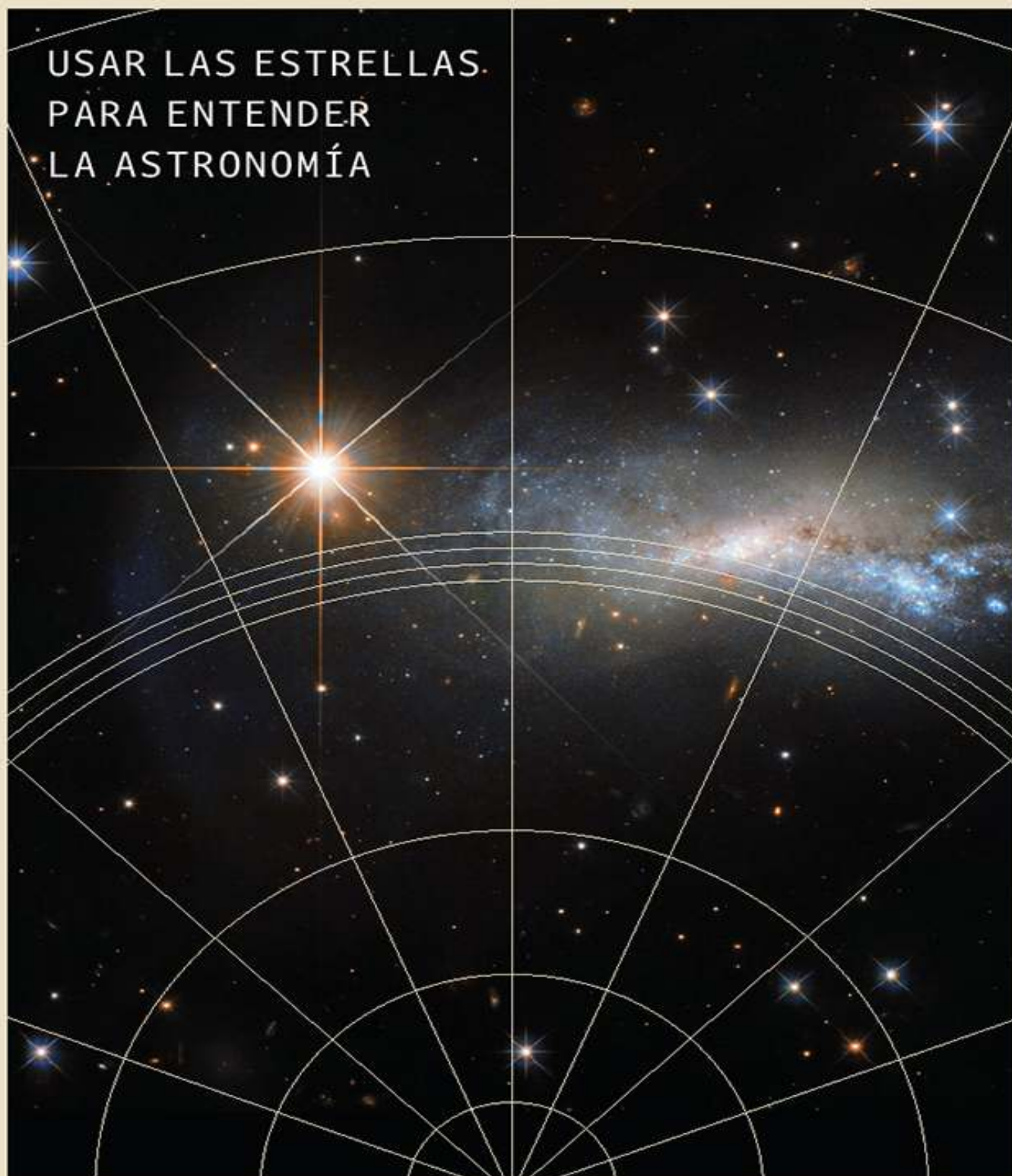


# Cuarenta maneras de conocer una estrella



USAR LAS ESTRELLAS  
PARA ENTENDER  
LA ASTRONOMÍA

**BLUME**

Jillian Scudder

# Cuarenta maneras de conocer una estrella



# Cuarenta maneras de conocer una estrella

USAR LAS ESTRELLAS  
PARA ENTENDER LA ASTRONOMÍA

**BLUME**

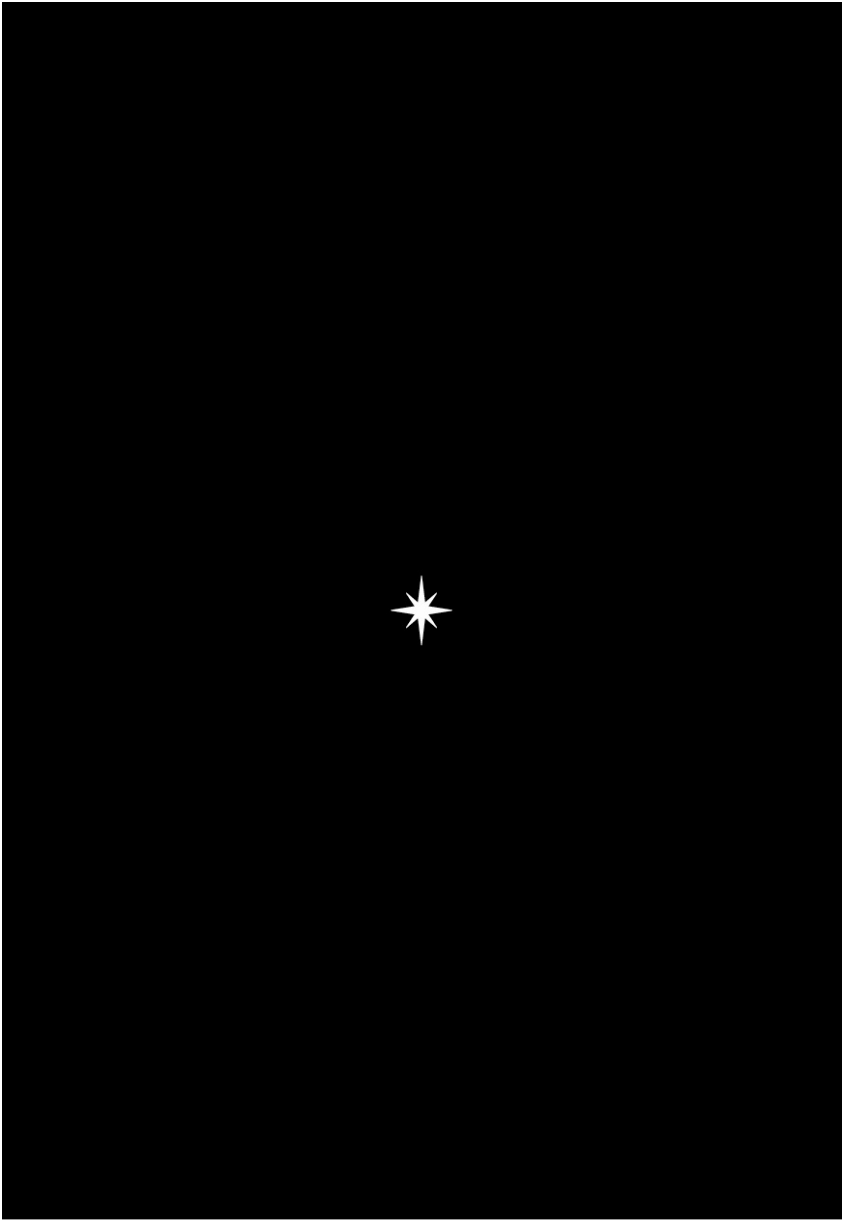
Jillian Scudder

introducción	06
--------------	----

## \* Conocer una estrella...

[UNO]	como una luz en el cielo	08
[DOS]	como fuente de la luz del día	12
[TRES]	por su estructura interna	16
[CUATRO]	durante un eclipse solar	20
[CINCO]	por su masa	26
[SEIS]	por su color	30
[SIETE]	por su bamboleo	36
[OCHO]	por su magnitud	40
[NUEVE]	por su nacimiento	44
[DIEZ]	como portadora de planetas	50
[ONCE]	por las auroras polares	54
[DOCE]	en un diagrama	58
[TRECE]	como enana marrón	62
[CATORCE]	como gigante roja	66
[QUINCE]	como nebulosa planetaria	70
[DIECISÉIS]	como enana blanca	76
[DIECISIETE]	como una explosión recurrente	80
[DIECIOCHO]	como supergigante roja	84
[DIECINUEVE]	como Betelgeuse	90
[VEINTE]	por su final explosivo	94

