

Jornada técnica:

Protección del cielo nocturno frente a la contaminación lumínica

Efectos de la contaminación lumínica
sobre las observaciones astronómicas

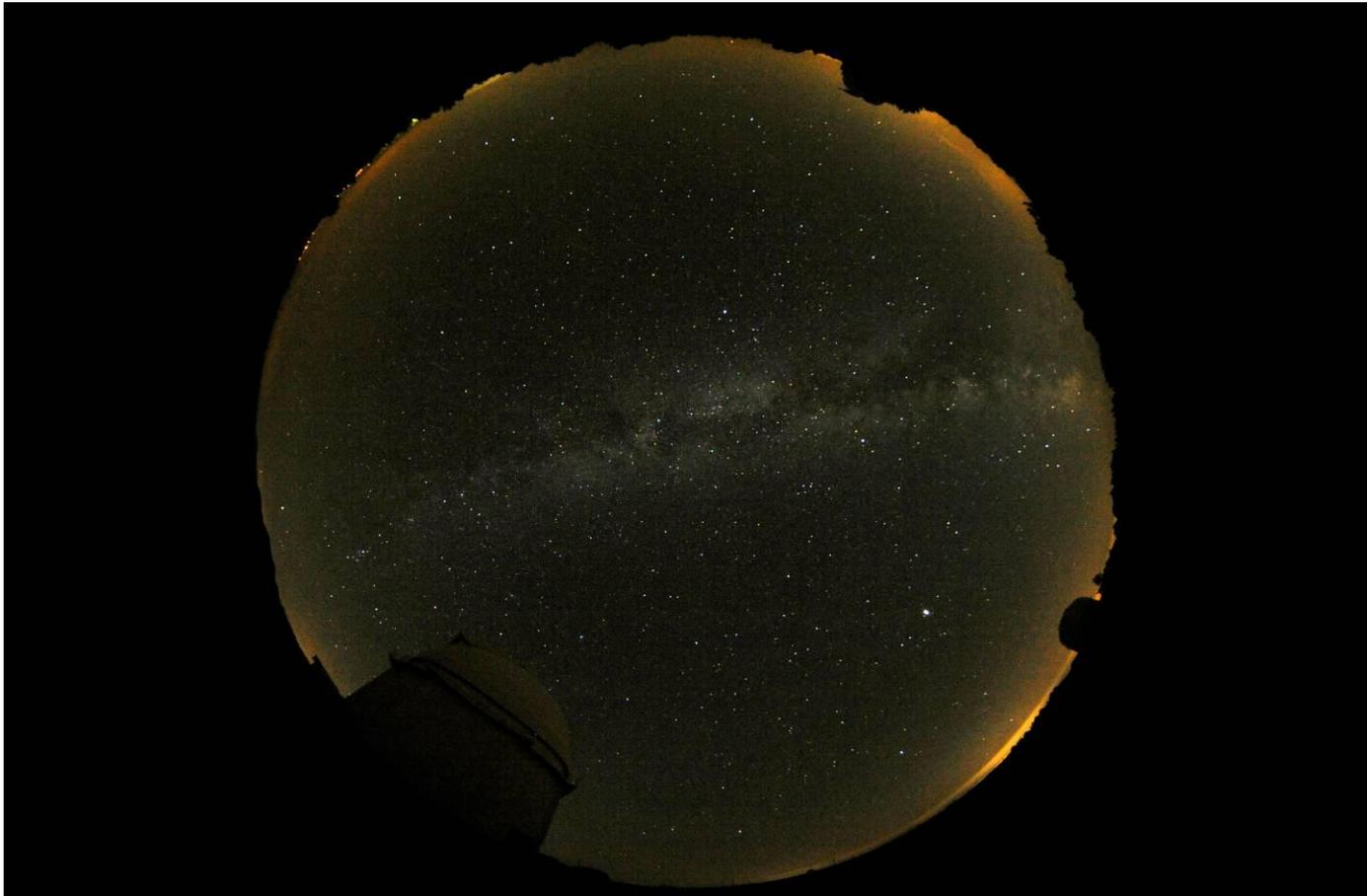
David Galadí-Enríquez

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

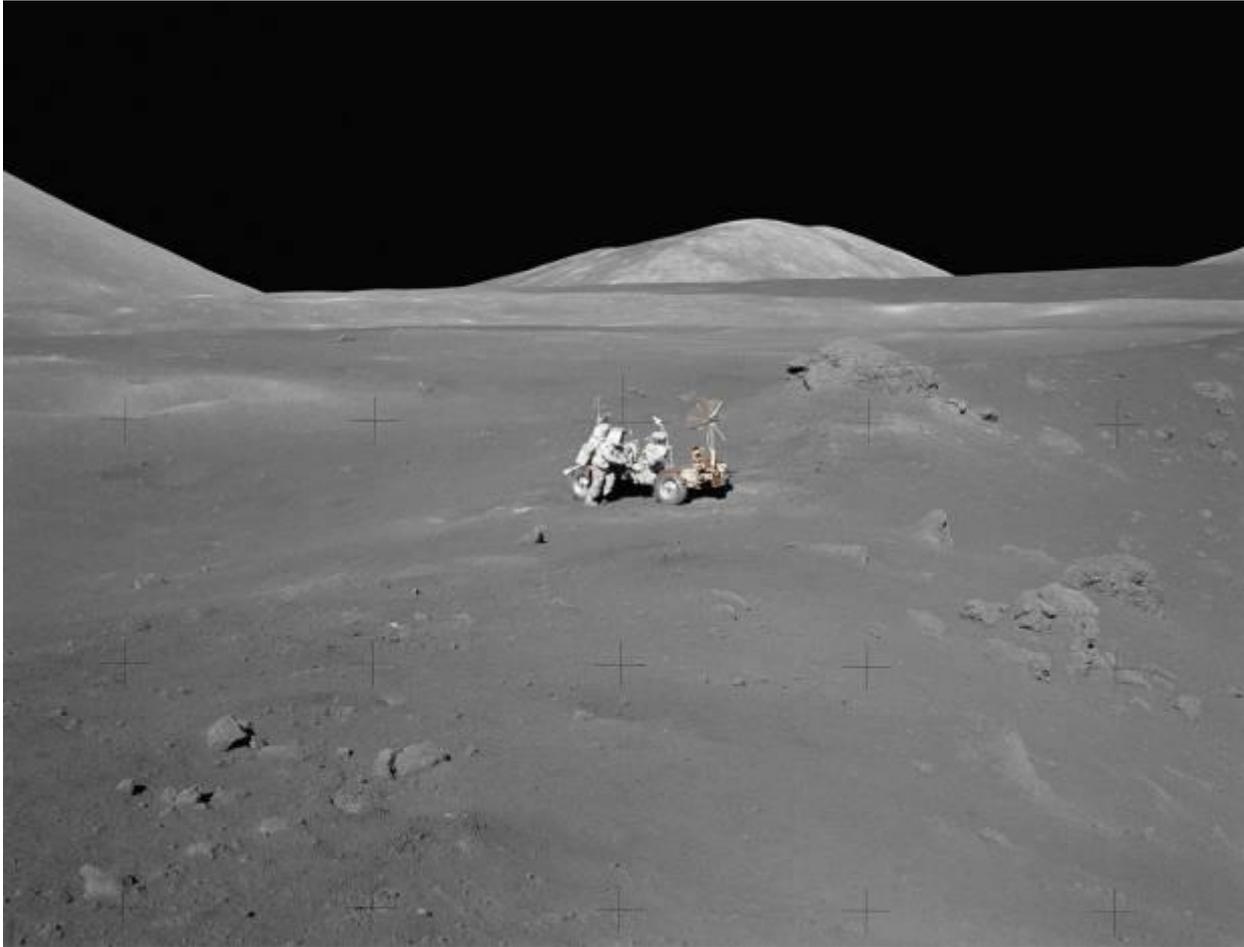
Direcciones: difusión hacia el cielo, intrusión lumínica, sobreconsumo

