

LFIS223

# Astronomía General

Patricia Arévalo

Tema 3

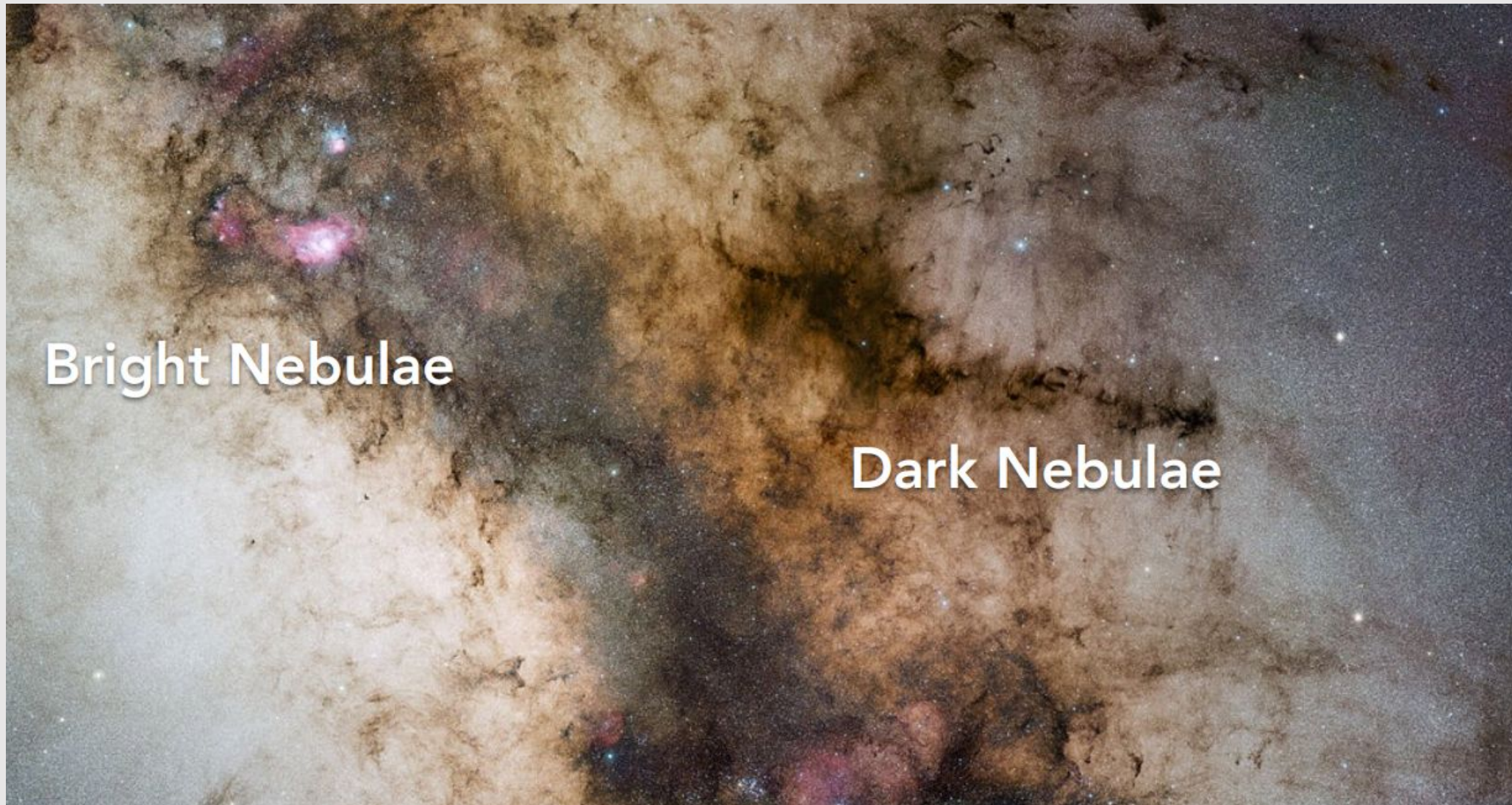
Espectro electromagnético  
parte 3

(Cap. 3 Carroll & Ostlie)

11/09

# Medio Interestelar (ISM)

En el S. XIX los astrónomos empezaron a darse cuenta de que había material entre las estrellas de la Vía Láctea





# Medio Interestelar (ISM)



Los incas tenían **constelaciones negras** que revelaban formas de animales en los parches oscuros de la galaxia

Algunas de estas nubes negras o “huecos” fueron catalogados por William & Caroline Herschel (1912).

Se preguntaron si eran efectivamente zonas donde no había estrellas, o nebulosas que tapaban las estrellas.

# Medio Interestelar (ISM)

Las enormes extensiones que separan las estrellas no están vacías como lo pensaron los astrónomos por mucho tiempo.

**El ISM** contiene en promedio  **$\sim 10\text{-}15\%$  de la masa visible de una galaxia.**

Su masa está esencialmente formada por gas (99%) y polvo (granos de unos 100 nm).

GAS:  $\sim 91\%$  de los átomos son de H y  $\sim 8.9\%$  de He. En términos de masa, esto corresponde a  $\sim 70\%$  H y  $\sim 28\%$  He