[VEINTIUNO]	como estrella de neutrones	98
[VEINTIDÓS]	como agujero negro	104
[VEINTITRÉS]	como objeto inestable	108
[VEINTICUATRO]	como binaria eclipsante	112
[VEINTICINCO]	como parte de la Galaxia	118
[VEINTISÉIS]	por su órbita con forma de pétalos	124
[VEINTISIETE]	como parte de una galaxia	128
[VEINTIOCHO]	miembro de un cúmulo	132
[VEINTINUEVE]	dentro de la estructura de las galaxias	136
[TREINTA]	como trazadora de la materia oscura	140
[TREINTA Y UNO]	como integrante de una galaxia enana	144
[TREINTA Y DOS]	por sus metales	150
[TREINTA Y TRES]	como prueba de un agujero negro masivo	154
[TREINTA Y CUATRO]	como indicador de distancias	158
[TREINTA Y CINCO]	en el mediodía cósmico	162
[TREINTA Y SEIS]	en colisiones de galaxias	166
[TREINTA Y SIETE]	como supernova de tipo 1a	172
[TREINTA Y OCHO]	al trazar un universo en expansión	176
[TREINTA Y NUEVE]	como pista sobre el universo primitivo	180
[CUARENTA]	en oro y plata	184
	recursos y referencias	188
	índice	190
	agradecimientos	192



## introducción

Al mirar el cielo nocturno, las estrellas parecen meros puntitos tenues de luz que interrumpen la oscuridad. Cuando se observan con más atención, empiezan a apreciarse diferencias incluso a simple vista. Encontramos estrellas más rojas, más brillantes o más apiñadas que otras. Si nos ayudamos de los numerosos telescopios que la humanidad tiene hoy a su servicio, estas particularidades se vuelven más acusadas aún.

A partir de estas diferencias de color y brillo, y gracias a que podemos observar de cerca y en detalle nuestra propia estrella, el Sol, hemos llegado a desentrañar cómo funcionan las estrellas. Ahora sabemos en qué parte generan la energía, cómo consigue escapar esa energía de sus profundidades y qué aspecto tienen sus capas externas. Este conocimiento nos ha revelado que vivir cerca de nuestra estrella supone mucho más que limitarse a recibir el calor necesario para que exista la vida.

La humanidad ha observado el final explosivo y devastador de algunas estrellas tanto en tiempos de civilizaciones antiguas como con tecnologías modernas. A través de las observaciones y los modelos más avanzados de estos cataclismos, hemos aprendido a interpretar qué queda después de estos estallidos, si es que queda algo; cómo se formaron los elementos químicos de este planeta, y cuánto le deben el oro y la plata de la Tierra al final de las estrellas.

Estas nociones fundamentales nos han permitido conocer estrellas aún más complejas. Hemos descubierto que hay estrellas que cambian de brillo con el paso del tiempo, algunas a intervalos tan predecibles que hemos logrado utilizarlas como indicadores de distancias dentro de un universo que, gracias a ellas mismas, se nos ha revelado mucho más grande de lo que creíamos. Las estrellas nos han enseñado que el universo contiene componentes invisibles mucho más abundantes que los que logramos ver, y su brillo nos ha desvelado cómo se formaron las galaxias y cómo han ido cambiando con el paso del tiempo cósmico.

Las estrellas nos han guiado y alumbrado a lo largo de todo este camino que la humanidad ha recorrido para comprender el universo. En este libro expongo cuarenta maneras distintas de conocer las estrellas, las galaxias en las que residen y el cosmos que iluminan. Espero que disfrute durante el viaje y que alcance una conexión más profunda con esos tenues puntitos de luz.



[UNO] Conocer una estrella...

## como una luz en el cielo

Para empezar a conocer las estrellas, basta con alzar la mirada hacia la oscuridad de la noche. Cuando el Sol se pone y la vista se adapta a la penumbra, detectamos luz que ha viajado durante cientos o miles de años antes de llegar a la Tierra: es la luz de las estrellas.

En condiciones de oscuridad extrema, el ojo humano llega a captar unas 9100 estrellas a simple vista y, en condiciones ideales y sin Luna, el imponente espectáculo muestra todo el firmamento circundante tachonado de puntos brillantes de luz.

