

# Jornada técnica:

Protección del cielo nocturno frente a la contaminación lumínica

Efectos de la contaminación lumínica  
sobre las observaciones astronómicas

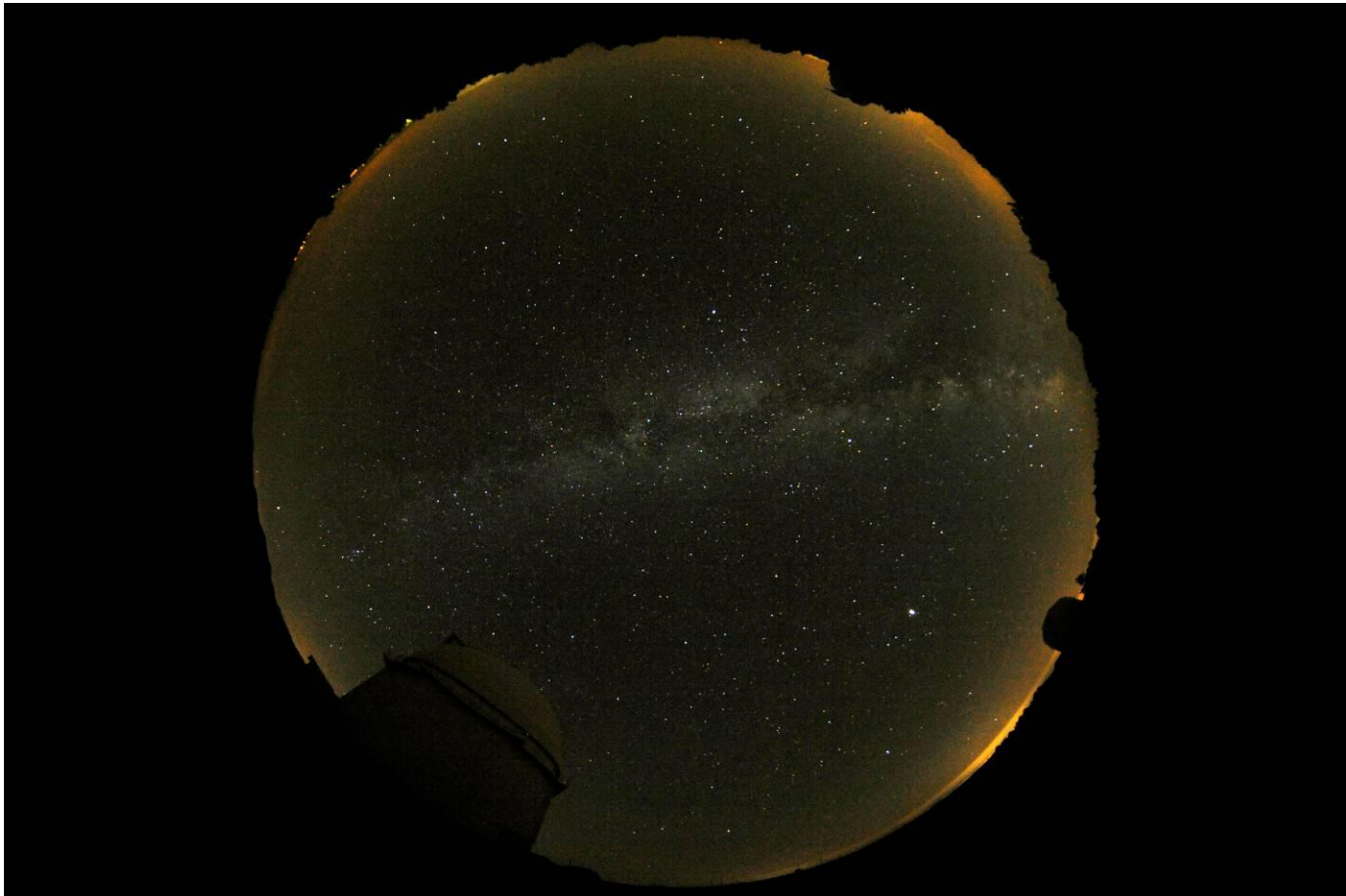
**David Galadí-Enríquez**

Centro Astronómico Hispano Alemán  
(Observatorio de Calar Alto)

<http://www.caha.es>



# Efectos de la contaminación lumínica en las observaciones astronómicas



# **Contaminación lumínica: definiciones**

## **Definición general:**

**Introducción de luz artificial en el medio ambiente nocturno**

# **Contaminación lumínica: definiciones**

## **Definición general:**

**Introducción de luz artificial en el medio ambiente nocturno**

## **Definición práctica o legal:**

**Emisión de flujo luminoso de fuentes artificiales nocturnas en intensidades, direcciones o rangos espectrales innecesarios para la realización de las actividades previstas en la zona donde se han instalado las luces**

# Contaminación lumínica: definiciones

## **Definición general:**

**Introducción de luz artificial en el medio ambiente nocturno**

## **Definición práctica o legal:**

**Emisión de flujo luminoso de fuentes artificiales nocturnas en intensidades, direcciones o rangos espectrales innecesarios para la realización de las actividades previstas en la zona donde se han instalado las luces**

**Intensidades: deslumbramiento, sobreconsumo**

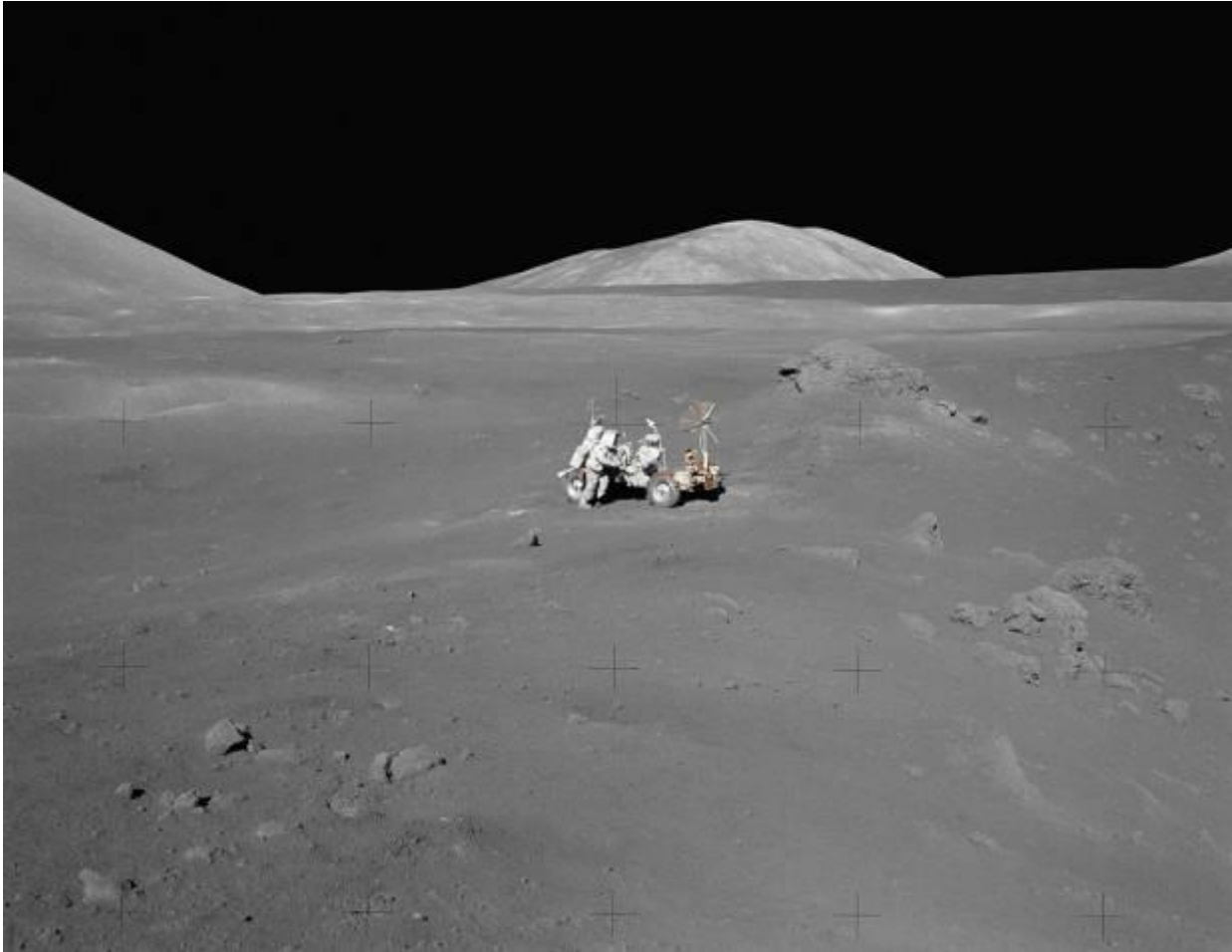
**Direcciones: difusión hacia el cielo, intrusión lumínica, sobreconsumo**

**Rangos espectrales: perturbación del medio natural, sobreconsumo**

# Interacción de la luz con la atmósfera



# Interacción de la luz con la atmósfera



# Interacción de la luz con la atmósfera

Si no hubiera atmósfera, la luz artificial no supondría un problema para la observación astronómica (salvo quizá la luz directa)



# Interacción de la luz con la atmósfera

Si no hubiera atmósfera, la luz artificial no supondría un problema para la observación astronómica (salvo quizá la luz directa)

