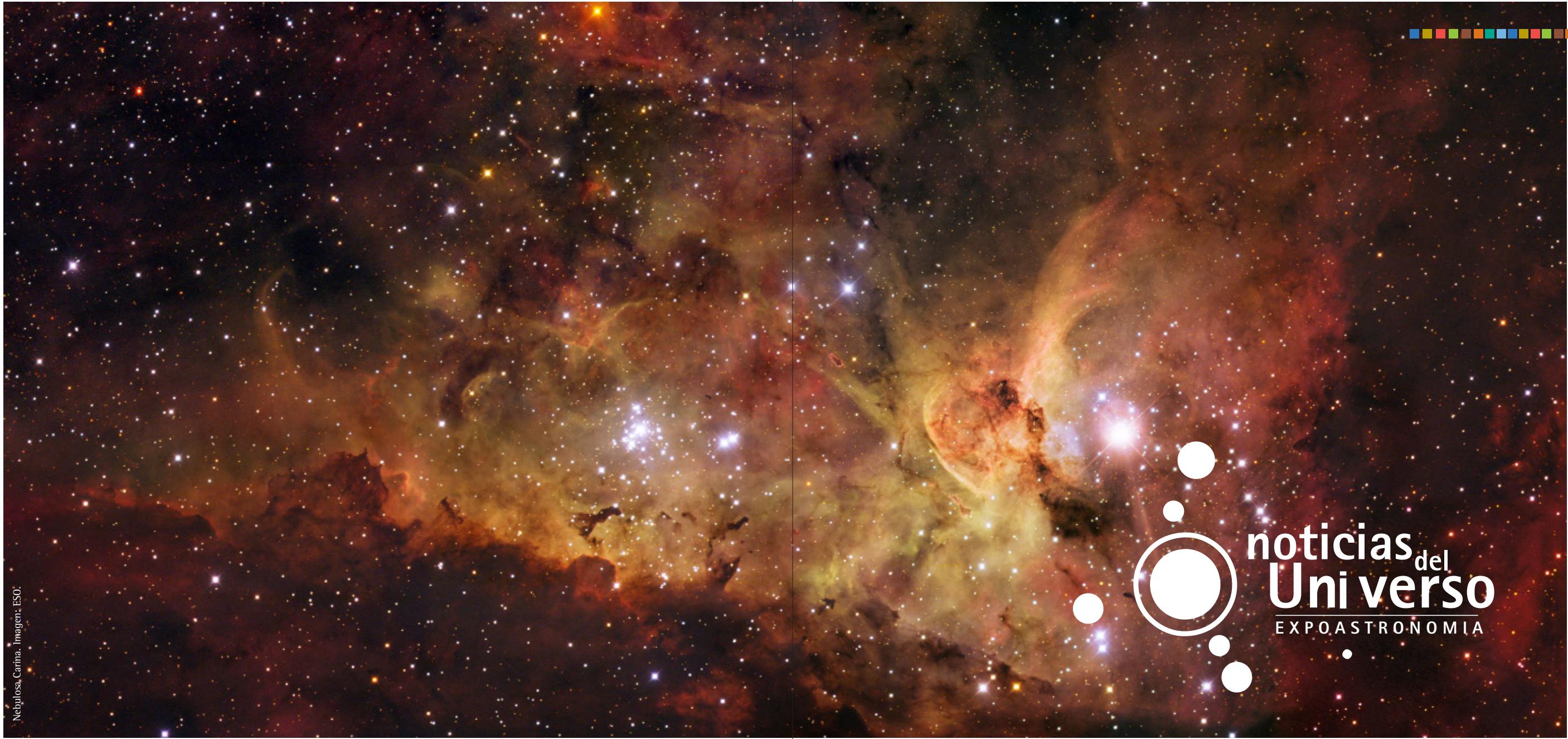




noticias del Universo

EXPOASTRONOMIA





noticias del
Universo
EXPOASTRONOMIA

ÍNDICE:



- Créditos	6
- Presentación Noticias del Universo	7
- Espectro electromagnético: Una onda particular	8
- Las ondas electromagnéticas y sus características	10
- El salto del electrón	12
- Espectroscopía: analizando la huella digital de la luz	14
- Cada vez más lejos: un Universo en expansión	16
- Chile: Puro Cielo	18
- Telescopios en Chile	19
- Paralaje: una cuestión de perspectiva	20
- Temperatura de color: ¿qué nos revela el color de una estrella?	22
- Astronomía de lo invisible	24
- Exoplanetas: en busca de nuevas Tierras	26
- La vida de una estrella	28
- Así empezó todo	30
- Ecos del pasado	32
- No se ve nada: hay demasiada luz	34
- Para saber +	36
- ¿Cuántas estrellas hay en el cielo?	38



► Presentación

Hace 400 años, Galileo Galilei apuntó por primera vez un telescopio hacia el cielo nocturno. Desde ese momento, nuestra visión del Universo nunca más volvió a ser la misma.

Con su pequeño artefacto óptico, Galileo descubrió que la superficie de la Luna no era lisa, sino llena de cráteres. Hoy escudriñamos el cosmos con poderosos telescopios y complejos instrumentos tecnológicos, flotando en el espacio o enclavados en zonas con características particulares, como el desierto del norte chileno. Ellos captan, incansables, noche a noche, la luz que se ve... y la que no se ve. Entregan incontables datos que redefinen una y otra vez cómo es el Universo en que vivimos: en movimiento permanente, lleno de energía y color, con múltiples nacimientos y muertes espectaculares. Y también con misterios que esperan ser resueltos.

La ciencia astronómica nos ha revelado un mundo muy, muy distinto del que conocieron Galileo y sus contemporáneos. Sin embargo, entre ellos y nosotros hay algo que nos une y permanece inalterable: la curiosidad por saber. ¿Qué hay más allá de nuestro planeta? ¿Cómo se creó? ¿Hacia dónde irá a evolucionar?

“Noticias del Universo” es una invitación a conocer cómo se buscan hoy respuestas a estas interrogantes, y a experimentar con algunas de las técnicas que permiten a los científicos avanzar en esta fascinante aventura de descubrimientos. Un telescopio virtual para disfrutar el enorme espacio del que somos parte, montados en nuestra gran nave espacial: la Tierra. ¡No te quedes abajo!

Esta exposición ha sido desarrollada por el Programa EXPLORA CONICYT, en colaboración con el Observatorio Europeo Austral (ESO), Atacama Millimeter/submillimeter Array (ALMA) y el Programa de Astronomía de CONICYT.

2009, Año Internacional de la Astronomía.

Diseño y Producción
D - Science



Espectro electromagnético: Una onda particular

¿Qué es la luz? Lo que nos permite ver... y muchísimo más que eso. Conocida por los científicos como espectro electromagnético, la luz es un fenómeno físico con una dualidad muy especial: es, a la vez, una onda y un flujo de partículas.

El espectro electromagnético comprende una gran diversidad de ondas. Algunas son tan pequeñas, que pueden pasar a través de células, mientras que otras saltan sobre montañas sin tocarlas. Mientras mayor es la longitud de la onda (tamaño), menor es su frecuencia (cantidad de ondas por período). Sólo una pequeña parte del espectro corresponde a las longitudes que nuestros ojos pueden percibir como colores.

Ya en 1678, Christian Huygens propuso que la luz era un fenómeno ondulatorio. Durante mucho

tiempo, la luz fue estudiada como una onda. Como tal, se refleja (en un espejo), se refracta (en un vaso de agua), y tiene interferencias (dos rayos de luz, al sumarse en situaciones especiales, pueden producir oscuridad).

