

La ANATOMÍA del Sol

1a SUPERFICIE

el INTERIOR

NÚCLEO

El **NÚCLEO** es la zona comprendida entre el centro y un 25% del radio solar (174.000 kilómetros). Sus condiciones no son muy amigables: una temperatura de 15.6 millones de grados y una presión de 233.000 millones de atmósferas. El gas está tan comprimido que llega a tener una densidad de 150 veces la del agua.

En el núcleo se genera toda la energía que emite el Sol; esta energía puede tardar hasta un millón de años en alcanzar la superficie del Sol, pero tan sólo ocho minutos en alcanzar la Tierra.

ZONA RADIATIVA

La **ZONA RADIATIVA**, que abarca el siguiente 45%, se caracteriza por el modo en que se transporta la energía: los fotones, o partículas de luz, tras chocar insistentemente con los apretadísimos átomos que constituyen el material estelar, consiguen acarrear su carga energética hasta la siguiente zona, la convectiva.

ZONA CONVECTIVA

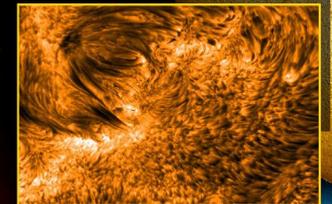
La **ZONA CONVECTIVA**. Un fotón tarda miles de años en llegar a la siguiente capa, la zona convectiva, que se extiende casi hasta la superficie. Aquí el movimiento de los gases toma el relevo en el transporte de energía: el gas, al igual que en una cazuela con agua hirviendo, se mezcla y burbujea. Al ascender transporta la energía hacia la superficie, donde se manifiesta en forma de lo que se conoce como granulación.

FOTOSFERA

La **"piel" del Sol**. Casi toda la energía que recibimos del Sol procede de la fotosfera, una capa muy delgada, de unos 600 kilómetros; se trata de una de las zonas más frías del Sol y la más densa de la superficie solar. Es lo que vemos cuando miramos el Sol: un enorme disco amarillo con algunas manchas oscuras. Estas manchas son en realidad zonas más frías, de unos 4000° C, por lo que se ven más oscuras en comparación con los alrededores.

CROMOSFERA

La **CROMOSFERA**. Casi totalmente transparente, se encuentra justo por encima de la fotosfera. Esta región se observa durante el principio y el final los eclipses del Sol totales, en los que aparece como un anillo rojizo, o en líneas de emisión como el hidrógeno Alfa. En esta zona la actividad solar se manifiesta en fenómenos como los filamentos o las espículas, que ascienden y descienden a una velocidad del orden de 20km/s, y cuyo aspecto puede compararse con el de una pradera en llamas.



CORONA

La **CORONA**. Se trata de una capa formada por gas de muy baja densidad situada sobre la superficie del Sol. Su extensión supera los millones de kilómetros, pero es tan tenue que sólo puede observarse durante los eclipses totales, cuando la sombra de la luna tapa completamente el luminoso disco solar.



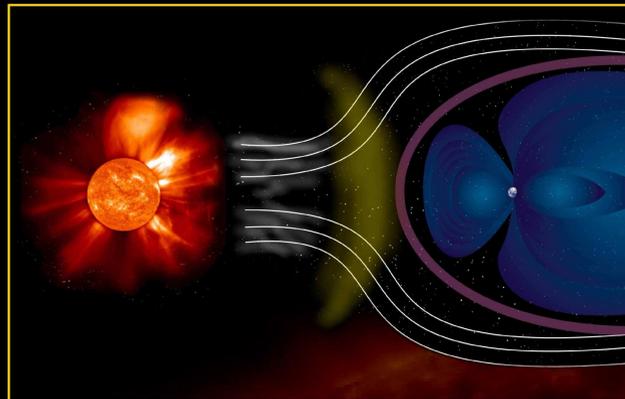
La temperatura de la corona es altísima, cercana al millón de grados, por lo que emite mayormente en rayos X. Se desconoce la causa de la elevada temperatura de esta región, aunque parece tener relación con los complejos campos magnéticos solares.

LA CONEXIÓN TIERRA-SOL

La Tierra, el mayor de los planetas rocosos del Sistema Solar, supo escoger el lugar idóneo para establecer su órbita alrededor del Sol y se situó dentro de la denominada "franja de habitabilidad", o región alrededor de una estrella en la que las condiciones de presión y temperatura le permiten albergar agua líquida. Pero las relaciones Tierra-Sol no siempre son amigables: en un mundo dependiente de los satélites, la corriente eléctrica y las comunicaciones por radio, las tormentas magnéticas generadas por la actividad solar constituyen un riesgo constante.

Escudo protector

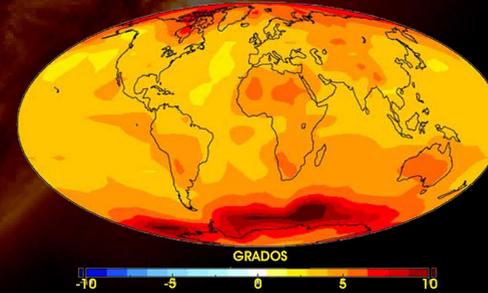
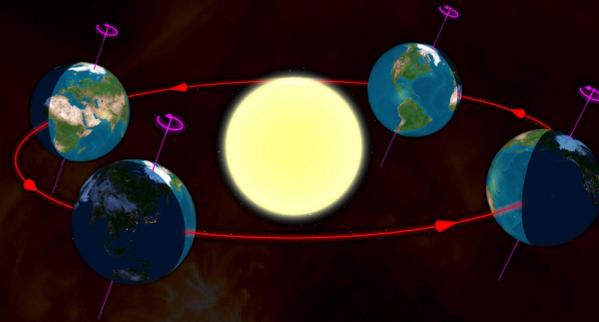
El viento solar, un flujo constante de partículas que emite el Sol, va erosionando las atmósferas de los planetas vecinos, Marte y Venus, algo que no sucede en la Tierra gracias a un "caparazón" magnético invisible denominado magnetosfera. Generada por el campo magnético interno, la magnetosfera desvía el 99% de las partículas provenientes del Sol. De hecho, la magnetosfera está en parte moldeada por el Sol: debido al viento solar, se halla comprimida en el lado diurno y estirada en el nocturno. Durante una tormenta magnética la magnetosfera se comprime y el campo magnético terrestre es perturbado; también aparecen las auroras boreales, ya que parte del viento solar se cuela por los polos, regiones donde el escudo es más débil.



Cuando desapareció el presidente

El 24 de abril de 1984, el presidente de EEUU Ronald Reagan sobrevolaba el Pacífico en el Air Force One. Conversaba con su equipo de gobierno cuando, de repente, la comunicación se cortó; de hecho, todos los canales de comunicación del avión quedaron interrumpidos. Y también gran parte de las comunicaciones por radio en la Tierra. El culpable se hallaba a 150.000 millones de kilómetros: a lo largo de 280.000 kilómetros sobre la superficie solar una amenazante hilera de manchas producía erupciones violentas que alteraron la ionosfera terrestre.

En 1989, toda la provincia de Quebec (Canadá) sufrió un apagón general de nueve horas que afectó a millones de personas; los semáforos no funcionaban, el metro y el aeropuerto tuvieron que cerrar. Las consecuencias alcanzaron California, donde las puertas de los garajes se abrían y cerraban sin cesar, y también afectaron a los satélites espaciales. Todo debido a una tormenta solar especialmente intensa que, aunque poco frecuente, nos recuerda que la humanidad depende de los caprichos del Sol.



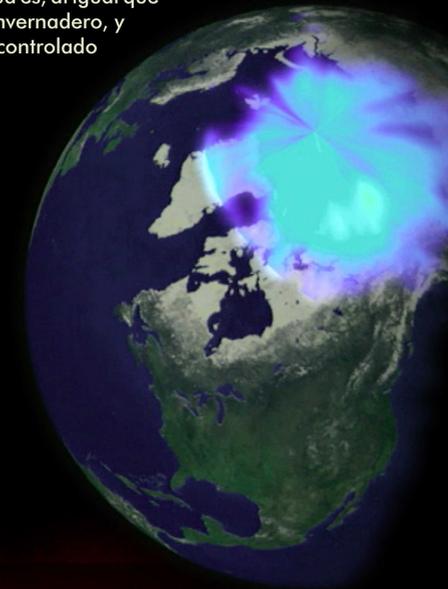
El cambio climático

Lo que llamamos "clima" constituye una compleja interacción entre el calor que emite el Sol y los procesos que lo distribuyen en la Tierra; así, además de la energía solar, los climatólogos deben tener en cuenta la atmósfera terrestre, sus océanos, ríos y lagos, las masas de agua helada, la tierra y la vida animal y vegetal. Por esto resulta tan difícil determinar en

qué proporción afecta la variabilidad solar al cambio climático, aunque sí parece seguro que a partir de la Revolución Industrial el Sol dejó de ser el factor más influyente en el clima terrestre. El calentamiento global se relaciona directamente con las emisiones de dióxido de carbono, y se estima que en el 2050 la temperatura habrá aumentado entre tres y cinco grados; no parece mucho, pero todo cambia si consideramos que la temperatura global en el cenit de la última edad de hielo era "sólo" cuatro grados menos que la actual. A nivel global, un par de grados generan cambios drásticos.

Un aumento de temperatura global supondrá un aumento de la evaporación y de las precipitaciones, y el calentamiento de los océanos provocará tormentas cada vez más devastadoras. Además, el vapor de agua es, al igual que el dióxido de carbono, un gas que produce efecto invernadero, y las consecuencias de un efecto invernadero descontrolado serían catastróficas.

IMAGEN: AUMENTO DE LA TEMPERATURA DEL AIRE DESDE 1960 A 2060.