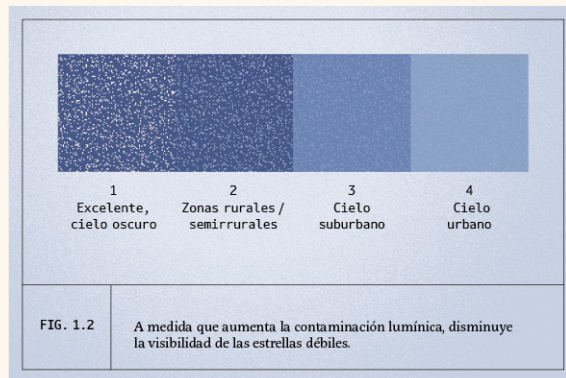
Los seres humanos han utilizado los astros desde que tenemos registros históricos para inventar relatos, navegar y medir las estaciones del año. La tradición oral confirma que la observación del firmamento es una actividad esencialmente humana. Aunque en la actualidad ya casi nadie navegue guiándose por las estrellas, los mitos de la Antigüedad quedaron grabados en los nombres de las constelaciones. Los usados ahora nos han llegado de la Grecia antigua, pero todas las civilizaciones han tenido sus constelaciones y mitos propios. Las constelaciones remiten a personajes de numerosos mitos griegos: el héroe Perseo —cuya historia incluye la decapitación de Medusa—, el caballo alado Pegaso y el rescate de Andrómeda del acecho de un monstruo marino llamado Cetus (la constelación de la Ballena). Medusa está representada por la estrella Algol en la constelación de Perseo; Andrómeda se encuentra cerca de Perseo. Pegaso se ve en el cielo del verano boreal como un gran cuadrado formado por estrellas muy brillantes (el asterismo conocido como el cuadrado de Pegaso). La Ballena (Cetus) no tiene estrellas llamativas, pero sigue existiendo como región celeste.

En tiempos modernos, en 1922, la Unión Astronómica Internacional (UAI) llegó al consenso de dividir todo el firmamento nocturno en un total de ochenta y ocho constelaciones. En 1930, Eugène Delporte publicó las fronteras entre esas constelaciones con la aprobación de la UAI. Desde entonces, esas delimitaciones y constelaciones han servido para señalar con rapidez y con facilidad en qué lugar del cielo se encuentra una estrella: siempre caerá dentro de alguna constelación oficial conocida (fig. 1.1).

La mayoría de la población mundial vive cerca de luces urbanas y otros alumbrados artificiales y, a medida que esta iluminación aumenta, las estrellas más tenues desaparecen de la vista. Según una estimación de 2016, el 14 por ciento de la población mundial, el 20 por ciento de la de la UE y el 37 por ciento de la



[UNO] Conocer una estrella...



de Estados Unidos viven en zonas urbanas tan iluminadas que el cielo nunca llega a estar realmente oscuro y el ojo no llega a adaptarse por completo al modo de visión nocturna. Singapur es el país más afectado: el 100 por ciento de su población no llega a ver sus cielos más oscuros que durante el crepúsculo (fig. 1.2).

Si no reside en una gran ciudad, lo más probable es que consiga ver una cantidad de estrellas intermedia entre las 9100 que se divisan en los cielos más oscuros y las que llegan a detectarse en las ciudades con más contaminación lumínica. Pero las estrellas muy brillantes son las que más escasean: en el firmamento nocturno solo hay cuarenta y cinco estrellas más brillantes que la estrella Polar. En cambio, la nebulosa de Orión, que se confunde con una estrella en la espada de Orión, brilla menos que ella. Si llega a vislumbrar ese objeto, entonces habrá otras 513 estrellas lo bastante brillantes como para que las divise también (aunque, por supuesto, algunas estarán ocultas bajo el horizonte).

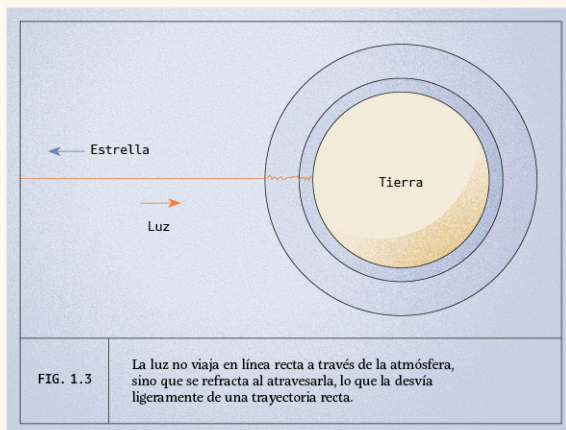
Cada vez hay más presión para que los espacios realmente oscuros que quedan en el mundo se preserven como emplazamientos de cielo oscuro: posibles destinos para familiarizarse con el firmamento tal como lo veían los seres humanos antes de la llegada de la iluminación industrial. Por desgracia, suelen ser lugares bastante remotos, ya que el esparcimiento de las luces de las grandes ciudades es mucho mayor de lo que cabría

... como una luz en el cielo

esperar. En Estados Unidos hay varios parques nacionales con la calificación de Lugares Internacionales de Cielo Oscuro.