Sin embargo, algunos fenómenos que ocurren con la luz no conseguían ser explicados por la ciencia a partir de esta naturaleza ondulatoria. La ciencia retomó el camino que había propuesto Newton cuando, en 1704, publicó que la luz estaba formada por corpúsculos.

¿Onda o partícula? ¡Ambas!

Albert Einstein fue quien propuso una solución, por la cual ganó el Nobel de Física en 1921. Estableció que en ciertas situaciones específicas, la luz se comporta como una lluvia de partículas, los fotones: es la naturaleza corpuscular de la luz.

Los fotones de la luz no son todos iguales: tienen más o menos energía, según sea la longitud de onda a la que corresponden. Los fotones de las ondas con menor

longitud son más energéticos, y por tanto tienen más temperatura. Los de mayor longitud transportan menos energía y son más fríos. La energía se asocia también al color: mientras más azul, mayor energía y temperatura.

Los telescopios actuales se diseñan para captar ciertas longitudes de onda, las cuales se interpretan como series de datos que entregan diversa información. Cada longitud del espectro emitido por los objetos celestes (estrellas, galaxias, púlsares, cuásares, supernovas) entrega información sobre sus características. Los avances en astronomía han conseguido develar esta información, y mostrarnos un Universo que, hasta hace pocos años, ni siquiera podíamos imaginar.

Un ejemplo es la radioastronomía. Los telescopios de radio no trabajan con el espectro visible, como lo ha hecho la astronomía óptica desde sus inicios. No utilizan espejos ni cristales, sino antenas. Captan las grandes ondas de radio, las cuales tienen la ventaja de atravesar mejor que las ondas del espectro visible ciertas regiones ocultas por zonas de gran densidad de polvo, como suelen ser, por ejemplo, las maternidades de estrellas.

Para obtener imágenes de mayor resolución, la radioastronomía (y la de otras longitudes de onda) usa la técnica de la interferometría, que combina las ondas de luz captadas por diferentes receptores.

Espectro

Espectro Electromagnético

Longitud de onda

Radio

Microondas

Infrarrojo

Visible

Ultravioleta

Rayos X

Rayos gamma

Frecuencia (Hz)

10^4

10^8

10^{12}

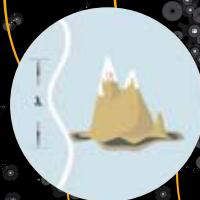
10^{15}

10^{16}

10^{18}

10^{20}

Tamaños aproximados



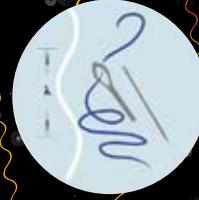
Montaña



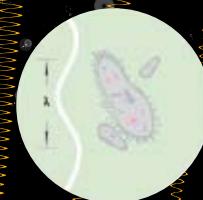
Personas



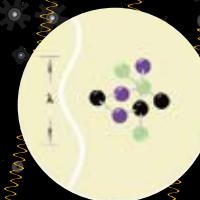
Abeja



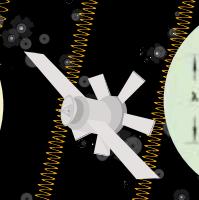
Punta de aguja



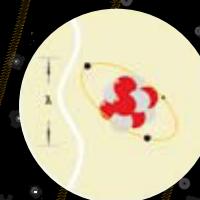
Protozoo



Molécula



Átomo



Núcleo atómico

Penetración en la atmósfera

Una onda electromagnética es una perturbación producida por el salto de un electrón en el átomo, desde un nivel de energía a otro. Estas ondas tienen diferentes longitudes (tamaños) y frecuencias (cantidad de ondas por unidad de tiempo). Se desplazan por el Universo y llegan a nuestro planeta, pero sólo algunas logran atravesar la atmósfera. Gracias a los diferentes tipos de telescopios, podemos recoger esta información que nos trae "Noticias del Universo".

El salto del electrón

Para conocer más sobre las estrellas y galaxias, primero fue necesario entender cómo funciona el micromundo.

En 1913, el físico danés Niels Bohr creó un modelo para explicar la estructura de uno de los componentes más pequeños del Universo: el átomo. En él, los electrones se mueven alrededor del núcleo, formado por protones y neutrones, en órbitas finitas y con niveles específicos de energía.

Un electrón puede cambiar de una órbita a otra. Si pasa de una externa (mayor energía) a una interna (menor energía) el átomo debe liberar la energía “sobrante”, y lo hace en forma de un fotón, o corpúsculo de luz. Si el salto es de una órbita interna a una externa, el átomo necesita energía, la cual obtiene de un fotón.

La física actual no habla de órbitas, sino de niveles de energía. El paso del electrón de un nivel a otro produce la emisión o absorción de un fotón.

Los átomos son los componentes esenciales de los elementos químicos. Cada elemento tiene su número atómico: su propia combinación única de protones, neutrones y electrones. Los electrones de cada elemento tienen “saltos energéticos” muy específicos, según los niveles de energía del átomo respectivo. Esta singularidad se expresa en las líneas espectrales de los elementos. Las líneas emitidas o absorbidas corresponden a un color, de acuerdo a la energía liberada o consumida por el átomo.

Las líneas espectrales son de dos tipos:

- **de emisión:** franjas de color producidas por fotones de distinta energía, que fueron liberados al cambiar un electrón de un nivel energético mayor a uno menor.
- **de absorción:** franjas negras generadas cuando el electrón captó un fotón, que le dio la energía necesaria para pasar de un nivel menor a uno mayor.

En astronomía, las líneas espectrales han contribuido a conocer más en muchos campos: los elementos que componen un objeto celeste, el desplazamiento al rojo, las distancias estelares son sólo algunos ejemplos.

El Salto del Electrón

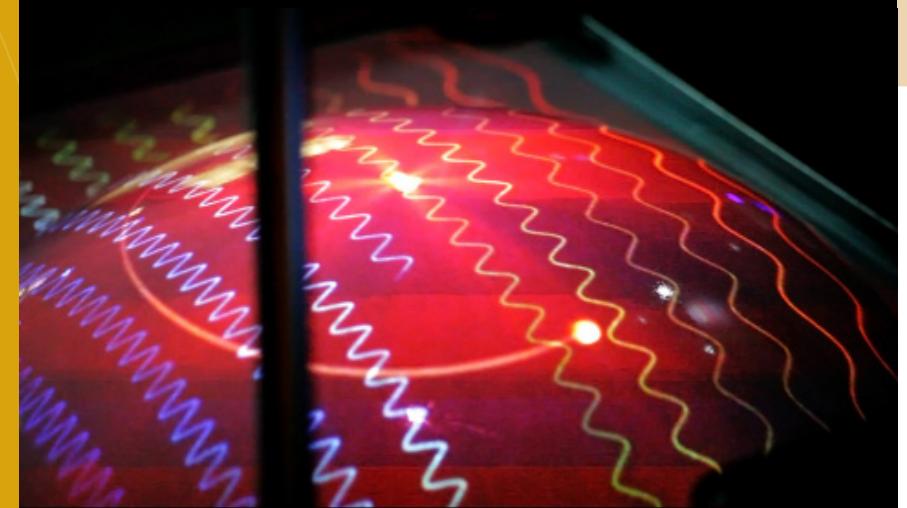
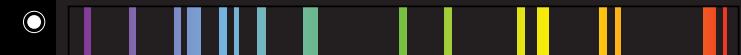
1. Espectro Continuo



2. Espectro de Absorción



3. Espectro de Emisión



Espectroscopía:

analizando la huella digital de la luz

¿Cómo se las arregla un científico para estudiar un objeto, si no puede tocarlo, tomarle muestras ni experimentar con él? La respuesta la tiene la física.