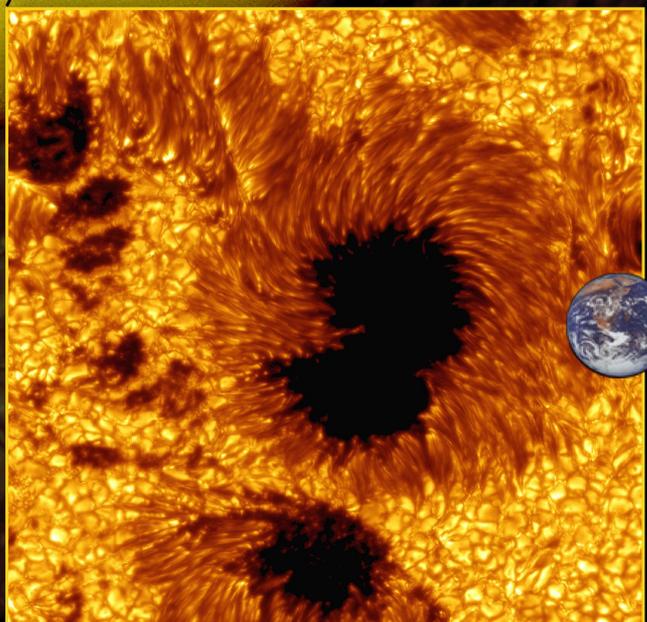
¿Por qué hay estaciones?

La sucesión de las estaciones no se debe a que en su movimiento elíptico la Tierra se aleja y acerca al Sol. Esto tiene un efecto menor. La causa principal es la inclinación del eje de rotación del globo terrestre. Este eje se halla siempre orientado en la misma dirección y por tanto los hemisferios norte y sur son desigualmente iluminados por el sol. Cada seis meses la situación se invierte.

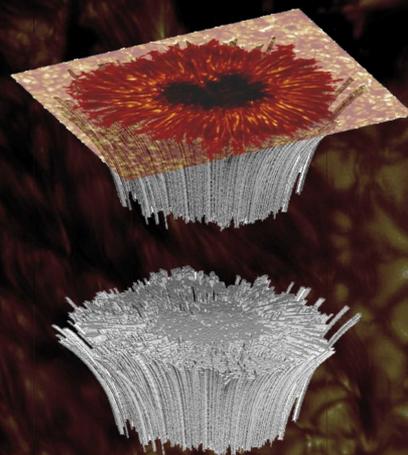
Si el eje de la Tierra no estuviese inclinado respecto a la eclíptica, el Sol se hallaría todo el año sobre el ecuador; culminaría todos los días del año a la misma altura sobre el horizonte y, en suma, no habría estaciones.

¡¡MANCHAS EN EL SOL!!

El hecho de que el Sol no rote de forma rígida, sino que su región ecuatorial gire más rápido que los polos, tiene espectaculares consecuencias: las líneas del campo magnético que, en condiciones normales, deberían dirigirse directamente de norte a sur, se van torciendo y formando densos haces en dirección este-oeste (ver imagen). Estos haces se manifiestan en la superficie en forma de **MANCHAS, REGIONES ALGO MÁS FRÍAS** debido a que el campo magnético bloquea el transporte de energía hacia la superficie y ocasiona un descenso de la temperatura.



Estas manchas, conocidas desde hace más de dos mil años, se forman por grupos y constituyen las regiones donde se localiza la actividad solar y la mayoría de los fenómenos asociados a ella. Muchas de ellas superan el tamaño de la Tierra, y pueden desarrollarse en unos pocos días y durar entre unos días y unos meses. Presentan dos zonas diferenciadas: una zona oscura central, denominada umbra, rodeada de otra algo más clara, llamada penumbra.

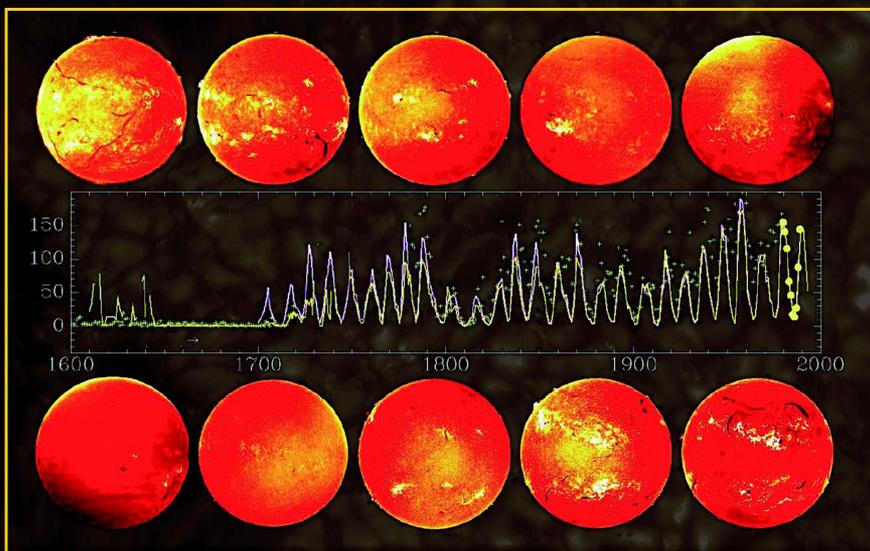


El ciclo solar

Entre 1645 y 1715, el Sol atravesó una etapa de inactividad, hoy denominada Mínimo de Maunder, en la que la ausencia de manchas en la superficie solar vino acompañada de una

“pequeña edad de hielo” en la Tierra. Cuando la actividad solar se reanudó, los astrónomos, convencidos de la relación entre las manchas solares y el clima terrestre, comenzaron a guardar registros de las primeras. En 1843, el astrónomo aficionado Heinrich Schwabe estudió estos registros y descubrió que el número de manchas experimentaba un máximo cada once años, con lo que se estableció el ciclo de actividad solar. Los ciclos solares se empezaron a enumerar a partir del mínimo acaecido alrededor del 1755, y en la actualidad el Sol se halla en el final del número 23.

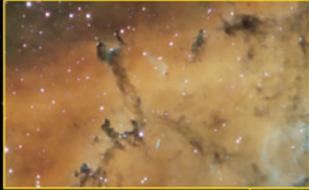
El ciclo solar: el número de manchas varía con un periodo de 11 años.



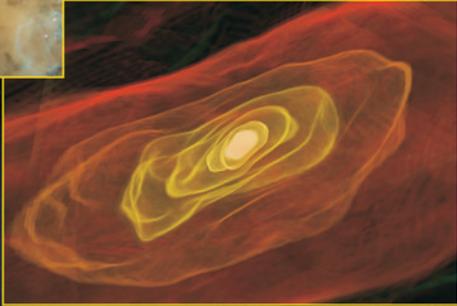
La VIDA de nuestra estrella

1 NACIMIENTO

Las estrellas se forman en unas nubes muy tenues compuestas por hidrógeno (99%) y polvo (1%), tan grandes que una sola puede generar miles, e incluso millones, de estrellas como el Sol.



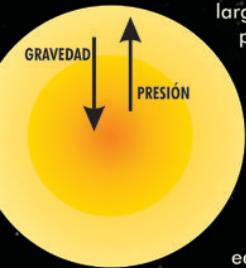
Estas nubes se rompen y los distintos fragmentos atraviesan un lento proceso de contracción y colapso, que tiene como consecuencia la formación de un núcleo central -el embrión estelar o protoestrella-, sobre el que continúa cayendo el resto del fragmento de la nube progenitora. Cuando la temperatura central aumenta hasta alcanzar los 10 millones de grados, los núcleos de hidrógeno comienzan a colisionar entre ellos violentamente y se fusionan en núcleos de helio, reacción en la que se desprende una enorme cantidad de energía. La temperatura se eleva entonces a 20 millones de grados, lo que hace que la presión aumente lo suficiente como para detener, por fin, la contracción. La condensación inicial comienza a brillar en la oscuridad del espacio. Ha nacido una estrella.



2 EVOLUCIÓN

¿Por qué cambian las estrellas?

En las estrellas existen dos fuerzas que actúan en equilibrio: la gravedad, que tiende a hundirlas bajo su propio peso y la presión, que tiende a expandirlas. Mientras que la gravedad, que depende de la cantidad de masa que posea la estrella, permanecerá constante a lo largo de la vida de ésta, la presión sí sufrirá modificaciones al depender de la forma en que la estrella genera energía. La evolución estelar constituye una continua lucha por mantener el equilibrio entre gravedad y presión, también llamado equilibrio hidrostático.



Etapa adulta. Las estrellas pasan gran parte de su existencia en la secuencia principal, que constituye su etapa adulta y se caracteriza por la obtención de energía mediante la combustión de hidrógeno. Una estrella mediana como el Sol pasará 10.000 millones de años en esta fase, mientras que una estrella más masiva, que necesita mucha más energía para evitar el colapso, fusionará el hidrógeno a mayor velocidad (una estrella diez veces más masiva que el Sol se mantiene en la secuencia principal tan solo 100 millones de años).



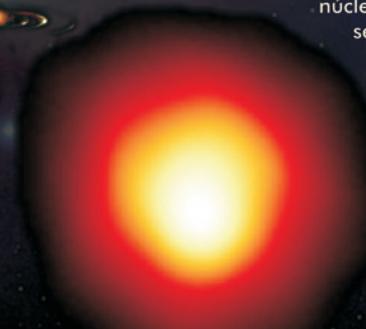
3 MUERTE

La dilatación de la envoltura continúa hasta que el núcleo pierde el control sobre ella y se expande libre en el espacio. La envoltura estelar, ahora muy tenue, es transparente a la energía que emite el núcleo, que la ioniza y la hace emitir luz. La estrella se ha transformado en uno de los objetos celestes más bellos y enigmáticos, una nebulosa planetaria, compuesta por un núcleo estelar muy caliente rodeado de una envoltura fluorescente.

En un periodo de unos veinte a treinta mil años, la planetaria se disipará en el espacio. Su estrella central convertirá en una enana blanca, condenada a enfriarse y apagarse lentamente. Así, en unos veinte o treinta y cinco mil años apenas quedará nada de nuestro Sistema Solar. O, lo que sobreviva, lo hará en la más absoluta oscuridad y a bajísimas temperaturas.