**Fenómenos físicos relevantes:**

# Interacción de la luz con la atmósfera

Si no hubiera atmósfera, la luz artificial no supondría un problema para la observación astronómica (salvo quizá la luz directa)

**Fenómenos físicos relevantes:**

**Interacción de la luz con los gases: esparcimiento de Rayleigh**

# Interacción de la luz con la atmósfera

Si no hubiera atmósfera, la luz artificial no supondría un problema para la observación astronómica (salvo quizá la luz directa)

## Fenómenos físicos relevantes:

**Interacción de la luz con los gases:** esparcimiento de Rayleigh

**Interacción de la luz con aerosoles:** esparcimiento de Mie

# Interacción de la luz con la atmósfera

Si no hubiera atmósfera, la luz artificial no supondría un problema para la observación astronómica (salvo quizá la luz directa)

## Fenómenos físicos relevantes:

**Interacción de la luz con los gases:** esparcimiento de Rayleigh

**Interacción de la luz con aerosoles:** esparcimiento de Mie

**Reflexión de la luz**

# Esparcimiento de Rayleigh

Interacción de la luz con partículas mucho menores que la longitud de onda

# Esparcimiento de Rayleigh

Interacción de la luz con partículas mucho menores que la longitud de onda

Longitud de onda de la luz visible: 400 – 750 nm (millonésimas de milímetro)

# Esparcimiento de Rayleigh

Interacción de la luz con partículas mucho menores que la longitud de onda

Longitud de onda de la luz visible: 400 – 750 nm (millonésimas de milímetro)

Moléculas de nitrógeno y oxígeno: aprox 200 milésimas de nm  
(mil veces más pequeñas)

# Esparcimiento de Rayleigh

**Interacción de la luz con partículas mucho menores que la longitud de onda**

**Longitud de onda de la luz visible: 400 – 750 nm (millonésimas de milímetro)**

**Moléculas de nitrógeno y oxígeno: aprox 200 milésimas de nm  
(mil veces más pequeñas)**

**La luz incide en las moléculas y estas la reemiten en direcciones aleatorias → la luz se esparce por todo el gas**



# Esparcimiento de Rayleigh

**Interacción de la luz con partículas mucho menores que la longitud de onda**

**Longitud de onda de la luz visible: 400 – 750 nm (millonésimas de milímetro)**

**Moléculas de nitrógeno y oxígeno: aprox 200 milésimas de nm (mil veces más pequeñas)**

**La luz incide en las moléculas y estas la reemiten en direcciones aleatorias → la luz se esparce por todo el gas**

**El efecto se produce incluso en gases puros: no es cierto que la contaminación lumínica se deba a las partículas en suspensión**

# Esparcimiento de Rayleigh

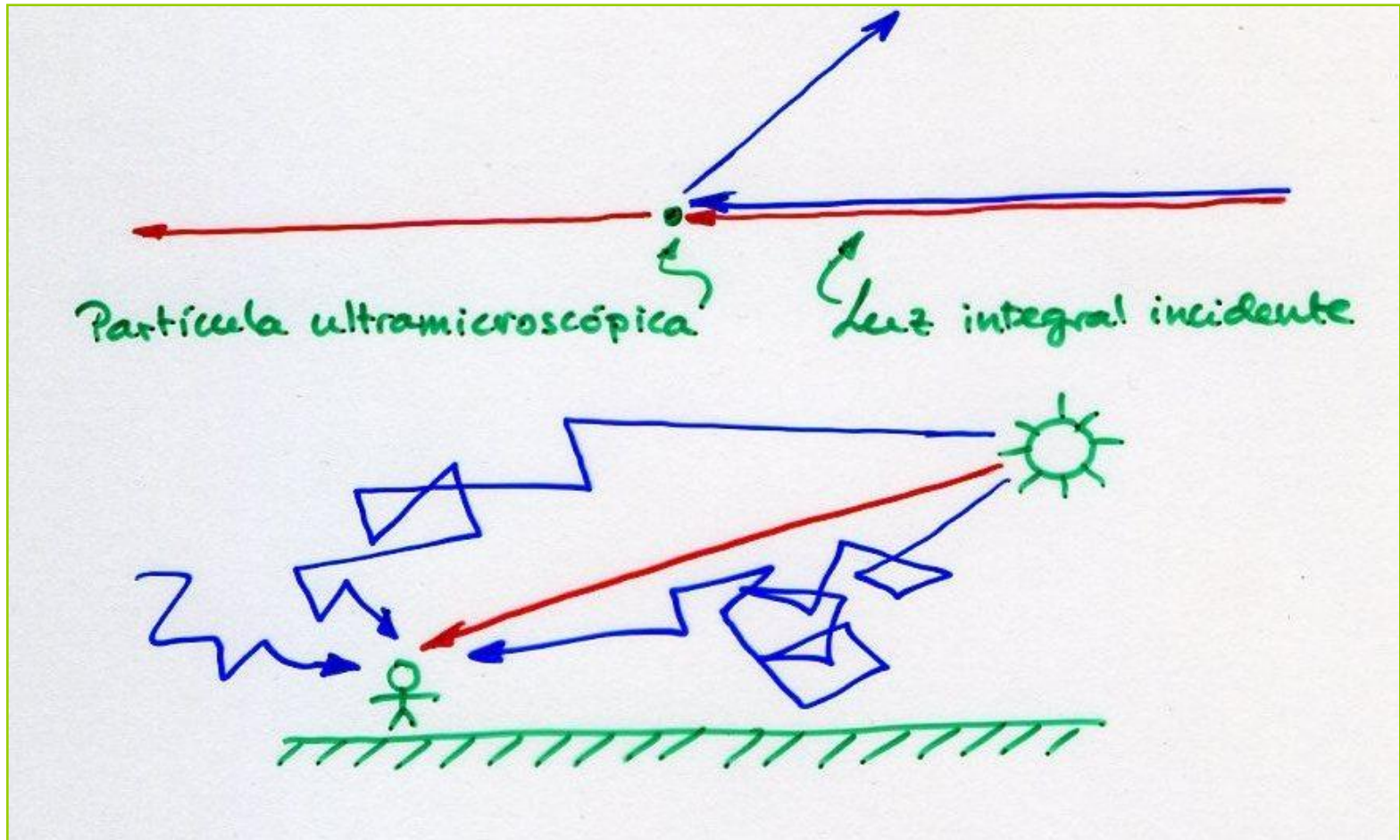
$$S = k / L^4$$

el efecto es 4 veces mayor para la luz azul que para la roja

¡pero es 13 veces mayor para el UV que para la luz roja!



# Esparcimiento de Rayleigh



# Esparcimiento de Mie

Interacción de la luz con partículas de tamaños similares a la longitud de onda

# Esparcimiento de Mie

**Interacción de la luz con partículas de tamaños similares a la longitud de onda**

**Aerosoles (polvo, origen marino, contaminación...)**

**Nubes (de gotas o cristales)**

# Esparcimiento de Mie

**Interacción de la luz con partículas de tamaños similares a la longitud de onda**

**Aerosoles (polvo, origen marino, contaminación...)**

**Nubes (de gotas o cristales de hielo)**

**La luz incide en las moléculas y estas la reemiten en direcciones preferentemente alineadas a lo largo de la dirección de propagación**

# Esparcimiento de Mie

**Interacción de la luz con partículas de tamaños similares a la longitud de onda**

**Aerosoles (polvo, origen marino, contaminación...)**

**Nubes (de gotas o cristales de hielo)**

**La luz incide en las moléculas y estas la reemiten en direcciones preferentemente alineadas a lo largo de la dirección de propagación**

**Suele ir unido a una atenuación considerable de la luz incidente**

# **Esparcimiento de Mie**

**Interacción de la luz con partículas de tamaños similares a la longitud de onda**

**Aerosoles (polvo, origen marino, contaminación...)**

**Nubes (de gotas o cristales de hielo)**

**La luz incide en las moléculas y estas la reemiten en direcciones preferentemente alineadas a lo largo de la dirección de propagación**

**Suele ir unido a una atenuación considerable de la luz incidente**

**Puede inducir efectos de color**



# **Esparcimiento de Mie**

**Interacción de la luz con partículas de tamaños similares a la longitud de onda**

**Aerosoles (polvo, origen marino, contaminación...)**

**Nubes (de gotas o cristales de hielo)**

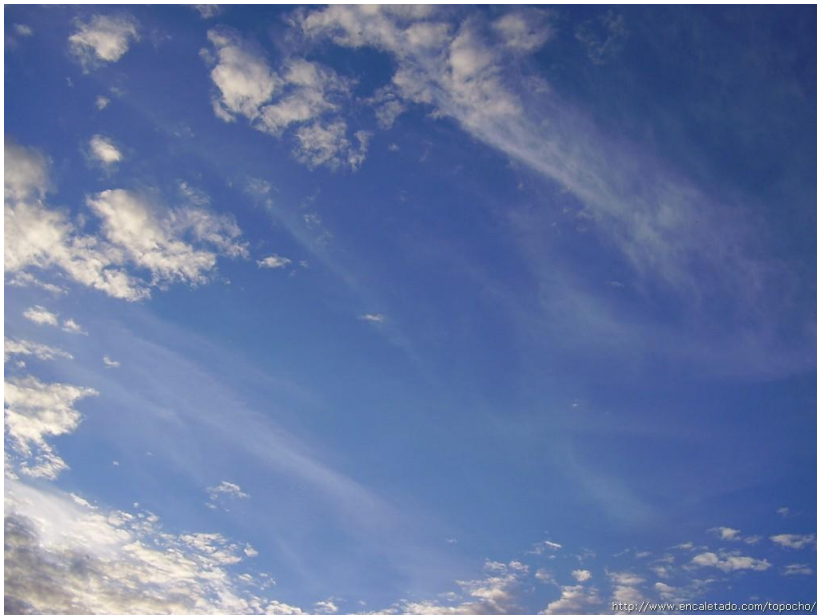
**La luz incide en las moléculas y estas la reemiten en direcciones preferentemente alineadas a lo largo de la dirección de propagación**