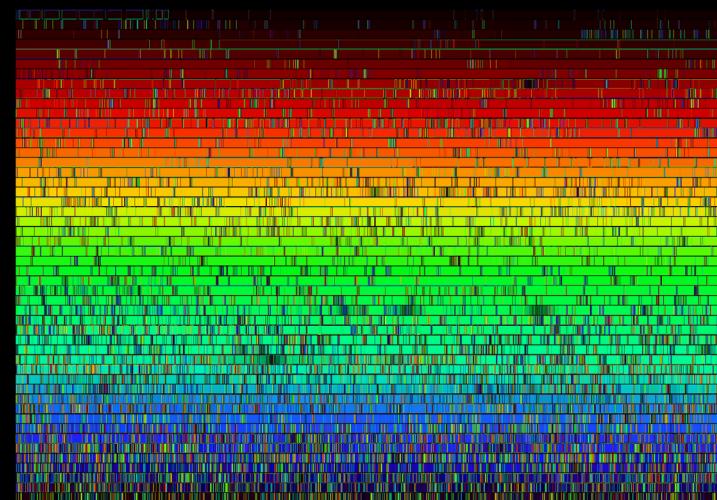
Hay al menos una cosa que, con certeza, recibimos de las estrellas: **luz**. Las ondas electromagnéticas son una magnífica fuente de información. Los avances de las ciencias físicas y el desarrollo tecnológico permiten a los astrónomos interpretar diversos fenómenos lumínicos, al traducirlos en datos que aportan al conocimiento de objetos estelares.

Un ejemplo es el análisis de líneas espectrales. Un espectro es una mancha de luz coloreada, que se forma al separar un haz de luz en sus diferentes colores o longitudes de onda. El espectro más conocido es el de la luz visible del Sol: el arcoiris.

Cada elemento tiene su propio espectro único e irrepetible, una huella digital que sirve de pista infalible para detectarlo. Y un espectro astronómico está formado por la suma de los espectros de cada uno de los elementos que componen al objeto en estudio. Nos revela la presencia de un elemento, y también su cantidad.

Otros datos que descubre la espectroscopía: podemos conocer las condiciones de presión, temperatura y densidad del objeto que genera el espectro. Podemos saber si un objeto celeste se acerca o se aleja de nosotros, si las líneas de su espectro se desplazan hacia el azul o el rojo. Podemos calcular la velocidad de este desplazamiento, y el ritmo de expansión del Universo. Si el emisor luminoso es una enana blanca o una estrella de neutrones, el desplazamiento nos indica su masa y su tamaño. El espectro completo (ondas radioeléctricas, microondas, infrarrojas, visibles, ultravioletas, rayos X y gamma) de objetos muy activos como púlsares y supernovas, nos permite conocer su tamaño, la intensidad de su campo magnético y su capacidad para acelerar partículas hasta velocidades próximas a la de la luz.

Espectro Solar



El espectro del Sol, el arcoiris, nos parece continuo a ojo desnudo. Pero una observación más detenida muestra líneas de absorción en las franjas de colores. Son las líneas de Fraunhofer, llamadas así en honor del físico alemán que las estudió a partir de 1814. Esta imagen se creó a partir de datos digitales obtenidos por el Observatorio Kitt Peak de Arizona, EE.UU. Créditos: N.A.Sharp, NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/ AURA/NSF.

Peak FTS/AURA/NSF.

Espectroscopía



Un Universo Cada vez más lejos: en expansión

En el siglo XIX, el físico y matemático austriaco Christian Doppler describió una propiedad del sonido: si una fuente emisora de ondas se acerca a un observador, entonces la cantidad de ondas por unidad de tiempo que recibe ese observador, aumenta. Si la fuente se aleja, el observador recibe menos ondas por unidad de tiempo. La diferente cantidad de ondas, o frecuencia, es percibida por el observador como un cambio en el sonido (ver esquema).

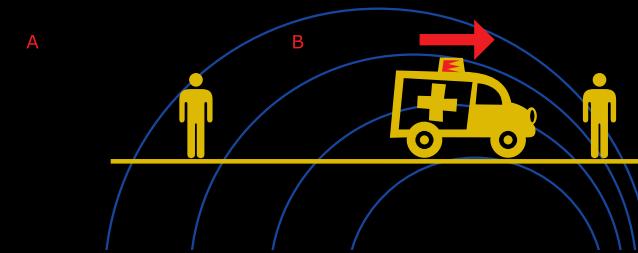
Este es el efecto Doppler. Para nosotros resulta más evidente si la fuente emisora de sonido se nos acerca o aleja con rapidez, como la sirena de una ambulancia. El efecto se aplica a todas las ondas, incluida la luz cuando se manifiesta como tal.

Una estrella, que emite ondas de luz, genera un espectro único: su huella digital. Si la estrella se nos acerca rápidamente, la luz que emite nos llegará ligeramente desplazada hacia el azul (alta frecuencia). Si se nos aleja con igual rapidez, percibiremos su luz como ligeramente desplazada al rojo (baja frecuencia).

Observando periódicamente varias estrellas, los astrónomos descubrieron que sus líneas espectrales se desplazaban hacia el rojo. En otras palabras, ¡muchas estrellas se alejan de nosotros!

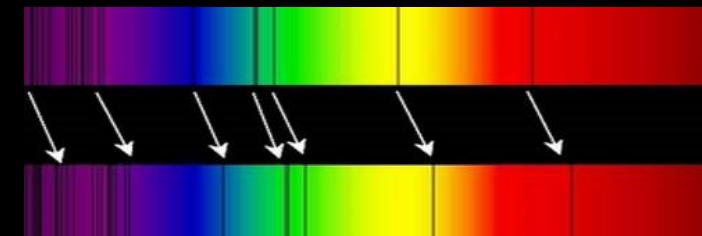
Esto demostraría que el Universo se expande. Como un globo constantemente inflado, el tiempo, el espacio y la materia catapultados en la Gran Explosión “viajan” rápida e incansablemente, dejando resabios claros de esta travesía: el desplazamiento al rojo.

> Efecto Doppler



1. Menos ondas - frecuencia menor - sonido más grave.
2. Más ondas - frecuencia mayor - sonido más agudo.

> Corrimiento al rojo



Cada vez más lejos:
Un Universo
en Expansión

Chile: Puro Cielo

¿Por qué un pequeño país del fin del mundo es un lugar privilegiado para observar el Universo?

- Porque desde el Sur hay otra mirada. Desde el Sur vemos una parte del Universo invisible desde el Norte, donde está la mayor cantidad de países que han cultivado la astronomía. ¡El centro de la Vía Láctea se ve mejor desde el Sur! También apreciamos las hermosas Nubes de Magallanes, galaxias satélites de la Vía Láctea.

- Porque los cielos del Norte chileno son un tesoro. Tienen óptima calidad, no sólo por la gran cantidad de noches despejadas, sino por la estabilidad de la atmósfera que permite captar imágenes nítidas.

- Porque hemos sido buenos anfitriones. Por casi medio siglo, Chile ha facilitado que observatorios de distintos países se instalen en nuestro territorio. Hoy el desierto acoge una decena de observatorios y entre ellos ¡el más poderoso del mundo!, el Very Large Telescope, compuesto por cuatro telescopios de 8.2 metros de diámetro cada uno, asentado en el Cerro Paranal, Antofagasta.

Telescopios en Chile

Cerro Paranal



- Very Large Telescope (VLT). 4 telescopios de 8,2 m. 4 telescopios auxiliares de 1,8 m. Observaciones en visible e infrarrojo, e interferometría.

La Silla



- Tres telescopios activos con diversa instrumentación, como el espectrógrafo HARPS que busca exoplanetas.