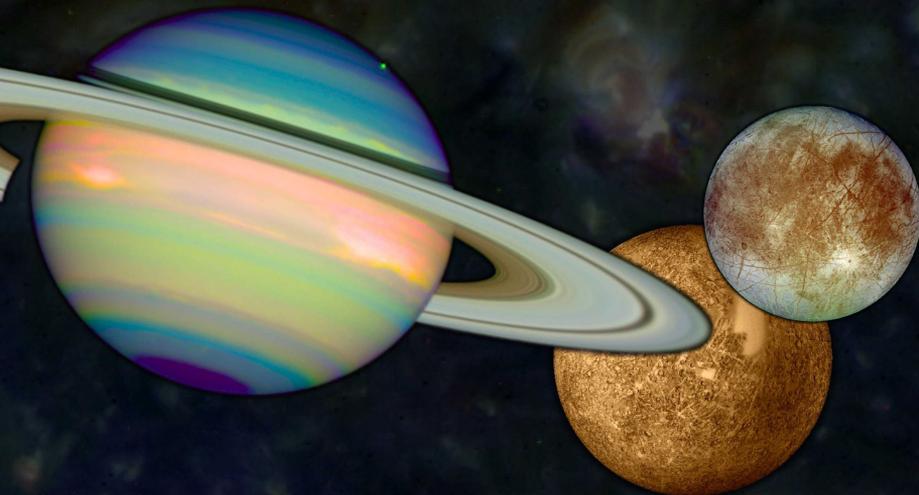
Las gigantes rojas

Llega un momento en que el hidrógeno disminuye tanto que no mantiene el ritmo de las reacciones nucleares. El núcleo prácticamente de helio genera menos energía, se enfría, disminuye la presión y comienza a hundirse bajo su propio peso y el de las capas externas de la estrella. Todo este proceso calienta estas capas que comienzan a dilatarse y a expandirse como un globo que se hincha con aire caliente. La estrella aumenta su radio hasta casi cien veces su tamaño original (Mercurio quedará sumergido dentro del Sol), de tal forma que las últimas capas apenas notan la influencia del núcleo y se enfrían. Al enfriarse adquieren un color rojizo, dando nombre a esta etapa de la evolución estelar, la de gigante roja, que nuestro Sol atravesará en unos 5.000 millones de años.



¿Cómo se formó el SISTEMA SOLAR?

El Sistema Solar nació hace unos 4.600 millones de años. Se cree que el Sol y los planetas se formaron a partir de una misma nube de gas y polvo (también llamada nebulosa) que, desestabilizada quizá debido a una explosión de supernova cercana, empezó a contraerse. Por efecto de la gravedad, esta nube comenzó a colapsar y a rotar hasta aplanarse en forma de disco, en cuyo centro, la zona más densa y caliente, nacería el Sol; mientras, en las regiones más externas, se crearon pequeños grumos de gas y polvo, llamados planetesimales, que poco a poco acumularon materia suficiente para convertirse en planetas.

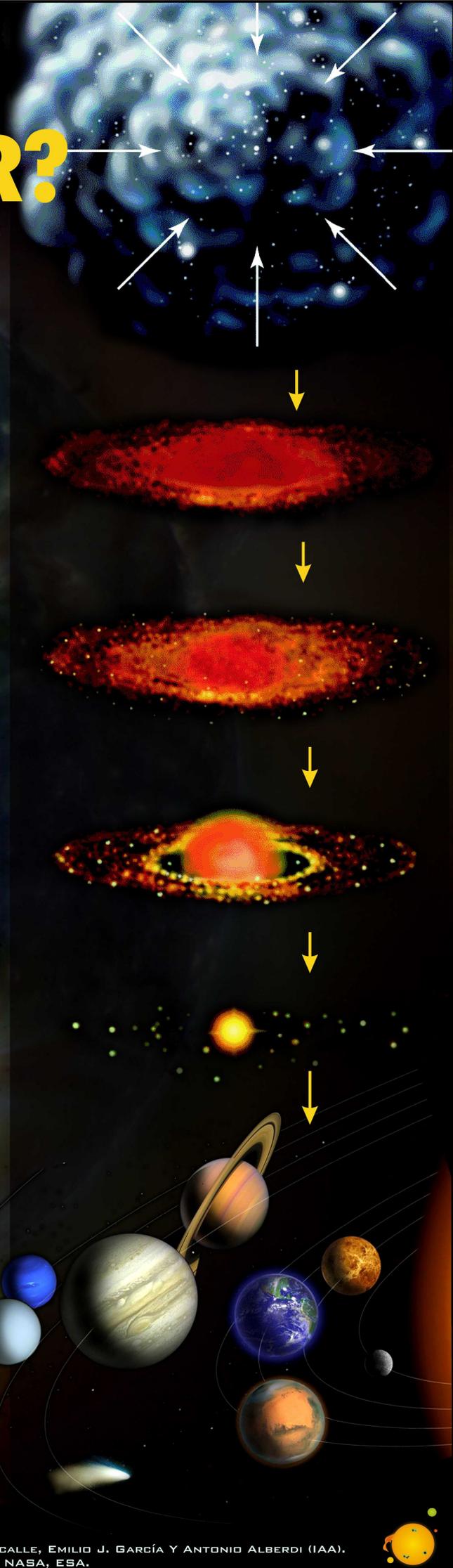


Terrestres, gaseosos y helados

La evidente diferencia que encontramos entre los cuerpos del Sistema Solar, que pueden clasificarse en terrestres (Mercurio, Venus, Tierra y Marte), gaseosos (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) y helados (Plutón, objetos similares a éste como Quaoar y Sedna y algunas lunas de los planetas gaseosos, como Tritón), responde a las condiciones que, en su infancia, impuso el Sol: a su alrededor la temperatura era tan elevada que sólo los elementos más pesados, como hierro, carbono y silicatos, podían permanecer en estado sólido y formar planetesimales, hecho que explica el carácter rocoso de los planetas internos.

En cambio, en la región externa del Sistema Solar, la temperatura era lo suficientemente baja como para que el agua, el amoníaco o el metano formaran hielos que, en combinación con algunos restos rocosos, constituyeron los núcleos de los planetas gaseosos. La fuerza de gravedad de estos núcleos helados atrapó gran cantidad del hidrógeno y helio de la nube primigenia, elementos predominantes en este tipo de planetas, sobre todo los de mayor tamaño: Júpiter y Saturno.

Finalmente, en los confines del Sistema Solar se formaron los que hoy se conocen como Objetos Transneptunianos y cuyo más conocido representante es Plutón.



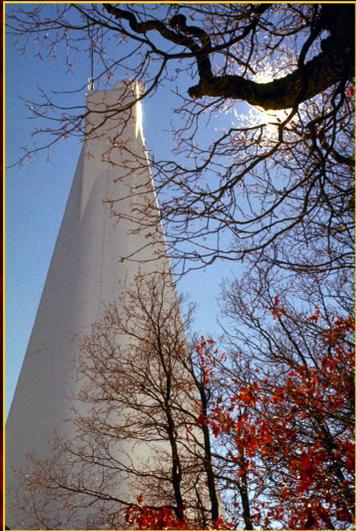
¿Cómo se observa el SOL?

3 EL INTERIOR DEL SOL

Los telescopios solares se encuentran con problemas inexistentes en la observación nocturna por el extremo brillo del Sol. En primer lugar, **NUNCA SE DEBE MIRAR AL SOL DIRECTAMENTE** a través del ocular -podría provocar ceguera permanente-, de modo que hay que utilizar filtros, proyectar la imagen en una pantalla o emplear dispositivos electrónicos. Veamos los problemas específicos y las soluciones que adoptan los observatorios solares.

1 EL CALOR

Como la luz solar puede calentar el aire dentro del tubo del telescopio y crear turbulencias que deforman la imagen, se construyen torres solares en las que el interior del telescopio es una cámara de vacío.



La Torre Solar Dunn en Sunspot, Nuevo México. Su altura, de 41,5 metros, se extiende 69,5 metros más bajo tierra. Pertenece al Observatorio Solar Nacional (EEUU).

El Telescopio Solar McMath-Pierce (EEUU). Con 1,6 metros de diámetro, es el mayor de tipo solar del mundo.



El Telescopio Solar Sueco, en la isla canaria de La Palma (Observatorio del Roque de los Muchachos).

2 CICLOS DÍA/NOCHE

Cuando cae la noche se interrumpen las observaciones del Sol; para evitar este problema, se ha diseñado GONG, una red de telescopios solares distribuida a lo largo del planeta que obtiene observaciones continuas del Sol.

La segunda opción para evitar la interrupción de la noche son los satélites en órbita. Los primeros satélites solares fueron los Pioneer 5, 6, 7, 8 y 9 de la NASA, que se lanzaron entre 1959 y 1969. Se pusieron en órbita alrededor del Sol a una distancia similar a la de la Tierra y realizaron las primeras medidas en detalle sobre el viento solar y el campo magnético. Pioneer 9 resultó especialmente longeva, transmitiendo datos hasta 1987.

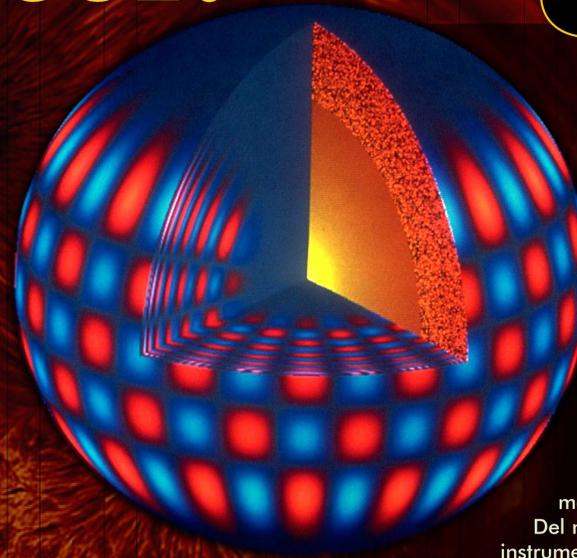


En 1980 la NASA lanzó la Misión Máximo Solar, destinada a observar la radiación gamma, ultravioleta y de rayos-X de las fulguraciones solares. Un fallo eléctrico la mantuvo inoperativa la misión hasta 1984, pero a partir de entonces adquirió miles de imágenes de la corona solar. Finaliza en 1989.

El satélite japonés Yohkoh ("Rayo de sol") fue lanzado en 1991 para estudiar las fulguraciones solares en rayos-X. Observó todo un ciclo solar pero en 2001 un eclipse hizo que perdiera su órbita en torno al Sol. Fue destruido por la reentrada atmosférica en 2005.