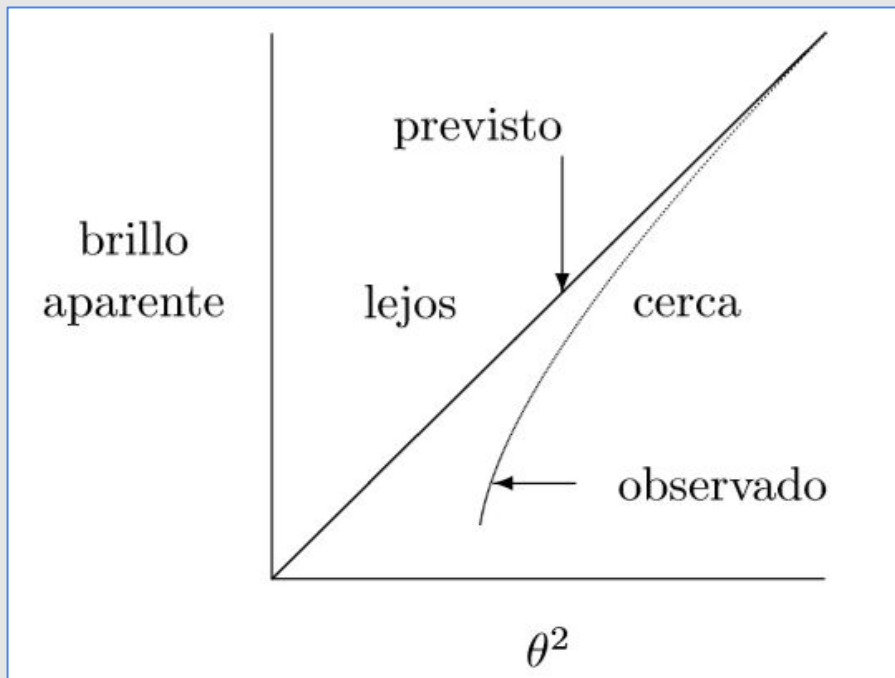


La masa total del gas y polvo en la vía láctea es de  $\sim 10^9 M_{\odot}$

# Descubrimiento del polvo Interestelar

**Robert Trumpler** (1930) demostró que había polvo interestelar.

- ★ Suponiendo que todos los cúmulos abiertos tenían la misma luminosidad absoluta y el mismo tamaño, era esperable encontrar una dependencia lineal entre el **brillo aparente** y el cuadrado del **diámetro angular** (proporcional al inverso del cuadrado de la distancia).
- ★ Pero encontró que los cúmulos abiertos más lejanos eran menos brillantes de lo esperado: su luz era absorbida por el polvo interestelar.



*Descubrimiento de la extinción de la luz estelar:  
Brillo aparente de los cúmulos abiertos en  
función del cuadrado de su tamaño angular  $\theta$ .*

# Descubrimiento del gas interestelar

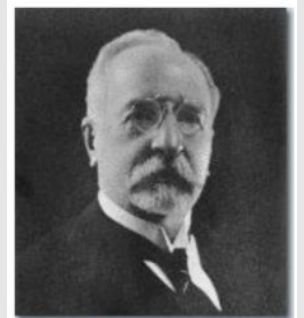
- ★ El gas interestelar (átomos, iones o moléculas) es más difícil de detectar que el polvo.
- ★ El primer indicio sobre su posible existencia la obtuvo Johannes Hartmann en 1904: observando la estrella binaria  $\delta$ -Orionis con un espectrógrafo vio que además de las líneas de absorción correspondientes a cada componente (que se mueven en el tiempo), había una línea de absorción de CaII (3934Å) estacionaria.

## *SPECTRUM AND ORBIT OF $\delta$ ORIONIS*

273

ment between the results from the different plates was decidedly less than for the other, much less sharp lines. Closer study on this point now led me to the quite surprising result *that the calcium line at  $\lambda$  3934 does not share in the periodic displacements of the lines caused by the orbital motion of the star.*

J. Hartmann, *Astrophysical Journal*, Vol 19 (1904)

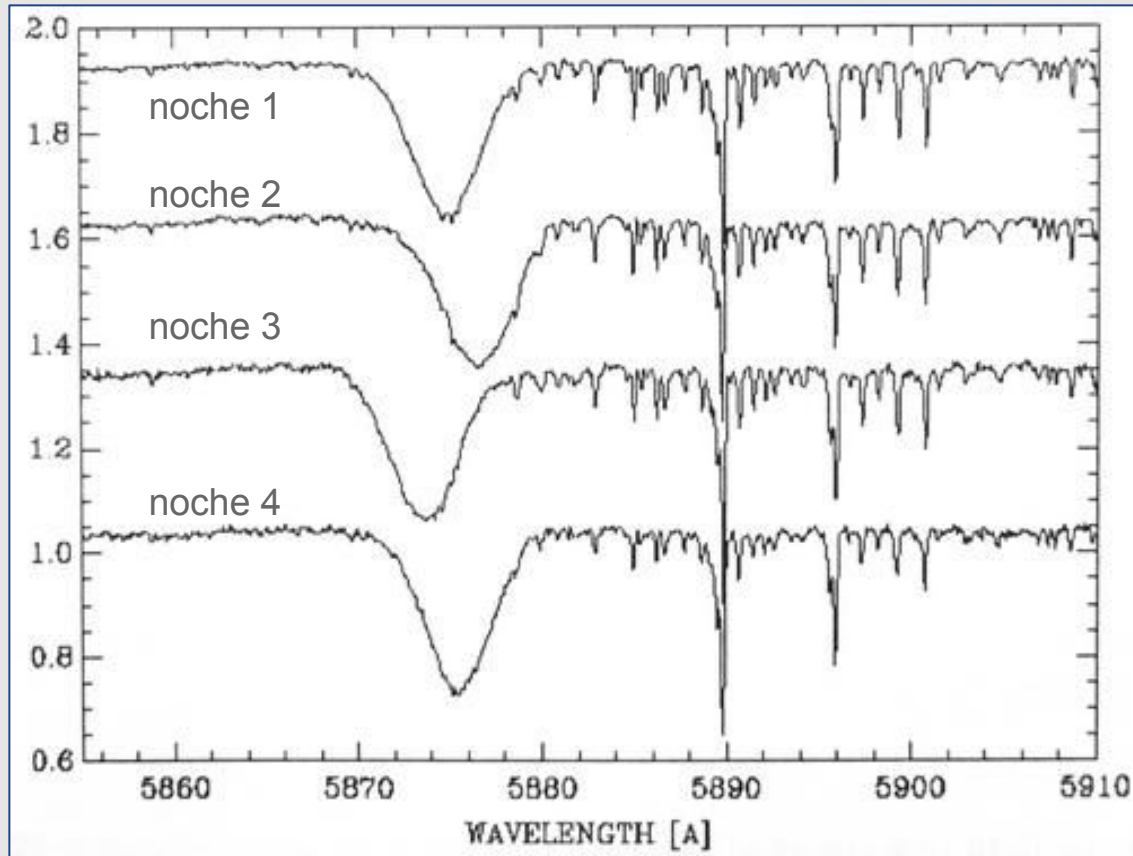


J. Hartmann  
(1865-1936)

¿Era material alrededor de la estrella, o material interestelar?



# Descubrimiento del gas interestelar



Ejemplo de observaciones en 4 noches diferentes de la misma estrella ( $\delta$ -Orionis) con un espectrógrafo más moderno.

