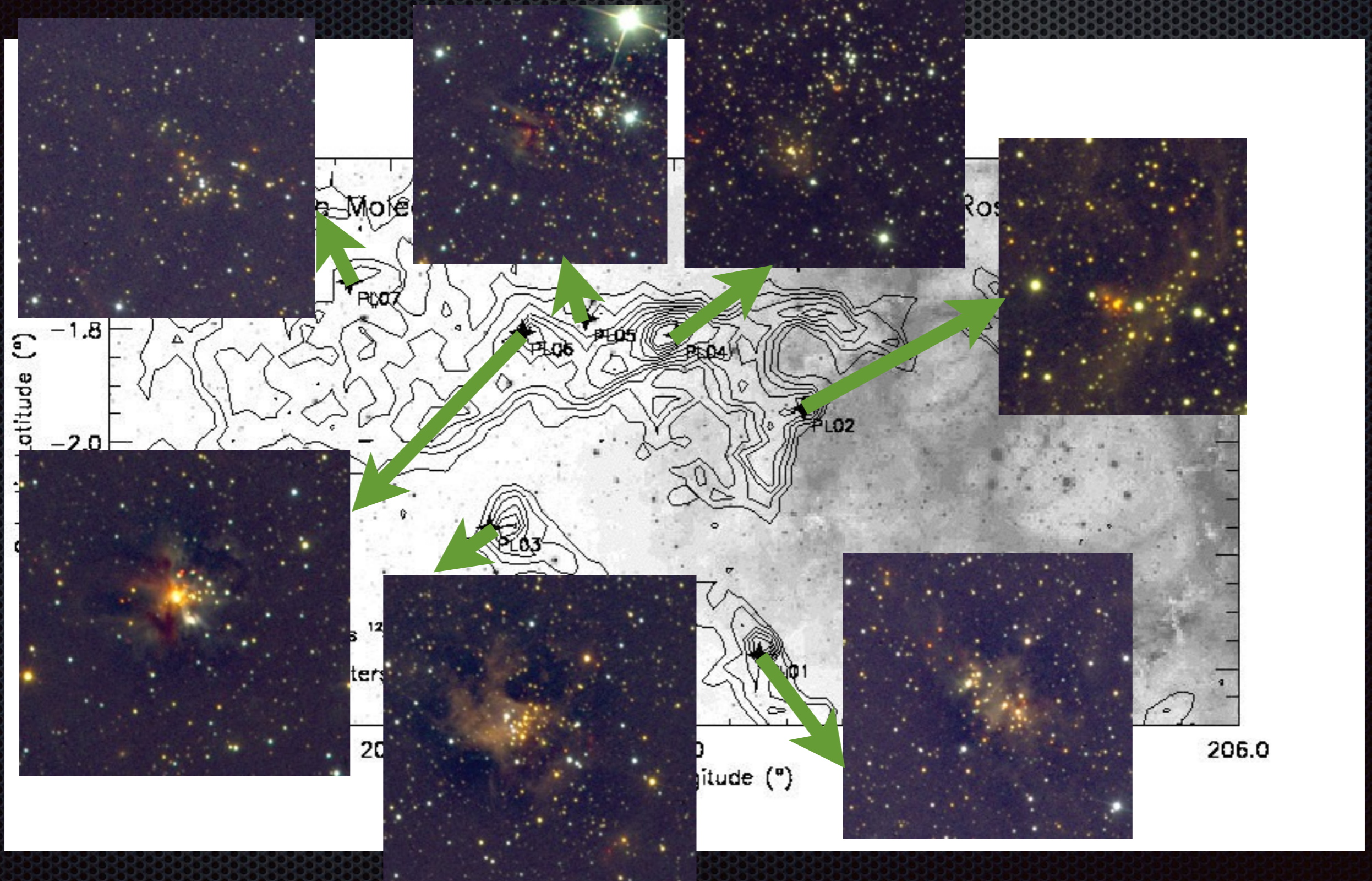
Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.



Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.

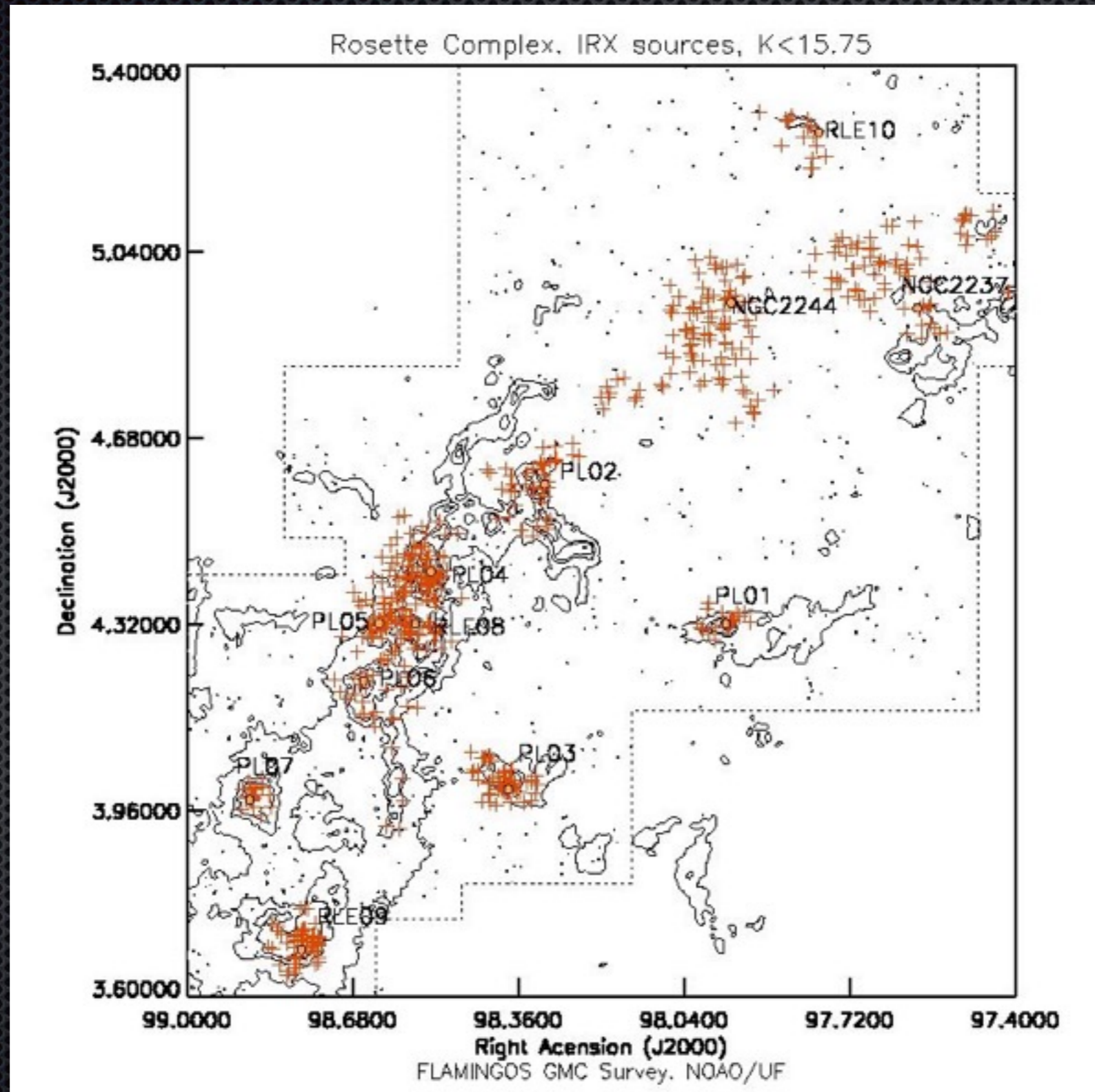


Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.

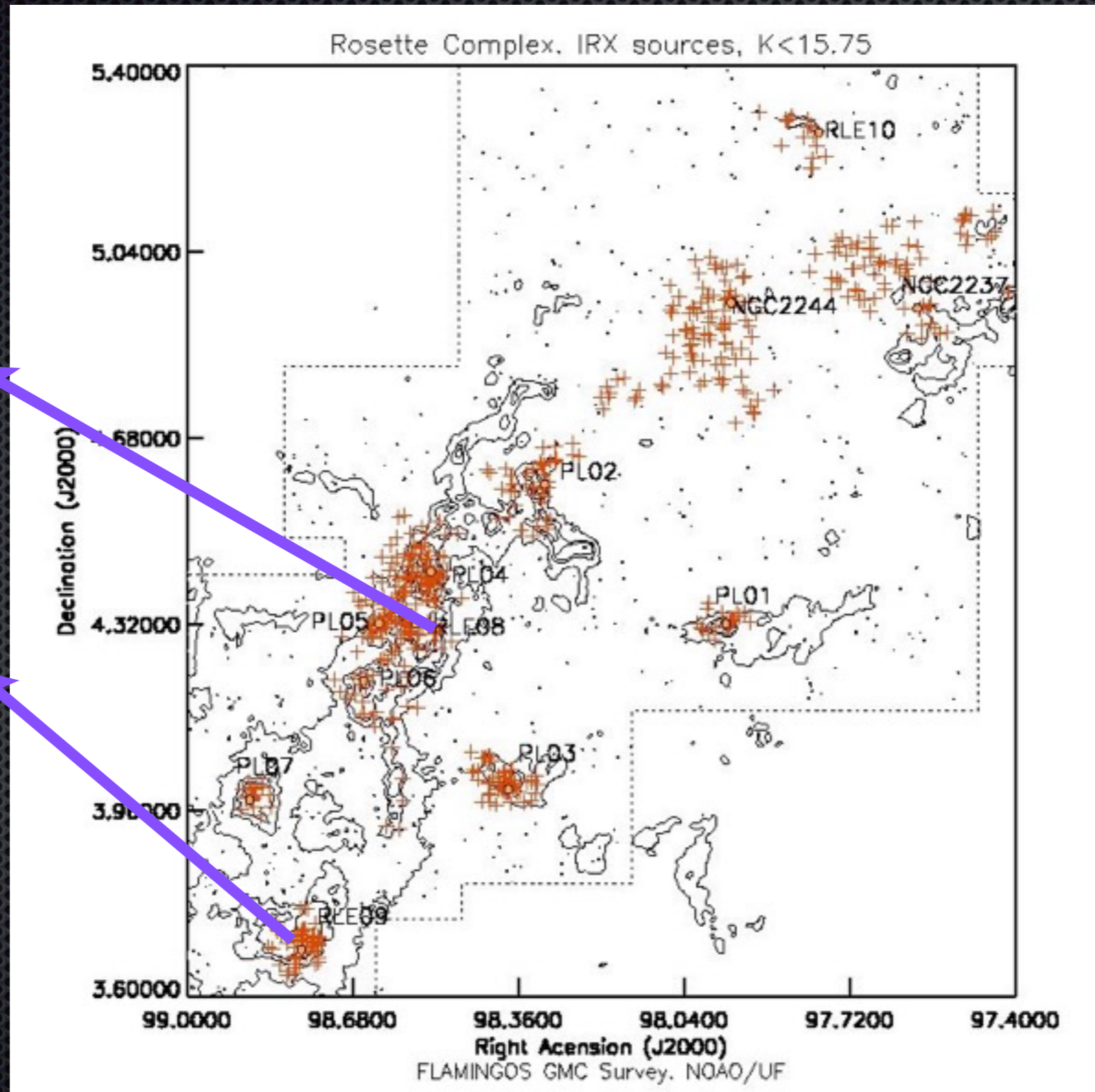
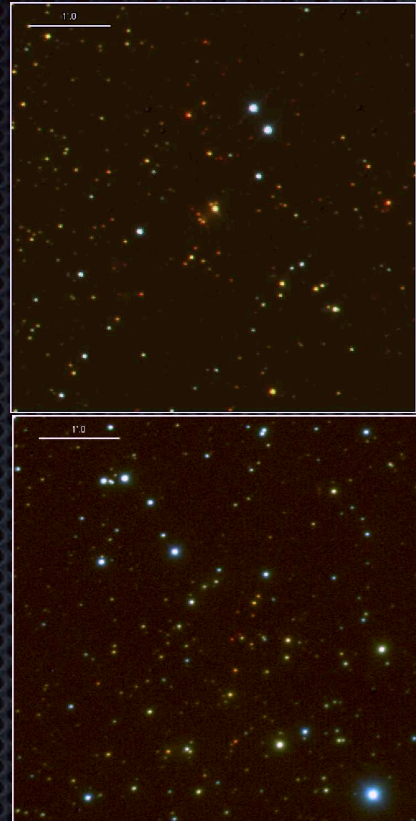
Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.