Una de las misiones más importantes hasta la fecha es el Observatorio Solar y Heliosférico (SOHO), construido conjuntamente por la NASA y la ESA y lanzado en 1995. Diseñada para operar durante dos años, ya lleva algo más de diez. Situada en una órbita donde la atracción gravitatoria de la Tierra y el Sol está equilibrada, SOHO ha permitido ver el Sol de forma constante y ha descubierto un buen número de cometas que se "incineran" la pasar cerca del Sol. Sus observaciones se complementan con las del Explorador de la Región Coronal y de Transición (TRACE).



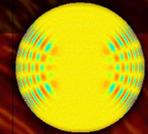
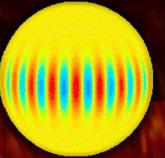
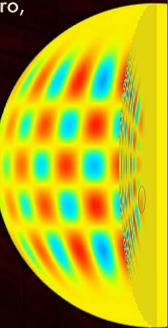
La mayoría de las mediciones del Sol están relacionadas con propiedades de su superficie, pero ¿cómo podemos llegar a su interior? Gracias a la heliosismología, que investiga el interior a través de las oscilaciones de su superficie.

Hace unos treinta años se descubrió que, al igual que el movimiento de las placas tectónicas provoca terremotos en la Tierra, el movimiento del gas dentro del Sol produce ondas sísmicas que alteran su superficie produciendo oscilaciones (algunas zonas se elevan mientras otras se hunden).

Las vibraciones pueden aparecer con una multitud de modos (actualmente se conoce unos diez millones de modos de oscilación del Sol), cada uno con su frecuencia y reflexión específica (la estrella actúa como una campana y refleja las ondas en su interior). Pero, ¿cómo relacionamos estas vibraciones con movimientos de la superficie del Sol?

Del mismo modo que el sonido que produce un instrumento musical depende de su forma, tamaño y constitución, la frecuencia de las oscilaciones de una estrella depende de su estructura. La heliosismología estudia esas oscilaciones y trata de deducir las características del Sol a partir de ellas.

Gracias a grandes proyectos de observación ininterrumpida de las oscilaciones solares como GONG y BiSON desde Tierra, o SOHO desde el espacio, hoy en día se conocen las propiedades físicas del interior del Sol con gran detalle: el tamaño de la zona convectiva (responsable de la excitación de los modos de oscilación), la velocidad del sonido en el interior solar, así como la manera en la que rota el gas en función de la profundidad y de la latitud.



UNA ESTRELLA MÁS

El Sol es el cuerpo mayor del Sistema Solar; **contiene el 99% de la masa de todo el sistema** y en su interior cabrían más de un millón de planetas Tierra; su densidad media es más bien baja -un cuarto de la terrestre- y se halla a 150 millones de kilómetros de nosotros.

Se trata de una estrella mediana, situada en el brazo de Orión de la Vía Láctea, que gira alrededor del centro galáctico junto con otros cien mil millones de estrellas.

Algo mayor que las enanas rojas, el tipo de estrellas mayoritario en la Galaxia, se ha clasificado como una enana amarilla.

El Sol se mueve alrededor del centro galáctico a una velocidad de 220.000 metros por segundo y tarda 240 millones de años en completar una vuelta. Ya ha rodeado la Galaxia más de 19 veces a lo largo de sus 4500 millones de años.

Curiosidades

ESTADO: ni sólido ni gaseoso, la masa solar se denomina plasma. Este plasma es tenue y gaseoso en las zonas cercanas a la superficie y va haciéndose más denso hacia el núcleo.

ROTACIÓN: el Sol no rota de forma rígida como los planetas sólidos, sino que las regiones ecuatoriales rotan más rápido, con un periodo de unos 24 días, que los polos, que completan una vuelta en unos 30 días.

TEMPERATURA: si bien en el interior del Sol la temperatura desciende al alejarnos del núcleo, encontramos una enorme diferencia entre los 6.000 grados de la superficie y casi el millón de la corona (su capa más externa). Aunque se han propuesto diversas explicaciones, aún no se ha determinado el mecanismo responsable del calentamiento coronal.

El Sol en números

Diámetro: 1.391.980 km (109 veces el terrestre).

Masa: 2×10^{30} kg (2000 billones de billones de toneladas, o 332.946 veces la terrestre)

Temperatura en la superficie: 6.000° C

Temperatura en el centro: 15.000.000° C

Composición en la superficie:

- Hidrógeno (70%)
- Helio (28%)
- Elementos pesados (2% de trazas de carbono, nitrógeno, oxígeno, neón, magnesio, silicio y hierro).

Una máquina de energía

Al igual que el resto de las estrellas, **EL SOL ES UNA GRAN ESFERA DE GAS INCANDESCENTE**, que debe su energía a las reacciones termonucleares que se producen en su núcleo: la fusión de átomos de hidrógeno da lugar al helio, proceso en el que se libera la energía que viaja hacia la superficie y que se manifiesta en forma de luz y calor.

Concretamente, el Sol transforma cada segundo 700 millones de toneladas de hidrógeno en helio, lo que genera 3.86×10^{33} ergios/sg en forma de radiación (en un segundo el Sol produce la energía que consume EEUU en un millón de años). Esta energía tarda hasta un millón de años en alcanzar la superficie del Sol, pero tan sólo ocho minutos en llegar a la Tierra.

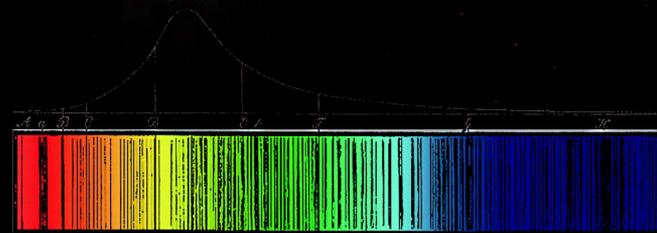
Alquimia en las estrellas

Las estrellas son verdaderas fábricas de elementos químicos. Pasan gran parte de su vida generando helio a partir de hidrógeno, pero cuando el hidrógeno se termina las más masivas son capaces de fusionar el helio en carbono y, cuando el helio se agota, el carbono en oxígeno, luego en magnesio, silicio y toda una serie de elementos pesados, incluido el hierro. Cuando la estrella muere estos elementos son expulsados al medio interestelar, del que surgirán nuevas estrellas con una composición algo más rica en elementos pesados; y así se van creando "generaciones de estrellas" (el Sol, por ejemplo, es una estrella de tercera generación).

¿De qué está hecho el Sol?

Del mismo modo que las gotitas de agua suspendidas en la atmósfera terrestre desvelan, en forma de arco iris, el espectro de luz del Sol, los astrónomos emplean prismas para descomponer la luz de las estrellas en sus diferentes colores. Fue el físico alemán Joseph von Fraunhofer quien, a principios del siglo XIX, inventó el espectrógrafo, un instrumento que descompone la luz en colores de forma tan fina que su espectro se observa entrelazado con centenares de líneas negras, correspondientes a los elementos químicos que forman el objeto.

Así fue posible conocer que el Sol, y las estrellas en general, se componían en un 75% de hidrógeno y un 25% de helio, los dos elementos más ligeros, además de algunas trazas de otros elementos. Cuando, en 1925, la astrónoma Cecilia Payne hizo público este descubrimiento resultó tan contrario a lo que se esperaba que, bajo presión, tuvo que calificar su resultado de "engañoso".



En Fraunhofer's Abh. Deutsche 1814-15.



LOS TEMPLOS SOLARES

TUMBAS MUY ESPECIALES

En la región de Loughcrew, en Irlanda, descansan dos tumbas de la época del Neolítico, aproximadamente del 3.300 a.C. Habitualmente son lugares fríos y oscuros, pero el día del equinoccio de primavera, a la salida del Sol, ambas tumbas se iluminan. Los rayos de Sol serpentean en su interior hasta incidir en una enorme piedra, la "piedra equinoccial", repleta de grabados neolíticos de símbolos solares, ¿la obra de los primeros astrónomos?



GOSECK Y STONEHENGE

Una de las más antiguas muestras del interés por el Sol se halla en Goseck (Alemania), y consiste en un círculo de piedras creado hace más de 7.000 años que presenta dos aberturas orientadas a los solsticios de invierno y verano.

Pero, sin duda, el círculo de piedras (cromlech) más famoso es Stonehenge, en Inglaterra, visitado por miles de turistas el día del solsticio de verano y cuyo significado aún se debate.



¿TE IMAGINAS CONSTRUIR TU CASA CON UNA ORIENTACIÓN TAL QUE EL DÍA DE TU CUMPLEAÑOS, A LA HORA EXACTA EN QUE NACISTE, UN RAYO DE SOL ATRAVESARA LA VENTANA DE TU HABITACIÓN?

Esto es tal vez exagerado, pero muchas civilizaciones antiguas, incluso prehistóricas, construyeron sus templos orientándolos en direcciones especiales, como el lugar donde nacía o se ponía el Sol en los solsticios o en los equinoccios.

Así podían controlar las estaciones, saber cuándo comenzar un determinado cultivo o, simplemente, prepararse para el invierno; así, el templo actuaba como un calendario.

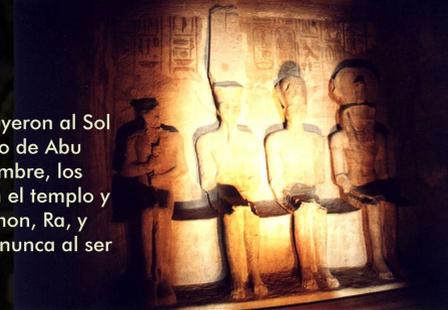
Además, los juegos de luces y sombras que se producían en el templo en dichos días implicaban, en muchos casos, un culto especial o el comienzo de una ceremonia dedicada a alguna divinidad o

al propio Sol; o simplemente una manifestación divina de él, lo que se denomina hierofanía.