**Suele ir unido a una atenuación considerable de la luz incidente**

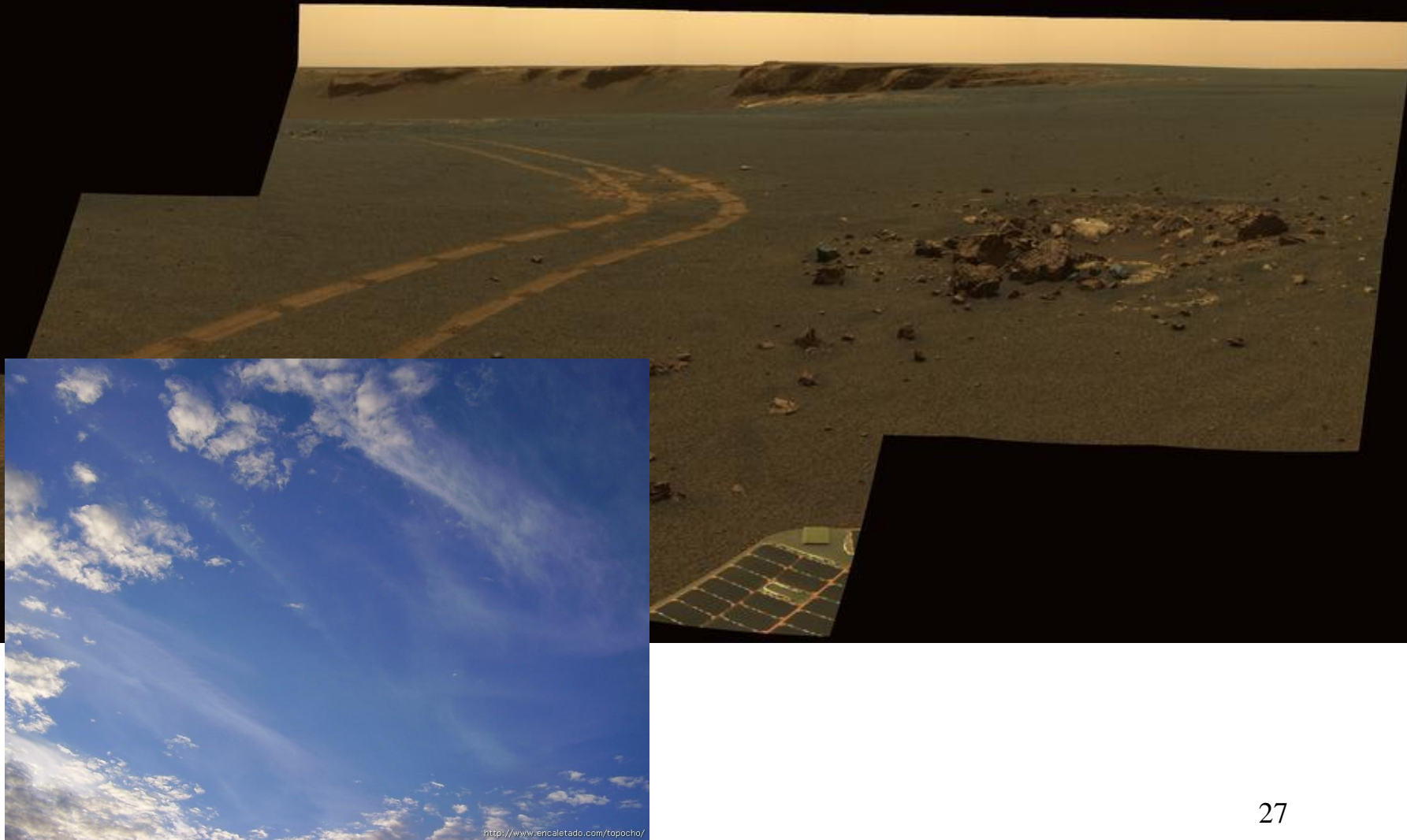
**Puede inducir efectos de color**

**Depende poco de la longitud de onda**

# Esparcimiento de Mie



# Esparcimiento de Mie



# Difusión hacia el cielo

**La luz introducida en la atmósfera se esparce por los dos mecanismos comentados**

# Difusión hacia el cielo

**La luz introducida en la atmósfera se esparce por los dos mecanismos comentados**

**Como resultado el fondo de cielo adquiere un brillo artificial con una coloración similar a la de las lámparas utilizadas (aunque la parte azul se esparce más)**

# Difusión hacia el cielo

**La luz introducida en la atmósfera se esparce por los dos mecanismos comentados**

**Como resultado el fondo de cielo adquiere un brillo artificial con una coloración similar a la de las lámparas utilizadas (aunque la parte azul se esparce más)**

**Orígenes de la luz esparcida:**

**Emisión directa hacia el hemisferio superior de las luminarias**

# Difusión hacia el cielo

**La luz introducida en la atmósfera se esparce por los dos mecanismos comentados**

**Como resultado el fondo de cielo adquiere un brillo artificial con una coloración similar a la de las lámparas utilizadas (aunque la parte azul se esparce más)**

**Orígenes de la luz esparcida:**

**Emisión directa hacia el hemisferio superior de las luminarias**

**Luz reflejada en pavimentos, suelos y muros**

# Difusión hacia el cielo

Orígenes de la luz esparcida:

**Emisión directa hacia el hemisferio superior de las luminarias**

→ Limitación de ese flujo, FHS

**Luz reflejada en pavimentos, suelos y muros**

→ Iluminar con la intensidad adecuada



# Difusión hacia el cielo



**Difusión hacia el cielo:**  
**factor principal de contaminación lumínica**  
**para la observación astronómica**

**Impide la visión y el estudio del cielo**  
**por un efecto de contraste**

# **Impide la visión y el estudio del cielo por un efecto de contraste**

**Observación directa del firmamento**

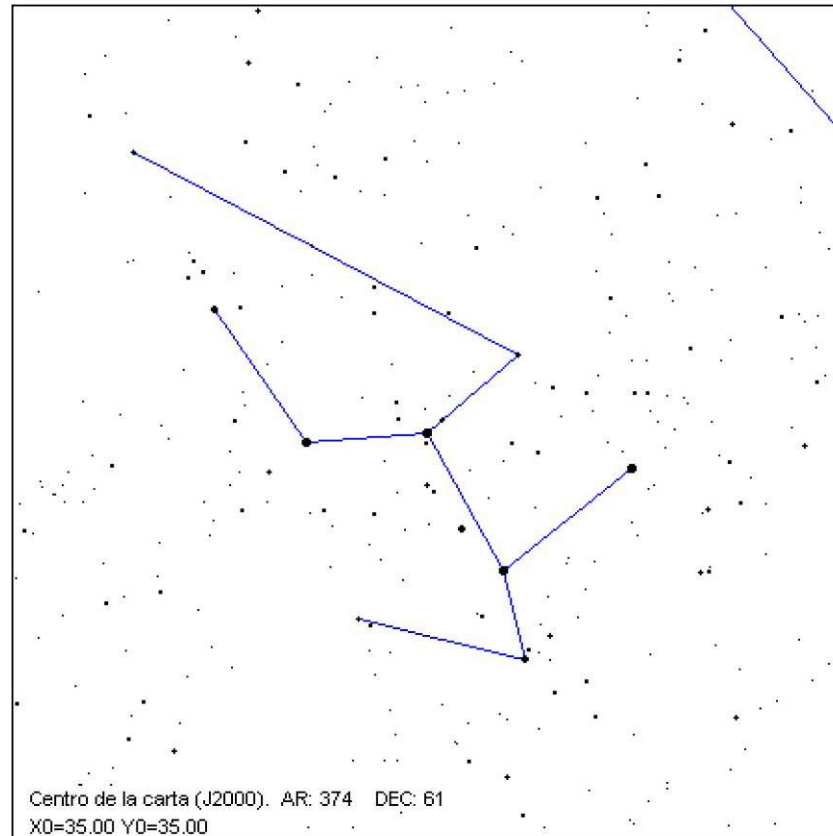
**Estudio por medio de imágenes directas**