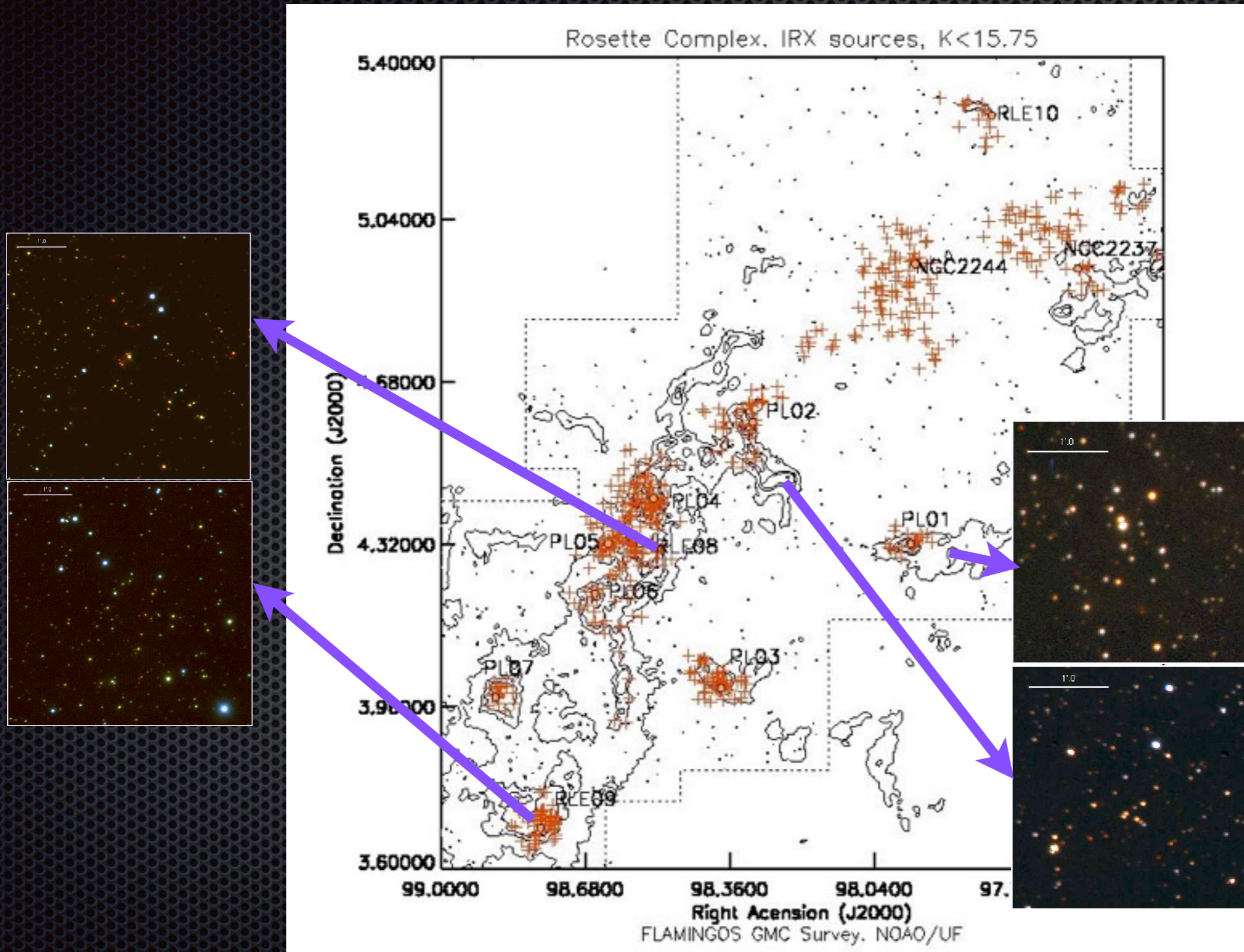
Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.



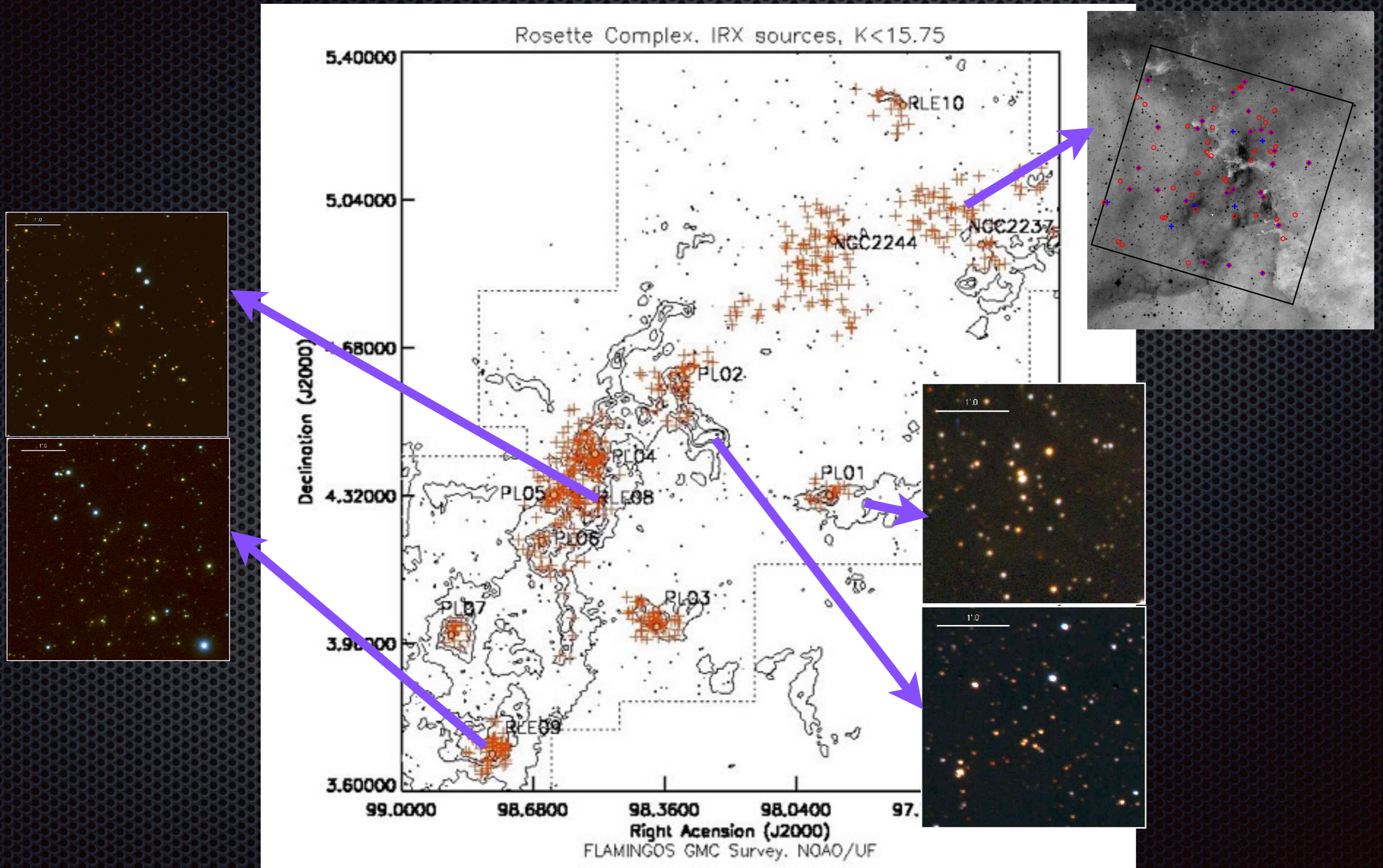
Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.



Gestación e Infancia de las Estrellas

El contexto. Complejos de formación estelar.