Las estrellas parecen titilar en el cielo, sobre todo cuando hace viento. Ese centelleo no se debe a la luz del astro en sí, sino a la atmósfera terrestre. A medida que se asciende desde el nivel del mar hasta la atmósfera superior se produce una caída drástica de la temperatura, pero al estudiarla con atención se comprueba que no hay un gradiente perfectamente uniforme, sino que surgen pequeñas bolsas de aire más caliente y más frío. Cada bolsita de aire puede desviar el haz de luz incidente de una estrella y, cuando ese haz llega hasta nosotros, que observamos desde la superficie de la Tierra, parece que el punto de luz parpadea porque la atmósfera lo enfoca y lo desenfoca sin cesar. Como el rayo de luz procedente de una estrella es tan fino y estrecho, la vista humana detecta cualquier perturbación minúscula (fig. 1.3).

Cuanto más bolsas de aire se formen, más se notará este efecto, y la manera más fácil de que ocurra es que haya viento. Eso no significa que tenga que hacer un tiempo ventoso al nivel del suelo, y con frecuencia no es así, pero, si ve que las estrellas titilan y el aire está tranquilo desde donde las mira, entonces puede tener la seguridad de que hay vientos en regiones de la atmósfera muy por encima de usted.





[D05] Conocer una estrella. . .

## como fuente de la luz del día

Las horas con luz del día que tenemos en la Tierra permiten analizar las estrellas con facilidad. Por muy grandiosa que sea la belleza y la diversidad del firmamento nocturno, hay una estrella en particular cuyo brillo supera en tal medida a todas las demás que cuando se encuentra sobre el horizonte inunda de cielo con su luz e impide ver todas las demás: es el Sol.

El Sol aparece así de deslumbrante en nuestros cielos no porque brille mucho más que otras estrellas, sino simplemente porque estamos muy cerca de él. Aun así, entre la Tierra y el Sol media la asombrosa distancia de 150 millones de kilómetros. Pero si lo comparamos con la siguiente estrella más cercana a nosotros, Próxima Centauri, situada 268 770 veces más lejos, está claro que nos encontramos muy cerca del Sol.

Si se prepara un telescopio con la protección adecuada, el Sol es un objeto fácil de observar en días despejados de nubes. Desde el suelo ya se alcanza a ver algo más que un simple disco brillante. Las observaciones del Sol son muy anteriores a la invención del telescopio, y hay registros escritos que se remontan al año 800 antes de nuestra era en China. El primer dibujo conocido de una mancha solar data de 1128 y se encuentra en la obra *Chronicon ex chronicis* de John de Worcester. Las manchas solares son zonas oscuras en el disco solar donde la superficie del astro está algo más fría que las regiones circundantes. Aparecen cuando el campo magnético del Sol se enreda y forma un bucle en la superficie.

El campo magnético se enmaraña porque el ecuador del Sol gira más deprisa que los polos, lo cual hemos averiguado observando cuánto tardan las manchas solares en recorrer todo el disco solar. Cuantas más veces adelante el ecuador a los polos, más complejo se vuelve el campo magnético, más bucles es probable que se formen y más probabilidad hay de que aparezcan manchas solares en la superficie (fig. 2.1).

Sin tecnología de apoyo y en circunstancias normales, las manchas solares son la única gran imperfección que alcanza a divisar el ojo humano en el Sol. Cuando el campo magnético solar está en calma, la observación atenta de nuestra estrella la revela como un disco brillante y sin marcas. Sin embargo, los avances tecnológicos nos han permitido ver los rasgos dinámicos y en permanente cambio de la superficie del Sol. Los telescopios instalados en tierra han logrado obtener imágenes muy detalladas que revelan una superficie agitada en la que emergen burbujas de plasma