**Estudio espectroscópico**

# Observación directa del firmamento

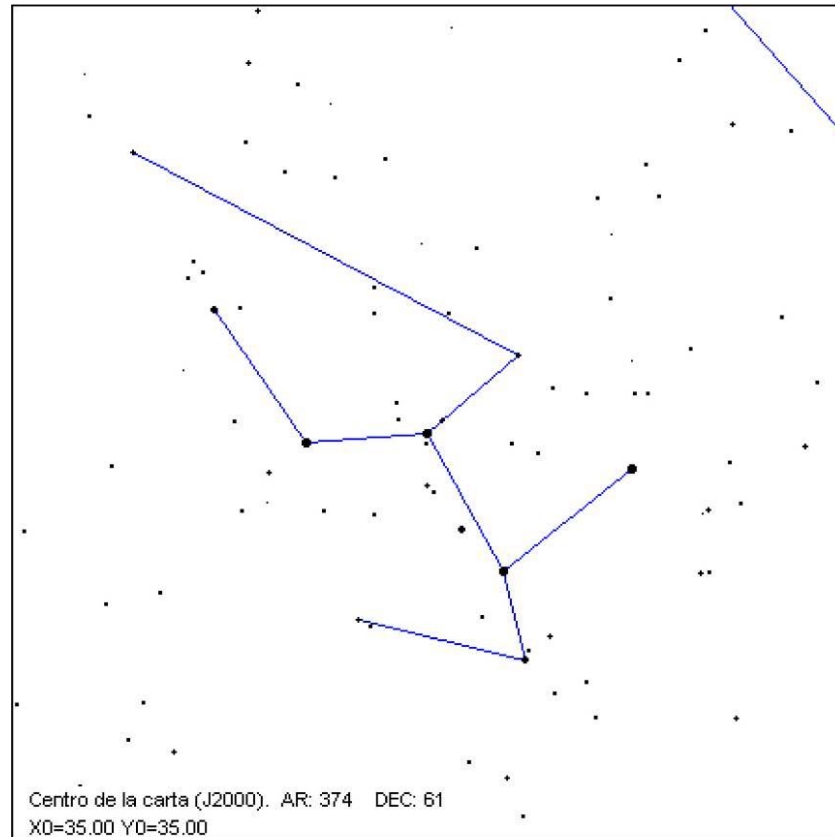
**La destrucción del paisaje celeste supone una pérdida cultural y paisajística, no solo científica**