I/O:Class II ratio

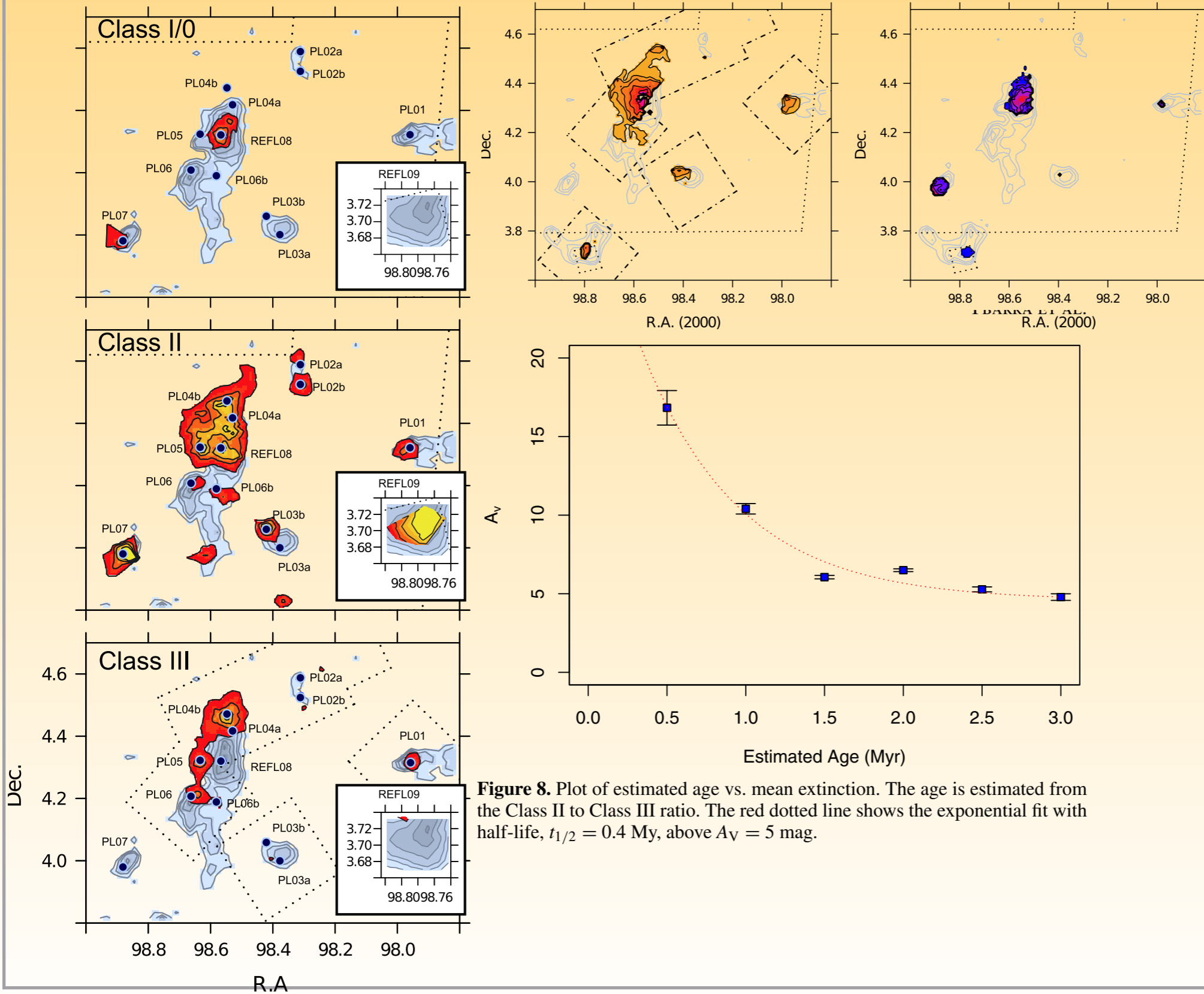


Figure 8. Plot of estimated age vs. mean extinction. The age is estimated from the Class II to Class III ratio. The red dotted line shows the exponential fit with half-life, $t_{1/2} = 0.4$ My, above $A_V = 5$ mag.

Historia de Formación Estelar

Rosette GMC

RMC, Ybarra et al. 2013

I/O:Class II ratio

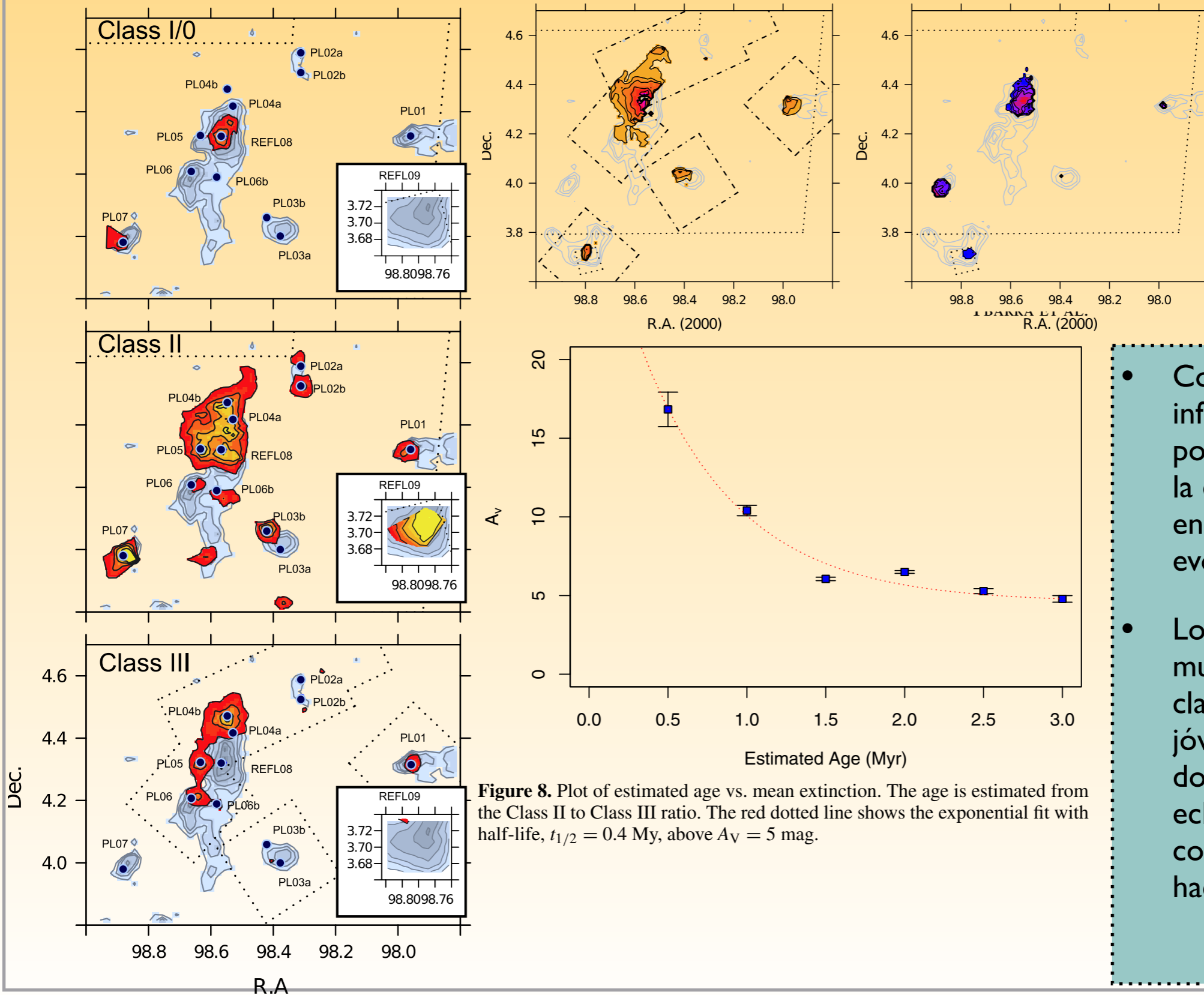
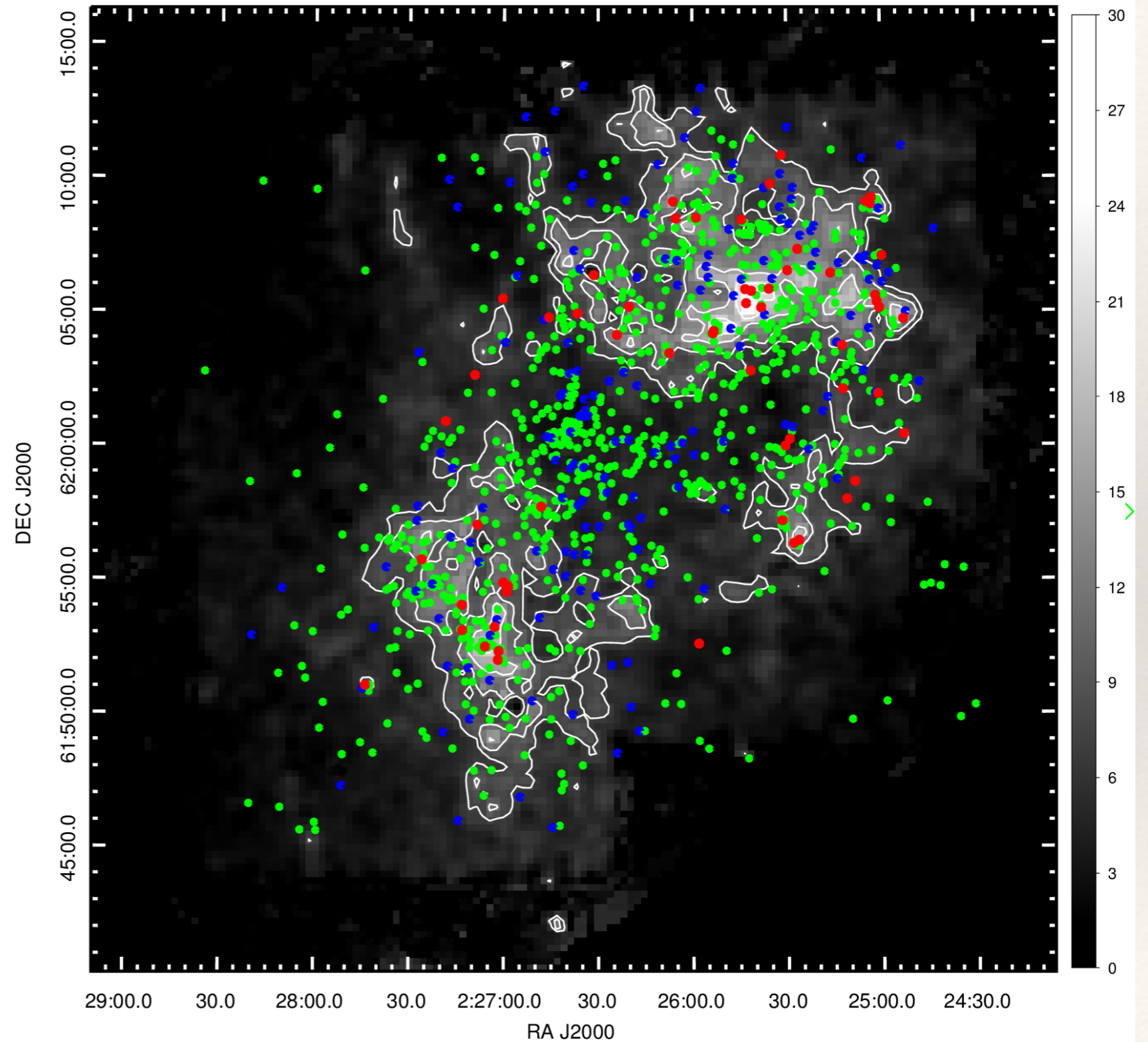


Figure 8. Plot of estimated age vs. mean extinction. The age is estimated from the Class II to Class III ratio. The red dotted line shows the exponential fit with half-life, $t_{1/2} = 0.4$ My, above $A_V = 5$ mag.

- Combinando datos infrarrojos y de rayos X podemos hacer un mapa de la distribución de las estrellas en la nube por clases evolutivas.
- Los datos en este caso muestran un escenario muy claro, donde las estrellas mas jóvenes están en las zonas donde hay mas gas, y van eclosionando de la nube conforme sus discos se hacen mas tenues.