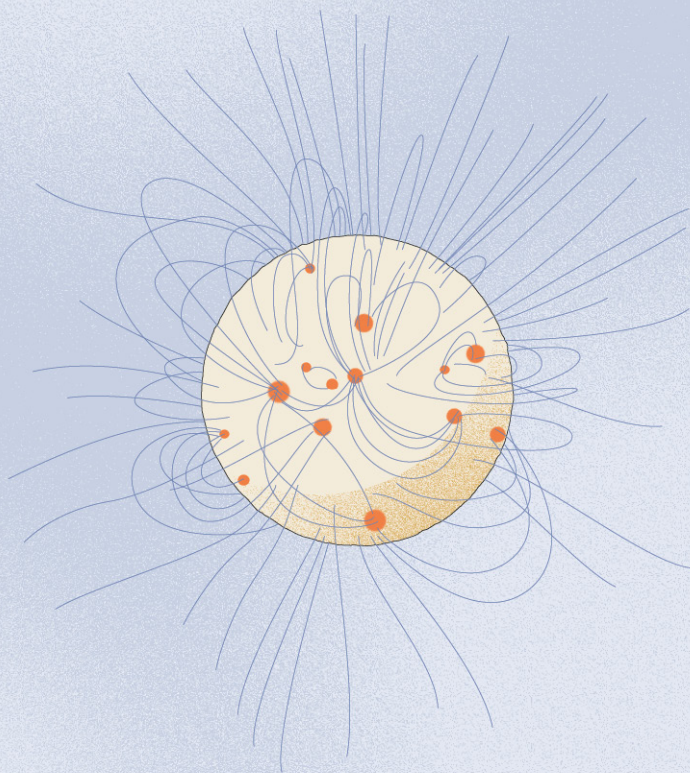
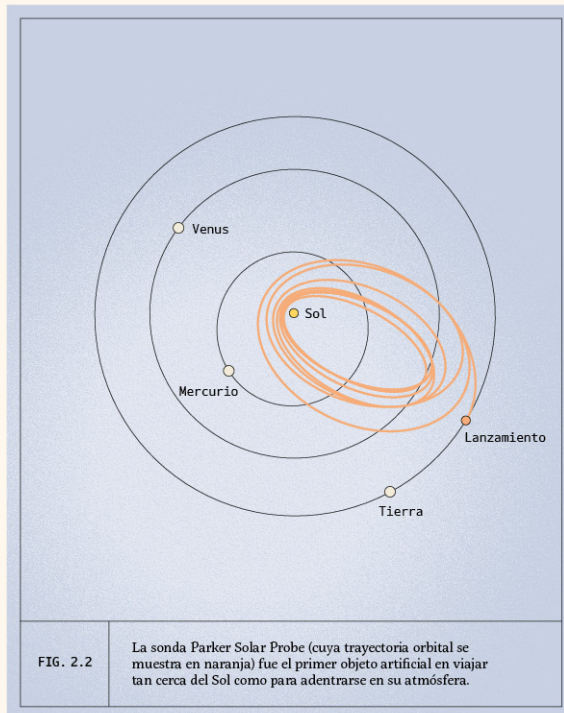


FIG. 2.1

El campo magnético del Sol no está nada ordenado, y a menudo los enredos irrumpen en la superficie y dejan un rastro visible en forma de mancha solar.

[D05] Conocer una estrella. . .

de alta temperatura y con un brillo en cambio constante, que crean un efecto denominado granulación. Estas burbujas están rodeadas de plasma algo más frío que se hunde en las profundidades de la estrella en un proceso muy parecido al del agua hirviendo. Las células de granulación más pequeñas tienen un tamaño similar al de la península Ibérica y las más grandes abarcan una superficie que cubriría casi toda Europa.



... como fuente de la luz del día

También hemos enviado telescopios al espacio para observar el Sol sin el inconveniente de no poder verlo durante la mitad de cada jornada. Dos de los más productivos son el Solar Dynamics Observatory (SDO) y el Solar and Heliospheric Observatory (SOHO), y ambos han obtenido imágenes impresionantes y detalladas del Sol. SOHO se ha situado en una órbita que nunca se sume en la sombra de la Tierra, de modo que siempre es de día. SDO sigue una órbita tan amplia alrededor de nuestro planeta que este solo bloquea de forma ocasional su visión del Sol. SDO y SOHO están coordinados para ofrecernos imágenes especialmente buenas de cualquier cambio espectacular que se produzca en la superficie solar, como las protuberancias. Estas son inmensos arcos de plasma muchas decenas de veces mayores que la Tierra y que alcanzan gran altura sobre la superficie solar, arrastrados por las corrientes magnéticas. Una protuberancia puede durar días o meses y, a lo largo de ese tiempo, el plasma atrapado en el rizo magnético se precipita poco a poco sobre la superficie del Sol, lo que se conoce como lluvia coronal, aunque, sin ninguna duda, es la variedad menos refrescante de «lluvia» que podemos encontrar.