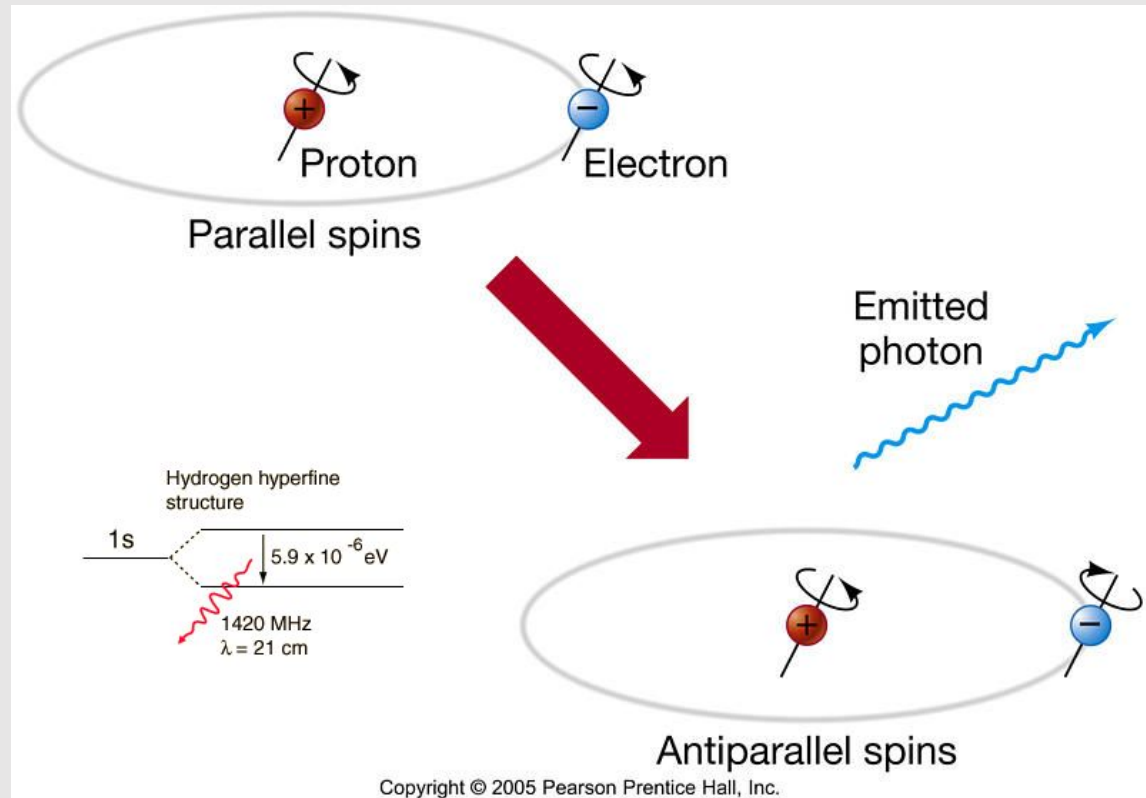
Se puede apreciar el mismo fenómeno: Líneas anchas (rotacionalmente ensanchadas) de He I que se mueven, y líneas (angostas) estacionarias de Na.

Posteriormente se encontraron varias estrellas con más de una componente estacionaria, lo cual confirmaba su origen interestelar.

# Descubrimiento del gas interestelar

En 1944, Hendrik van de Hulst encontró teóricamente que una transición "hiperfina" en el estado fundamental del hidrógeno neutro (HI) produciría radiación en el rango de radio, a una frecuencia de 1420 MHz, o una longitud de onda **21 cm**.

En el estado fundamental del hidrógeno, el electrón puede tener su momento magnético paralelo al del protón (rotan en el mismo sentido) o antiparalelo (rotan en sentido contrario). El estado paralelo tiene un poco más de energía, por lo que una transición al estado antiparalelo da como resultado una emisión de radiación de  $\lambda = 21 \text{ cm}$ .





# Descubrimiento del gas interestelar

Ewen & Purcell diseñaron y construyeron una antena para detectar esta línea, y en 1951 la detectaron por primera vez en radio



Ewen instaló la antena en una ventana en el cuarto piso del Laboratorio Lyman en Harvard



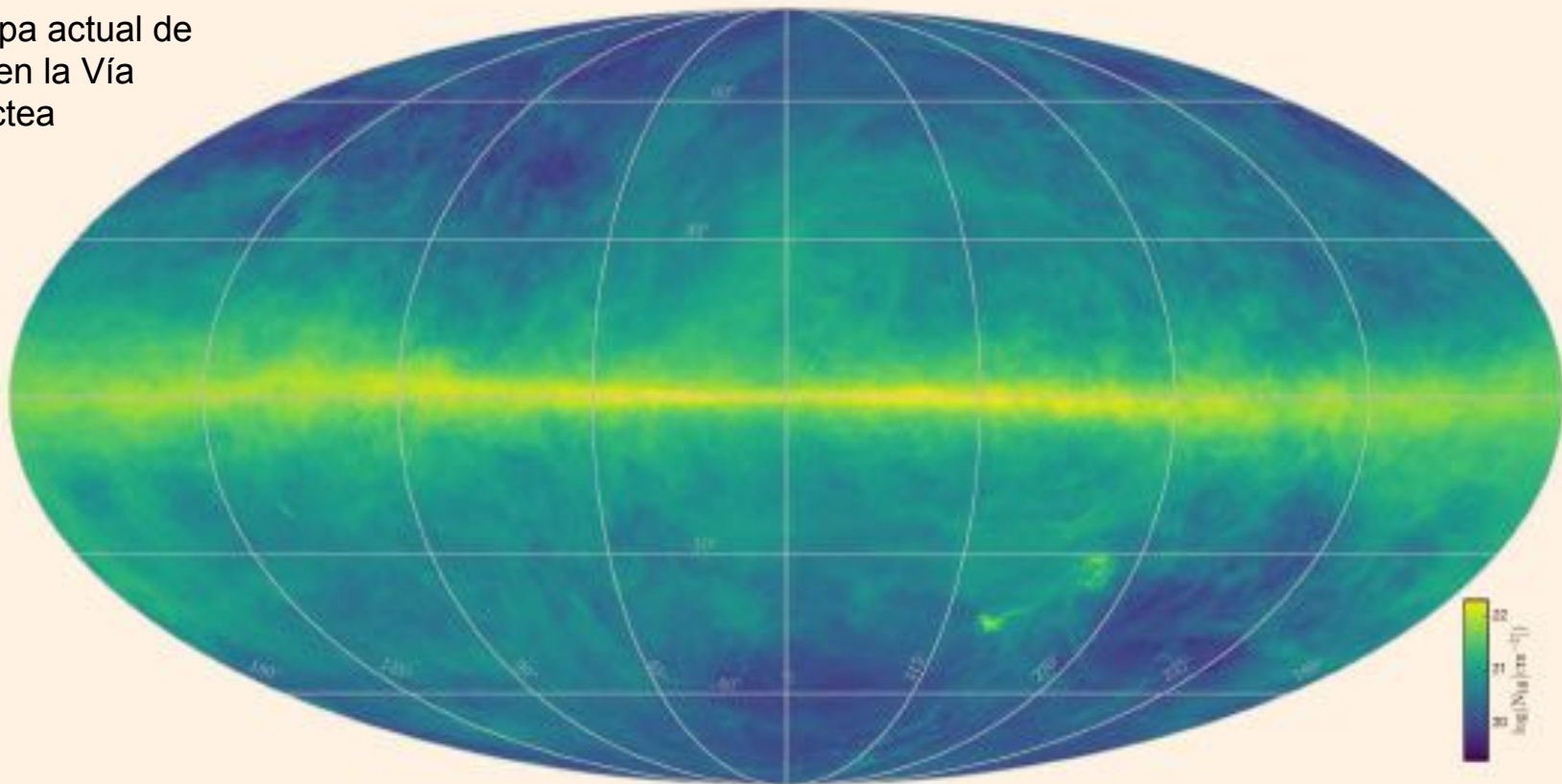
Ewen con el receptor completo en el momento de la detección.