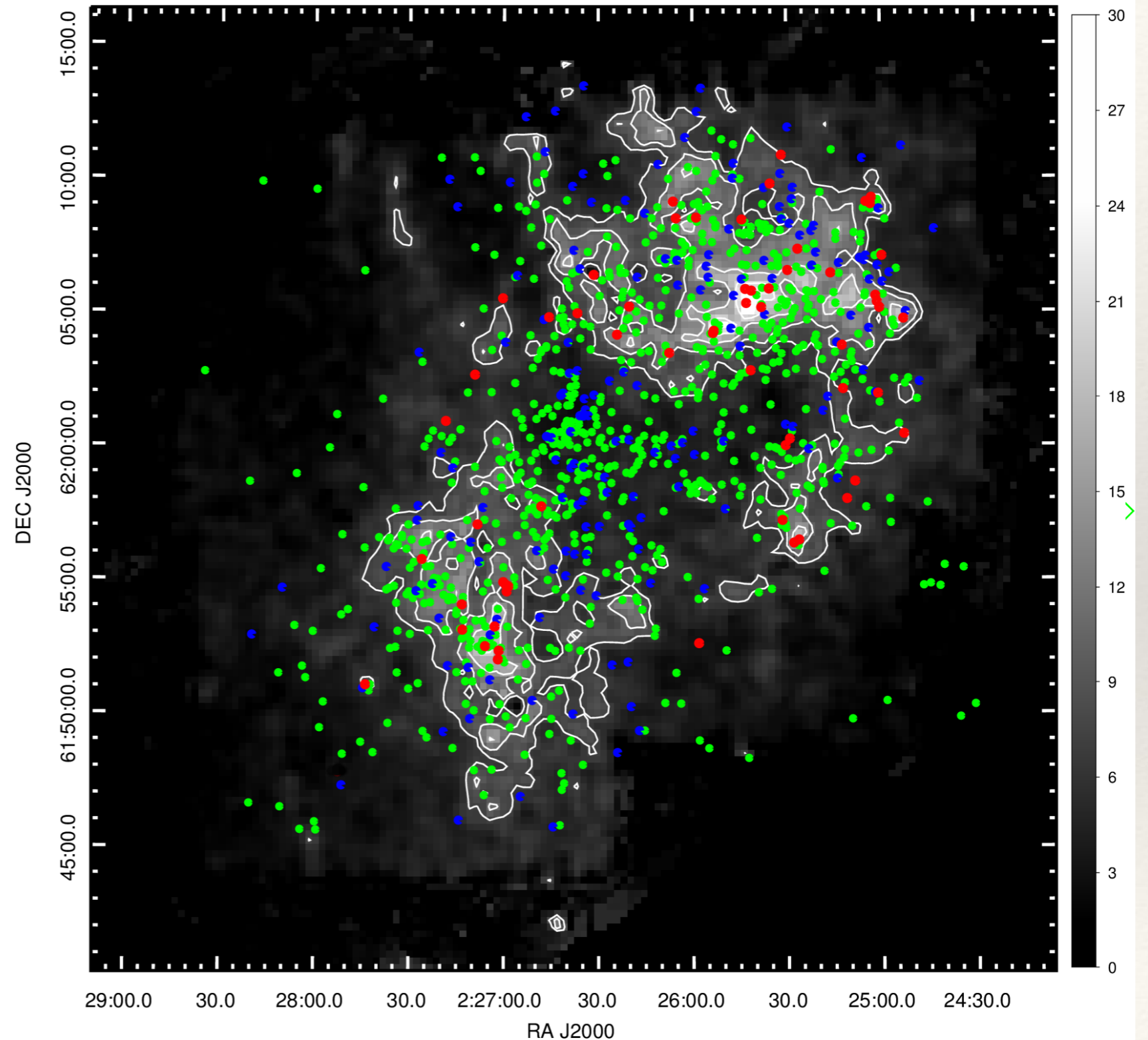
- La Zona W3 es mas complicada. Ahi la geometría no nos permite desenredar fácilmente una madeja de formación estelar

Román-Zúñiga et al 2015



- La Zona W3 es mas complicada. Ahi la geometría no nos permite desenredar fácilmente una madeja de formación estelar
- Las estrellas jóvenes están por todos lados.