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

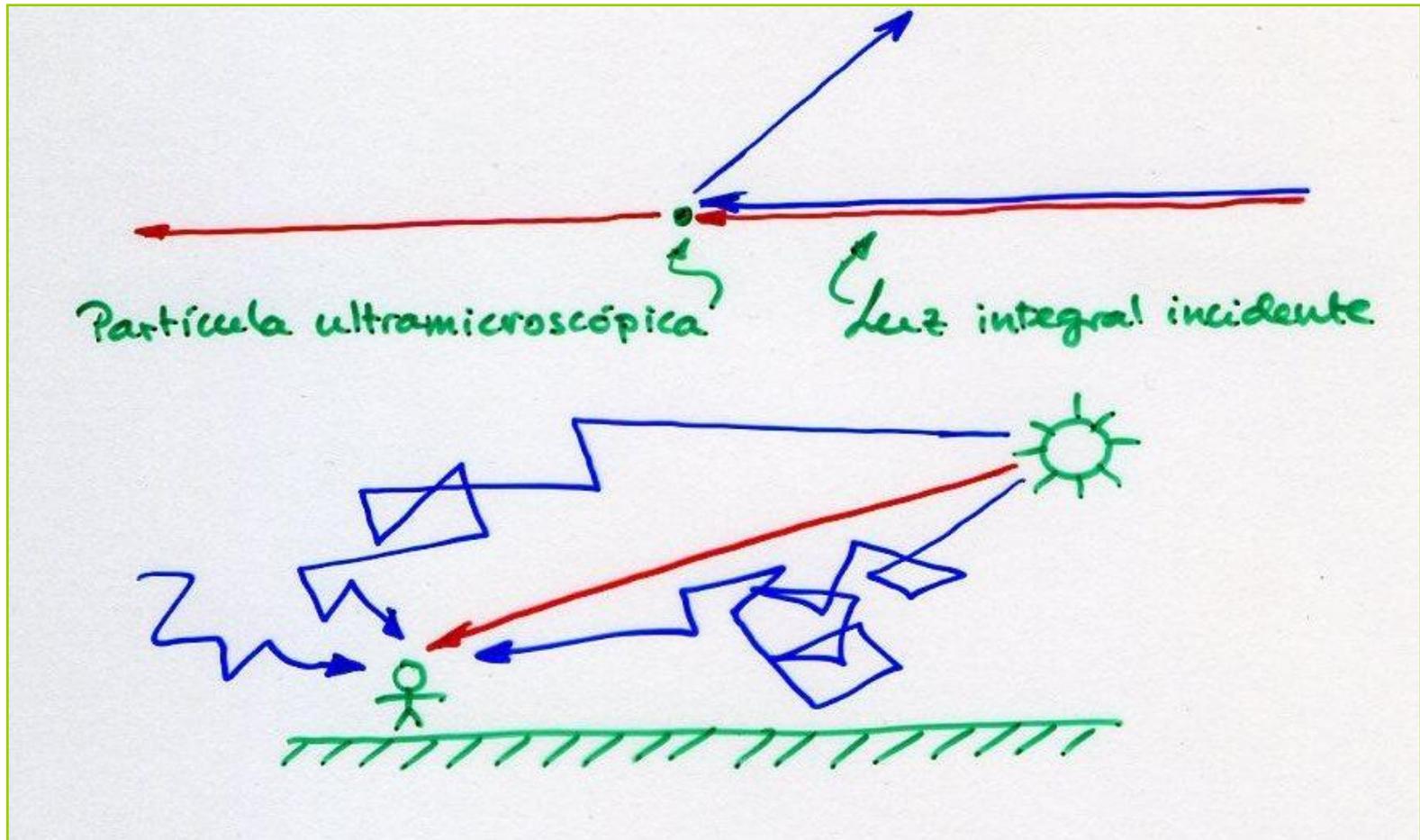
$$S = k / L^4$$

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

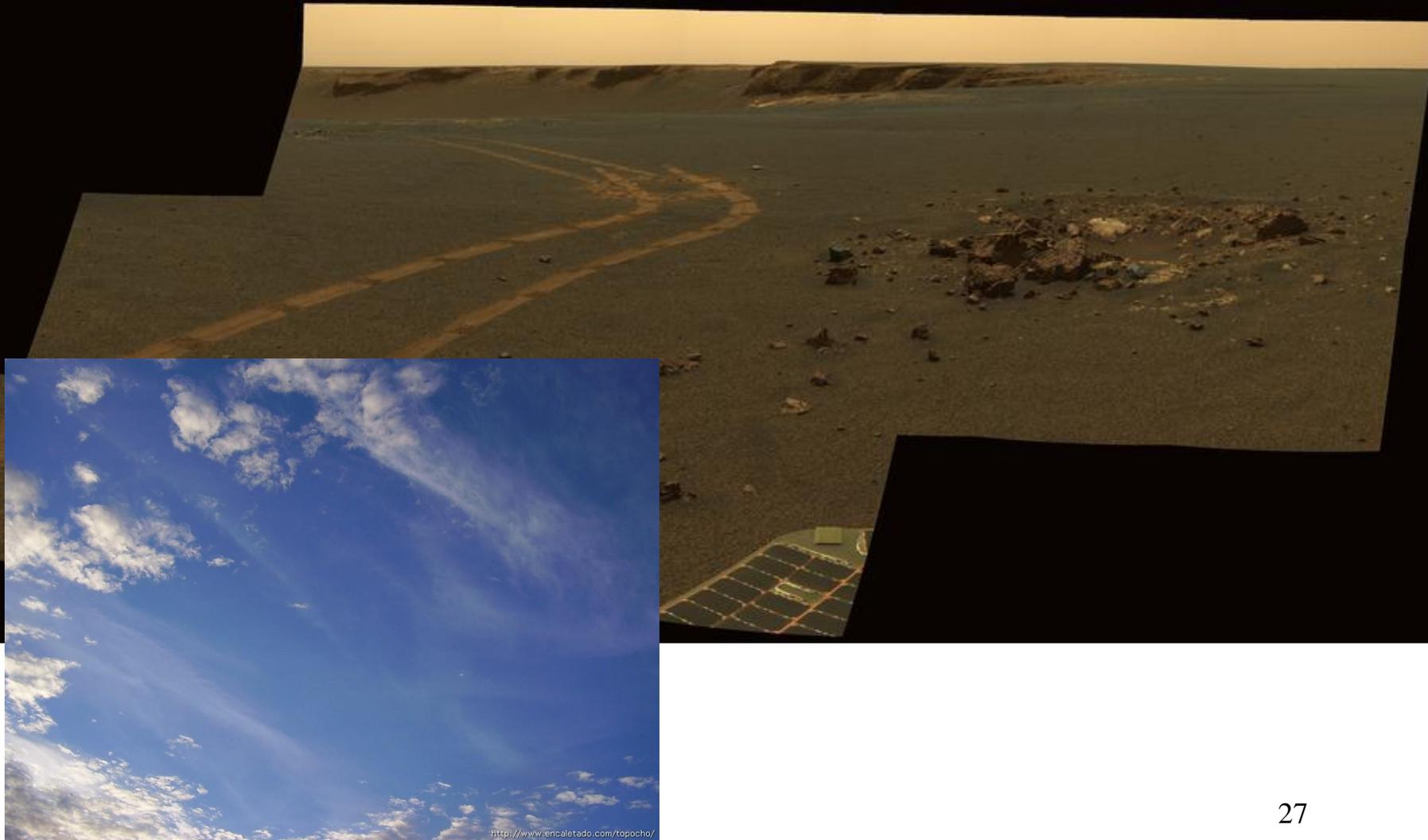
Puede inducir efectos de color

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:

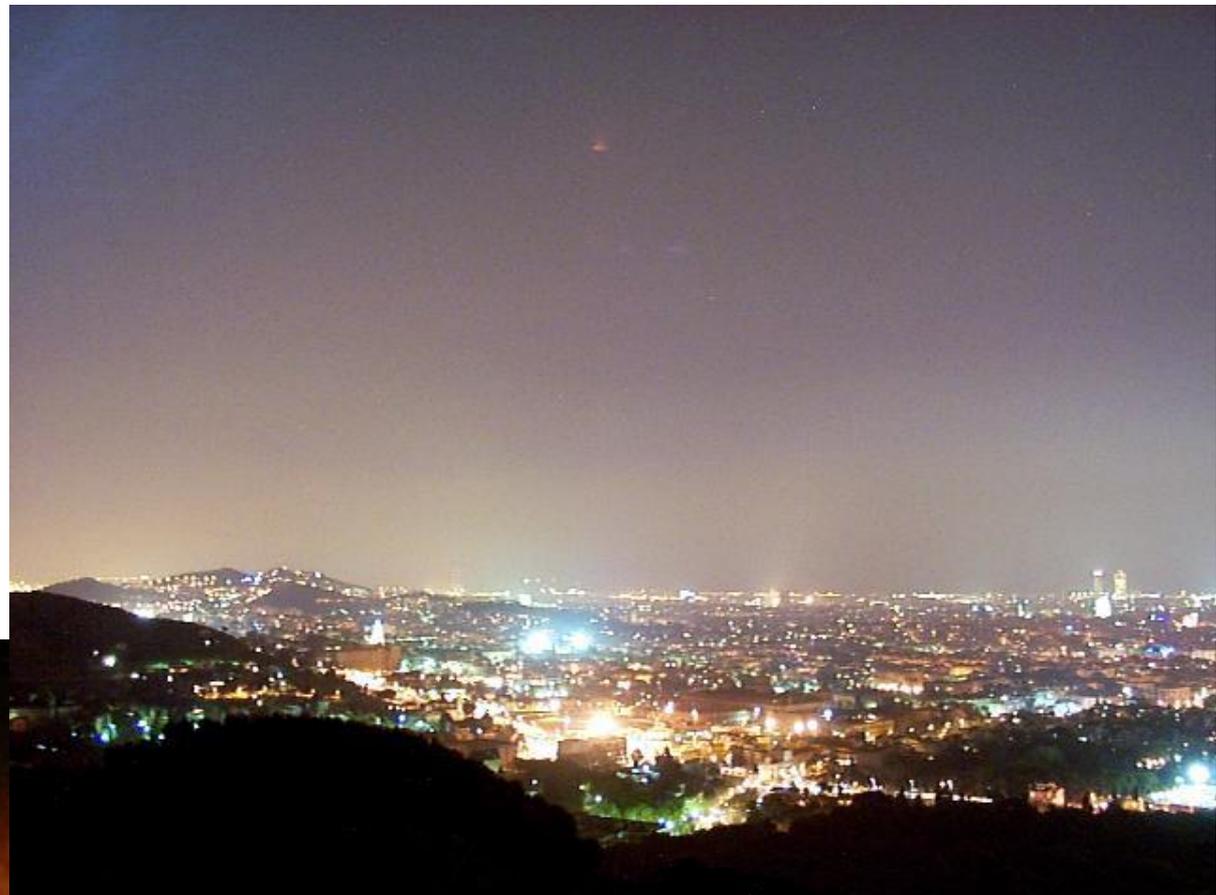
Emisión directa hacia el hemisferio superior de las luminarias