# Descubrimiento del gas interestelar

El gas HI (hidrógeno atómico neutro = frío) compone la mayor parte del ISM en la Vía Láctea.

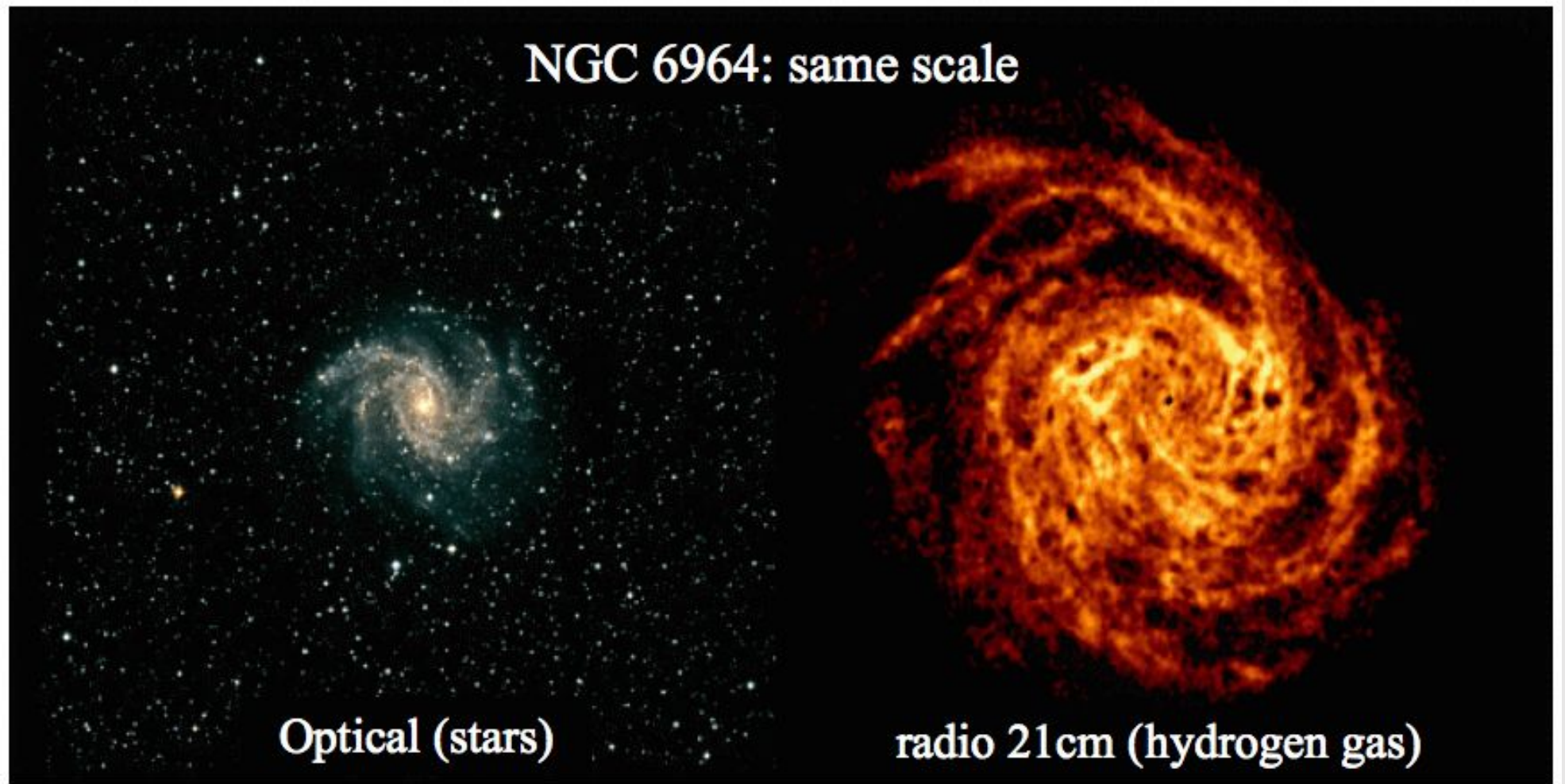
Poder detectarlo revolucionó nuestra forma de estudiar el ISM.