Llano de Chajnantor



- Atacama Pathfinder Experiment (APEX). Antena de 12 m. astronomía submilimétrica, entre infrarrojo y ondas de radio.
- Generador de Imágenes de Fondo Cósmico (CBI, en inglés). Radiotelescopio.
- Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA): 66 antenas de radioastronomía, en construcción (en la imagen).
- TAO: telescopio infrarrojo, en construcción.

Cerro Pachón (80 km de La Serena)



- Telescopio Gemini Sur, 8,1 m. Observaciones ópticas e infrarrojas (en la imagen. Créditos: Gemini Observatory/AURA).
- Telescopio de Observación Astrofísica del Sur (SOAR, en inglés). 4,1 m. Observaciones ópticas e infrarrojas.

Cerro Tololo (La Serena)



- Observatorio Internacional. 5 telescopios entre 4 y 0,9 m de diámetro. Imagen: T. Abbott y NOAO/AURA/NSF

Las Campanas, al norte de La Serena



- Seis telescopios, dos gemelos llamados Magallanes, de 6,5 m. Observaciones ópticas e infrarrojas.

► Paralaje: una cuestión de perspectiva

Las distancias en el Universo son enormes. Tanto, que resulta imposible medirlas directamente, salvo las de la Tierra a nuestros vecinos más cercanos, como la Luna o Marte. Las unidades métricas terrestres (metros, kilómetros...) son muy pequeñas para abarcar los espacios exteriores. Por eso, los científicos recurren a unidades especiales, como los años luz, para expresarlas.

¿Cómo se calcula la lejanía de astros a decenas, cientos o miles de años luz de la Tierra? El sistema más antiguo, que todavía da excelentes resultados para distancias hasta mil años luz, es el paralaje.

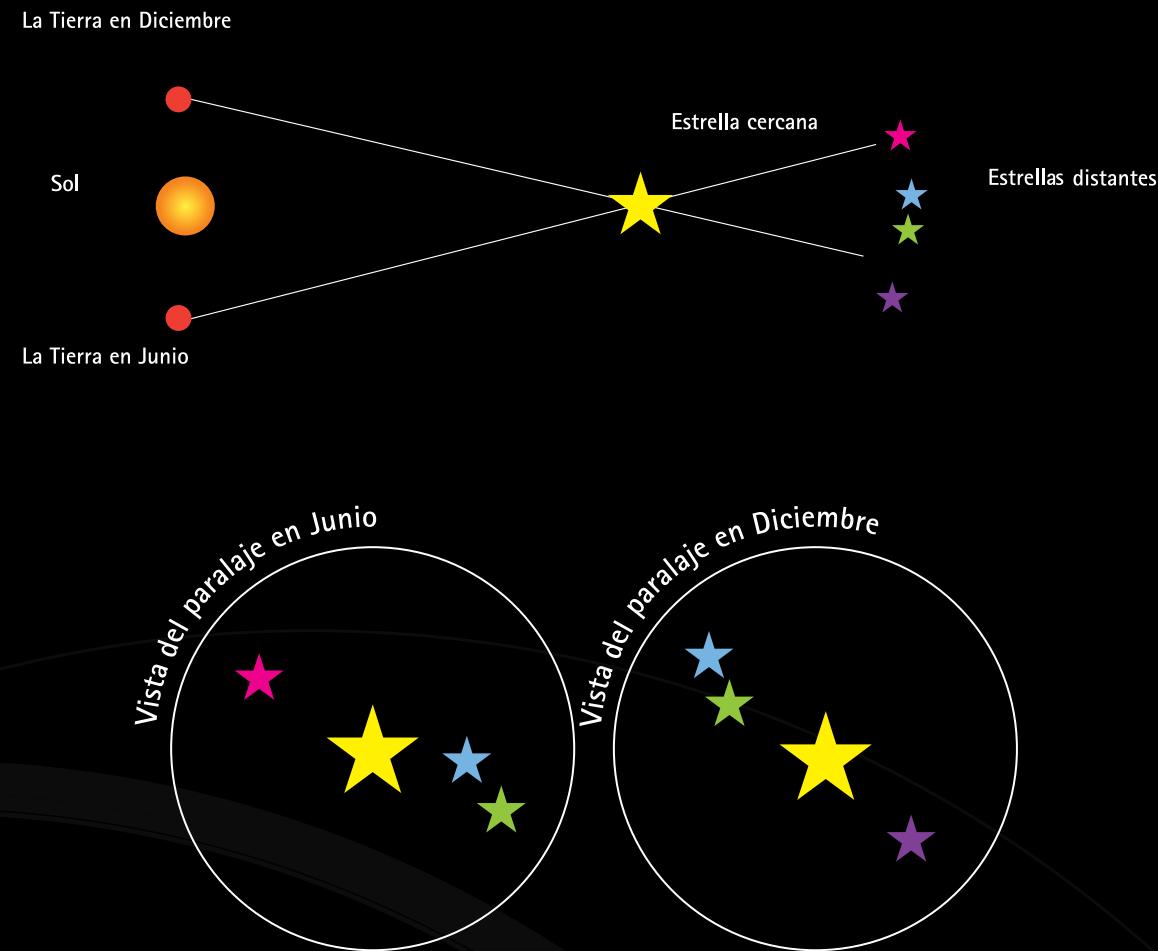
Si observamos un cuerpo celeste en una época determinada del año, lo situaremos en una cierta relación con los otros objetos en el cielo nocturno. Seis meses

después, una nueva observación nos revela un movimiento aparente: el cuerpo se ha “corrido” en relación al fondo, que aparece como fijo. Al calcular el ángulo que cuantifica esta posición relativa, y aplicando una fórmula trigonométrica, podremos saber qué tan lejos está ese cuerpo observado.

El paralaje usa una diferencia de perspectiva que nos ofrece la observación terrestre, gracias a la órbita de traslación del planeta. Mientras más cerca esté el objeto observado, más evidente será su movimiento aparente en relación a astros lejanos, cuya perspectiva prácticamente no cambia.

Para medir distancias de objetos muy alejados, los científicos recurren a otros sistemas, como la determinación indirecta del brillo (magnitud) absoluto o el efecto Doppler.

► Paralaje





Temperatura de color: ¿qué nos revela el color de una estrella?

Las **estrellas** se ven de colores distintos. Algunas son azules, otras rojas, otras amarillentas. Este color aparente nos entrega mucha información con respecto a su edad, temperatura y masa, o cantidad de materia que las compone.

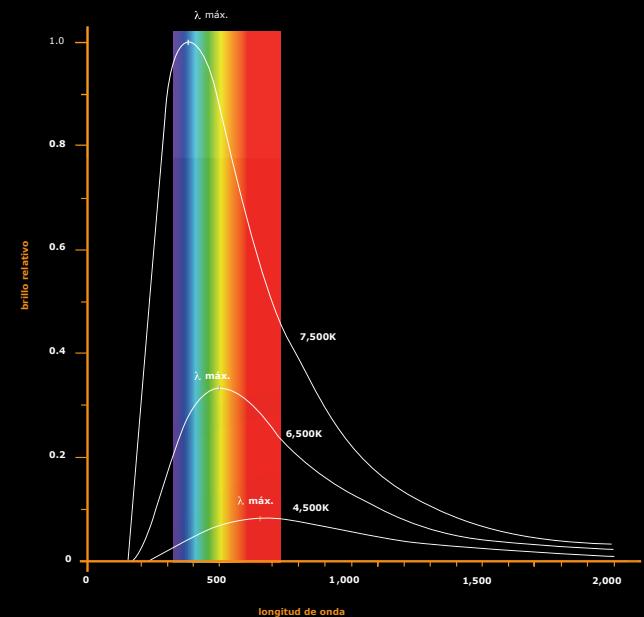
Un **color específico** corresponde a una determinada longitud de onda del espectro electromagnético. Los fotones emitidos en cada longitud no son todos iguales en energía. Aquellos con mayor energía se asocian a longitudes de onda menores, que vemos más azules. Los fotones que cargan menos energía se asocian a longitudes mayores, que percibimos más rojas.