LA ARQUEOASTRONOMÍA ES LA CIENCIA QUE ESTUDIA CÓMO ERA LA ASTRONOMÍA DE LOS PUEBLOS PREHISTÓRICOS Y ANTIGUOS: QUÉ CONOCÍAN DEL CIELO, CUÁL ERA SU CALENDARIO Y CÓMO ORIENTABAN SUS TEMPLOS Y TUMBAS.

ABU SIMBEL, EGIPTO

Los egipcios, que por un tiempo hasta instituyeron al Sol como única divinidad, construyeron el templo de Abu Simbel donde, los días 21 de marzo y septiembre, los rayos del Sol se adentran unos 60 metros en el templo y alumbran las caras de los grandes dioses Amon, Ra, y Ramsés. La cara del dios Ptah no se ilumina nunca al ser considerado el dios de la oscuridad.



Existen muchas otras muestras de la "arquitectura solar" de la antigüedad, como Cañón Chaco en Nuevo México, o incluso el Panteón en Roma. También en nuestra península, así como en las Islas Canarias y Baleares, existen numerosos yacimientos con orientaciones solares, como los Toros de Guisando, cerca de Ávila. Tres de los cuatro toros "miran" perfectamente la puesta de Sol durante el equinoccio. El cuarto, víctima de una restauración, ya no mira de forma precisa en la dirección adecuada.

LAS CULTURAS PRECOLOMBINAS

Los pueblos que habitaron el continente americano antes de la llegada de Cristóbal Colón fueron verdaderos maestros en orientar edificios al Sol. La maya, azteca o inca eran civilizaciones muy avanzadas, con grandes conocimientos astronómicos. Muchas de ellas rendían un profundo culto al Sol, y desarrollaron complejos calendarios basados en él.

Por ejemplo, en las ruinas de **Teotihuacan ("la morada de los Dioses")**, cerca de México D.F., se encuentra la pirámide del Sol: sus 65 metros de altura se orientan perfectamente a los puntos por donde nace el Sol el 13 de agosto y el 29 de abril, dos fechas claves en lo que fue su calendario.

Estas civilizaciones contaban con auténticos observatorios solares, cuya precisión sorprende aún hoy día. Por ejemplo, **"El caracol"**, en las ruinas mayas de Chichen Itza, es un edificio diseñado para observar las salidas del Sol en los solsticios y equinoccios, o la **"Cueva del Sol"**, en Xochicalco (Morelos, México), contiene una chimenea subterránea de 8 metros empleada para medir y observar el paso del Sol por el cenit.

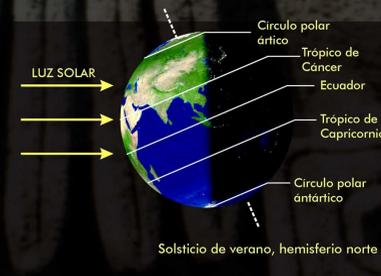
También en Chichen Itza se encuentra la **"Pirámide de Kukulkan"** una espectacular pirámide de 28 metros de altura con 365 peldaños -uno por cada día del año-. En ella, durante los equinoccios, el Sol proyecta un juego de luces y sombras que crea la "ilusión" de que una serpiente, la serpiente emplumada Quetzalcoatl, desciende desde lo más alto de la pirámide.



¿QUÉ ES UN...?

SOLSTICIO: Momento en que el Sol se halla en uno de los dos trópicos, lo que sucede del 21 de junio para el de Cáncer, y del 21 al 22 de diciembre para el de Capricornio. El primero corresponde a la noche más corta en el hemisferio norte y a la más larga en el sur, y el segundo todo lo contrario.

EQUINOCCIO: Momento en que, por hallarse el Sol sobre el Ecuador, los días son iguales a las noches en toda la Tierra. Sucede anualmente del 20 al 21 de marzo y del 22 al 23 de septiembre.



EL SOL EN EL ARTE

EL POETA ARTHUR RIMBAUD DIJO QUE HABÍA ENCONTRADO LA ETERNIDAD, Y QUE ERA EL SOL FUNDIDO CON EL MAR.

Muchas artistas parecen coincidir con Rimbaud, entre ellos **William Turner** (1775-1851), que consideraba el Sol como centro de toda vida e imprimía a la luz solar una cualidad casi divina; algunas de sus últimas obras, que le granjearon el desprecio de la crítica y la fama de demente, se hallan tan invadidas por la luz que rayan la abstracción (en algunos de los marcos ponían flechas para indicar la orientación de la obra).

William Turner



La visión de la naturaleza que Turner pretendía plasmar derivaba más hacia la impresión que los objetos o fenómenos causaban en su mente que a una representación exacta de lo observado. De igual modo pensaba **Claude Monet** (1840-1926), que nos brindó uno de los amaneceres más hermosos de la pintura -"Impresión: sol naciente"- . Se trata de una imagen tomada del natural en la que sensación atmosférica domina la escena y las formas desaparecen casi por completo. Monet llevó su investigación a un método más sistemático, que buscaba plasmar los elusivos efectos de la luz solar sobre la naturaleza: persistió en la pintura de series, que presentaban el mismo motivo iluminado en distintos momentos del día y en varios días, y que alcanzó su cima en la serie de la Catedral de Rouen.

Claude Monet, "Impresión: sol naciente".



Algunos pintores, como Miró o Van Gogh, convirtieron el Sol en el protagonista de sus pinturas. **Joan Miró** (1893-1983) lo incorpora de modo natural en su iconografía junto con sus mujeres, pájaros y formas orgánicas, mientras que **Van Gogh** (1853-1890) crea, con su brillante paleta, soles cegadores y vibrantes. **Edward Munch** (1863-1944) también lo incluyó entre sus temas pictóricos ("El Sol") y hasta representó el efecto de una erupción volcánica sobre la luz solar: en 1883 tuvo lugar una de las explosiones volcánicas más poderosas en la historia, que redujo la isla de Krakatoa a pedazos y produjo una nube de cenizas que obstruyó el calor de Sol y provocó descensos de temperatura; el Sol y la Luna aparecieron rodeados de halos rojizos, cuyos colores se plasman en "El grito" de Munch.

Eduardo Chillida (1924-2002), "TINDAYA".

"Hace años tuve una intuición, que sinceramente creí utópica. Dentro de una montaña crear un espacio interior que pudiera ofrecerse a los hombres de todas las razas y colores [...] El gran espacio creado dentro de ella no sería visible desde fuera, pero los hombres que penetraran en su corazón verían la luz del sol, de la luna, dentro de una montaña volcada al mar, y al horizonte, inalcanzable, necesario, inexistente...".



Joaquín Sorolla



John Singer Sargent

NANCY HOLT, "Túneles solares" (1976).

Un conjunto de tubos de cemento alineados en forma de X descansan en el desierto. Todos ellos presentan agujeros de distintos tamaños, que corresponden a la distribución de las estrellas en varias constelaciones (hay un túnel para Draco, otro para Perseo, Columba, Capricornio...). Cuando el Sol entra por los orificios, las constelaciones se dibujan en el interior de los tubos.



Edward Hopper (1882-1967), famoso por sus crudas representaciones de la soledad en la América contemporánea, mostró también un intenso interés por la luz. Muchos de sus retratos muestran personajes dramáticamente iluminados por el Sol, y al final de su vida incluso pareció interesarse más por la luz que por el objeto iluminado.

JAMES TURRELL. Le gusta llamarse "escultor de la luz", y su larga trayectoria respalda su elección; ha conseguido solidificarla y desmaterializarla a su voluntad; ha creado espacios o modificado los existentes mediante la luz y lleva treinta años trabajando en su proyecto más ambicioso: en Roden Crater, un volcán apagado en Arizona, está excavando túneles y cámaras donde se podrá observar el movimiento del Sol, la Luna y las estrellas y disfrutar de un fragmento de cielo enmarcado que forma una bóveda ilusoria.





EL ORIGEN DEL CALENDARIO

Aunque hoy día parece una herramienta sencilla, establecer el calendario no resultó fácil. Sólo hay tres medidas regulares que pueden emplearse: el día y el año son dos de ellas, pero como un año no tiene un número redondo de días los antiguos eligieron los 29 días del ciclo lunar para desarrollar los primeros calendarios. Existen antiquísimos ejemplos de calendarios lunares: 29 muescas marcadas en un hueso hallado en África con 28.000 años de edad, o 29 puntos encontrados en las pinturas rupestres de Lascaux. La gran desventaja del calendario lunar reside en que en un año no hay un número de "meses lunares" exacto, y lo que se necesitaba era dividir el año de modo que las fechas se sincronizaran con las estaciones.



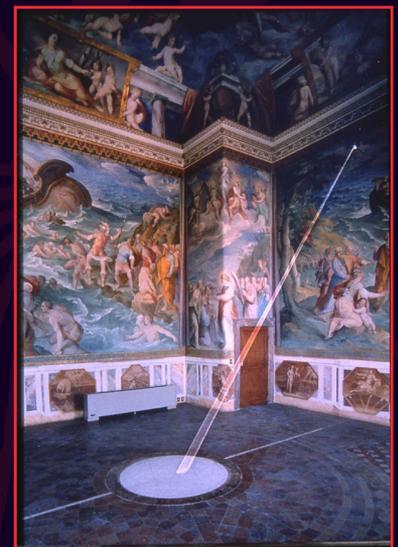
LOS PRIMEROS CALENDARIOS SOLARES

Los egipcios elaboraron el primer calendario solar hace unos 6.000 años. Calcularon que el año duraba unos 365 días y un cuarto, pero en lugar de añadir un día cada cuatro años como se hace hoy día, dejaban que el cuarto se fuera acumulando (lo que, a largo plazo, perdía la sincronía con las estaciones). Los pueblos de Mesoamérica (antiguo México) también desarrollaron calendarios solares: uno civil de 365 días y otro de 260 días que correspondía al "año sagrado".