→ 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

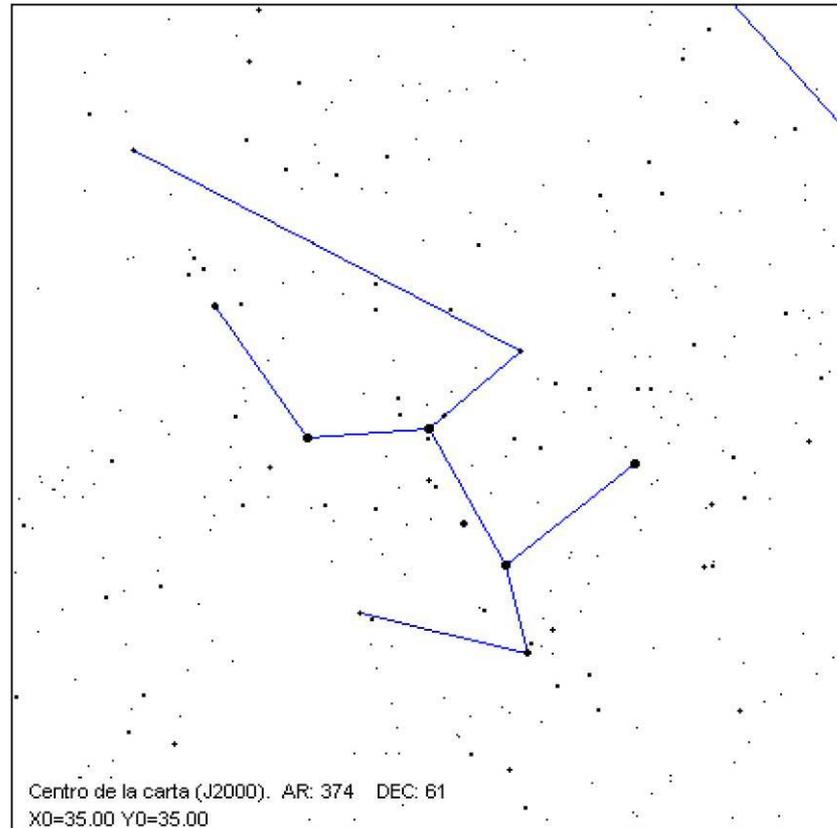
Estudio por medio de imágenes directas

Estudio espectroscópico

Observación directa del firmamento

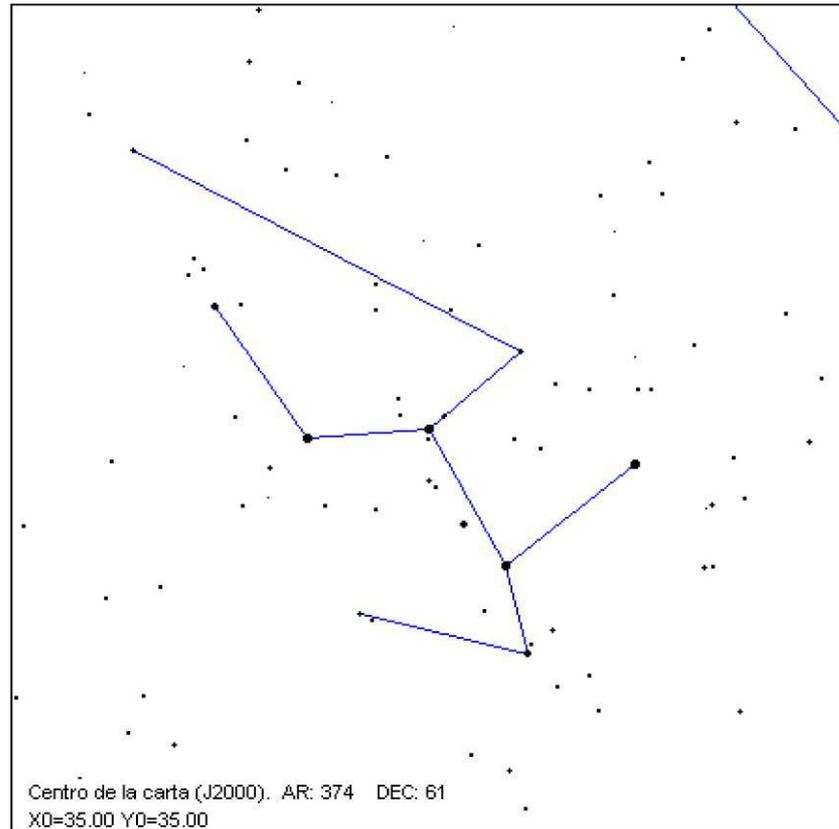
La destrucción del paisaje celeste supone una pérdida cultural y paisajística, no solo científica