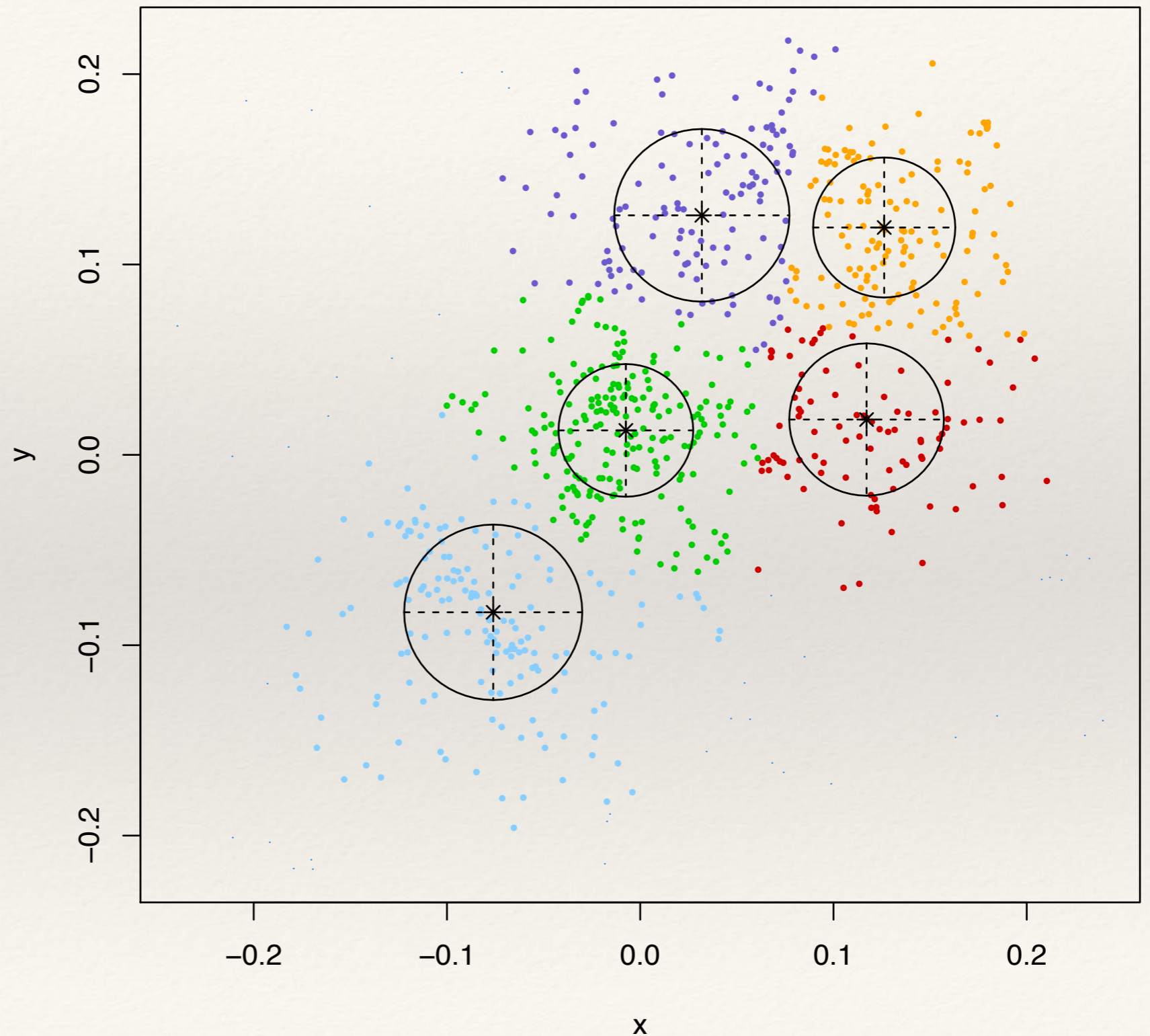
Román-Zúñiga et al 2015

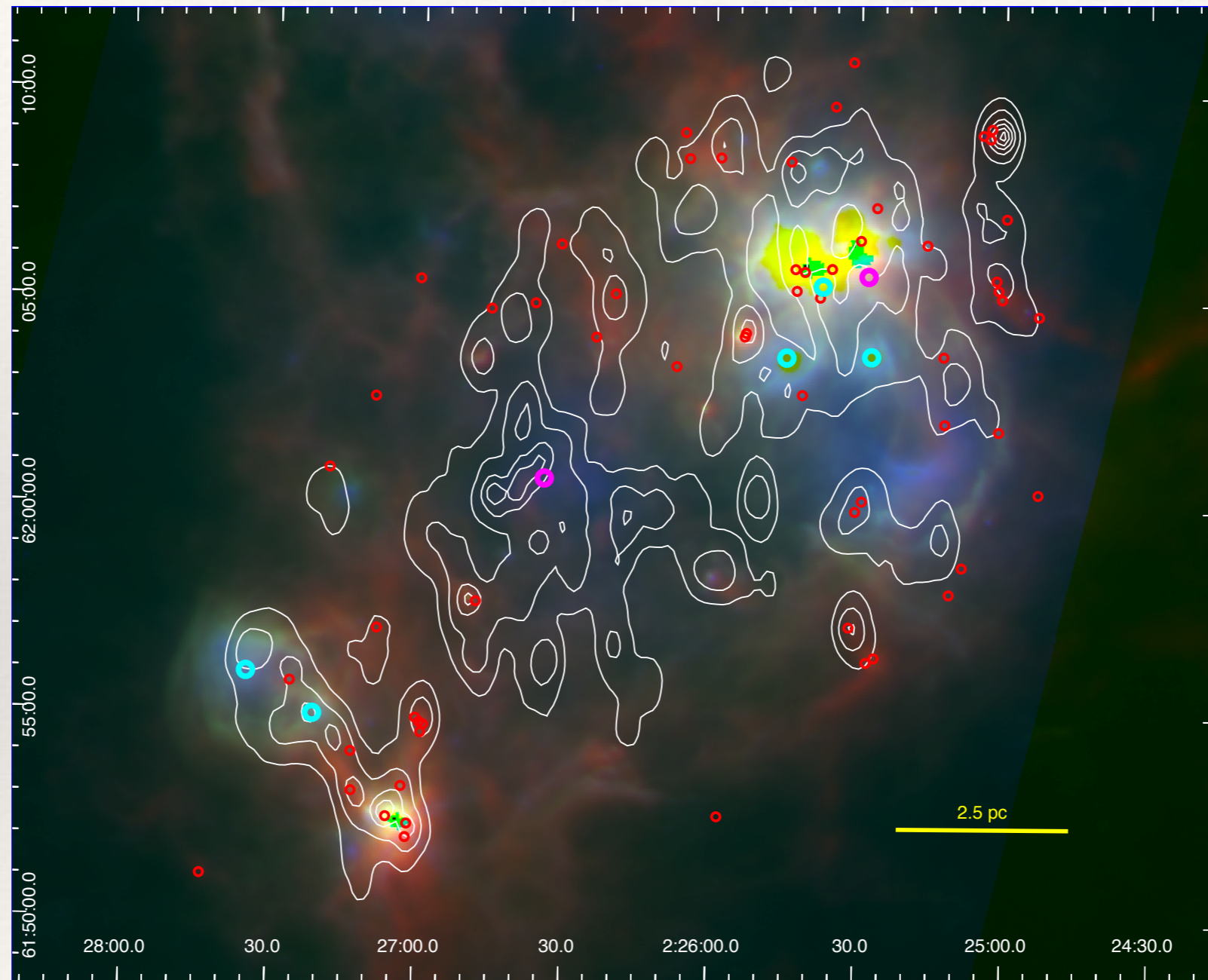


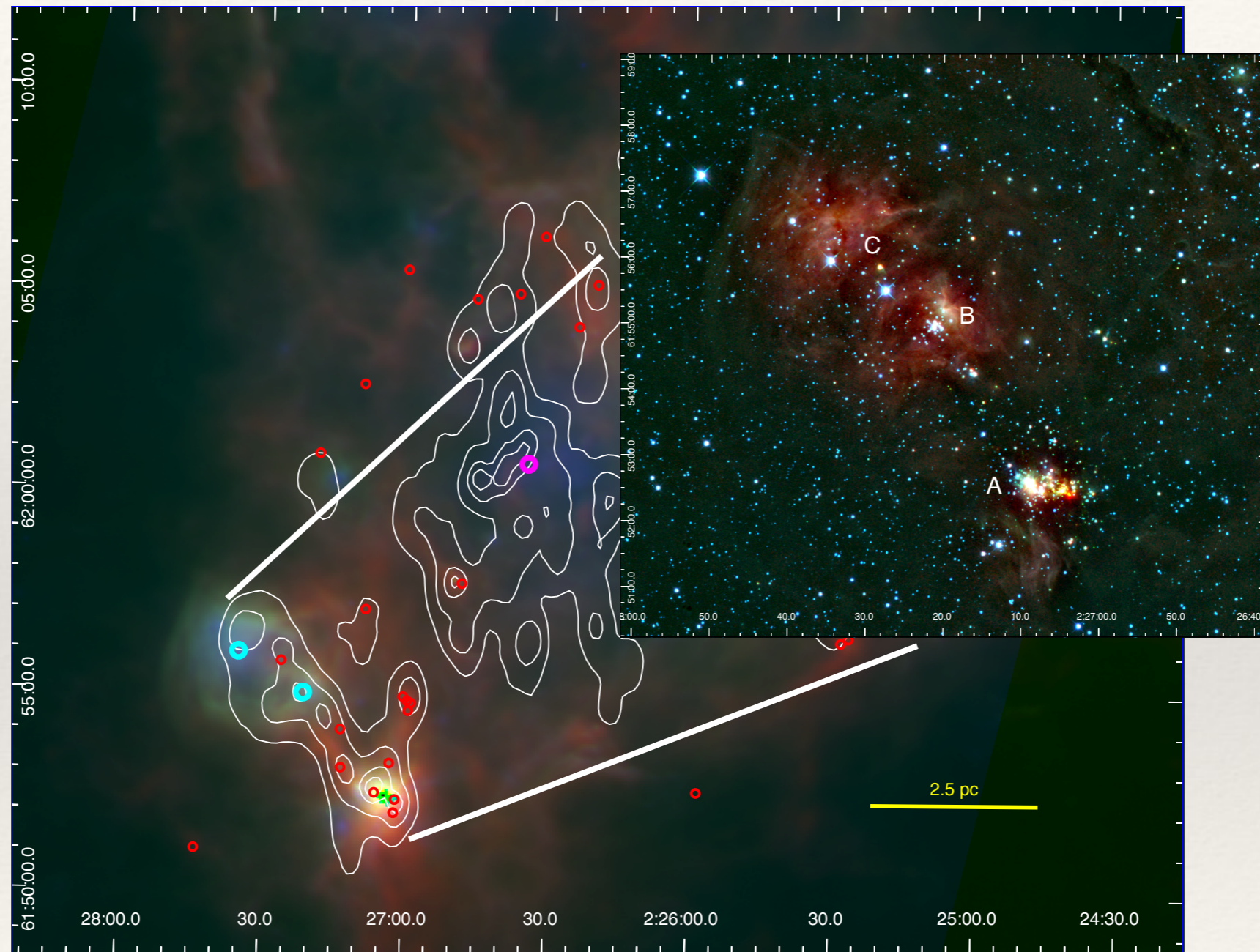
- La Zona W3 es mas complicada. Ahi la geometría no nos permite desenredar fácilmente una madeja de formación estelar
- Las estrellas jóvenes están por todos lados.
- Pudimos identificar 5 cúmulos principales.

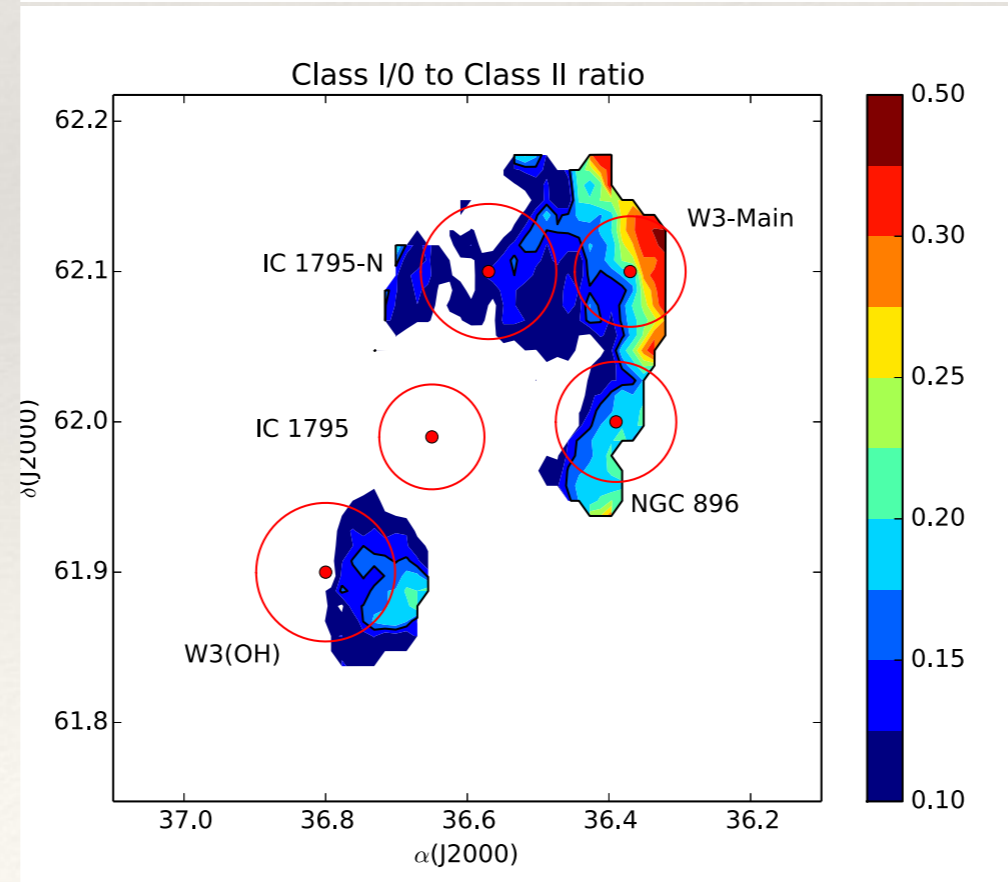
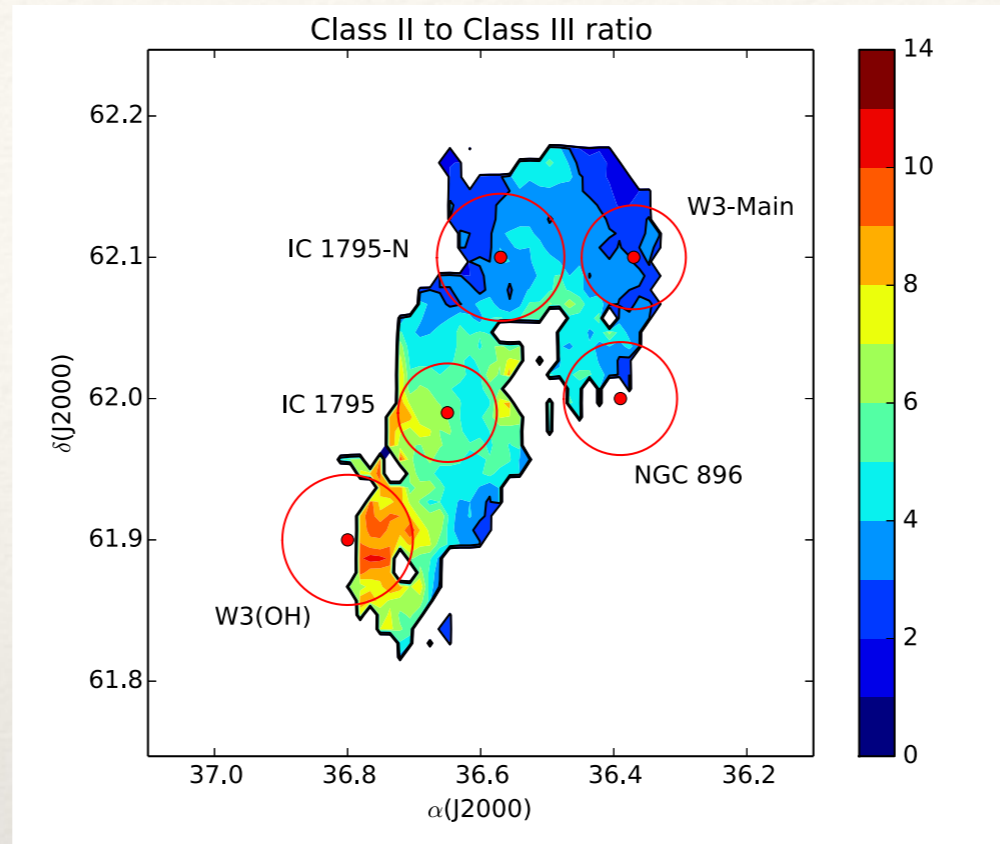
Román-Zúñiga et al 2015