Todo cuerpo emite energía en forma de ondas electromagnéticas. Mientras más elevada es la temperatura del emisor, más intensa es la radiación, y de longitudes de onda más cortas. En otras palabras, una luz azul es más caliente que una luz roja. Por eso, si calentamos un metal, éste primero se verá rojo, luego anaranjado, y pasará por todos los colores hasta llegar finalmente al azul. Al captar el color de una estrella, podemos saber también qué temperatura tiene esa estrella.

La temperatura de una estrella guarda relación con su masa: mientras los cuerpos de gran masa pueden llegar a ser muy, muy calientes, los cuerpos de masa menor son más fríos. Saber el color de una estrella, por lo tanto, también nos dará información sobre su masa.

Producto de años y años de observación, contraste y recopilación de datos, los astrónomos han logrado determinar que existe una relación entre la temperatura de una estrella de secuencia principal (que corresponde a la edad adulta de una estrella), y su edad. Por lo tanto, el color de cuerpo estelar también nos informa sobre la edad que éste tiene.

Temperatura de **Color** ¿qué nos revela el color de una estrella?



Las curvas representan modelos de cuerpo negro, que varían de acuerdo a la temperatura. A menor longitud de onda (λ), más energía y λ más temperatura, que se percibe azul. A mayor longitud de onda, menor energía y temperatura, que se percibe más enrojecido.

➤ Astronomía de lo invisible

En 1800, el astrónomo alemán William Herschel quiso medir las diferencias de temperatura de los colores del espectro visible. Situó un termómetro “de control” fuera de la zona iluminada, al lado del rojo. ¡Y descubrió que ese instrumento registraba mayor temperatura que todos los otros!

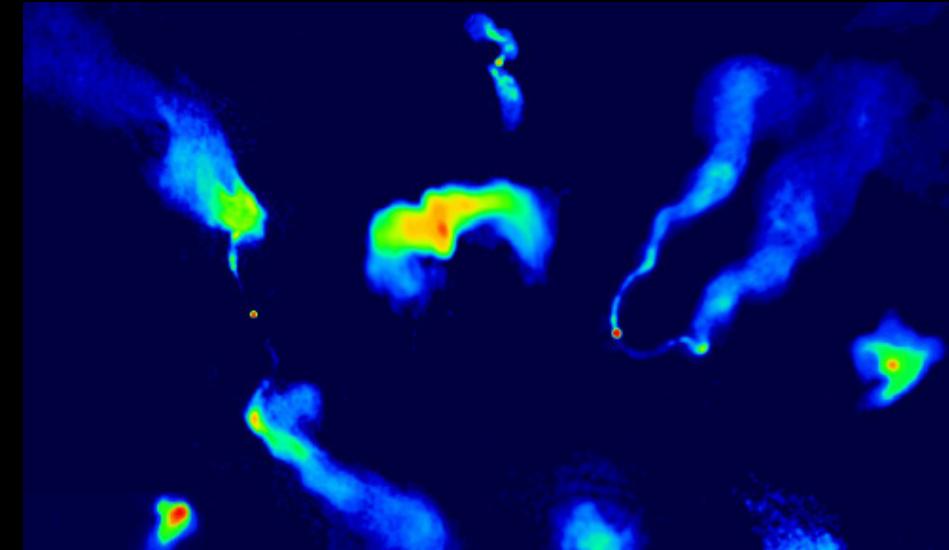
Fue la primera constatación científica de la existencia de unas ondas que los humanos sentimos (temperatura), pero no vemos. Se las llamó “infrarrojas”, porque se ubicaban al lado del color rojo.

La siguiente emisión no visible que se descubrió fue el **ultravioleta** (Ritter, 1801).

Luego vinieron las **ondas de radio** (Hertz, 1888), las **microondas** (Bose, 1894), los **rayos X** (Röntgen, 1895) y los **rayos gamma** (Villard, 1900). James Clerk Maxwell había predicho teóricamente la existencia de todas estas ondas en 1864.

Una gran ventaja de la radiación infrarroja para la astronomía es que su mayor longitud de onda le permite atravesar sin problemas zonas del Universo que absorben longitudes menores, como el espectro visible. Por ejemplo, el polvo interestelar de las regiones de formación de estrellas bloquea la luz visible, pero deja pasar el infrarrojo con su enorme carga de información.

Otras ondas del espectro también pueden ser usadas para estudiar más profundamente ciertos fenómenos.



Ocho galaxias, en ondas de radio. Imagen cortesía de Greg Taylor (UNM).

➤ Por ejemplo:

- **ultravioleta:** composición de materia interestelar
- **rayos X:** objetos muy calientes y con gran energía (estrellas de neutrones, agujeros negros).
- **radioastronomía:** descubrimiento de nuevos objetos (púlsares, cuásares, galaxias activas) con algunos de los procesos más energéticos del Universo.
- **rayos gamma:** eventos de energía violenta, como explosiones de supernovas y brotes de rayos gamma, el fenómeno físico más luminoso del Universo.

Exoplanetas: en busca de nuevas Tierras

Estamos buscando planetas fuera del Sistema Solar. Pero, ¿cómo buscar algo que es tan difícil de ver?

Al contrario de una estrella, un planeta no emite luz. Los instrumentos astronómicos actuales son tan poderosos, que captan la luminosidad de objetos a millones de años luz de distancia; pero no pueden “ver” objetos opacos.

Hoy es casi imposible observar directamente a planetas orbitando estrellas lejanas, aunque ellos sean varias veces más grandes que Júpiter, el gigante de nuestro Sistema Solar.

Por eso, los astrónomos recurren a otros métodos para cazar planetas: la velocidad radial y el tránsito han sido hasta ahora los más exitosos.

Velocidad radial:

Este sistema detecta las pequeñas variaciones de movimiento de una estrella, que se acerca y se aleja del observador, porque un objeto orbitando alrededor de ella la mueve por atracción gravitatoria. Desde la Tierra, podemos percibir este movimiento porque su espectro (su huella digital) se desplaza ligeramente hacia el azul cuando se acerca, o hacia el rojo cuando se aleja. La existencia de cambios regulares y repetidos en el espectro puede ser señal de la existencia de un compañero: otra estrella (sistema binario)... o un planeta. La medida de este movimiento radial es proporcional a la masa del acompañante estelar.

Con este sistema, se han descubierto hasta hoy cerca de 350 planetas extrasolares.

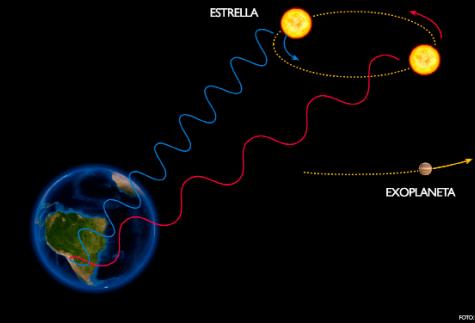
Tránsito:

Todas las estrellas tienen un grado de brillo, que se expresa en magnitud. Cuando un planeta transita por delante de su estrella, en la Tierra ese movimiento se puede percibir como una disminución del brillo (la estrella está “eclipsada” por el planeta). Esta “baja” de la magnitud es proporcional al radio del planeta. Con esta técnica se han descubierto más de 60 planetas.