Observación directa del firmamento



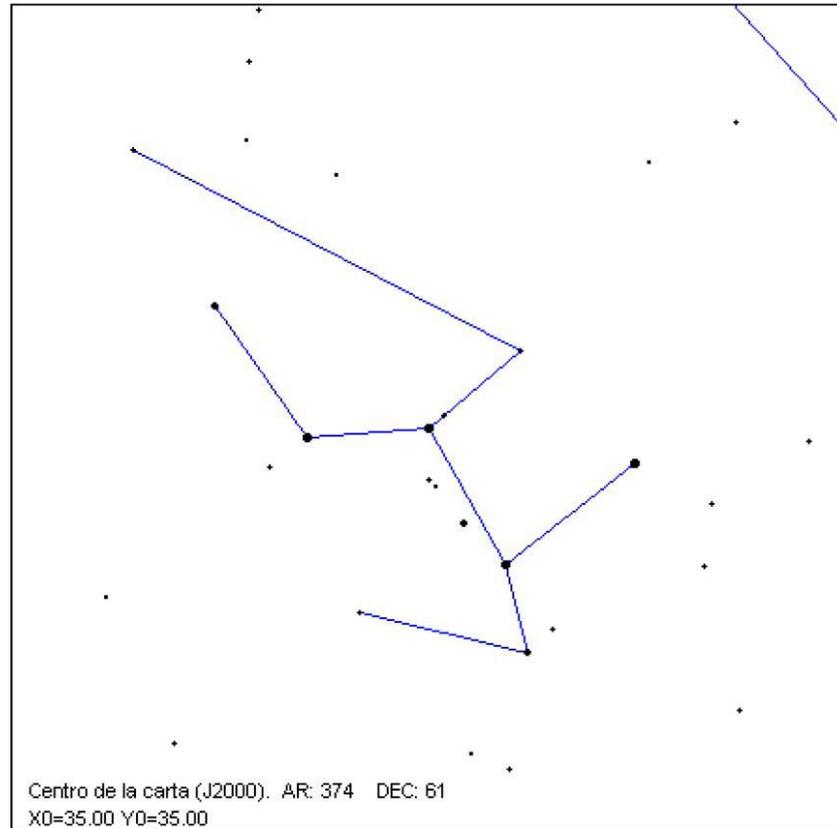
Magnitud 7

Observación directa del firmamento



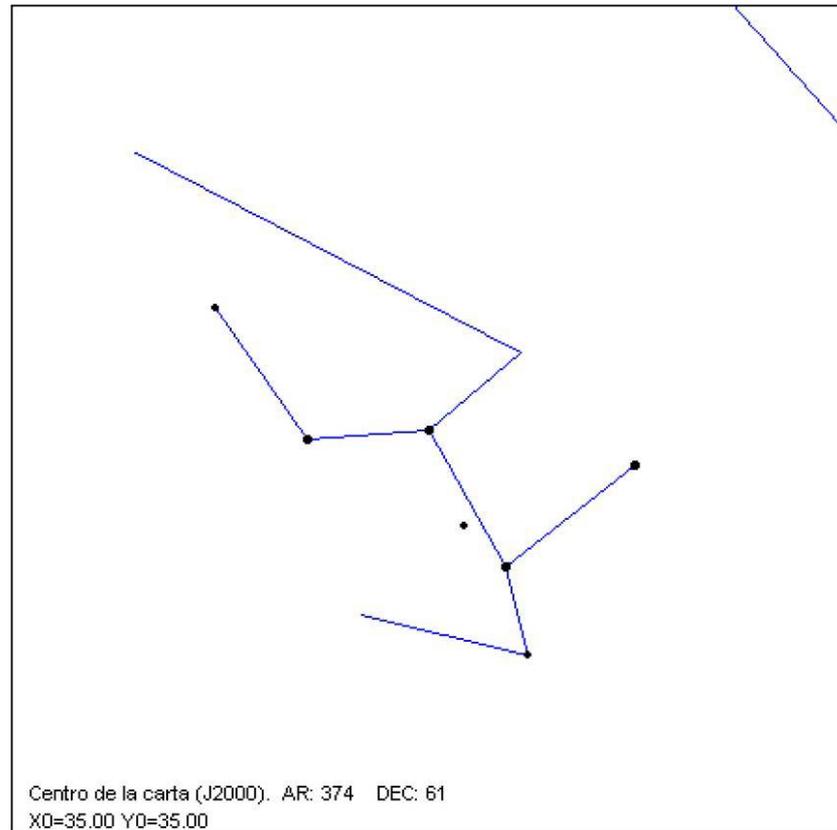
Magnitud 6

Observación directa del firmamento

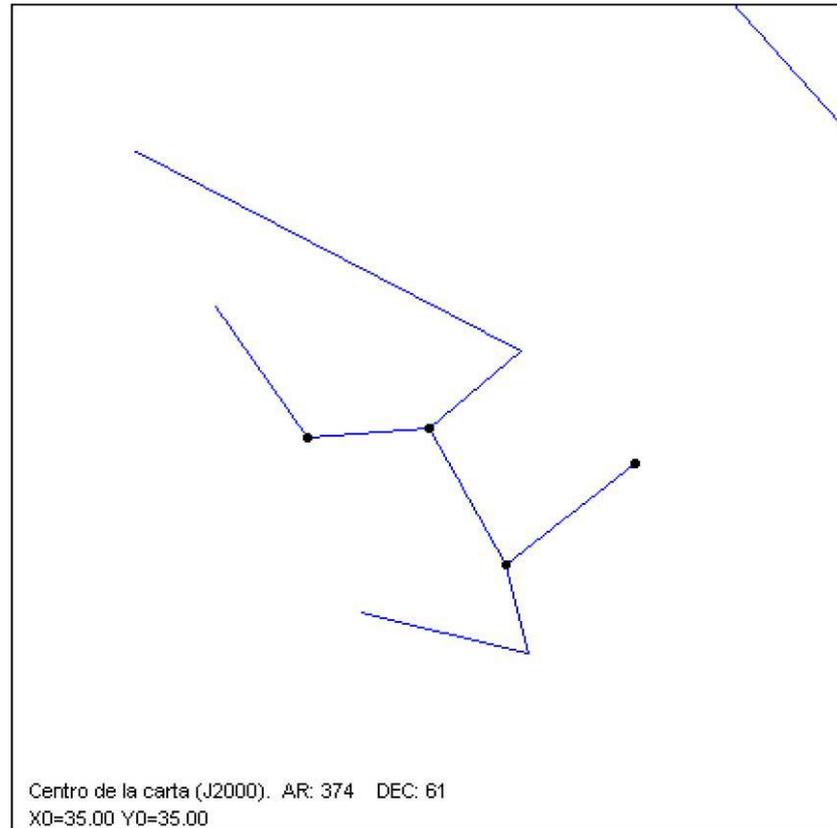


Magnitud 5

Observación directa del firmamento

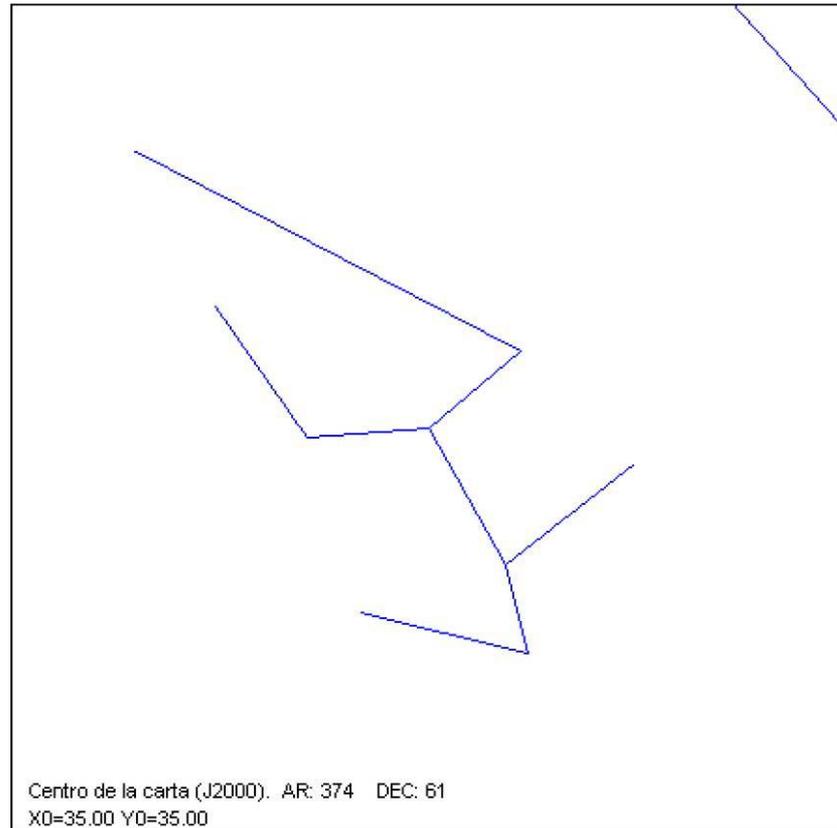


Observación directa del firmamento



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

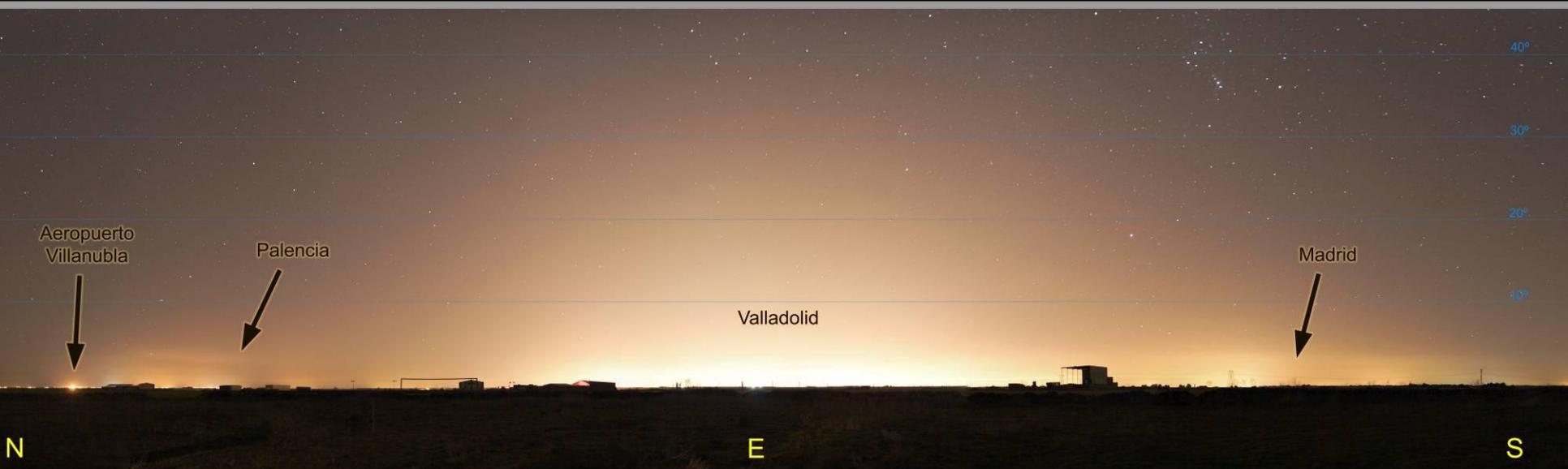
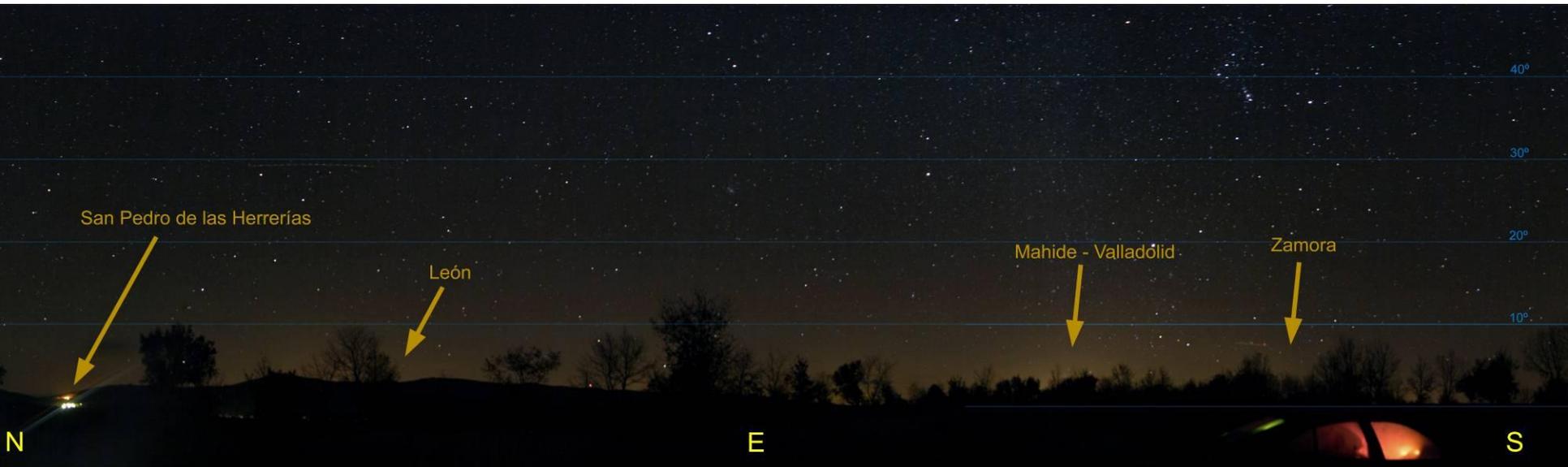