# Observación directa del firmamento



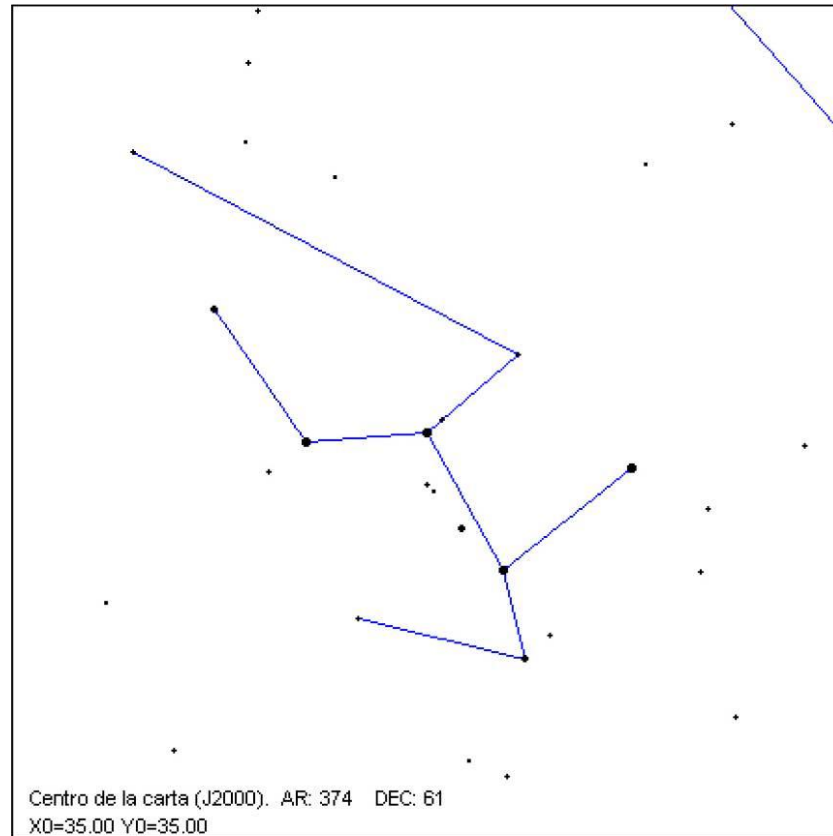
Magnitud 7

# Observación directa del firmamento



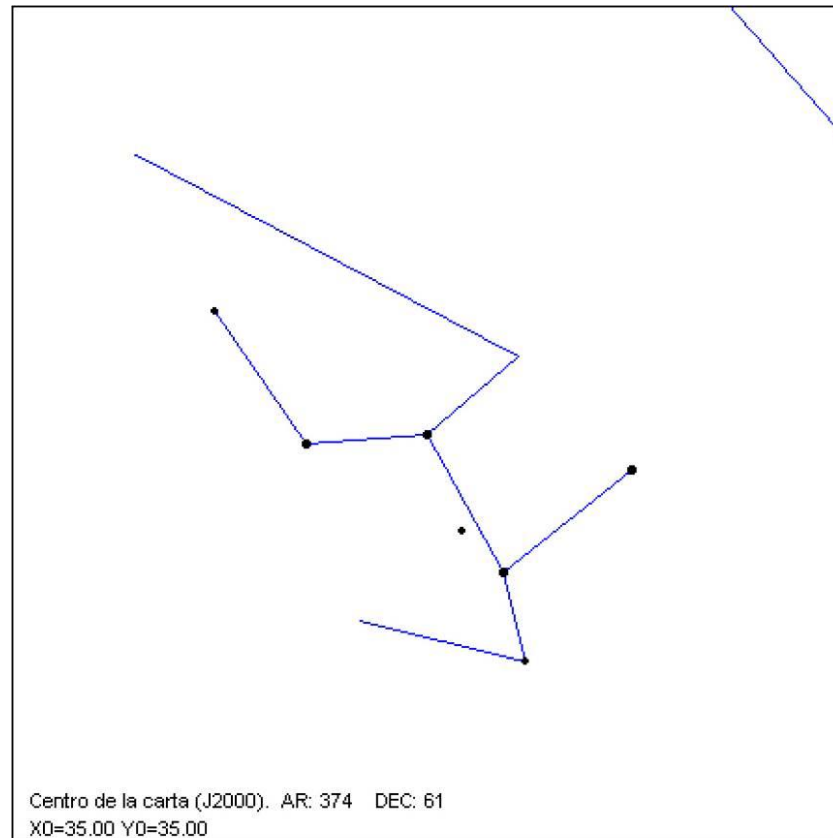
Magnitud 6

# Observación directa del firmamento



Magnitud 5

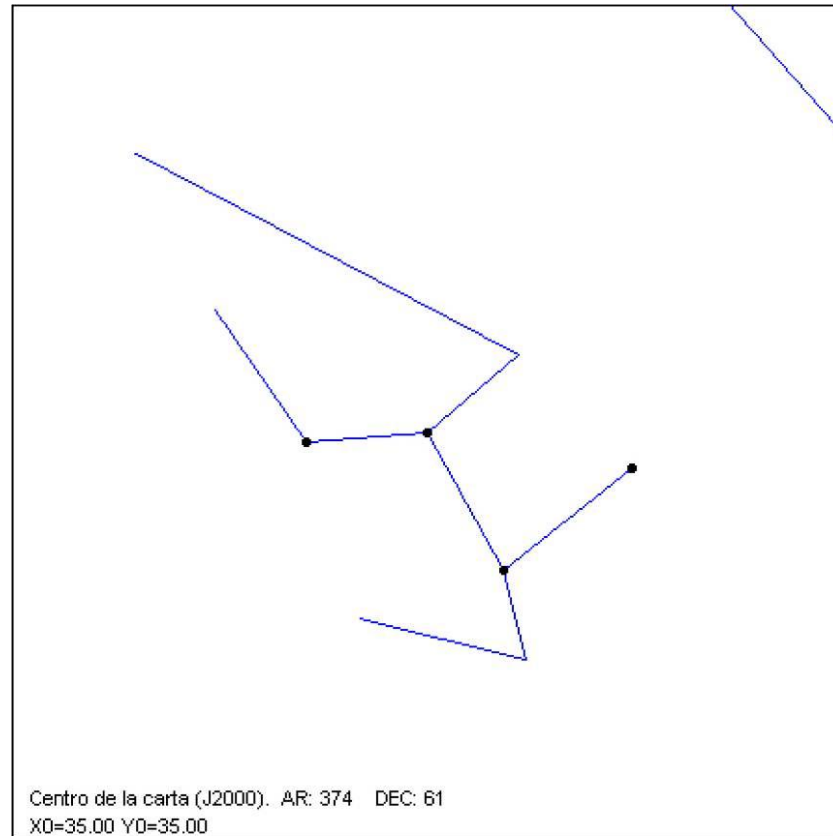
# Observación directa del firmamento



Magnitud 4

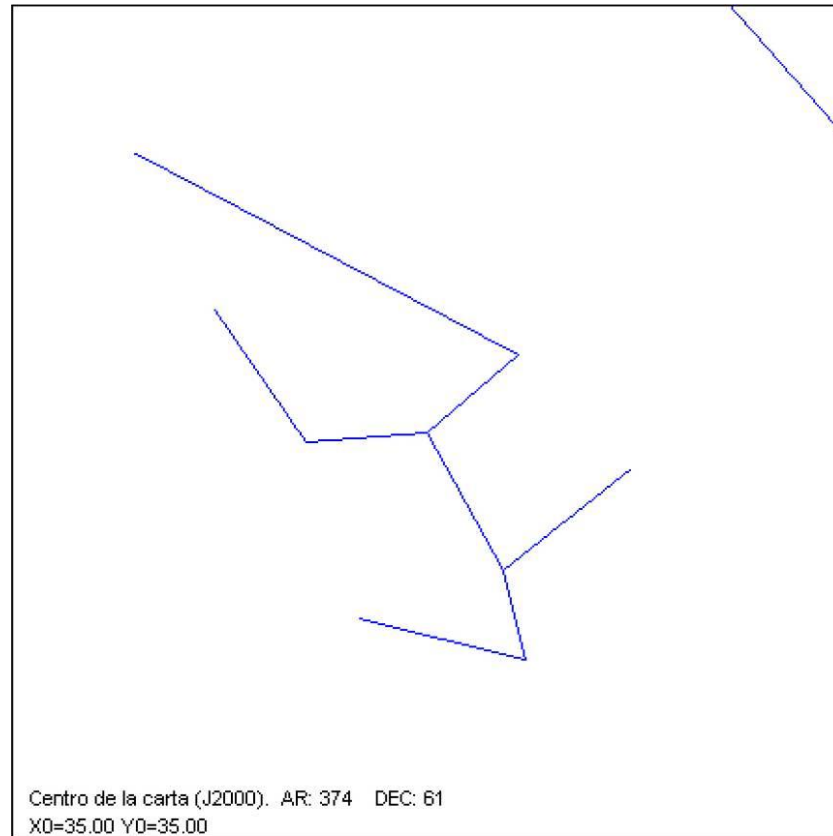


# Observación directa del firmamento



Magnitud 3

# Observación directa del firmamento

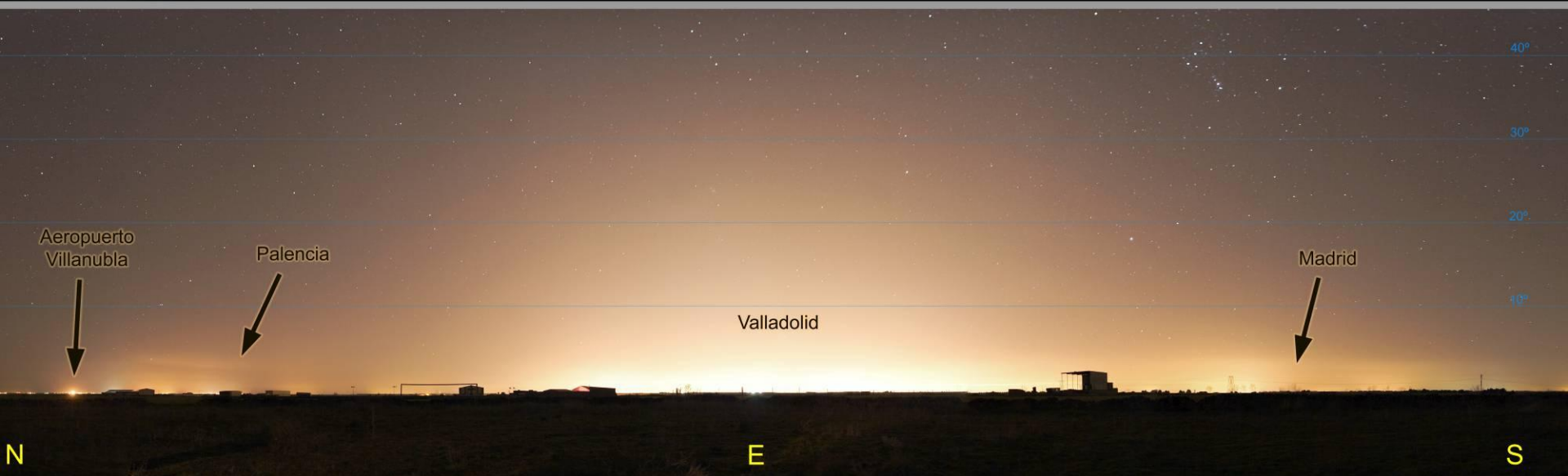
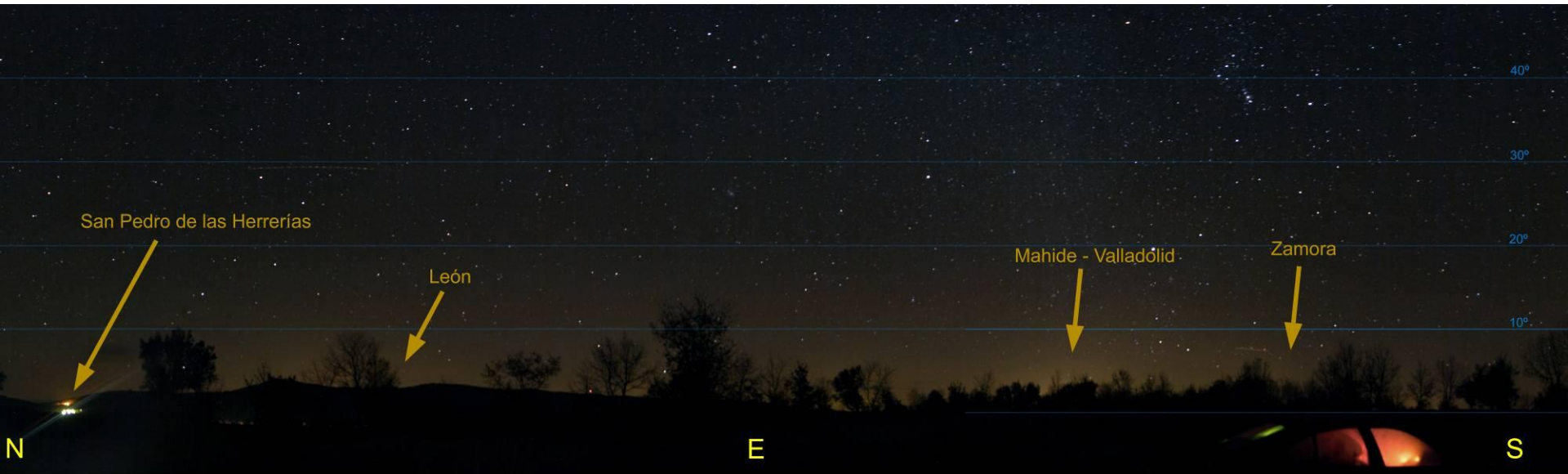