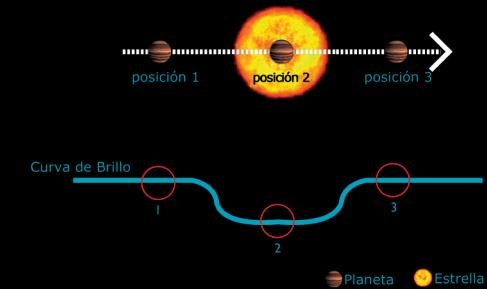
Uno de los desafíos en la búsqueda de exoplanetas es encontrar una franja habitable: la posible existencia de agua líquida. Esta franja se relaciona con la temperatura de la estrella del sistema, y la distancia del planeta a la estrella. Su estudio pertenece a la astrobiología.

El primer exoplaneta se descubrió en 1995. El exoplaneta más parecido a la Tierra descubierto hasta ahora, orbita a la estrella Gliese 581, a 20,5 años luz de distancia. Es rocoso, está en la franja habitable, y tiene siete veces la masa de nuestro hogar cósmico.

> Velocidad radial



> Tránsito



» La vida de una estrella



Una **estrella** es una gran esfera de gas, compactada por su propia gravedad. Su principal característica es que emite luz, producida en su interior por combustión nuclear.

Las primeras estrellas se formaron unos 400 millones de años después de la Gran Explosión. Todo se inicia con una gigantesca concentración de gases, en nubes que comienzan a compactarse por acción gravitatoria. A medida que aumenta la concentración, la densidad de la nube se incrementa, y el centro se calienta.

Las primeras estrellas estaban compuestas principalmente por hidrógeno, el elemento más simple y más abundante del Universo.

Si la nube es lo bastante grande, el aumento de la temperatura da origen a reacciones nucleares. Los átomos de los gases “chocan” entre sí, recombinando protones, neutrones y electrones: se forman nuevos elementos. La primera transformación es de hidrógeno a helio, que le sigue en complejidad, dando origen a la combustión nuclear. Desde ese momento, el objeto es una estrella.

Una vez nacido, este gigante energético inicia un largo período de estabilidad llamado secuencia principal, durante el cual consumirá su hidrógeno. Cuando los elementos simples se acaban, empiezan a recombinarse los más complejos. El límite es el hierro: requiere de tanta energía, que la estrella no puede convertirlo. ¿Qué pasa entonces? Todo dependerá del tamaño.

No todas las estrellas evolucionan de la misma forma. Mientras mayor es el objeto, más rápidamente combustiona su hidrógeno. Es más grande, más caliente y de mayor brillo. Y también, se agota más pronto.

Cuando una estrella mediana (como el Sol) transforma su hidrógeno, el centro se contrae para generar más temperatura y permitir la combustión de elementos más pesados. Como equilibrio, sus capas exteriores se expanden y se enfrían: se ha vuelto una gigante roja. En esta fase, la estrella suele perder sus capas exteriores. Su centro se enfriará, transformándose en una enana blanca.

Las estrellas menores que el Sol consumen su hidrógeno tan lentamente, que sus secuencias principales duran más que la edad actual del Universo. Teóricamente, es probable que, cuando acaben con el hidrógeno, se enfríen hasta transformarse en enanas blancas. Una estrella de gran masa (cinco veces más que el Sol) es candidata a un esplendoroso final. Inician la combustión de elementos más complejos, y generan otros nuevos. Aumentan su brillo, y su capa exterior se enfría: se vuelven supergigantes rojas.

Cuando en el centro de una supergigante queda sólo hierro, la radiación es incapaz de contrarrestar la fuerza de gravedad. Entonces, la estrella colapsa. Sus protones y electrones se combinan en un centro de neutrones, y se libera una enorme cantidad de energía que expulsa violentamente el material de las capas externas. La estrella se ha convertido en una supernova. En esta fase se forman elementos más complejos que el hierro, y también son expulsados al espacio exterior. El centro puede volverse una estrella de neutrones, un pulsar (estrella de neutrones rotando a gran velocidad) o un agujero negro (cuando la masa de la estrella supera las ocho masas solares).



➤ Así empezó todo

La teoría del Big Bang, o Gran Explosión, es actualmente la más aceptada para explicar el origen del cosmos.

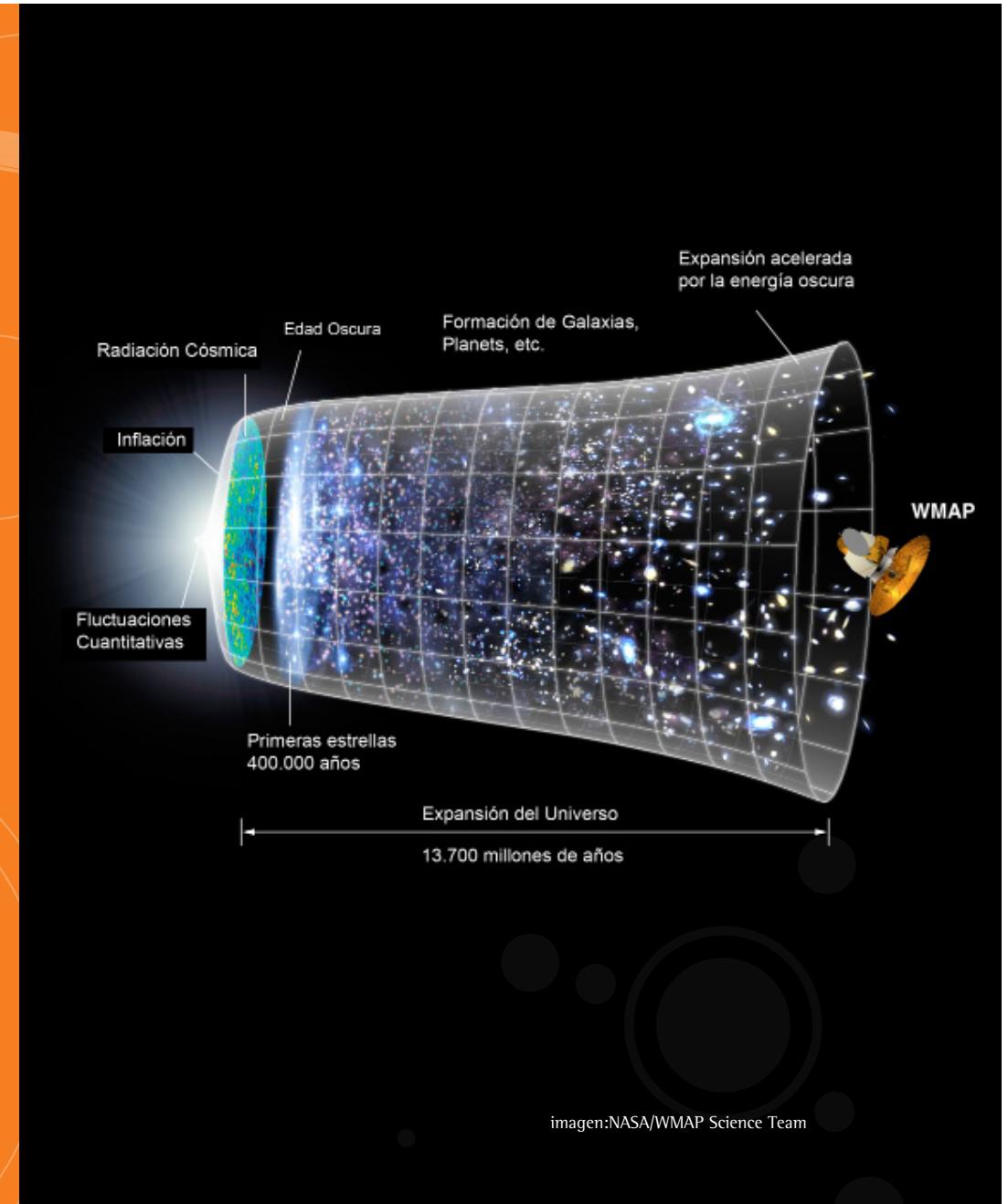
Los científicos han propuesto que el Universo entero (materia, tiempo y espacio) se inició en un único punto, grandiosamente denso, infinitamente pequeño e increíblemente caliente, al que llaman “singularidad”. En ese punto se produjo, hace 13.700 millones de años, la Gran Explosión. El contenido fue impulsado hacia todas direcciones, con gran energía, provocando una inflación cósmica. Hoy percibimos un remanente de esa expansión colosal: la radiación de fondo de microondas.