Imagen directa: La Vía Láctea







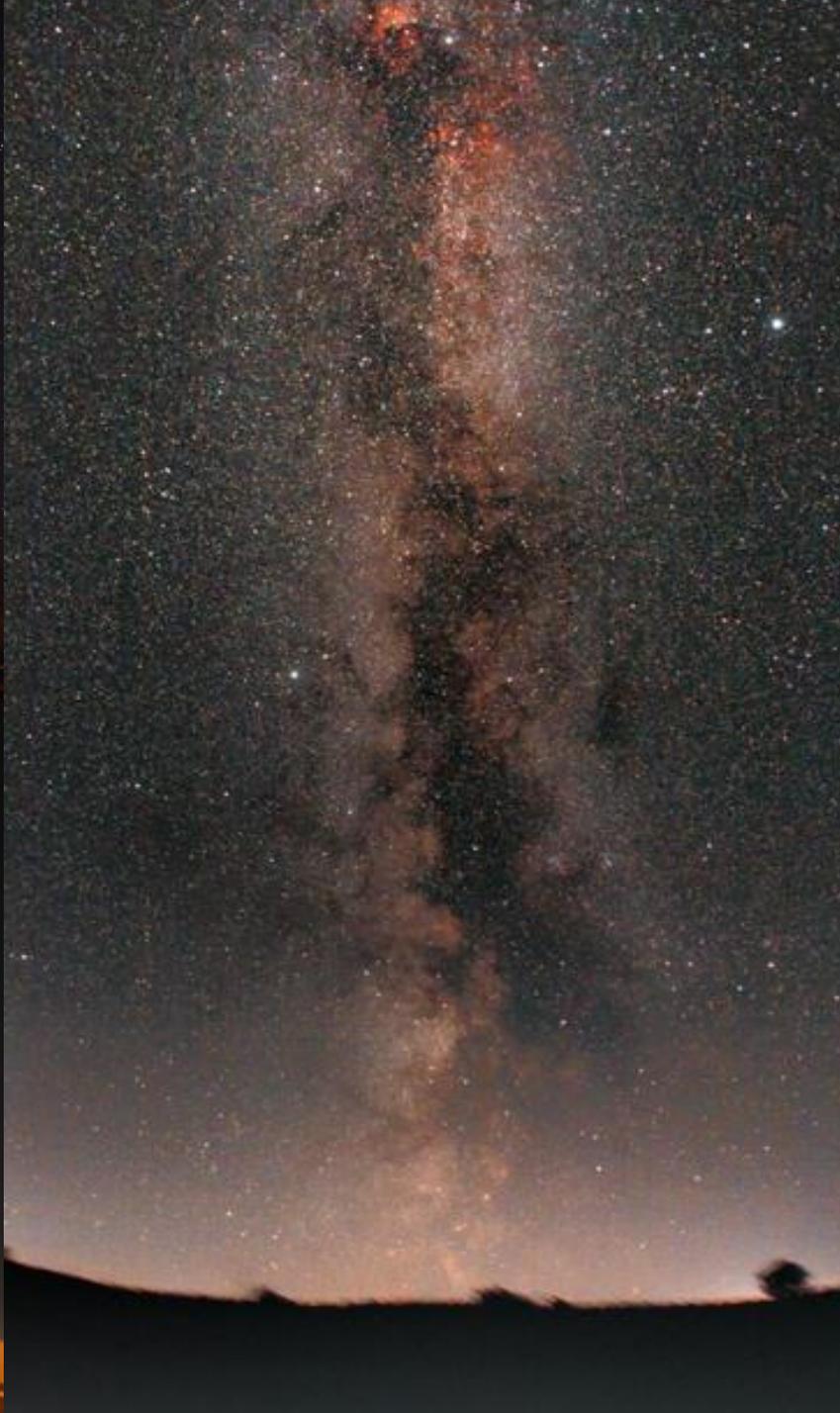


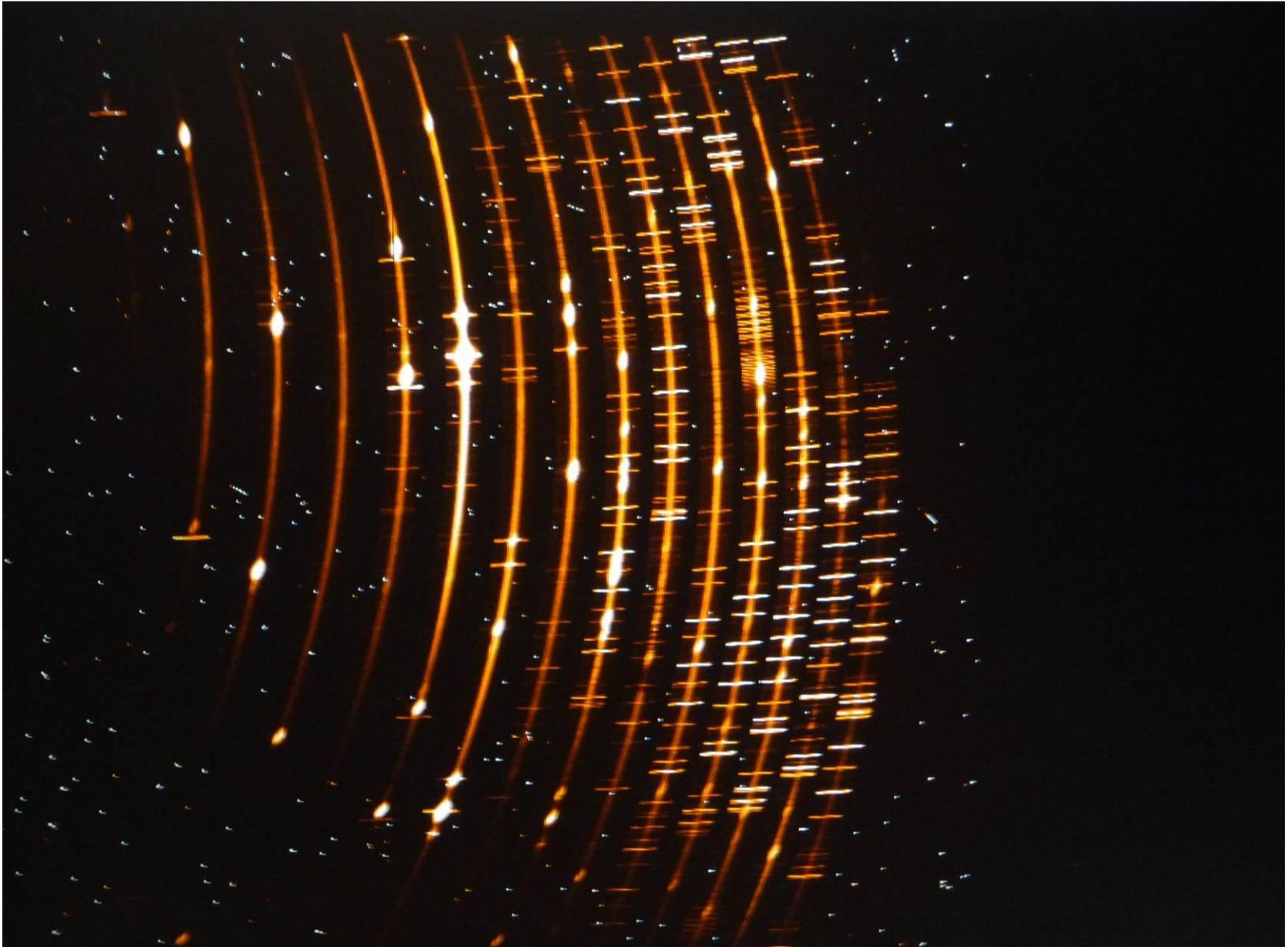


Imagen directa

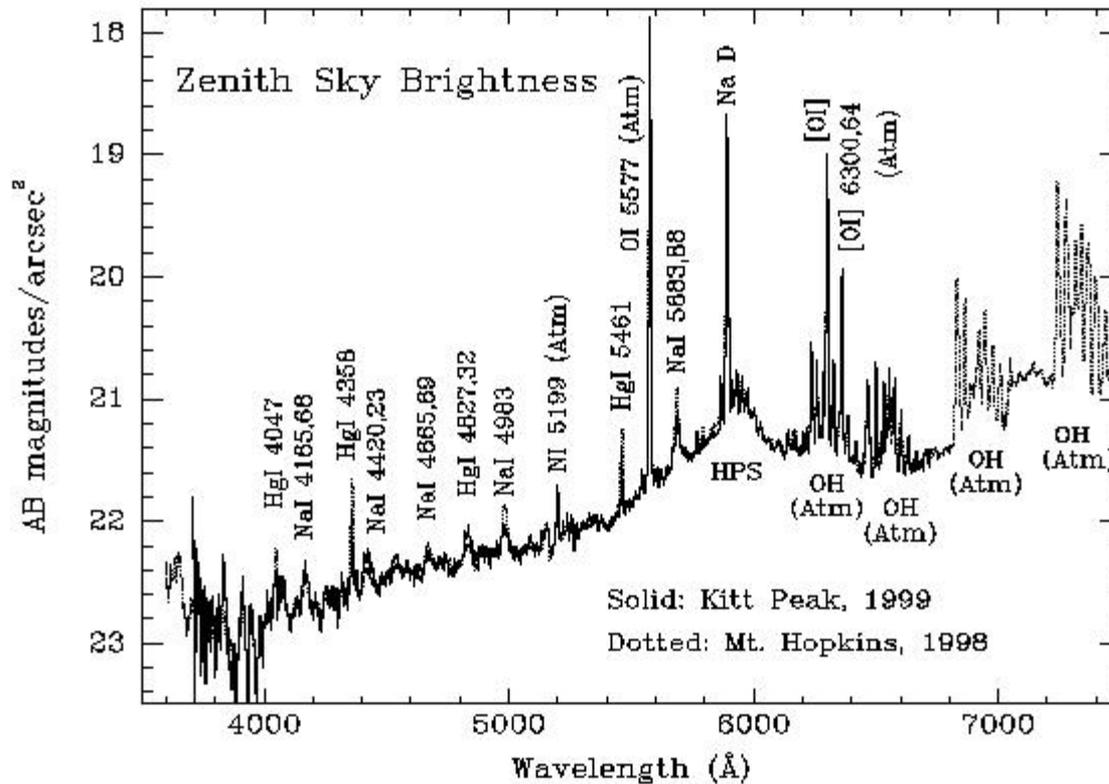
Toda luz añadida al fondo de cielo es perjudicial para su estudio por medio de imágenes directas