HACIA EL CALENDARIO ACTUAL

El calendario romano sí que era complicado: tenían cuatro meses de 31 días, siete de 29 y uno de 28, lo que suman 355. Para alcanzar los 365 días, se inventaron el mes de Mercedonius, de 22 ó 23 días, que se añadía cada dos años. Aún así, era tan torpe que Julio César ordenó reformarlo: los meses tendrían 30 ó 31 días, y cada cuatro años se incluía un día más: el año bisiesto. Pero el calendario juliano seguía siendo once minutos más largo que el año solar, y en el siglo XV ya se había retrasado una semana. En 1545, el Concilio de Trento autorizó al papa Pablo III a reformar el calendario; como corrección inmediata, se fijó que el jueves 4 de octubre de 1582 sería el último día del calendario juliano, y el día siguiente sería viernes 15 de octubre. La nueva regla, aún vigente, eliminaba tres años bisiestos cada cuatro siglos y fue aceptada enseguida por los países católicos. En Alemania y Países Bajos no se aplicó hasta el 1700, en Gran Bretaña hasta 1752 y en Rusia hasta 1918.



ECLIPSES

Los eclipses de Sol constituyen uno de los espectáculos celestes más fascinantes. Se deben, sin embargo, a un fenómeno muy simple: la proyección de la sombra de la Luna sobre la Tierra. Cuando el Sol, la Luna y la Tierra se hallan alineados, la sombra de la Luna se proyecta sobre la Tierra y, en determinadas zonas del globo terráqueo, se observa cómo la Luna "tapa" el Sol.

En la sombra de la Luna se distinguen dos zonas, una de completa oscuridad, la umbra, y otra de sombra parcial, la penumbra.



Eclipse de Sol total sobre el Líbano



ECLIPSE TOTAL. Lo veremos si durante el eclipse nos encontramos en la zona de la Tierra donde "cae" la umbra. Los eclipses totales, además de darse con poca frecuencia, exigen puntualidad: mientras la Luna sigue su trayectoria orbital, la posición de su sombra cambia, de modo que tan sólo dura uno o dos minutos en cada lugar geográfico.

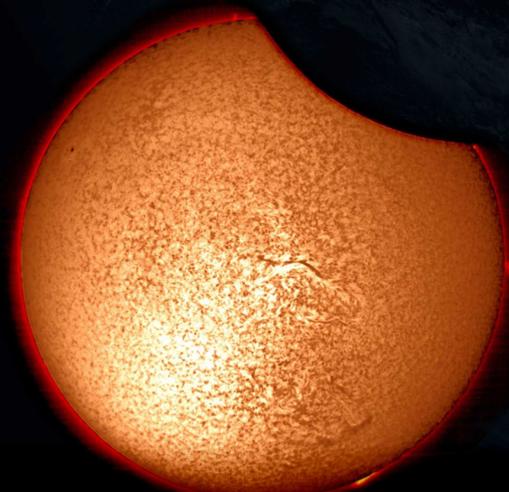
¿Por qué los eclipses totales son tan poco frecuentes?

Los eclipses son, en general, eventos extraordinarios. Esto se debe a que la órbita de la Luna está inclinada con respecto al plano Tierra-Sol. Por tanto, se deben producir dos circunstancias simultáneas para que haya un eclipse: que la Luna esté atravesando el plano Tierra-Sol y que los tres cuerpos estén alineados.

Por otro lado, para ver un eclipse total debemos estar en la zona de la Tierra barrida por la umbra. Esta zona, en general muy estrecha (apenas 200 km), puede caer en mitad del mar, o en zonas remotas del planeta.



ECLIPSE PARCIAL. Veremos uno si nos encontramos en la zona barrida por la penumbra.



ANILLO SOLAR.

Un tercer tipo de eclipse se produce cuando la Tierra está a una distancia tal que la umbra no alcanza la superficie terrestre. Es el llamado eclipse anular, en el que la Luna no abarca todo el disco solar.

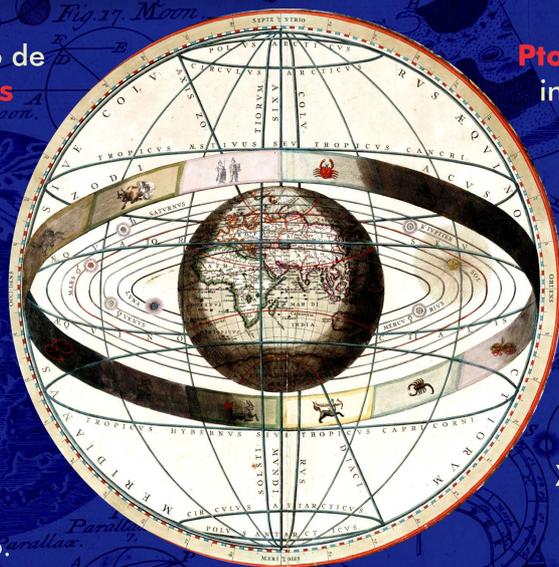


EL CENTRO DEL UNIVERSO

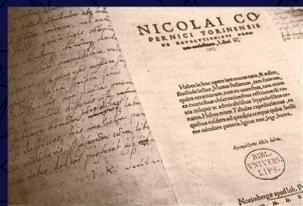
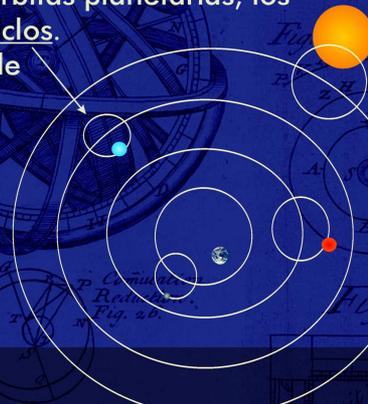


Todos los días observamos cómo el Sol nace por el Este y se pone por el Oeste; también vemos a los planetas y a las estrellas dar vueltas sobre el cielo nocturno. Nuestros sentidos parecen indicarnos que la Tierra se halla inmóvil, suspendida en el cielo, y que todo lo demás gira a su alrededor. Ésta es la hipótesis fundamental del sistema geocéntrico, una teoría que dominó el conocimiento durante más de 2.000 años.

El sistema geocéntrico. Uno de sus defensores fue **Aristóteles** (384-322 a.C.), cuya visión chocaba con la de Aristarco de Samos (310-230aC) y su sistema alternativo, donde la Tierra giraba en torno al Sol -un sistema heliocéntrico-. Pero la sombra de Aristóteles era alargada y su modelo geocéntrico aplastó cualquier otra propuesta, con la ayuda de la obra de otro gran astrónomo: Claudio Ptolomeo.



Ptolomeo logró resolver una de las grandes interrogantes del modelo geocéntrico: por qué los planetas, en su movimiento anual, parecen detenerse y comenzar a orbitar en sentido contrario (movimiento retrógrado). Para ello formuló unas complicadas órbitas planetarias, los llamados epiciclos. La influencia de la obra de Ptolomeo llegó hasta el siglo XIV.



Obras clave:
Almagesto, de Claudio Ptolomeo.
Sobre la revolución de las órbitas celestes, de Nicolás Copérnico.
El mensajero de las estrellas, de Galileo Galilei.

El sistema heliocéntrico En 1543, el joven astrónomo polaco Nicolás Copérnico publica el libro "Sobre la revolución de las esferas celestes", donde retoma la idea del Sol como centro del Universo. Levantó gran polémica y la Iglesia Católica lo incluyó en su lista de libros prohibidos. Mucho más exacta y elegante que la teoría geocéntrica, el sistema copernicano también presentaba problemas al considerar que las órbitas de los planetas eran perfectamente circulares. Años después, Johannes Kepler (1571-1630), basándose en las precisas observaciones de Tycho Brahe (1546-1601), resolvía estas dificultades demostrando que los planetas giraban en torno al Sol en órbitas elípticas y no esféricas. Pero el gran espaldarazo al sistema heliocéntrico lo dio en 1620 Galileo Galilei (1564-1642) al observar, por primera vez y con uno de los primeros telescopios de la historia, un ejemplo en miniatura del Sistema Solar: los satélites de Júpiter girando en torno a él.

A pesar de la oposición de siglos de historia, la Tierra dejó de ser el centro del Universo; más aún, en el siglo XX, un joven astrónomo llamado Harlow Shapley (1885-1972) demostraría que todo el Sistema Solar se encuentra en la periferia de la Vía Láctea, una galaxia más entre la infinidad de ellas que existe en el Universo.



HÉROES SOLARES

¿A quién le debemos nuestros conocimientos sobre el Sol?

Anaxágoras (500 a.C. 428 a.C)

Consideraba el Sol como una inmensa bola de metal extremadamente caliente que giraba a alta velocidad. Fue el primero en ofrecer una teoría correcta de un eclipse solar al asegurar que eran debidos al interponerse la Luna entre la Tierra y el Sol.

Christoph Scheiner (1573-1650)

Astrónomo jesuita, descubrió las manchas solares independientemente de otros observadores del Sol, como Galileo, Thomas Harriot, o Fabricius, en la primavera de 1611; fue el primero que comenzó un estudio sistemático de las manchas, que publicó en una de las obras más importantes de la astronomía: *Rosa Ursina* (1624). Mantuvo una agria polémica con Galileo sobre la naturaleza de las manchas que, para él, eran la sombra producida por ilias lunas del Sol!!



Joseph von Fraunhofer (1787-1826)

Nacido en una familia de cristaleros y un espléndido fabricante de lentes e instrumentos ópticos. En 1814 construyó un espectrómetro con el que descubrió que la luz del Sol contenía unas misteriosas líneas oscuras que bautizó de la "A" a la "Z". Más adelante se descubrió que estas líneas eran producidas por los diferentes elementos químicos que componen el Sol.

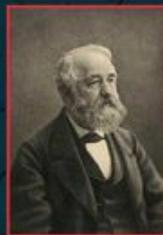


Heinrich Schwabe (1789-1875)

Ganó su primer telescopio en una rifa y en 1826 se propuso descubrir planetas entre Mercurio y el Sol. Pero, tras diecisiete años de observación, lo que descubrió es que el número de manchas solares aumentaba y disminuía con un periodo fijo: unos 10 años. Aunque en su momento nadie le creyó, había descubierto el ciclo solar.

Johann Rudolf Wolf (1816 1893)

Impresionado por el descubrimiento de Schwabe, realizó un registro de todas las observaciones de manchas realizadas desde 1610. Determinó el ciclo solar en 11,1 años y fue uno de los descubridores de la relación entre éste y la actividad geomagnética de la Tierra. En su honor, se denomina número de Wolf a una cantidad que estima el número de manchas en el Sol.