Magnitud 2

# Observación directa del firmamento

**La luz difusa se genera localmente, pero afecta globalmente: se propaga centenares de km**

**Es especialmente dañina la luz emitida en ángulos cercanos a la horizontal**



# Imagen directa: La Vía Láctea











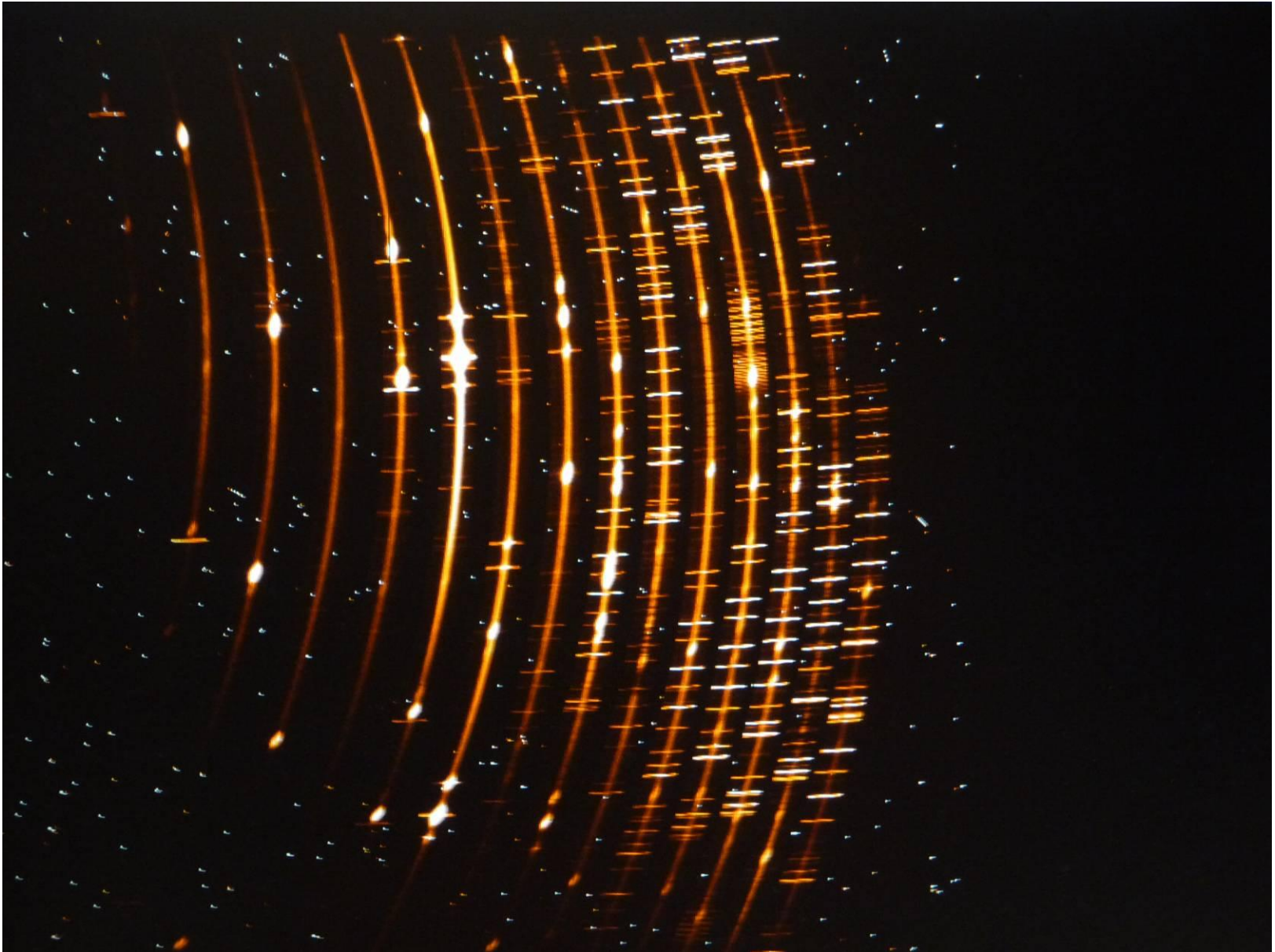


# Imagen directa

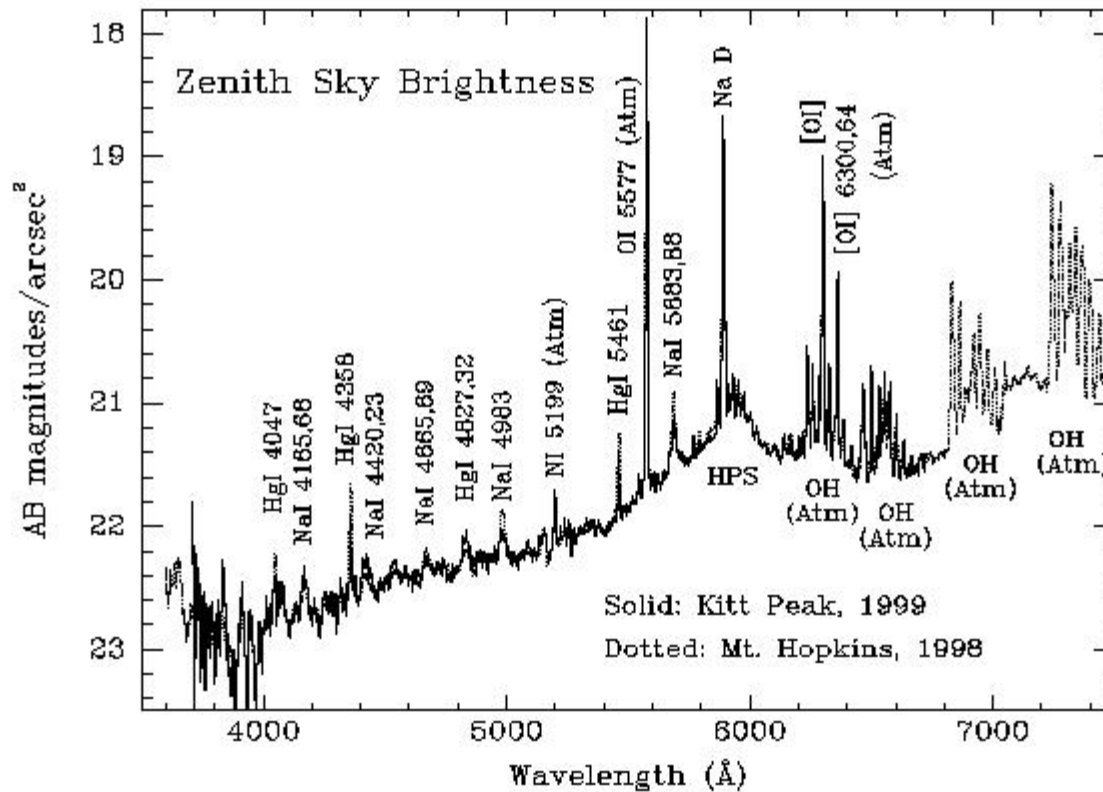
**Toda luz añadida al fondo de cielo es perjudicial para su estudio por medio de imágenes directas**