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

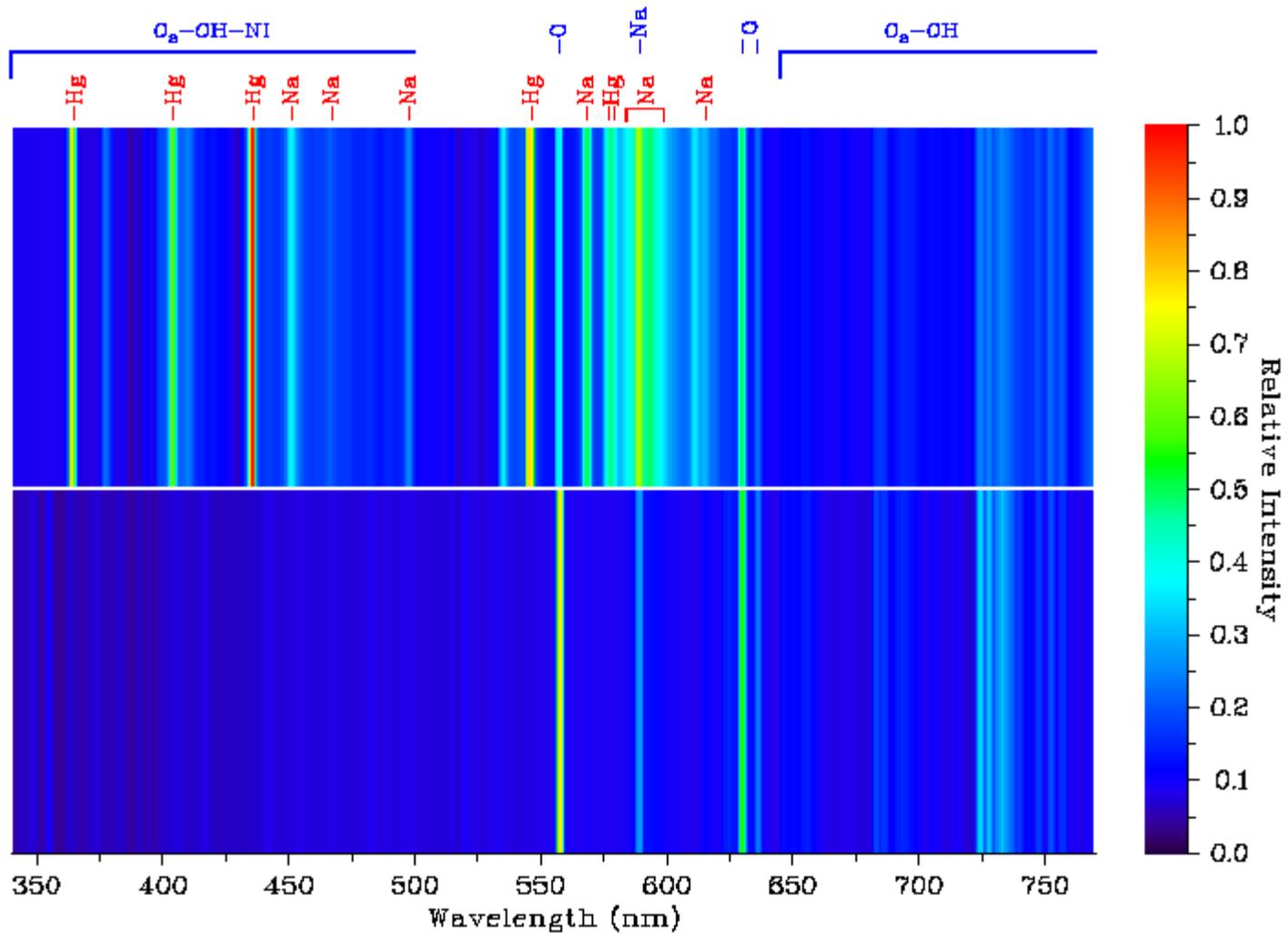
Estudio espectroscópico



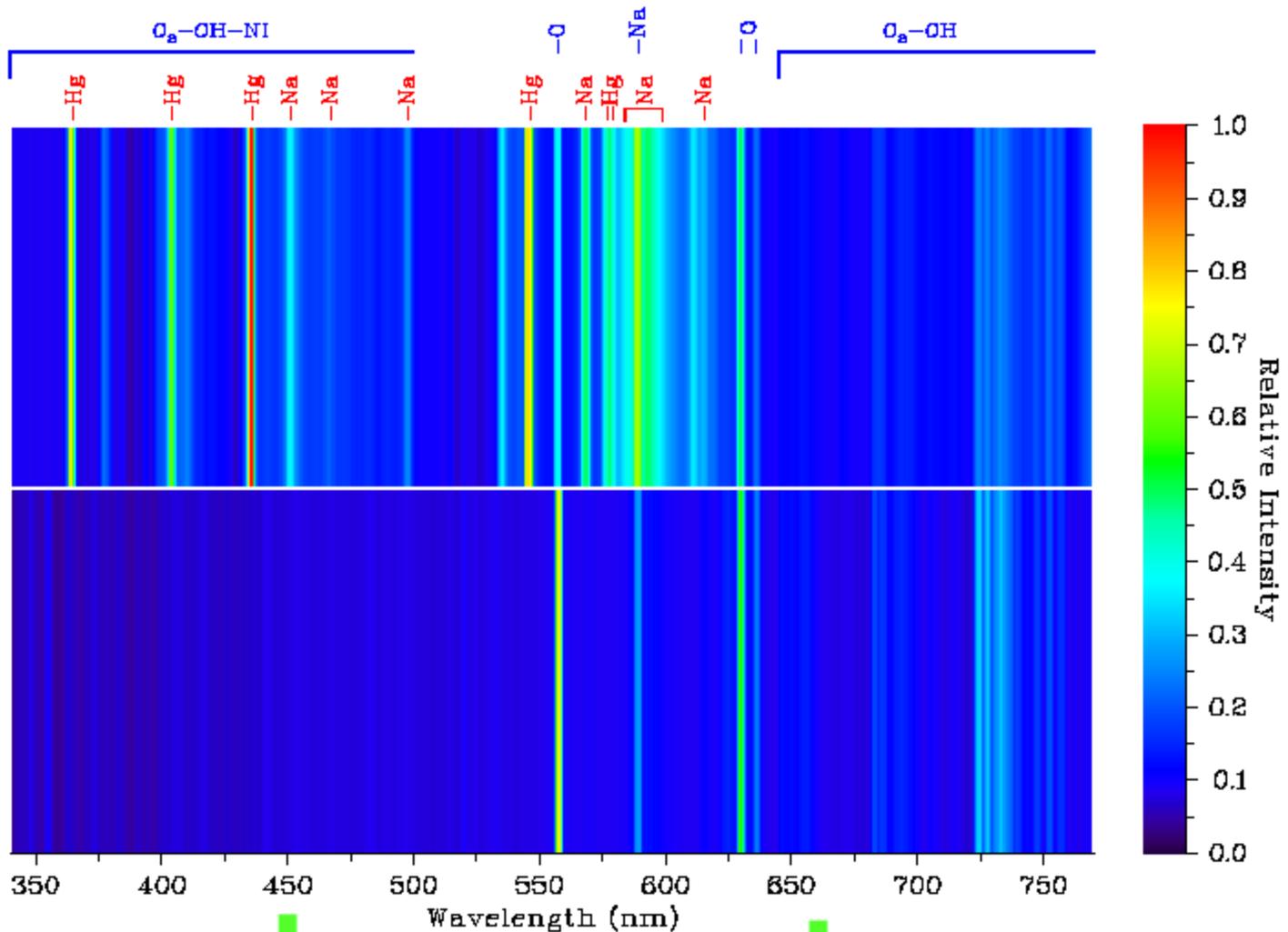
Estudio espectroscópico



Estudio espectroscópico



Estudio espectroscópico



Visión fotópica

Estudio espectroscópico