Luego vinieron unos 300 mil años de Edad Oscura: aún no había estrellas generadoras de luz viajera que registrara lo que pasó. Toda la materia formaba una gran “sopa cósmica” de gran energía.

Los primeros átomos se formaron unos 350 mil años después de la explosión primigenia, cuando la “sopa” se enfrió un poco más. Y fueron los más simples: de hidrógeno. Poco después, se formaron las primeras estrellas y galaxias.

Desde la explosión primigenia, el espacio, tiempo y material generados han continuado expandiéndose. Mantienen su homogeneidad e isotropía: por todo el Universo hay más o menos la misma cantidad y tipo de materia. ¿Cómo terminará esta historia? Hay tres caminos:

- La expansión puede continuar al infinito, produciendo un Universo cada vez más frío y extenso.
- También puede estabilizarse en un punto, con un tamaño similar al actual. Esto se llama Universo estático.
- O podría suceder un fenómeno inverso: la Gran Contracción (Big Crunch), que volvería al Universo a un estado similar al punto en que se inició. Parece una contradicción, pero para dos tercios de la Humanidad, es cierto: las fuentes de luz artificial en ciudades, carreteras, centros industriales y otros, impiden la vista del cielo nocturno. Aunque suene increíble, cerca de un quinto de la población mundial ya no puede ver la Vía Láctea.



ecos del pasado

Radiación de fondo de microondas

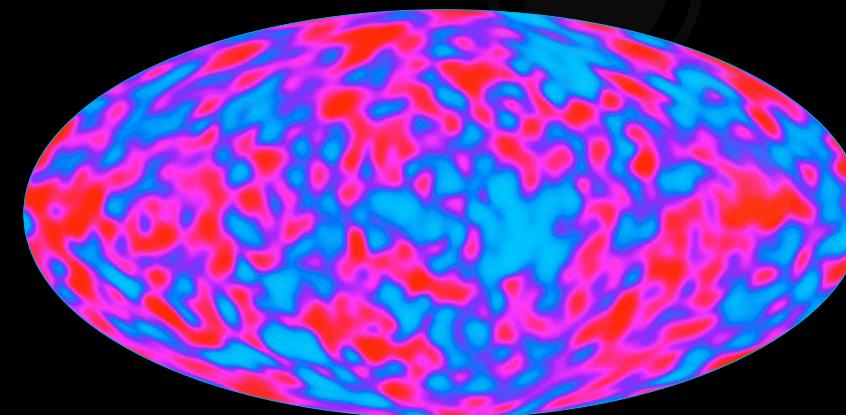
Corría 1965. Los astrónomos Arno Penzias y Bob Wilson, trabajando con un radiotelescopio, detectaban un “exceso de ruido” en su antena. Hacia donde apuntaran, el aparato percibía una emisión electromagnética que parecía venir de ninguna parte y, al parecer, llenaba el Universo por completo. ¿Qué era? ¿De dónde venía?

La explicación la ofreció la teoría de la Gran Explosión (Big Bang) que dio origen al Universo. Según este modelo, el cosmos primigenio era un plasma (gas constituido por partículas cargadas, que interactúa colectivamente) compuesto principalmente por electrones, fotones, protones y neutrones. Las partículas no podían unirse para formar átomos, porque la energía media del plasma era muy alta.

Con el tiempo el Universo se expandió y se fue enfriando. 350.000 años después, la energía disminuyó lo suficiente para que las partículas se combinaran y formaran los átomos más simples: de hidrógeno. Desde entonces, los fotones pudieron viajar libremente por el espacio sin colisionar con electrones dispersos. Este fenómeno es conocido como Era de la recombinación y descomposición, y la radiación de fondo de microondas es el resultado de este período.

Con la mayor expansión en el tiempo del Universo, esta radiación también fue disminuyendo su temperatura, y actualmente es de unos 2,7 grados Kelvin (-200° C). La radiación del fondo cósmico de microondas y el desplazamiento al rojo cosmológico se consideran la mejor prueba de apoyo a la teoría de la Gran Explosión.

Si nuestros ojos percibieran las microondas, el cielo entero brillaría con asombrosa uniformidad, en todas direcciones, ¡de día y de noche! Todo, gracias a la radiación de fondo de microondas.



Radiación de fondo cósmico, captada por el satélite Explorador de Fondo Cósmico (COBE) de la NASA, 1990-1992.



Si nuestros ojos percibieran las microondas, el cielo entero brillaría con asombrosa uniformidad, en todas direcciones, ¡de día y de noche! Todo, gracias a la radiación de fondo de microondas.



> No se ve nada: hay demasiada Luz

La contaminación lumínica se produce por la emisión hacia la atmósfera, de manera directa o indirecta, de luz procedente de fuentes artificiales. Al interactuar las ondas con las partículas presentes en el aire, o con la humedad ambiental, se intensifica la dispersión.

Esta polución puede alterar la calidad del cielo a grandes distancias. Junto a la contaminación radioeléctrica, es la más seria amenaza en la Tierra para el desarrollo de la ciencia astronómica, ya que impide la captación adecuada de las ondas del espectro que provienen del Universo.

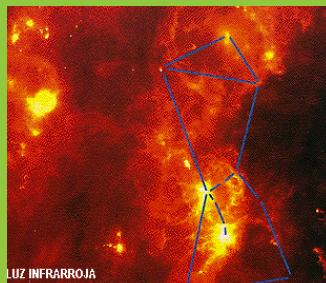
Un diseño erróneo de los sistemas de iluminación es, por regla general, la causa de que se produzca contaminación lumínica. También es, probablemente, el tipo de contaminación que menos cuesta eliminar. Bastan cambios sencillos en la forma e instalación de las fuentes de luz artificiales, para disminuir ostensiblemente la cantidad de luz esparcida a la atmósfera... y, de paso, ahorrar energía.

Esta imagen de la Tierra de noche (a la derecha) muestra dónde se concentra la mayor cantidad de contaminación lumínica: en las áreas más urbanizadas, que no necesariamente son las más pobladas. Fue generada por la NASA, a partir de datos del Programa Satelital (DMSP). Sus creadores son Craig Mayhew (NASA/GSFC) y Robert Simmon (NASA/GSFC).



Infrarrojo

informes desde el calor



Constelación de Orión, fotografiada en luz visible e infrarrojo. Telescopio Spitzer, Caltech/NASA. Sirte - Centro de Procesamiento y Análisis Infrarrojo.

La fuente primaria del infrarrojo es el calor, o radiación térmica. Cualquier cuerpo con temperatura superior al cero absoluto (0 grados Kelvin, o -273 grados Celsius) irradia ondas en esta longitud. Mientras más temperatura tenga un objeto, más radiación infrarroja emitirá.

De toda la radiación infrarroja generada en el espacio exterior, en la superficie terrestre se recibe una mínima cantidad. La mayoría es absorbida por la atmósfera. ¿Cómo podrían hacer los astrónomos para captar y aprovechar toda esta información? Una solución se llevó a la práctica en 1983, cuando fue puesto en órbita el Satélite Astronómico Infrarrojo (IRAS, por su sigla en inglés). Fuera de la barrera atmosférica, IRAS pesquisó el cosmos por 10 meses, y descubrió nada menos que ¡350 mil nuevas fuentes infrarrojas! La cantidad de fuentes astronómicas catalogadas aumentó en un 70 por ciento.