**Es más perjudicial la luz azulada, violeta y ultravioleta por su mayor poder contaminante**

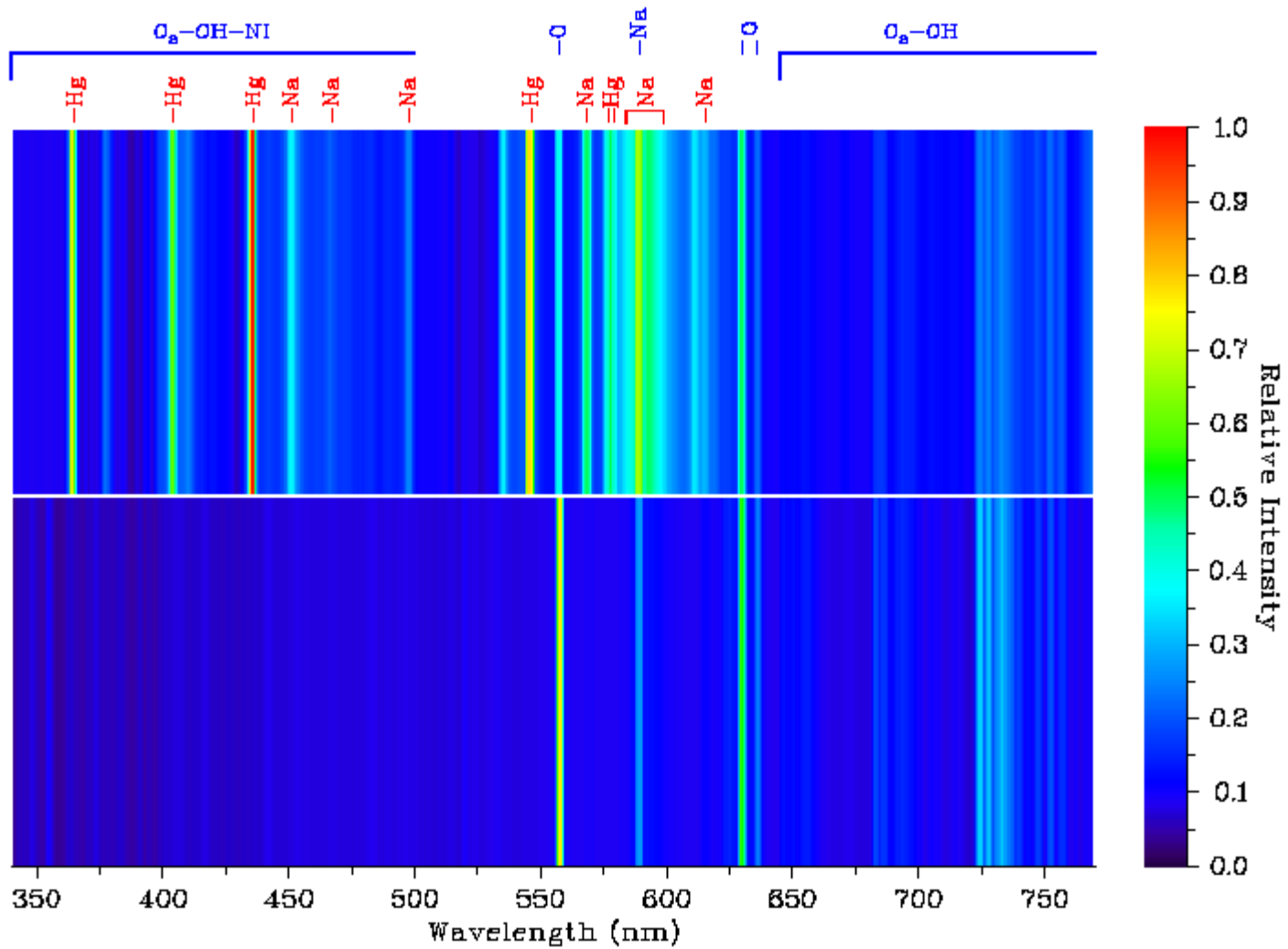
# Estudio espectroscópico



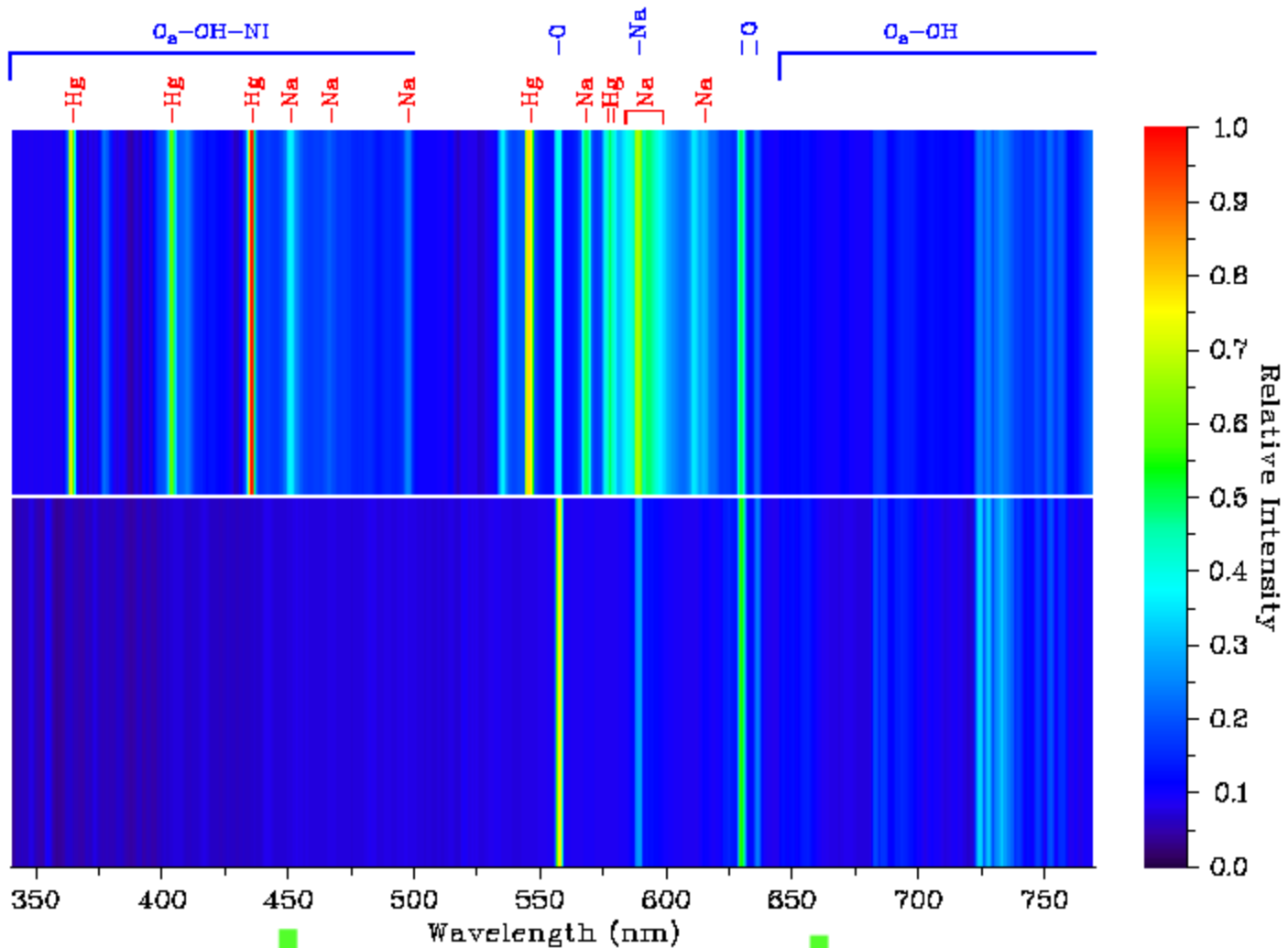
# Estudio espectroscópico



# Estudio espectroscópico



# Estudio espectroscópico



**Visión fotópica**

# Estudio espectroscópico

**Es más perjudicial la luz de espectro continuo:  
afecta a la totalidad de los datos**

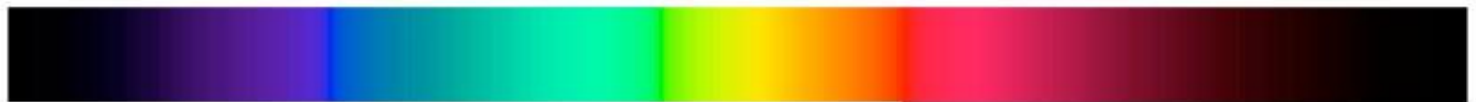
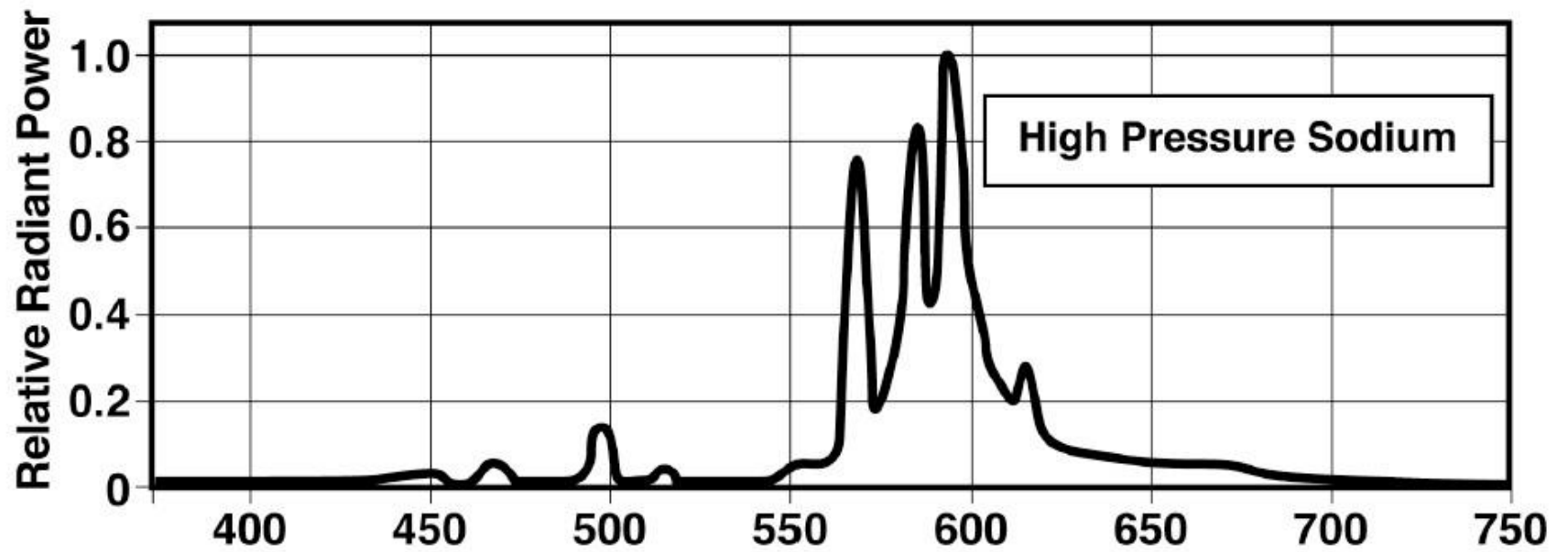
**La menos perjudicial es la luz monocromática**

**Algunas líneas de emisión perturban los estudios  
astronómicos por coincidir con líneas de emisión  
características de los objetos celestes**

# Luz azul y ultravioleta

- Inútil para la población
- Se paga íntegra
- Perturba las observaciones astronómicas
- Perturba la vida natural nocturna
- Es peor para la salud (inhibe prod. melatonina)
- Se esparce mucho más (esparcimiento Rayleigh)



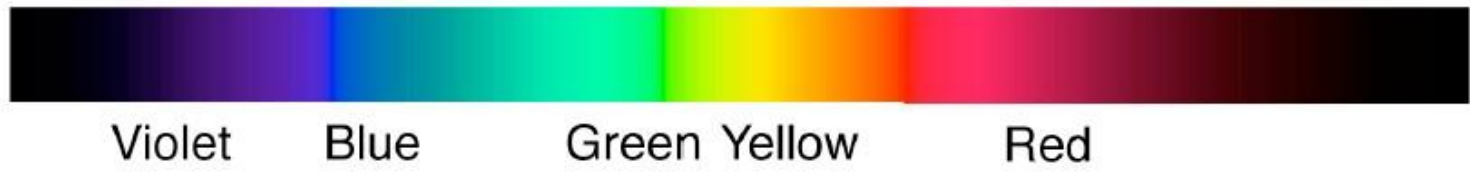
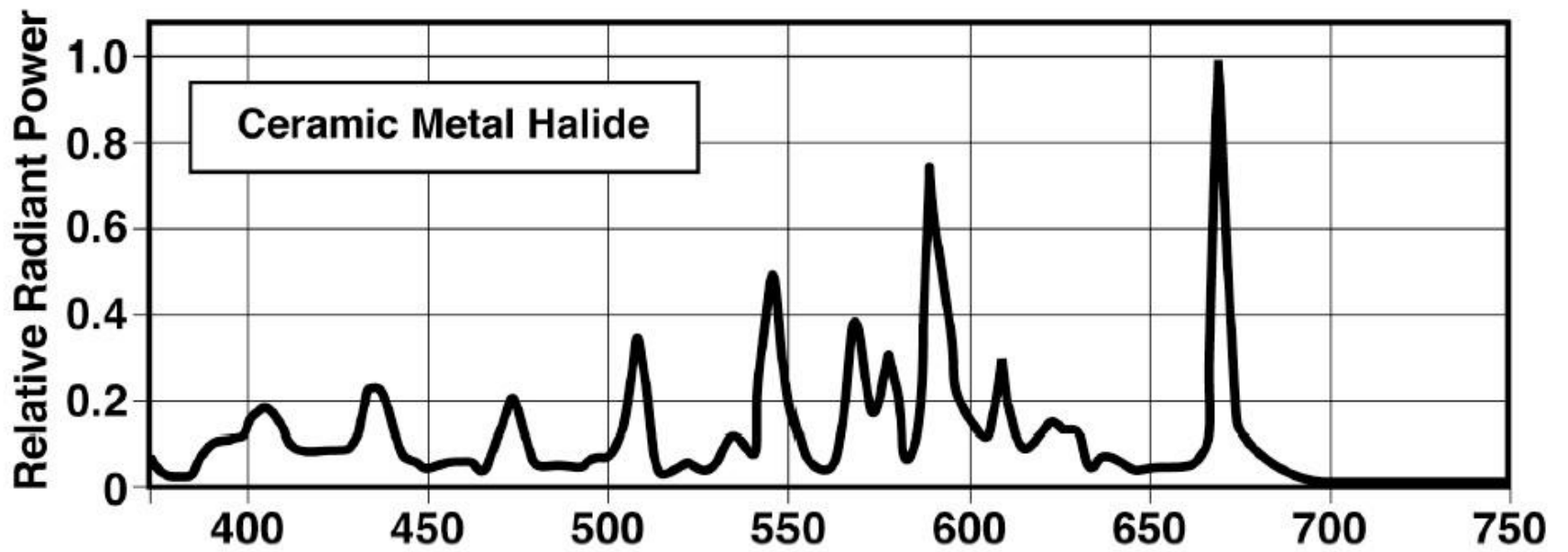