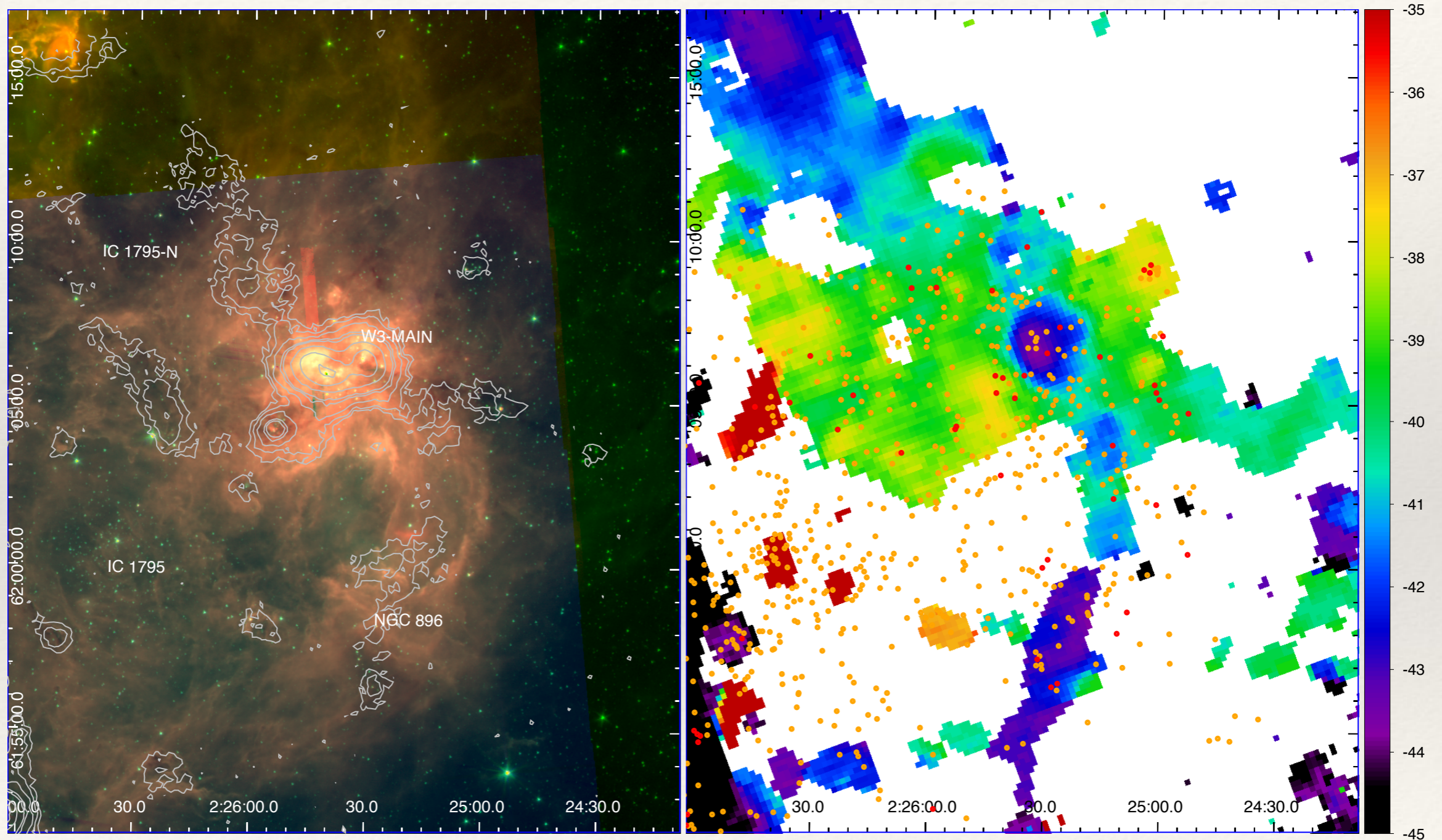
Gaussian Mixture Model VII G=5





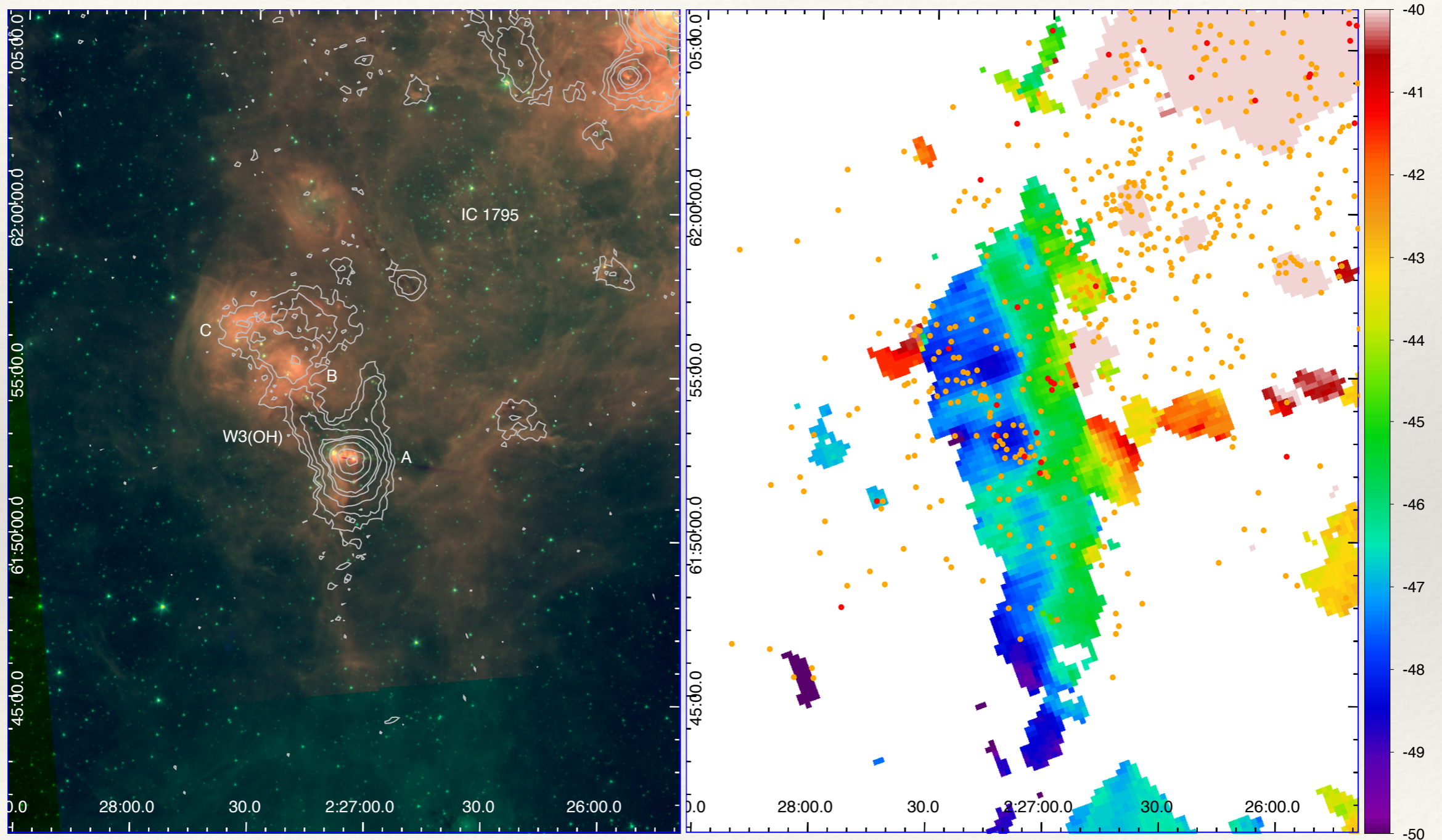






$^{13}\text{CO } J=2-1^{**}$ 1st moment

**Bieging et al 2012

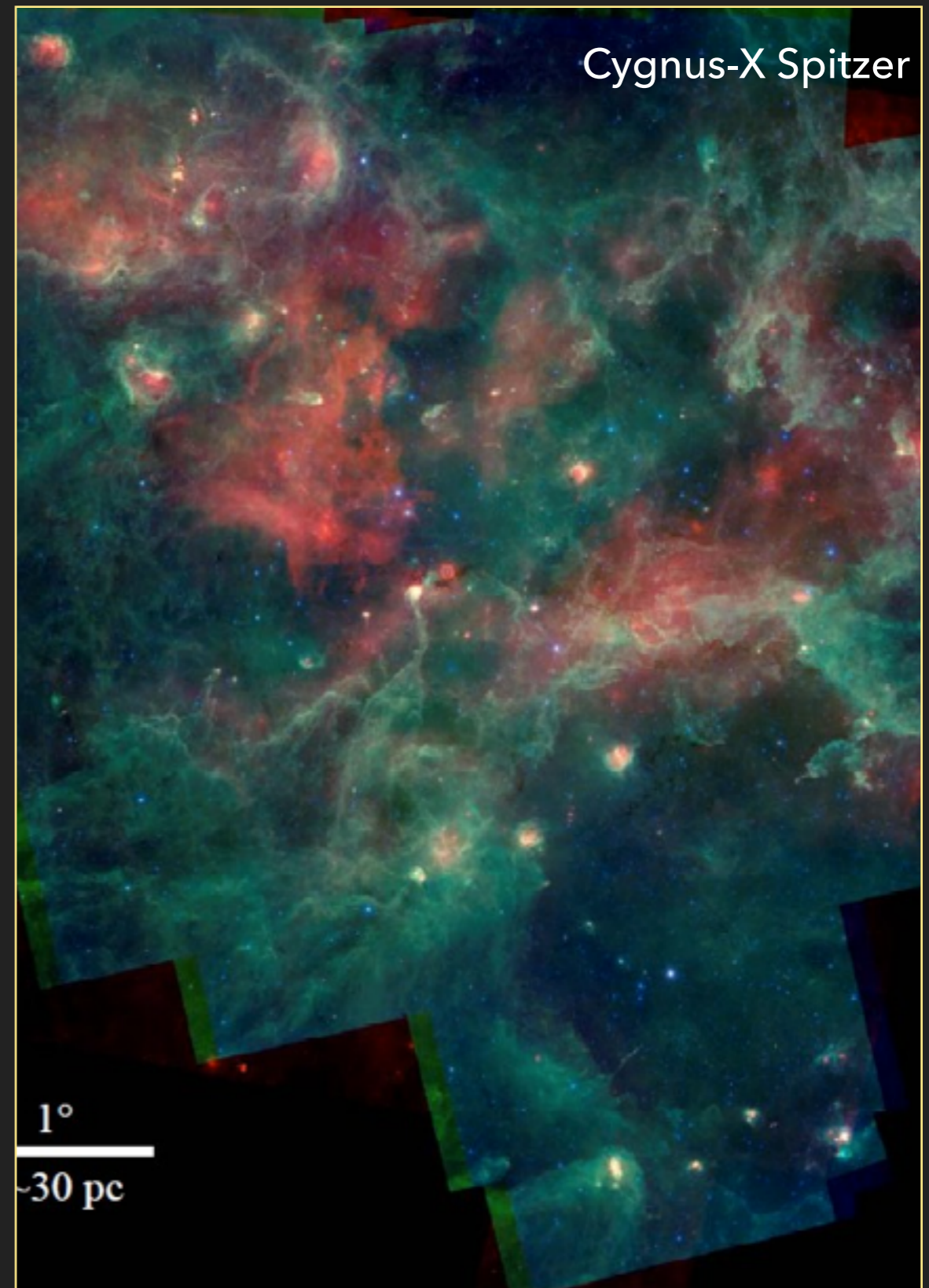


$^{13}\text{CO } J=2-1^{**}$ 1st moment

**Bieging et al 2012

CYGNUS-X

- ▶ One of the richest massive star forming complexes in the Galaxy. $1.4 < d < 2.1$ kpc.
- ▶ Dozens of OB stars (Cygnus OB2), thousands of known members, hundreds of compact HII regions, 2 SN remnants (G Cygni G78.2+2.1; G84.2- 0.8).
- ▶ A large family of embedded star clusters associated with most strong radio emission sources (Downes & Rinehart 1966)
- ▶ A globular cluster in the brew? (Knödlseder 2000)
- ▶ One of the best galactic laboratories to study the effect of local environment on the formation and early evolution of young star clusters.