Mapa actual de  
HI en la Vía  
Láctea





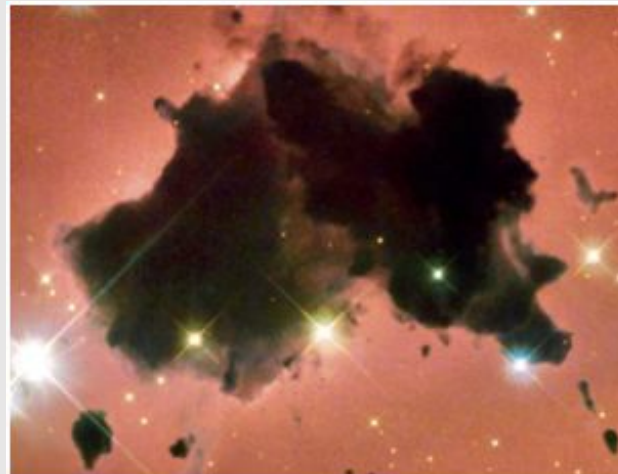
# Descubrimiento del gas interestelar



# Nubes moleculares

La materia interestelar **no está distribuida uniformemente** en el disco galáctico, sino que se concentra en **nubes moleculares** (zonas donde hay una gran concentración de materia, los átomos se agrupan en moléculas).

- Los granos de polvo en estas nubes **absorben la radiación UV**
- Los átomos se combinan formando moléculas
- La complejidad de estas moléculas es tanto mayor cuanto mayor es la **extinción**
- Por lo que las regiones más densas de las nubes son auténticas **fábricas de moléculas**.
- Debido a la **extinción** por los granos de polvo, las nubes moleculares densas aparecen como manchas oscuras en las imágenes ópticas.





# Medio interestelar

Las condiciones que imperan en el medio interestelar son de un tremendo **frío y vacío**, con temperaturas entre 5 a 20 K y densidades medias desde unos cientos de moléculas por centímetro cúbico.

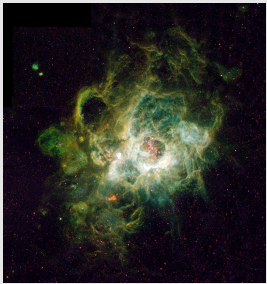


En las **nubes moleculares** existen pequeñas zonas donde las **densidades** son miles de veces mayores que la media, y es ahí donde tiene lugar la **formación de nuevas estrellas**.

Predomina el H molecular ( $H_2$ ) además de haber otras moléculas ( $CO$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ , etc).

# Regiones del gas interestelar

- **Nubes moleculares:** son las zonas más densas y frías, donde predomina el H molecular ( $H_2$ ). Son los lugares de formación de las estrellas.



- **Regiones H II (H fotoionizado):** se encuentran dentro de nubes moleculares, alrededor de estrellas jóvenes.
- **Regiones H I (difusas):** están compuestas por H neutro atómico (HI), con algunos iones de baja excitación (CII, CaII). Se detectan por medio de la **línea de 21 cm**.
- **Gas internube:** está compuesto por HI caliente, con una fracción de ionización del 10-20%.
- **Gas coronal:** regiones de muy alta temperatura, donde el H es ionizado colisionalmente, producidas en explosiones de supernovas. La onda de choque calienta el gas a su paso, el cual tarda mucho tiempo en enfriarse.