La sonda Parker Solar es el objeto artificial que más se ha acercado al Sol (hasta el año 2025) con el objetivo de explorar el potente entorno de la atmósfera solar. El Sol es, por ahora, el único objeto estelar cuya atmósfera podremos visitar, así que el envío de una nave espacial bien blindada a esta peligrosa región (las temperaturas son altísimas y los aparatos electrónicos no suelen llevarse bien con la exposición a plasmas o partículas cargadas) nos permite conocer en detalle de qué manera nuestra estrella expulsa material hacia el sistema planetario circundante. Está previsto que continúe operando cada vez más cerca de la superficie solar hasta diciembre de 2025, pero ya ha revelado que la frontera entre el material ligado al Sol y el material expulsado fuera de él no es completamente esférica, sino que presenta abultamientos hacia fuera en algunos lugares, probablemente asociados a actividad solar en la superficie (fig. 2.2).



[TRES] Conocer una estrella...

## por su estructura interna

Si podemos llegar al fondo del núcleo de una estrella, conseguimos saber cómo funciona. En torno al 20 por ciento más interno del Sol alberga el núcleo de la estrella (fig. 3.1). En esta región se alcanzan las temperaturas y densidades más elevadas, con valores de unos 33 millones de grados Celsius y diez veces la densidad del plomo, y allí reside cerca del 50 por ciento de la masa del Sol. En este crisol tan inhóspito se genera toda la luz que emite nuestra estrella.

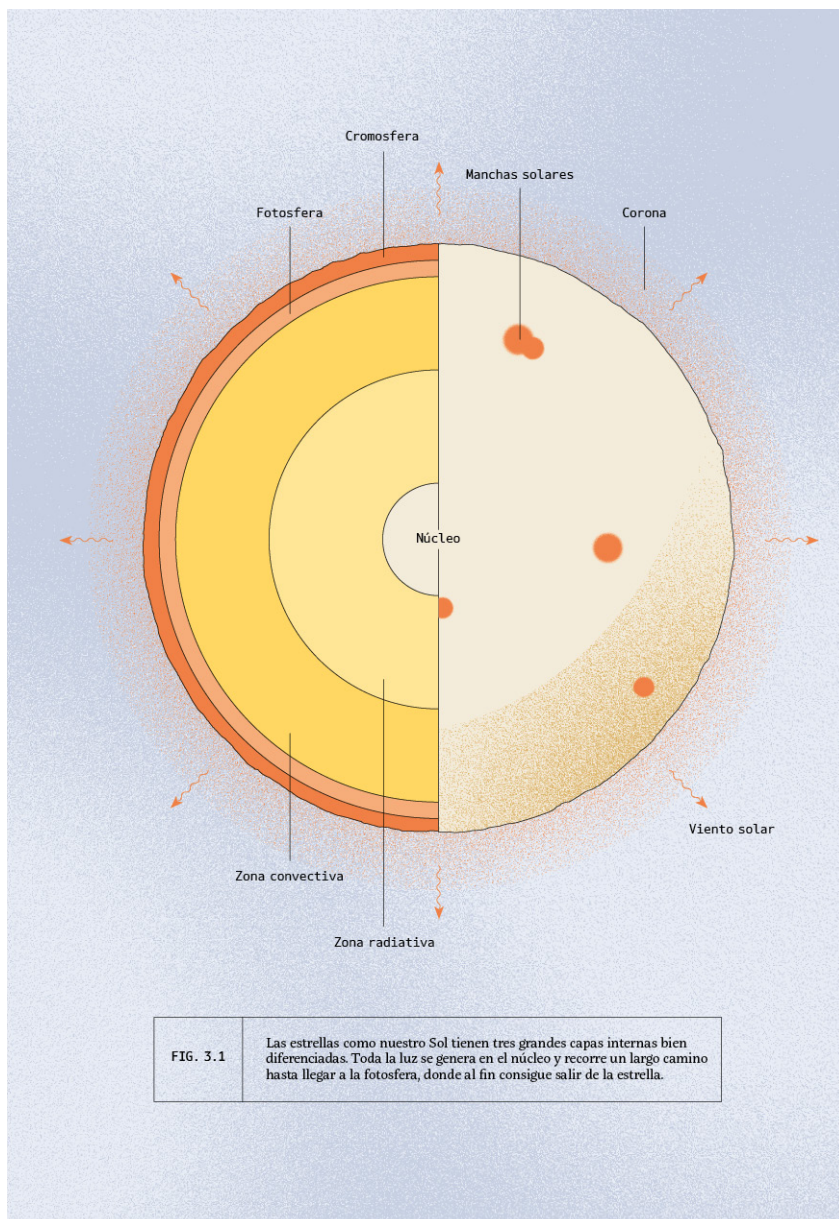
Una vez formada, la luz del núcleo efectúa un largo viaje hasta que sale de la estrella. Como rebota en cada uno de los átomos que se encuentra por el camino, es absorbida y vuelve a irradiarse en direcciones aleatorias mientras atraviesa lo que se conoce como zona radiativa. Esta capa, en la que no hay reacciones nucleares, sino un caótico revoltijo de luz, abarca hacia el exterior alrededor del 70 por ciento del radio del Sol. Se trata de un volumen tan inmenso que la luz llega a tardar entre 100 000 y 1 millón de años en encontrar el camino hasta la zona convectiva en su recorrido de rebotes aleatorios.