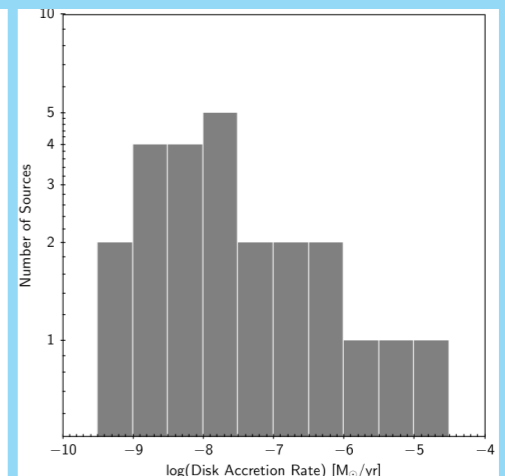
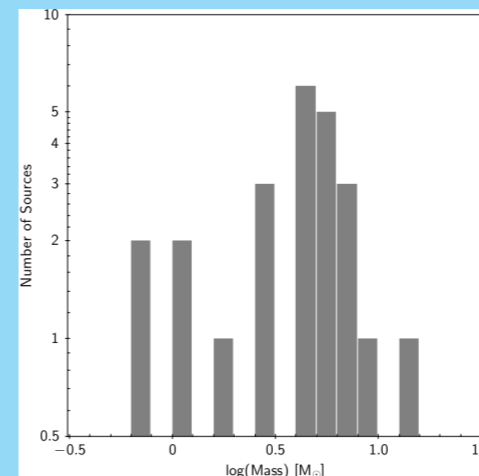
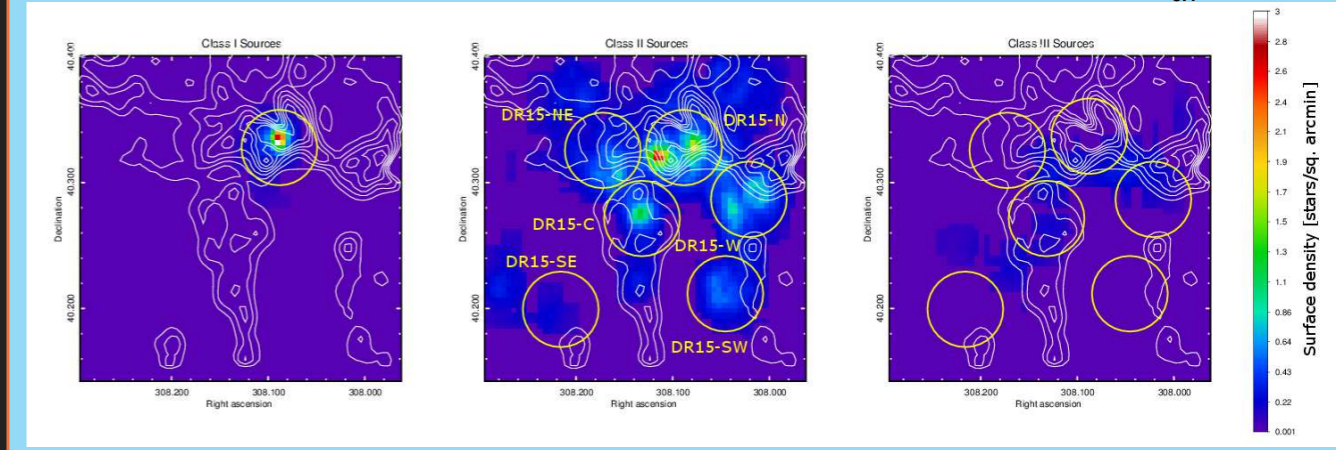
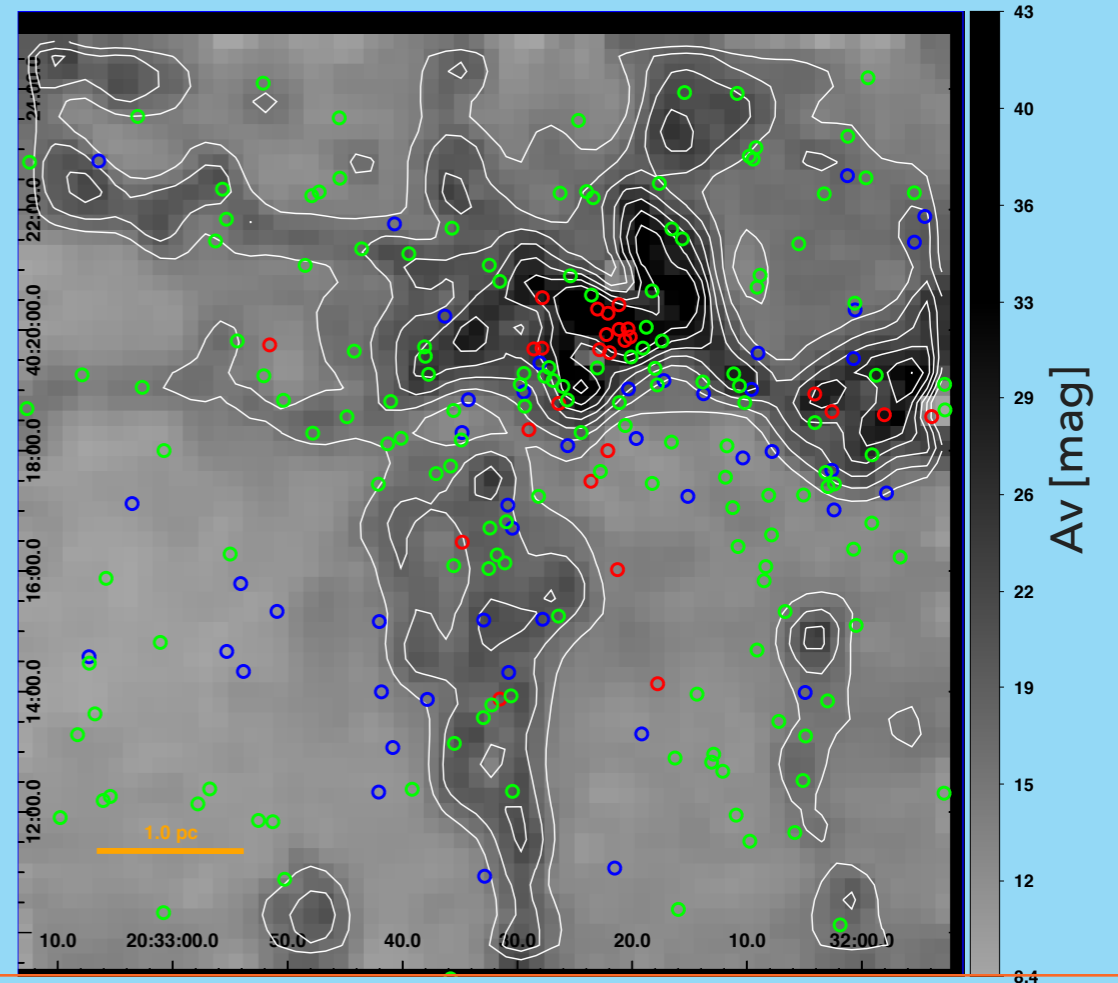
DR15 COMPLEX

- ▶ DR15 is located in the Southern ridge of the molecular complex at $d=1.4$ kpc
- ▶ The main radio source DR15 is associated with a young cluster located at the top of a 10 pc long molecular pillar.
- ▶ NW of DR15 there is an IRDC hosting various groups of young stars in formation. NW of the IRDC there is an LBV, G79.29+0.46, and yes, it is interacting (Rizzo+08,14,Palau+14).
- ▶ DR15 is kinematically independent from the IRDC (Schneider et al 2006)
- ▶ In the near to far-IR, the DR15 cluster envelope glows snazzy. Prettiness is only a plus for a quite interesting region where several young star populations at different stages of evolution are clearly interacting with the harsh environment of the giant PDR of CX-OB2