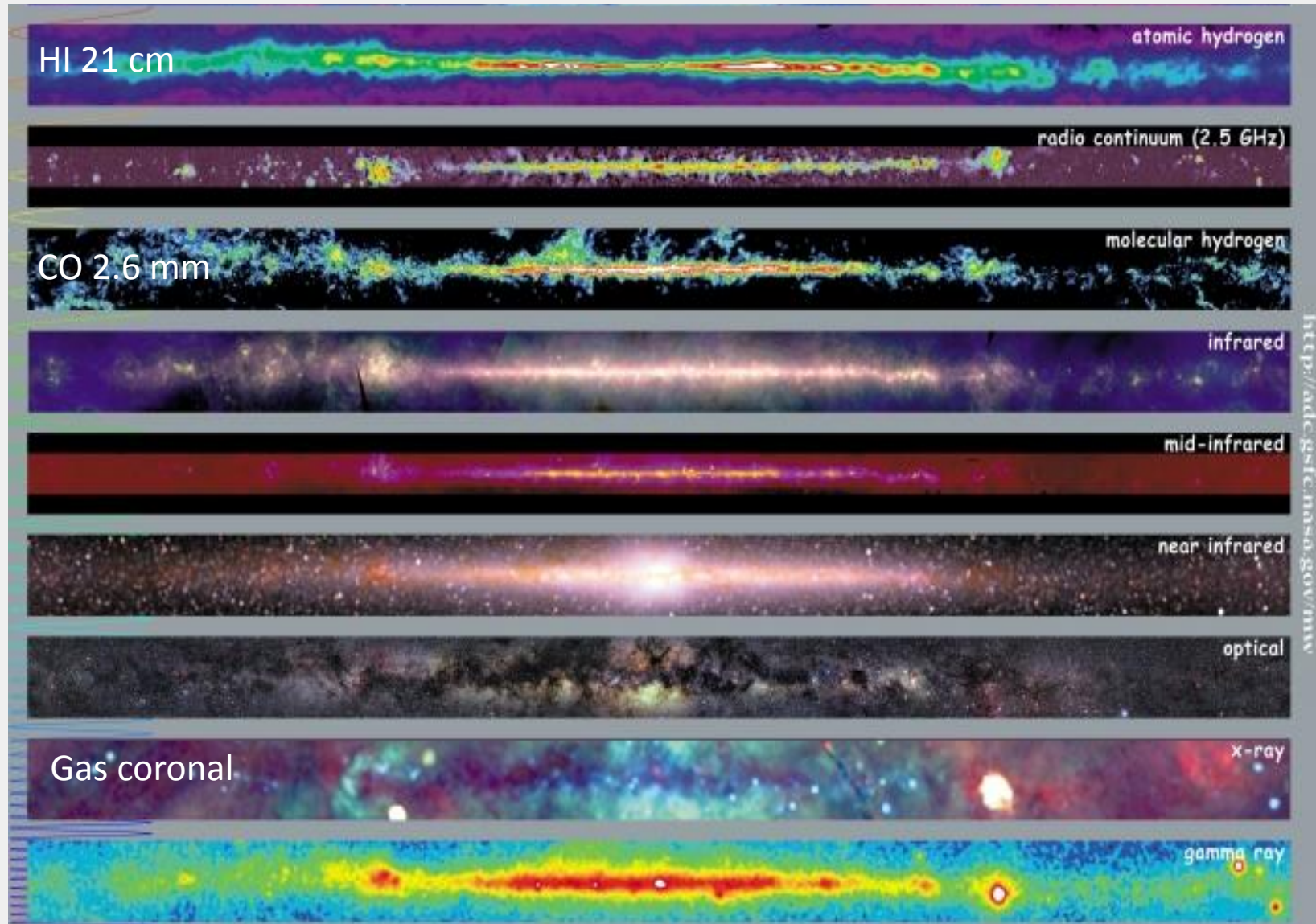
# Regiones del gas interestelar

Región	Densidad ( $\text{cm}^{-3}$ )	Temperatura (K)	Presión ( $\text{dyn cm}^{-2}$ )
Región HII	$\gtrsim 10^2$	8000	$\geq 1.1 \times 10^{-10}$
Nube molecular	$10^3\text{--}10^4$	20	$2.8 \times 10^{-12}\text{--}2.8 \times 10^{-11}$
Región HI	30	80	$3.3 \times 10^{-13}$
Gas internube	0.3	6000	$2.5 \times 10^{-13}$
Gas coronal	$< 10^{-2}$	$5 \times 10^5$	$< 6.9 \times 10^{-13}$

Densidad, temperatura y presión típicas de los componentes del gas interestelar.

# Vía láctea en distintas longitudes de onda

- La altura característica sobre el plano galáctico aumenta con la temperatura.



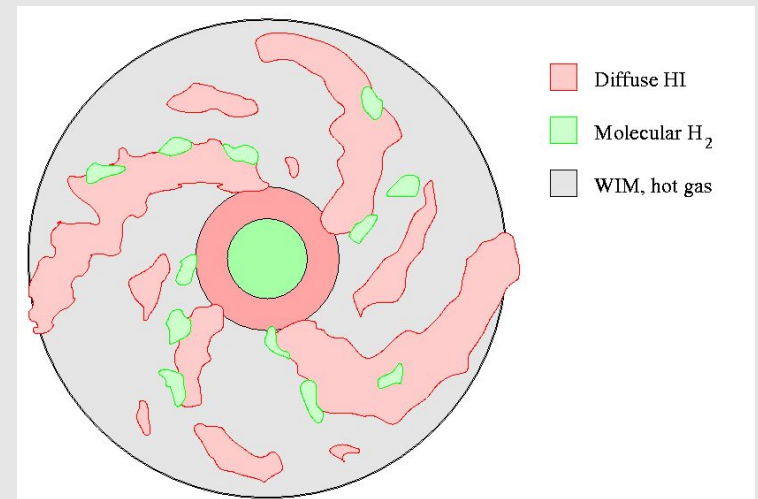
- El gas coronal es el que tiene una altura característica mayor (imagen en rayos X)
- Las nubes moleculares tienen una altura menor (más pegadas al plano).



# Regiones del gas interestelar



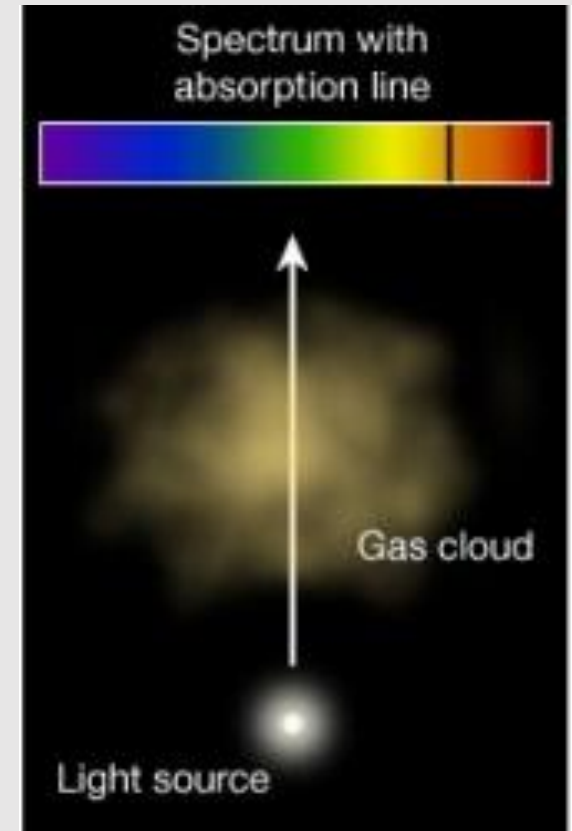
En el plano galáctico, todos los componentes ( $\text{HI}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{HII}$ , gas coronal) están concentrados en los **brazos espirales**, excepto el gas inter-nube.



# Interacción de estrellas con el ISM

El medio interestelar ocupa el espacio entre las estrellas e interactúa con ellas de formas diversas:

- ★ intercambiando materia (en el proceso de formación estelar y en los vientos estelares y otros procesos de expulsión de materia por parte de las estrellas).
- ★ absorbiendo y emitiendo radiación (extinción y enrojecimiento)



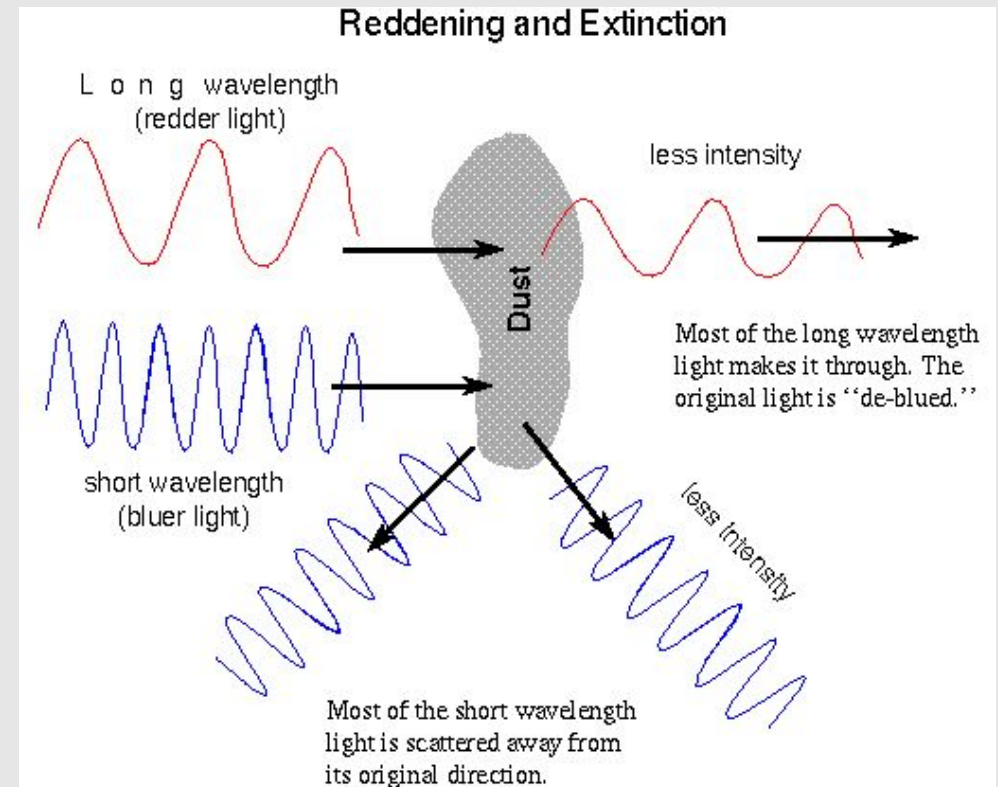
# Enrojecimiento (“reddening”)