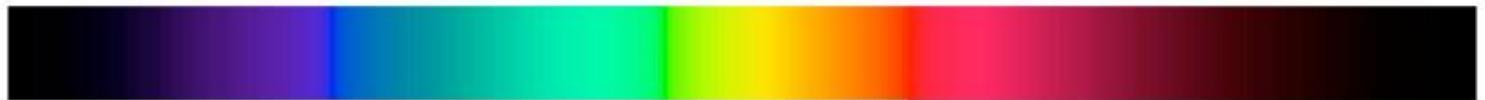
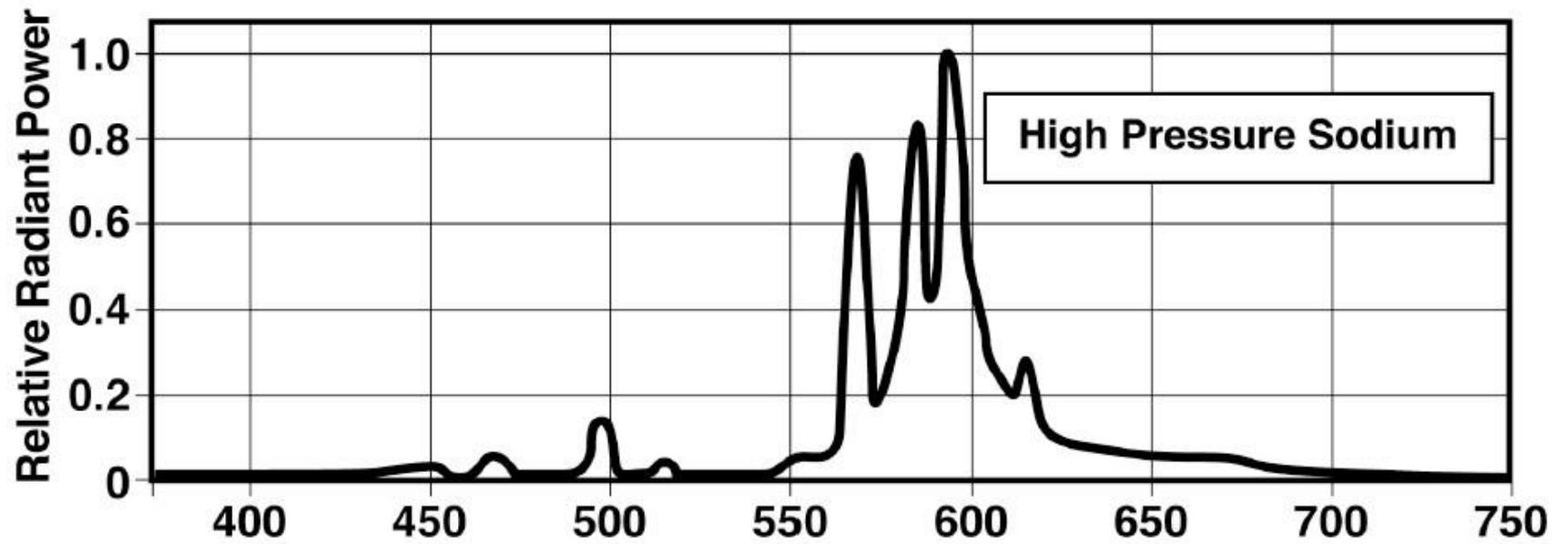
**Es más perjudicial la luz de espectro continuo:
afecta a la totalidad de los datos**

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)

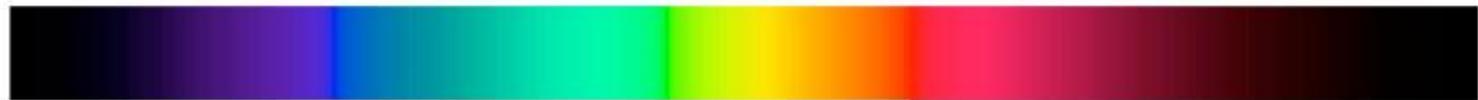
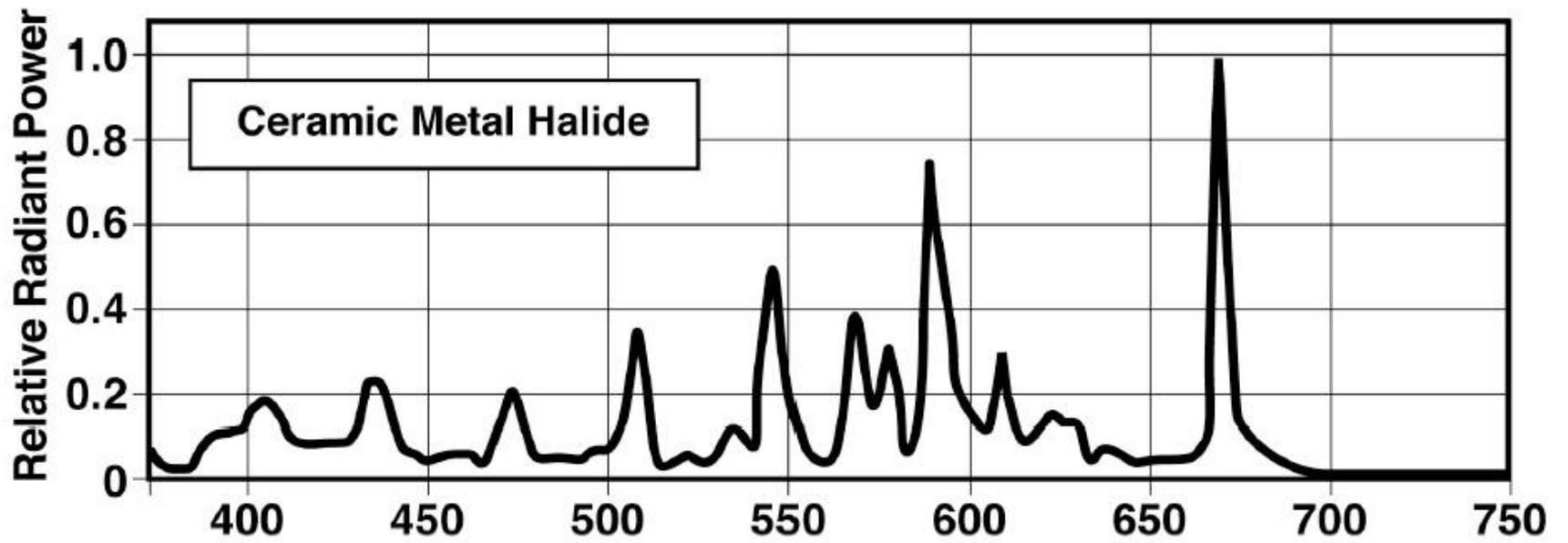