Richard C. Carrington (1826-1875)

El 1 de septiembre de 1859, mientras hacía una de sus observaciones sistemáticas del Sol, observó con estupor una intensa explosión en la superficie del Sol. Es el primer registro de una fulguración solar. Además descubrió que el Sol rota más rápido en el Ecuador que en los polos.

Cecilia Payne (1900-1979)

En un mundo dominado por hombres, realizó "una de las tesis más brillantes realizadas jamás", donde demostraba que el Sol se compone principalmente de hidrógeno y en menor proporción de helio. Se vio obligada a despreciar su propio trabajo hasta que en 1939 las observaciones demostraron que tenía razón.



George Ellery Hale (1868-1938)

Este visionario de la astrofísica, fanático de los grandes telescopios, descubrió que el origen de las manchas se debe a la presencia de intensos campos magnéticos en el Sol.

Hans Bethe (1906-2005)

Uno de los mejores físicos nucleares que han existido. Premio Nobel en 1967. En 1938 publicó "La producción de energía de las estrellas", donde describe las reacciones termonucleares que convierten el hidrógeno en helio gracias a las que brillan el Sol y las estrellas.





Piensa en los primeros humanos que habitaron la Tierra: durante la noche, escondidos en su fría gruta, esperan a que la inmensa bola de luz surque de nuevo el cielo. Hay periodos en que la bola de fuego permanece más días en el cielo, las noches son más cortas y el clima más cálido, y es buena época para el cultivo y la recolección, hasta el punto de que pueblos enteros se desplazan año tras año siguiendo las estaciones, siguiendo al Sol. Desde su origen, la humanidad ha reconocido al Sol como fuente de vida y energía, y constituye un elemento central o muy importante en las religiones y mitologías de pueblos completamente diferentes entre sí.

El dios SOL

Surya, Shamash y Helios

Para los hindúes el Sol es Surya, "El Dios de dioses", según se transmite en los libros sagrados del hinduismo, los Vedas. En la mitología china había diez soles que aparecían por turnos en el cielo, hasta que un día decidieron salir todos juntos: la vida se hizo insostenible en la Tierra, hasta que el arquero Yi mató a todos ellos salvo, afortunadamente, a nuestro Sol actual. En Mesopotamia el dios Sol Shamash se encargaba de repartir justicia desde el cielo y, en la mitología clásica griega, Helios -la personificación del Sol- conducía su carro dorado todos los días, de Este a Oeste.



Shamash



Surya



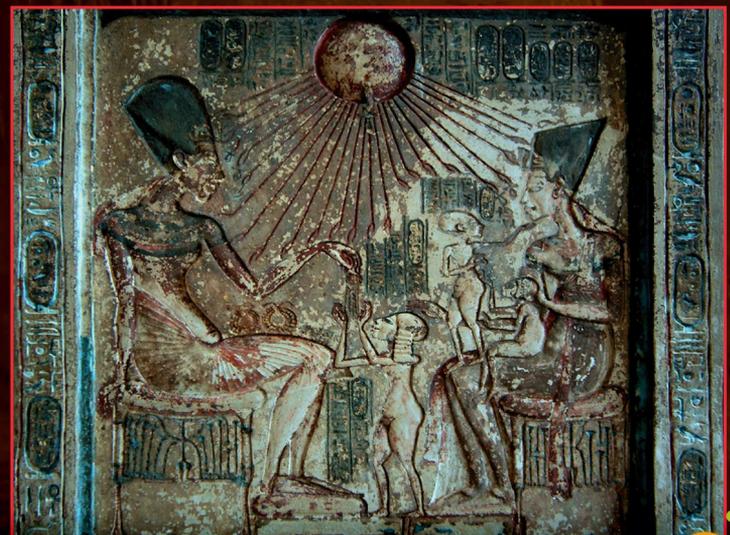
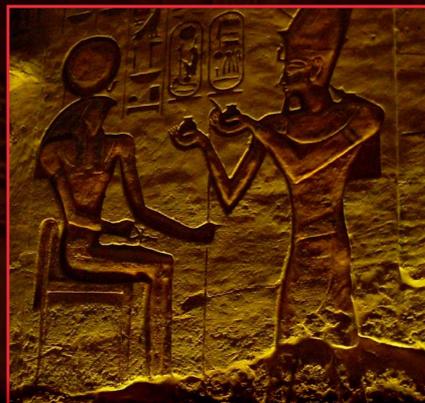
Dioses precolombinos

También entre los indígenas americanos el culto al Sol era fundamental. Toda la cultura del pueblo inca se basa en la adoración a Inti, el dios Sol, y los aztecas arrancaban el corazón de sus víctimas y lo ofrecían al Sol para asegurarse de que éste no se detuviera en su camino.



Egipto: Ra

Pero el pueblo que adoró al Sol por encima de todo fue el egipcio. Egipto es un país de Sol y en la época faraónica era adorado como fuente de vida a través de Ra, el dios Sol, considerado primer rey de Egipto. Era representado como un hombre con cabeza de halcón porque, al igual que Ra, este ave surca velozmente el cielo. El faraón era considerado el "hijo de Ra" y tenía carácter de divinidad. Durante el reinado de Amenotep la religión politeísta egipcia pasó a tener un único Dios, el Sol, al que se denominó Atón-Ra; sin embargo, este cambio no superó la muerte del Faraón.



PROCESANDO EL SOL

Los organismos fotosintéticos, como las plantas y las algas, son auténticas factorías celulares de las que se obtiene, a partir de la energía solar, agua y nutrientes, los más diversos compuestos de interés industrial como antibióticos, antivirales, pigmentos, alimentos y hasta biocombustibles.



Los azúcares producto de la fotosíntesis que se encuentran en las plantas y algas pueden ser la base de un nuevo recurso energético y una alternativa al petróleo. De la fermentación de los azúcares del maíz, la caña de azúcar o la remolacha se obtiene un nuevo combustible.



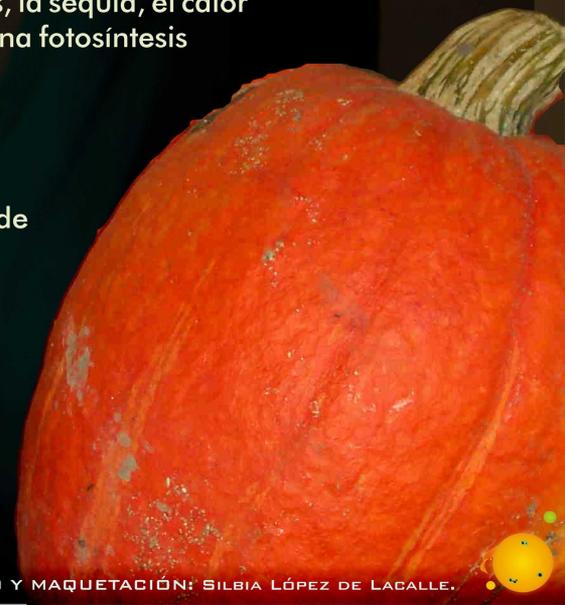
Con las nuevas biotecnologías puede conseguirse que la fotosíntesis sea lo más eficaz posible y mejorar la calidad de los productos finales. Desde hace unos 7.000 años el hombre desarrolla la agricultura intentando mejorar las cosechas, cruzando distintas variedades de plantas hasta conseguir semillas de buena calidad. La biotecnología acelera procesos usados históricamente por el hombre para mejorar las características cualitativas y cuantitativas de las plantas de consumo humano. Plantas más resistentes a las plagas, la sequía, el calor o los herbicidas tendrán también una fotosíntesis más eficiente.



La incorporación de genes nuevos al cromosoma de plantas y algas permitirá mejorar la absorción de la energía solar y dirigir la síntesis de azúcares hacia el objetivo deseado.

Podemos cambiar el tamaño de las antenas captadoras de luz, obtener fresas más dulces, variar el tamaño de hortalizas como el tomate u obtener patatas con una mejor textura una vez fritas.

A la vez, pigmentos fotosintéticos con alto valor vitamínico como los carotenos pueden estar presentes en alimentos como el arroz, lo que se consigue en el arroz dorado.



¿TRANSPIRAR O FIJAR CO₂?

ESTRATEGIAS DE LAS PLANTAS BAJO EL SOL

Las plantas, a diferencia de otros seres vivos, no pueden trasladarse y tienen que adaptar su forma de fotosintetizar al ambiente en que viven. En la superficie de sus hojas hay unos diminutos poros, los **ESTOMAS**, por los que pueden transpirar para regular el contenido de agua y, a la vez, fijar el dióxido de carbono del aire y terminar formando azúcares.

Para sobrevivir en condiciones de mucho sol, altas temperaturas y escasez de agua, las plantas **C4** y las **CAM** han sufrido diversas **ADAPTACIONES**, evitando tener los estomas abiertos durante el día en las horas de máximo calor para no perder agua.



PLANTAS C4

Son gramíneas tropicales y cultivos como el maíz y la caña de azúcar. Abren los estomas un corto espacio de tiempo para fijar CO₂ y dos tipos de células se reparten el trabajo fotosintético: Unos fijan CO₂ en grandes cantidades y lo bombean a los que sintetizarán azúcares, ya con los estomas cerrados para evitar las pérdidas de agua. Con el mismo objetivo, desarrollan hojas con pocos estomas y una cutícula gruesa.

PLANTAS CAM

Plantas suculentas y cactus que crecen en zonas desérticas, en las que existe un gran contraste de temperatura entre la noche y el día. Al contrario de la mayoría de las plantas, sólo abren sus escasos estomas por la noche para fijar el CO₂ y completan el proceso de fotosíntesis al día siguiente. Sus hojas están frecuentemente transformadas en espinas.



PLANTAS C3

Son el tipo más común de plantas, con una fotosíntesis típica. Abren los estomas de día, fijan CO₂ y completan el proceso en un solo tipo de cloroplastos. Las hojas tienen muchos estomas en la parte inferior y una cutícula fina que favorece el intercambio de agua y CO₂.

¿POR QUÉ LOS NOMBRES C3, C4 Y CAM?

Los primeros compuestos que forman al fijar el CO₂ para convertirlos en azúcares tienen 3 ó 4 átomos de carbono. Las siglas CAM se corresponden con el nombre en inglés del metabolismo de las plantas suculentas.