La difusión y la extinción dependen fuertemente de la longitud de onda, y son más marcados en el azul que en el rojo.

La intensidad en el azul disminuye mucho, mientras que la intensidad en el rojo está poco afectada.

Para un observador terrestre, las estrellas parecen más rojas de lo que realmente son.

$$E_{B-V} = (B - V)_{\text{observed}} - (B - V)_{\text{intrinsic}}$$



Ejemplo: cuando el sol está cerca del horizonte, su luz cruza una capa de aire más espesa, lo que explica su aspecto rojizo.



# ¿Qué objetos podemos ver a ojo desnudo?



*Constelación de Orion  
cielo oscuro*

*Cielo con contaminación lumínica  
considerable*

Desafortunadamente depende mucho del lugar de donde se observa, ya que en muchos lugares de la tierra hay **contaminación lumínica** grave, que hace que podamos ver muchísimas menos estrellas en el cielo nocturno.



# ¿Qué es la contaminación lumínica?

Alteración de la oscuridad natural de la noche, provocada por luz desaprovechada, innecesaria o inadecuada, generada por el alumbrado de exteriores, la cual genera impactos en la salud y en la vida de los seres vivos.



# ¿Qué es la contaminación lumínica?

## **Impacto en los seres vivos:**

- Altera el ritmo de los ciclos circadianos en las personas
- Altera conductas en animales: sueño, migración, búsqueda de alimentos (desorientación), reproducción.
- Aumenta la mortalidad en especies nocturnas

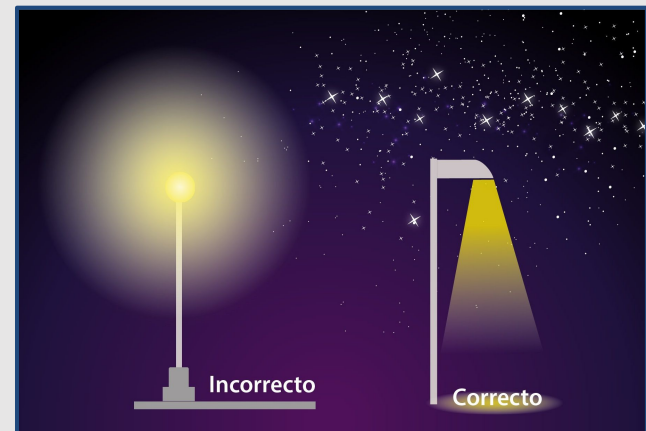
## **Impacto en la astronomía:**

- Afecta la calidad astronómica de los cielos de las regiones de Antofagasta, Atacama y Coquimbo, donde próximamente se concentrará el 70% de la capacidad astronómica existente en el mundo.



## **Impacto en la Economía y el desarrollo:**

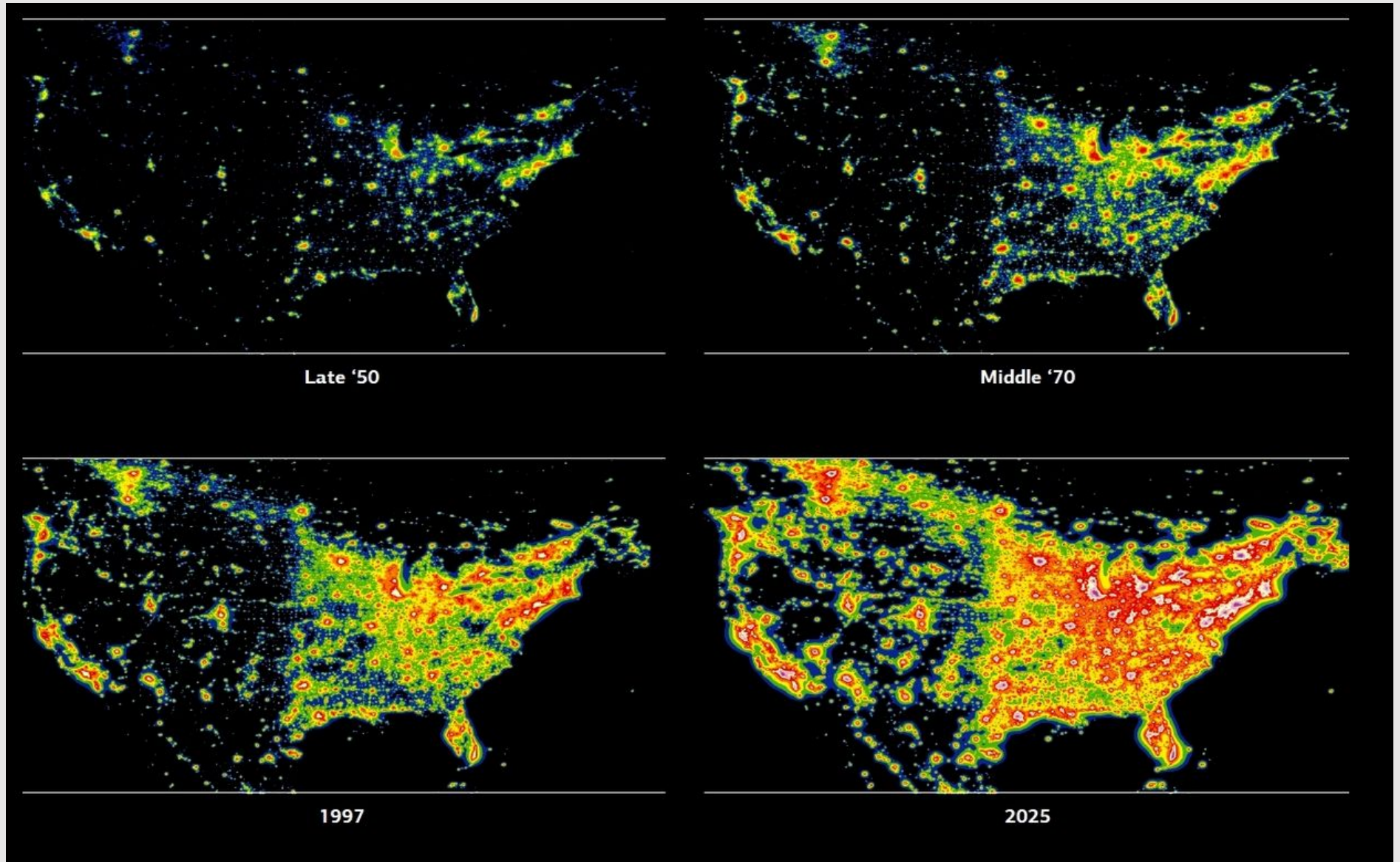
- Sobreconsumo de energía.