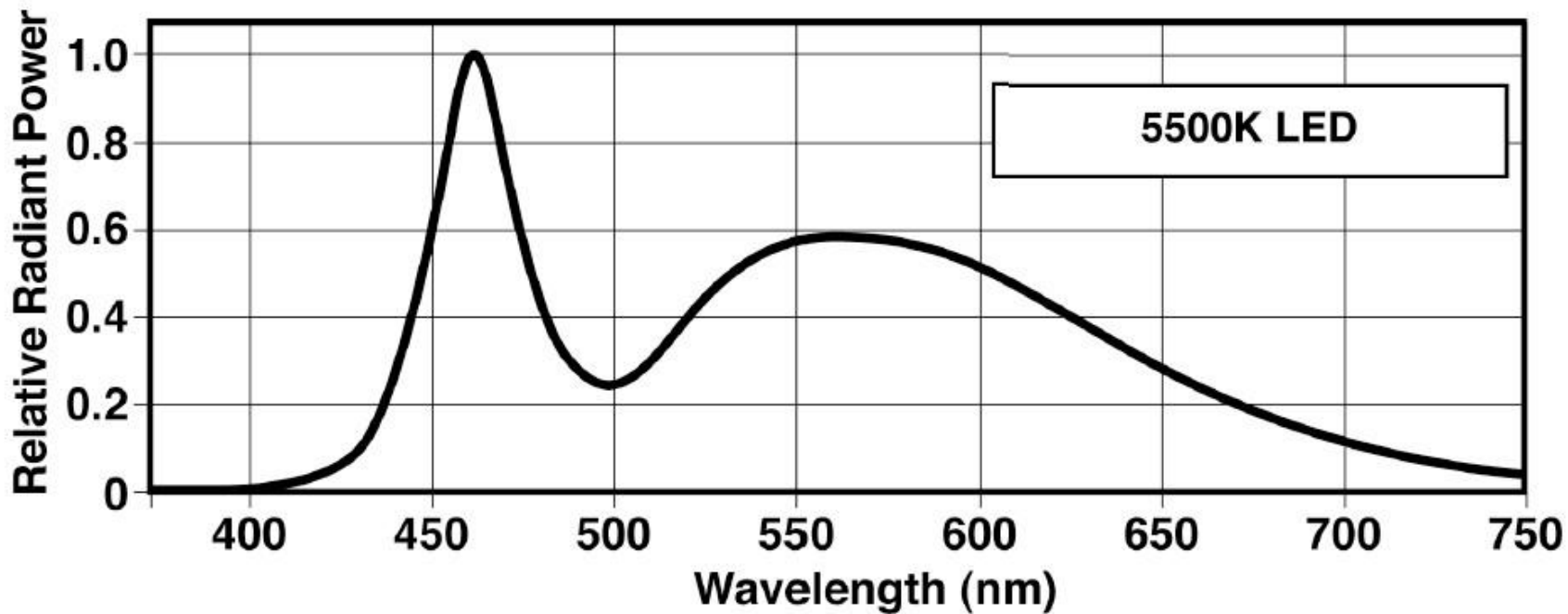
Violet

Blue

Green Yellow

Red



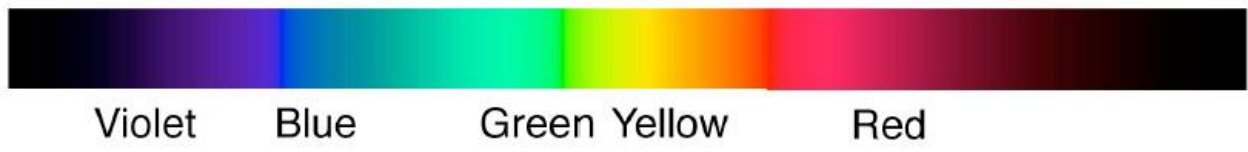
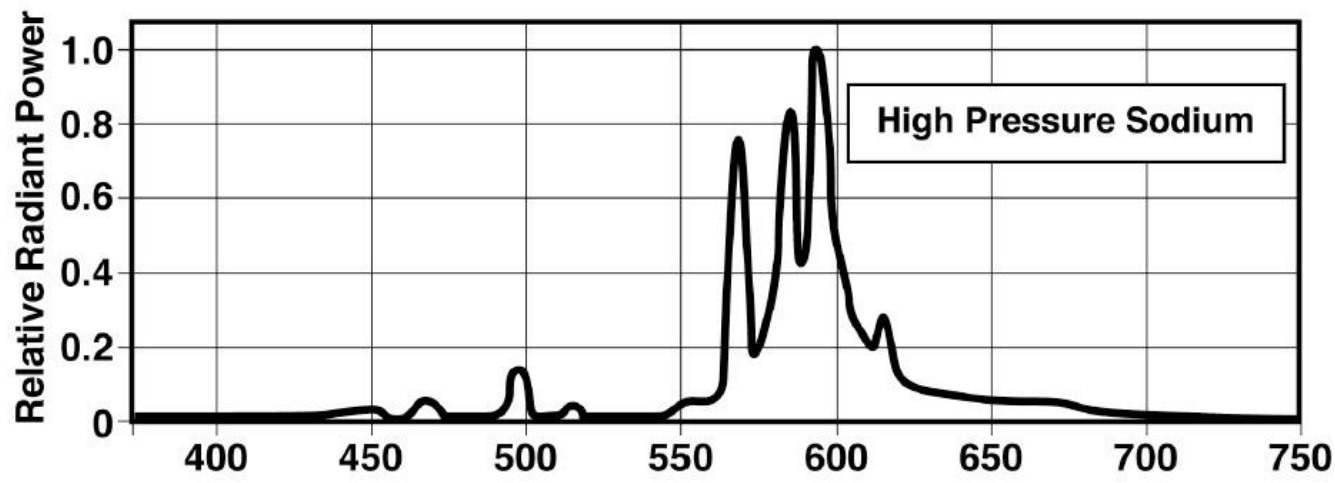
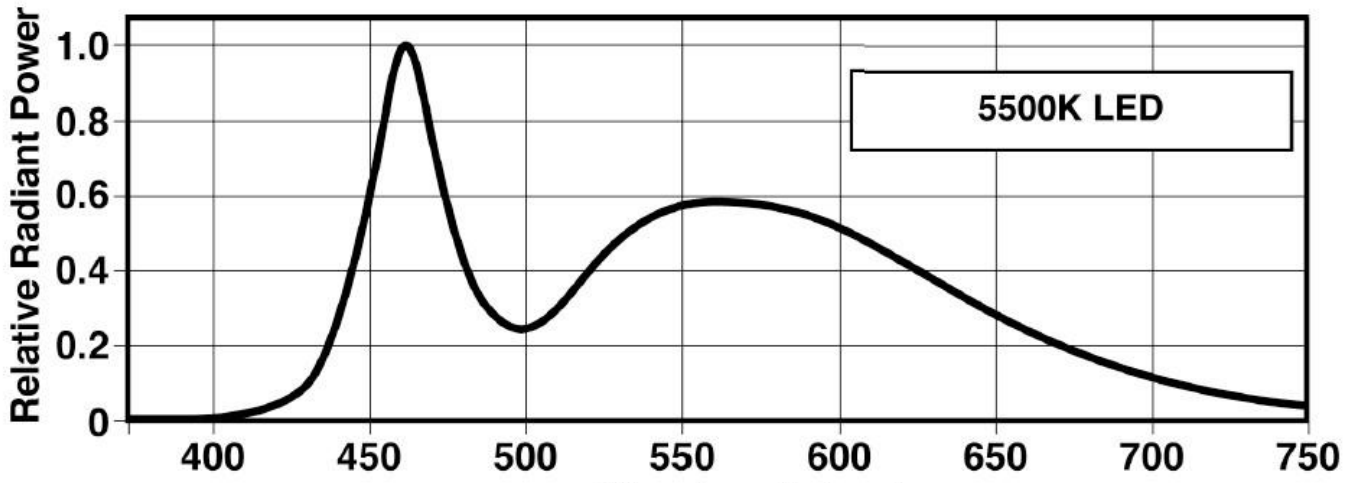


Violet

Blue

Green Yellow

Red



# Diseño de instalaciones de alumbrado

# Diseño de instalaciones de alumbrado

- **Criterios luminotécnicos**

# Diseño de instalaciones de alumbrado

- **Criterios luminotécnicos**
- **Criterios de gestión de recursos energéticos**

# Diseño de instalaciones de alumbrado

- **Criterios luminotécnicos**
- **Criterios de gestión de recursos energéticos**
- **Criterios de protección del medio natural (ecosistemas, cielo nocturno) y la salud**