DEL SOL AL PLATO



En la Naturaleza, la energía se transmite a través de una cadena en la que cada organismo se alimenta del precedente y es alimento del siguiente. Esta cadena alimentaria -o trófica- integra el ciclo del carbono, elemento esencial para la vida: el carbono se halla presente en la atmósfera en forma de dióxido de carbono y entra en la cadena alimentaria gracias a la fotosíntesis, que convierte la luz solar en energía química y produce hidratos de carbono. Estos hidratos permiten sustentar la cadena trófica, que se inicia con organismos que obtienen su energía del Sol.

PRODUCTORES PRIMARIOS

De las **plantas**, productoras de hidratos de carbono, dependen el resto de los componentes de la cadena. En sus diversas formas (semillas, frutos, raíces, hojas, etc.) serán el alimento para los siguientes organismos de la cadena: los consumidores.



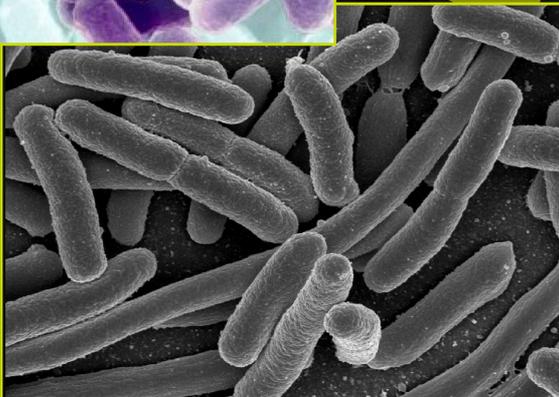
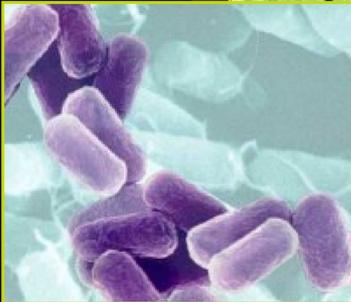
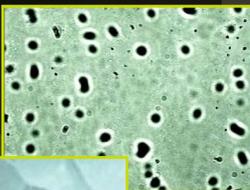
CONSUMIDORES PRIMARIOS

Son los animales que se alimentan de plantas, los herbívoros. En ellos se incluyen desde insectos de pequeño tamaño hasta grandes mamíferos. Aparte de la energía, estos seres obtienen las vitaminas y minerales de las plantas, y sustentan el siguiente eslabón de la cadena.



DESCOMPONEDORES

Actúan sobre los organismos muertos, degradando la materia orgánica y transformándola en inorgánica, nuevamente disponible para formar parte de la cadena alimentaria.



El hombre, junto con otros animales, considerados omnívoros, son tanto consumidores primarios como secundarios. Una peculiaridad reservada a muy pocas especies, aunque la acción del hombre sobre la naturaleza está propiciando el cambio de hábitos de ciertas especies que, hasta ahora, se encuadraban en uno de los dos grupos de consumidores.



CONSUMIDORES SECUNDARIOS

Se alimentan directamente de los consumidores primarios. Son los carnívoros, y representan las formas vivientes más agresivas de la cadena alimentaria. No obstante, su contribución es fundamental, y su instinto de matar sólo está gobernado por la necesidad de obtener alimento.



FOTOSÍNTESIS: Energía y alimento para todos

¿CUÁL ES EL SECRETO DE LAS PLANTAS PARA CAPTAR TAN EFICAZMENTE LA LUZ SOLAR?



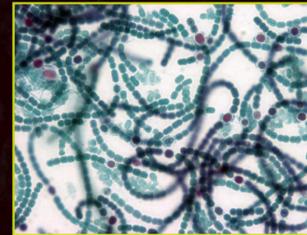
En sus hojas hay unos pequeños orgánulos verdes llamados **CLOROPLASTOS** repletos de un pigmento especial, la **CLOROFILA**. Este compuesto coloreado forma parte de grandes antenas que absorben la radiación solar.

Aunque predomine el verde, el mundo vegetal está repleto de color porque la clorofila se asocia a otros pigmentos para aumentar la potencia de la antena, como son los **CAROTENOIDES** de color amarillo-anaranjado.

EL SOL ES PURA ENERGÍA, PERO LOS ORGANISMOS FOTOSINTÉTICOS COMO LAS PLANTAS Y LAS ALGAS TIENEN QUE TRANSFORMARLA EN UNA FORMA UTILIZABLE. GRACIAS A LA LUZ SOLAR, DURANTE LA FOTOSÍNTESIS FABRICAN SU MATERIA ORGÁNICA (BIOMASA) A PARTIR DEL DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2) DEL AIRE Y DE NUTRIENTES Y AGUA DEL SUELO. EN ESTE PROCESO LIBERAN OXÍGENO Y, GRACIAS A ELLO, NUESTRO PLANETA SE CONVIRTIÓ EN UN TERRITORIO HABITABLE.



Las **ALGAS MARINAS** han desarrollado pigmentos para captar la energía solar que llega al fitoplancton de la superficie de los mares o a las que viven a grandes profundidades.



La fotosíntesis terrestre y marina convierte después la energía del Sol en energía química mediante unos pequeños reactores situados en los cloroplastos, los centros de reacción. Ésta se aprovecha para fijar el dióxido de carbono del aire y transformarlo en azúcares (almidón, celulosa y sacarosa...), que nos servirán de alimento y fuente de energía.



Todos los combustibles fósiles son también, en última instancia, producto de la fotosíntesis. Cuando quemamos la celulosa de la madera u otros combustibles devolvemos a la atmósfera el dióxido de carbono almacenado y éste forma una capa de gases que produce el EFECTO INVERNADERO. Así, la radiación solar que normalmente llega a la Tierra y se refleja en parte, no podrá volver al espacio y producirá un calentamiento del planeta con la consiguiente amenaza del CAMBIO CLIMÁTICO. Pero el exceso de CO_2 podría ser de nuevo rescatado de la atmósfera mediante la fotosíntesis: los grandes pulmones de la tierra -el fitoplancton de los océanos, las selvas y bosques- serían SUMIDEROS de CO_2 .

INHÓSPITOS VECINOS

Viendo el Sistema Solar desde fuera, un extraterrestre llegaría a la conclusión de que la Tierra es un término medio entre Venus y Marte, con una atmósfera compuesta básicamente por dióxido de carbono, una presión de unas 20 a 40 atmósferas y una temperatura media de unos 227°C. La realidad es bien distinta: la atmósfera terrestre se compone en un 80% de nitrógeno y un 20% de oxígeno (además de pequeñas cantidades de otros gases) y genera una presión de una atmósfera en la superficie, cuya temperatura media se encuentra alrededor de los 18°C.



EL SOL Y EL ORIGEN DE LA VIDA

LA TIERRA, EL MAYOR DE LOS PLANETAS ROCOSOS DEL SISTEMA SOLAR, SUPO ESCOGER EL LUGAR IDÓNEO PARA ESTABLECER SU ÓRBITA ALREDEDOR DEL SOL Y SE SITUÓ DENTRO DE LA DENOMINADA "FRANJA DE HABITABILIDAD", O REGIÓN ALREDEDOR DE UNA ESTRELLA EN LA QUE LAS CONDICIONES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA LE PERMITEN ALBERGAR AGUA LÍQUIDA.

¿A QUÉ SE DEBEN LAS CLEMENTES CONDICIONES DEL PLANETA AZUL?

Los planetas rocosos, durante su formación, desarrollaron atmósferas de hidrógeno y helio que el Sol eliminó en una etapa violenta. Pero calor interno de los planetas provocó que los elementos más pesados, como el hierro, descendieran hasta el núcleo y se enfriaran. Esto desató una fase de vulcanismo que arrojó al exterior los gases que constituirían las nuevas atmósferas compuestas, sobre todo, por dióxido de carbono y vapor de agua, junto con amoníaco y metano.

La evolución posterior dependió de la masa del planeta y, sobre todo, de su distancia al Sol: Mercurio, tan pequeño, carecía de suficiente calor interno y de una fuerza de gravedad que retuviera la atmósfera; Venus, que recibe del Sol el doble de energía que la Tierra, sufrió las consecuencias de un desmesurado efecto invernadero provocadas por su densa atmósfera y padece temperaturas abrasadoras; Marte, más frío, lejano y pequeño, experimentó un vulcanismo débil y su baja fuerza de gravedad dejó escapar gran parte de los gases; por su parte, la Tierra presentó unas afortunadas complicaciones, debidas a su situación dentro de la franja de habitabilidad: el vapor de agua de la atmósfera se condensó y formó océanos, que absorbieron parte del dióxido de carbono mientras que la radiación solar descomponía parte del amoníaco y el vapor de agua atmosféricos en nitrógeno y oxígeno. La vida surgió en los océanos, único lugar habitable debido a la fuerte radiación ultravioleta del Sol. Las algas y plantas marinas utilizaron el dióxido de carbono y expulsaron oxígeno que, tras cientos de millones de años, fue tan abundante que una parte se convirtió en ozono y se formó la capa que nos protege de la radiación solar dañina. Así, gracias a diversos mecanismos que funcionaron en un delicado equilibrio, la vida comenzó a poblar el terreno seco y, literalmente, a transformar la superficie del planeta.

BAJO EL MAR

La radiación ultravioleta del Sol, junto con las descargas de las tormentas y el vapor de agua, facilitó las reacciones químicas en las que se generaron las moléculas complejas que son la base de nuestra biología. Pero la radiación ultravioleta también tiene un efecto negativo, al dañar las moléculas que contienen la información genética. Así, las primeras formas de vida se desarrollaron lejos de la luz solar, en chimeneas hidrotermales en el fondo del océano. Estos géiseres submarinos son fuentes de azufre y otros compuestos que algunos microorganismos pueden usar para obtener energía. El gran salto se produjo gracias a las cianobacterias, microorganismos capaces de utilizar la energía del Sol mediante la fotosíntesis.



EXPLOSIÓN DEL CÁMBRICO: SE DISPARA LA DIVERSIDAD
PLANTAS CON FLORES
SER HUMANO

¿CUÁNTO TIEMPO HA PASADO?