# Contaminación Lumínica

Más del 80% de la población humana sufre el impacto de la contaminación lumínica!



# Contaminación Lumínica

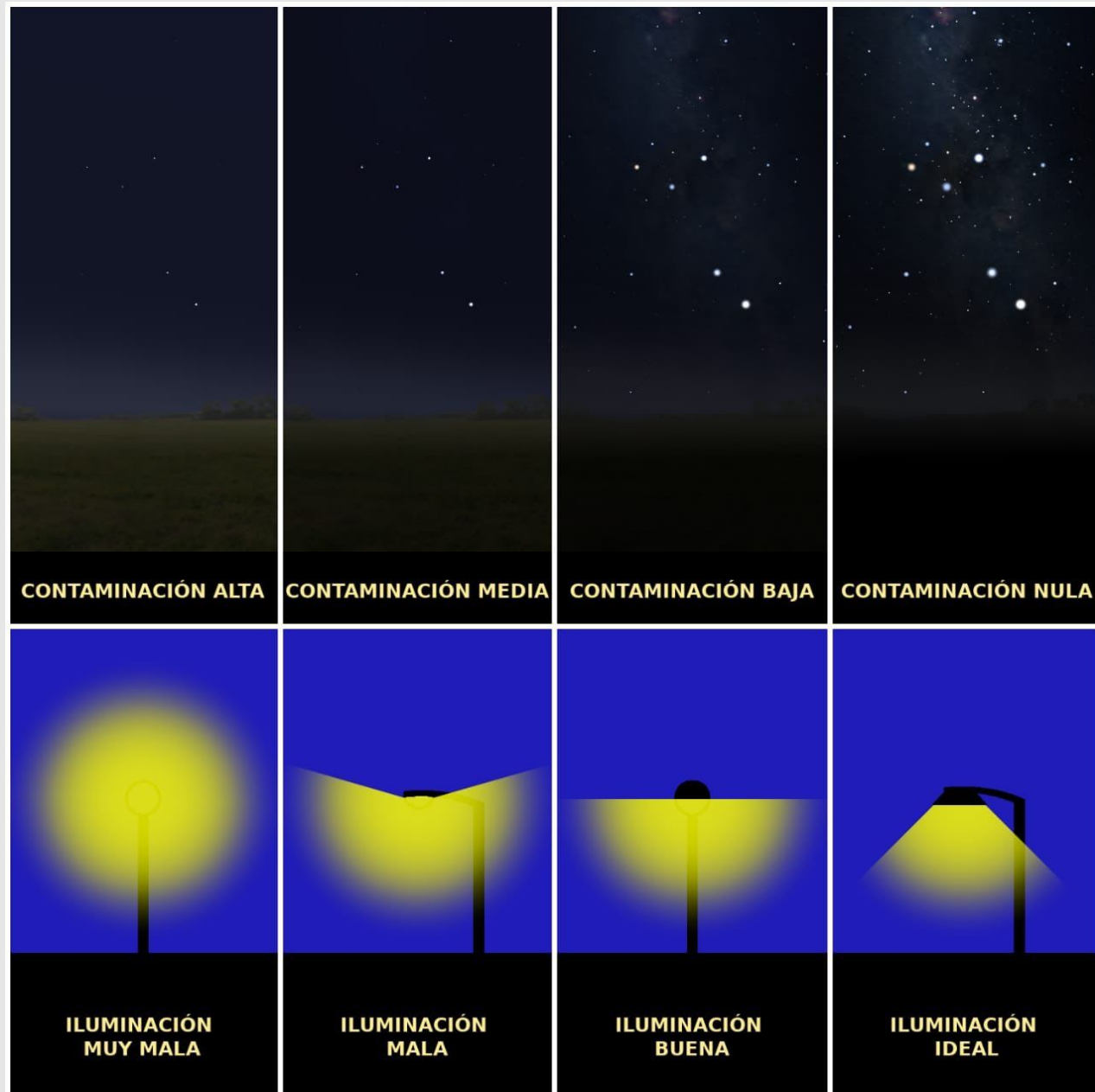
¿Cómo medirla?





# Contaminación Lumínica

Mejoras en luminaria pública



# ¿YO TAMBIÉN PUEDO REDUCIR LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA ?

¡SÍ!



EN EL PATIO DE CASA, USA ILUMINACIÓN NO CONTAMINANTE (EJ. LED BLANCO CÁLIDO, DIRIGIDA AL SUELO, ETC.)



SI VES EJEMPLOS DE CONTAMINACIÓN QUE INCUMPLEN LA NORMATIVA ACTUAL, DENÚNCIALO EN LA SUBSECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE:  
[MMA.GOB.CL](http://MMA.GOB.CL)



PARTICIPA EN GLOBE AT NIGHT Y HAZ MEDICIONES DESDE TU CIUDAD : [GLOBEATNIGHT.ORG](http://GLOBEATNIGHT.ORG)



¡ASÍ CONTRIBUYES A IDENTIFICAR EL PROBLEMA Y ERES PARTE DE LA SOLUCIÓN!