El viaje a través de la zona de convección no es tan arduo, ya que el material situado aquí asciende hasta la superficie del Sol en enormes células convectivas. Una vez que el material se ha expandido y enfriado durante su ascenso hacia la superficie, el plasma vuelve a hundirse en las profundidades del Sol y completa así un bucle convectivo.

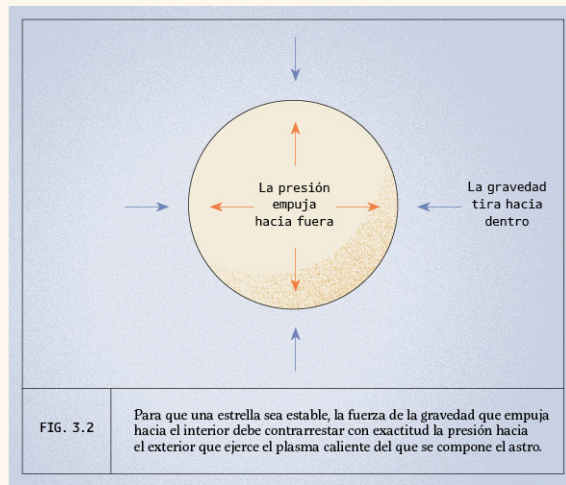
La distancia a la que la luz logra salir por fin con libertad de la estrella marca la «superficie» o fotosfera del astro. Las áreas de la fotosfera en las que se dan ligeros descensos de temperatura, conocidas como manchas solares, se revelan en forma de zonas oscuras que contrastan con el brillo circundante. Se forman debido a las enmarañadas trayectorias que siguen las líneas del campo magnético que irrumpen en la superficie.

En esencia, todas las estrellas se mantienen en un delicado equilibrio. A la gravedad le encantaría dominar la enorme cantidad de materia que contiene la estrella y compactarla en un espacio más reducido. Pero si las estrellas se nos revelan como objetos estables suspendidos en el cielo es porque debe de actuar una fuerza que empuje hacia el exterior y compense ese tirón hacia el interior.

Las estrellas están hechas de plasma y, en muchos aspectos, los plasmas se comportan como los gases. Al igual que la mayoría de los gases, cuando se comprime un plasma, se calienta. La gravedad dio inicio a ese proceso de calentamiento de la estrella, pero para contrarrestar



[TRES] Conocer una estrella...



la gravedad con eficacia también es necesario generar calor en el interior del astro (fig. 3.2).

En el núcleo estelar imperan una densidad y una temperatura lo bastante elevadas como para dar una solución a este problema de equilibrio: la fusión de átomos de hidrógeno en helio. La fusión es un proceso interesante: requiere temperaturas extraordinarias y que los átomos se encuentren tan próximos entre sí que puedan sufrir choques directos a velocidades altísimas. Puesto que la transformación de hidrógeno en helio es un proceso de varios pasos, es necesario que haya suficiente material en las proximidades para servir como reservorio de los integrantes necesarios para mantener el mecanismo en marcha.

Todos los pasos de este proceso implican añadir un protón más (un núcleo de hidrógeno) hasta producir un átomo de helio. Así que, para que se complete este proceso de fusión, se necesitan muchos núcleos de hidrógeno. Por suerte, casi todas las estrellas están formadas en su mayoría por hidrógeno (fig. 3.3), y casi todo el resto de su material es helio (un descubrimiento que debemos a la tesis doctoral de Cecilia Payne-Gaposchkin en 1925).