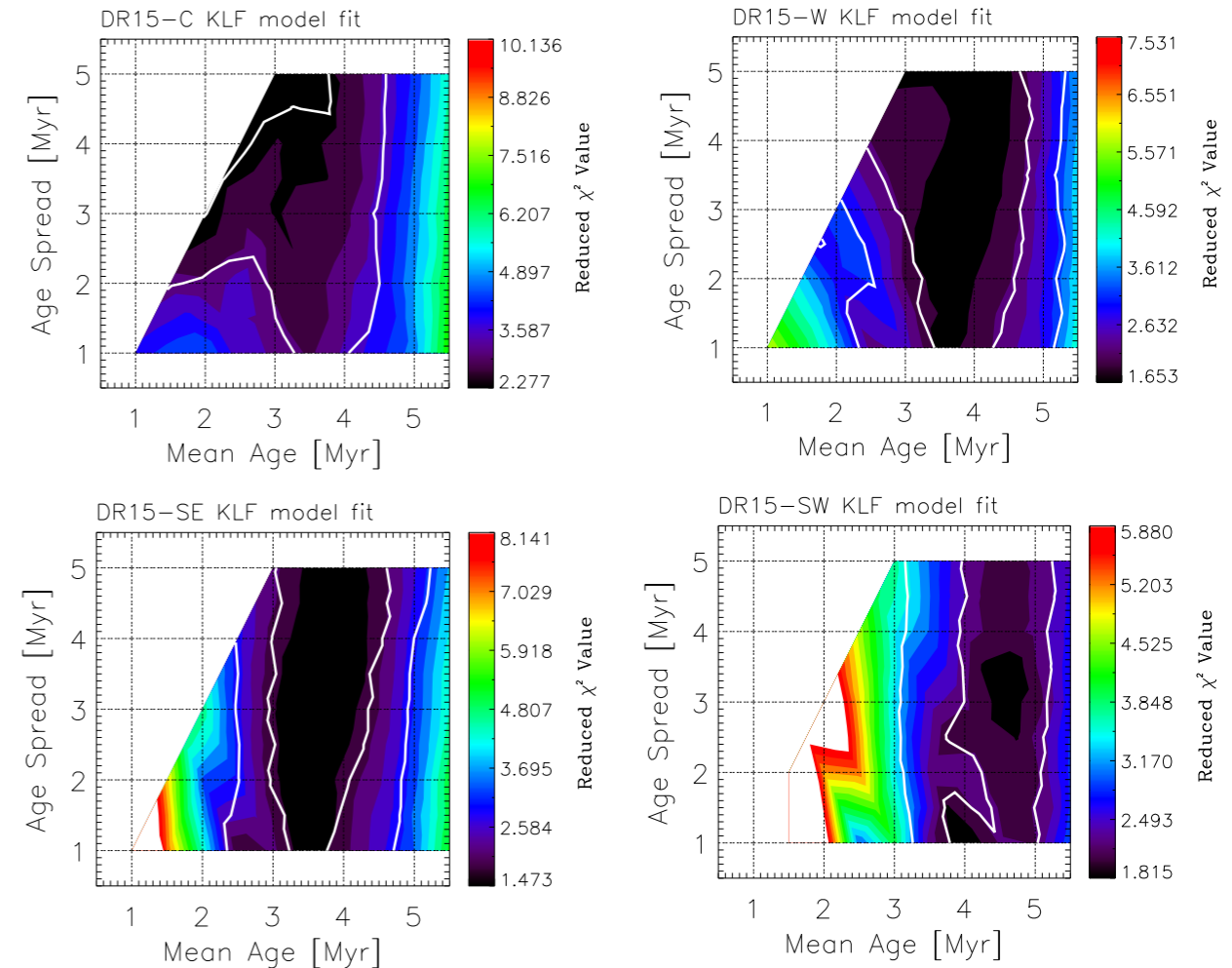
DR15 COMPLEX

- ▶ deep near-IR JHK observations were combined with 3.6-24 μm catalogs (Spitzer Cygnus-X Legacy Survey) and sources extracted from a Chandra-ACIS image of the field.
- ▶ Resultant catalog (~47K sources) provided information to classify 226 YSOs (Class I-III) in the region.
- ▶ NICEST extinction map resolves features down to 30" resolution (~0.3 pc)
- ▶ Surface density of YSOs allowed to identify several clusters and groups.
- ▶ SEDs of Class I sources imply intermediate to high mass (4-10 M_{\odot}) star formation. Most are large accretors. However, so far no O star has been identified in DR15.
- ▶ Extinction-limited samples provided clean KLFs for a 1st order estimation of mean group/cluster ages. *DR15 central cluster appears to be about 3-4 Myr!!*



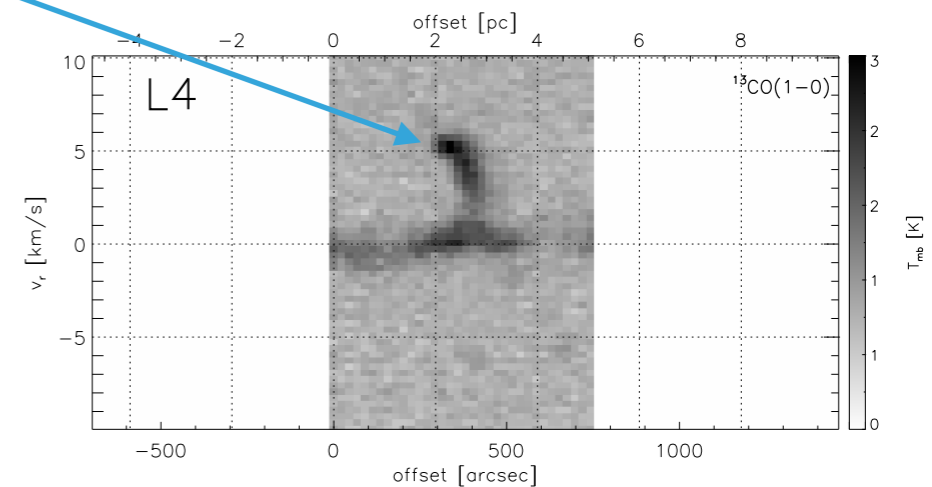
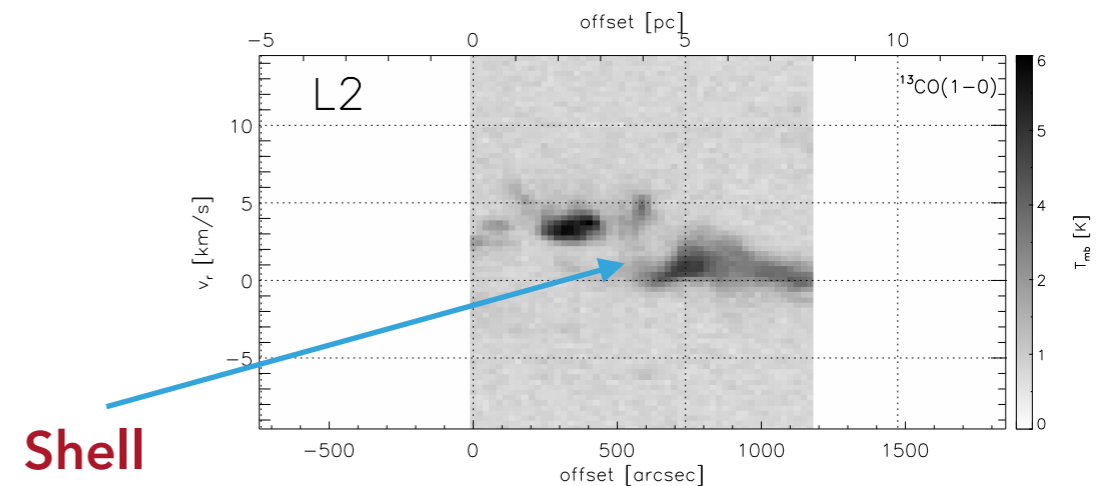
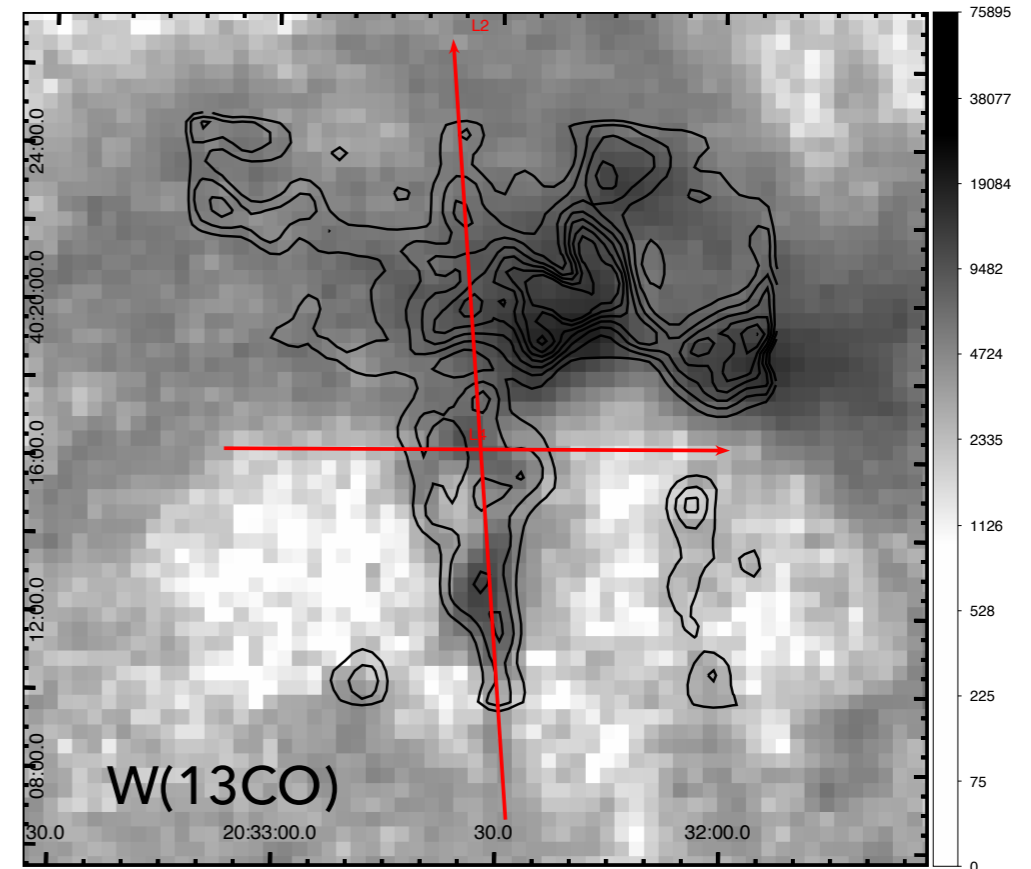
DR15 COMPLEX

- ▶ Extinction-limited samples provided clean KLFs for a 1st order estimation of mean group/cluster ages. *DR15 central cluster appears to be about 3-4 Myr!!*
- ▶ *Note: mean ages well constrained but age spreads are not easy to constrain using this method.*



DR15 COMPLEX

- ▶ FCRAO $^{13}\text{CO}(1-0)$ map of Cygnus-X South provides low-resolution spatio-kinematic info on the gaseous envelope
- ▶ Shell and upper end of filament appear to be mostly receding along FOV with respect to the mean v_r , away from the IRDC and DR12 base filament.
- ▶ PV cuts clearly revealed the expanding elliptical shell.
- ▶ Mass loss rate estimate: DR15c shell mass $\sim 1500 M_{\text{sun}}$, expanding shell mass $\sim 100 M_{\text{sun}}$. $\dot{M}_{\text{out}} \sim 2.5 \times 10^{-4} M_{\odot}/\text{yr}$. Should require 3.5-4 Myr to remove the shell.



Gestación e Infancia de las Estrellas



Gestación e Infancia de las Estrellas



Gestación e Infancia de las Estrellas

Reflexiones para llevar a casa:

- ✦ Hoy tenemos una muy buena idea de cómo se forman las estrellas.



Gestación e Infancia de las Estrellas

Reflexiones para llevar a casa:

- ✦ Hoy tenemos una muy buena idea de cómo se forman las estrellas.
- ✦ Aún quedan muchos detalles por afinar antes de tener una teoría predictiva de la formación estelar



Gestación e Infancia de las Estrellas

Reflexiones para llevar a casa:

- ✦ Hoy tenemos una muy buena idea de cómo se forman las estrellas.
- ✦ Aún quedan muchos detalles por afinar antes de tener una teoría predictiva de la formación estelar
- ✦ Sin embargo, el avance vertiginoso de la astronomía actual, nos acerca rápidamente.

Gestación e Infancia de las Estrellas

Reflexiones para llevar a casa:

- ✦ Hoy tenemos una muy buena idea de cómo se forman las estrellas.
- ✦ Aún quedan muchos detalles por afinar antes de tener una teoría predictiva de la formación estelar
- ✦ Sin embargo, el avance vertiginoso de la astronomía actual, nos acerca rápidamente.
- ✦ Una teoría completa sobre el nacimiento y la infancia estelar tendrá repercusiones en todos los campos de la astrofísica.