Violet

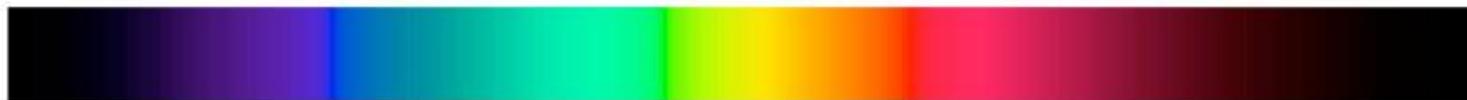
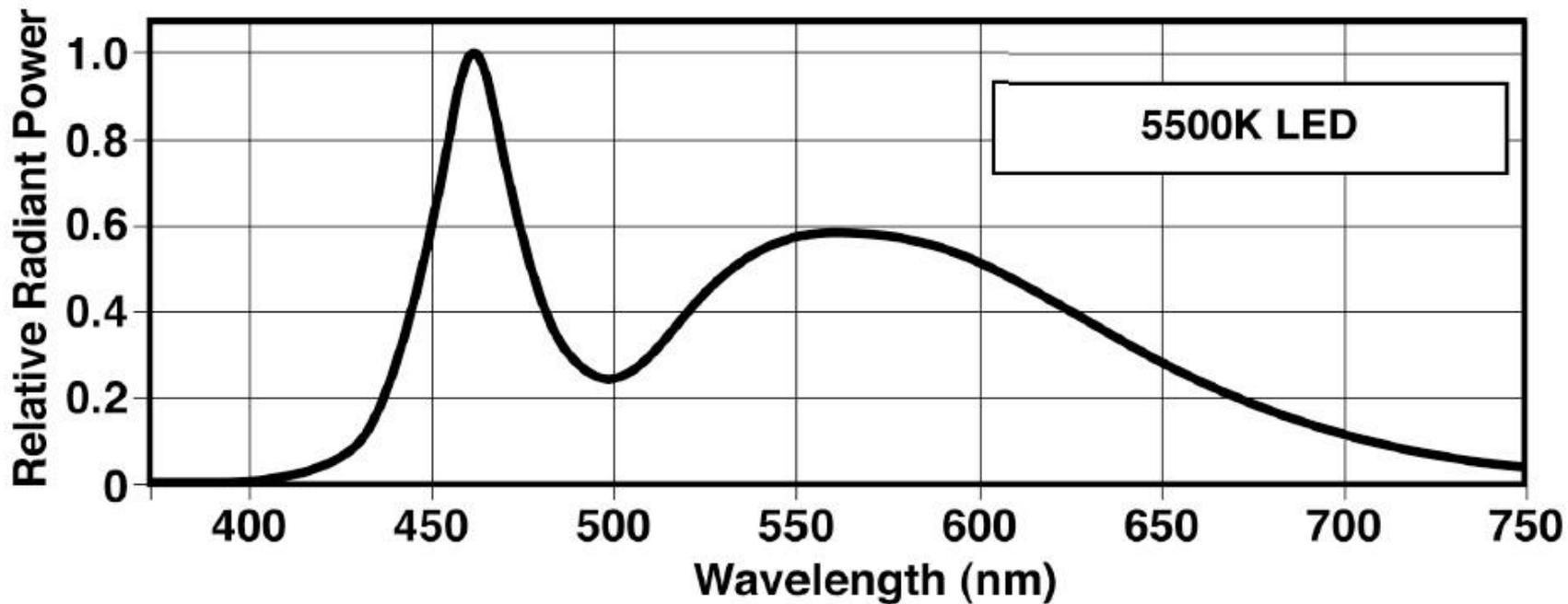
Blue

Green Yellow

Red



Violet Blue Green Yellow Red

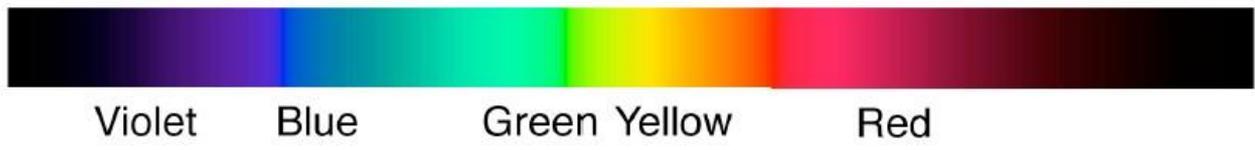
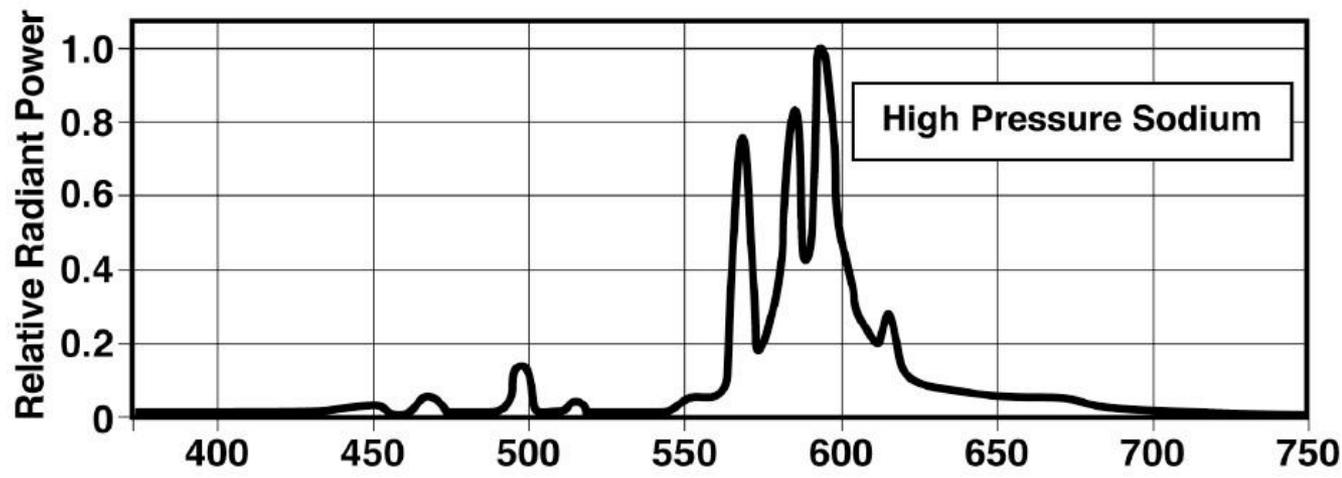
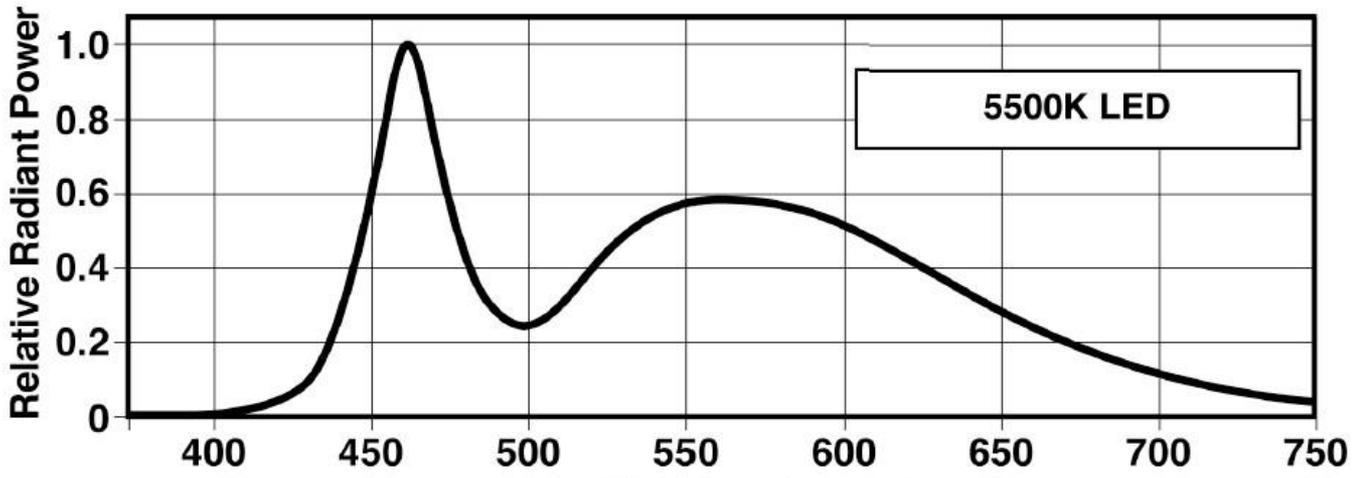


Violet

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**