1 año luz=
9.460.800.000.000 km.

Un año luz es una unidad de medida. No de tiempo, sino de longitud. Es la distancia que recorre un fotón de luz en un año. Es decir, nueve billones cuatrocientos sesenta mil ochocientos millones de km. La distancia entre el Sol y la estrella más cercana, Próxima Centauri (en un extremo de la Vía Láctea), es de 4,22 años luz.

Unidad Astronómica (ua)

unidad de distancia usada en mediciones dentro del Sistema Solar. Equivale a la distancia media entre la Tierra y el Sol: 149.597.870 km.

Velocidad de la luz

299.792,5 kilómetros por segundo (1.079 millones de kilómetros por hora) es la velocidad de la luz en el vacío.

➤ Para saber +



Galaxias

la diversidad es la ley.

Una galaxia es una agrupación de estrellas, polvo y gas. A simple vista, se observan como manchas luminosas de diferente forma. Recién a mediados de 1800, los astrónomos descubrieron que estos objetos estaban fuera de la Vía Láctea, nuestro hogar, que era una más de millones de galaxias en el Universo.

Hay galaxias jóvenes, viejas, enormes, más pequeñas, brillantes y opacas, y de variadas formas. Fue Edwin Hubble quien primero las clasificó por la forma: elípticas, espirales, irregulares.

Elas se organizan en cúmulos, supercúmulos y estructuras de gran escala, como grandes murallas de galaxias. Como toda la materia en el Universo, se distribuyen isotrópicamente: cada región del espacio tiene más o menos el mismo contenido. El telescopio espacial Hubble lo comprobó con una sorprendente fotografía de campo profundo.

¡Y, sin embargo,
nos movemos!

La Tierra gira en torno al Sol a unos cien mil kilómetros por hora. El Sol también se mueve: gira en torno al centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, a unos 810.000 kilómetros por hora. Y... la galaxia también se mueve. Viaja a unos 2,2 millones de kilómetros por hora hacia el Gran Atractor. Hacia allá va también la Tierra, ¡a la misma velocidad!

¿Por qué no sentimos esta velocidad? Porque siempre es constante con respecto a otros objetos celestes. No aceleramos, ni desaceleramos; por eso, no notamos el movimiento. Es como viajar en auto por una carretera despejada: sentados en el asiento, no percibimos que vamos a la impresionante velocidad de... 120 km/hr.

Ocho minutos y 19 segundos demora la luz del Sol en llegar a la superficie de la Tierra.



¿Cuántas estrellas hay en el cielo?

Desde la Tierra, a simple vista, podemos individualizar cerca de 2 mil estrellas. También vemos la luz combinada de muchas miles más, en forma de “nubes luminosas” de la Vía Láctea y de otras galaxias como Andrómeda, que podemos apreciar a ojo desnudo. Las estrellas se agrupan en galaxias. Las galaxias más pequeñas pueden tener unos 3.000 millones de estrellas. Las más grandes, hasta un trillón. Nuestra Vía Láctea tiene más de doscientos mil millones de estrellas. ¿Y cuántas galaxias hay? Ufff... cientos de billones.

Nebulosa de Orión,
zona de formación estelar.
Imagen: ESO

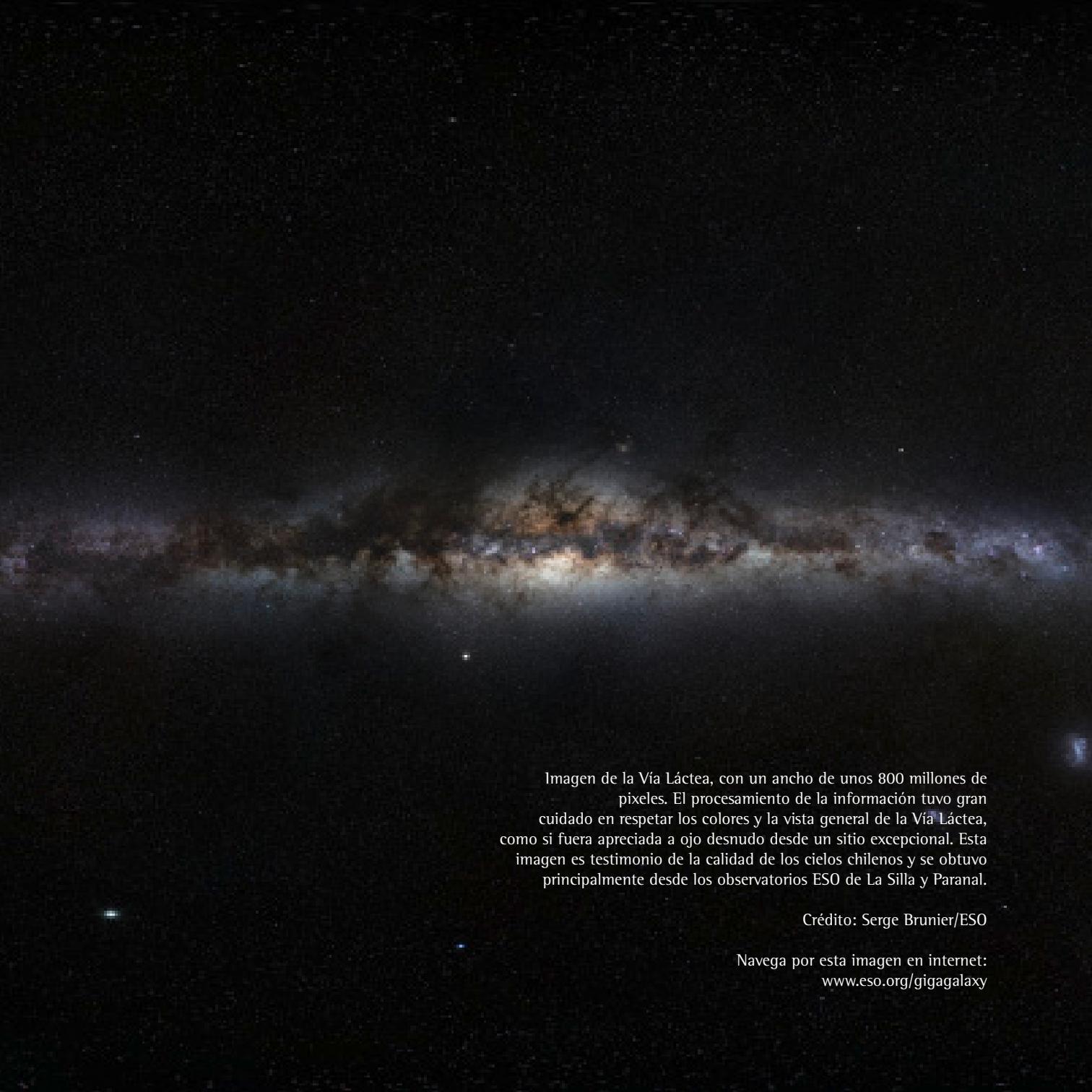


Imagen de la Vía Láctea, con un ancho de unos 800 millones de píxeles. El procesamiento de la información tuvo gran cuidado en respetar los colores y la vista general de la Vía Láctea, como si fuera apreciada a ojo desnudo desde un sitio excepcional. Esta imagen es testimonio de la calidad de los cielos chilenos y se obtuvo principalmente desde los observatorios ESO de La Silla y Paranal.

Crédito: Serge Brunier/ESO

Navega por esta imagen en internet:
www.eso.org/gigagalaxy

