

Existen situaciones cotidianas tan habituales y evidentes que raramente nos detenemos a reflexionar sobre ellas. Hechos tan comunes como la alterancia de las noches y los días y la llegada cíclica de las estaciones merecen una reflexión.



ASTRONOMÍA DIURNA

El sol se detuvo en medio del cielo,
y no se apresuró a ponerse, casi un
día entero.

Libro de Josué,
Anticuario Testamento.

Expresiones de uso tan corriente como: a mediodía, el próximo año, por la tardcecita, a la salida del sol, el verano que viene, ponen de manifiesto que empleamos a diario conceptos astronómicos de forma rutinaria. Escribe una relación de expresiones de uso frecuente que utilicen estos conceptos y coméntala con tus compañeros.

¿A qué se debe el cambio de posición del Sol durante el día?

¿Es el Sol el que se mueve o es la Tierra?

¿Dónde está el Sol durante la noche? ¿Por qué tienes la certeza de que saldrá unas horas después?

¿Por qué tenemos la seguridad de que dentro de unos meses llegará el verano?

¿Se debe el invierno a que la Tierra estará más lejos del Sol?

1 Los movimientos de la Tierra: La rotación

El día y la noche

La Tierra, el planeta donde vivimos, tiene forma esférica y gira en torno a un eje imaginario que une los polos Norte y Sur, describiendo un movimiento llamado **rotación**.

Llamamos **ecuador** al círculo perpendicular al eje de rotación que divide la esfera terrestre en dos mitades iguales, también llamadas **hemisferios**.

El giro que realiza la Tierra en torno a su eje tiene como consecuencia que, durante un tiempo, el lugar que ocupas en nuestro planeta (Canarias en tu caso) está recibiendo los rayos solares; cuando esto ocurre decimos que es de **día** para nosotros. Si observas la ilustración comprobarás que los rayos solares no iluminan el lado opuesto de la Tierra; en esa zona es de **noche**.



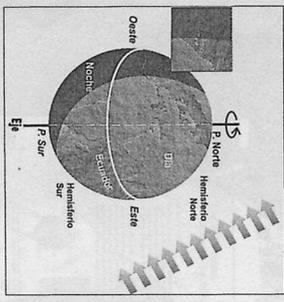
Coge una pelota de tenis, dibújale el perfil de los continentes y avísasala con una aguja de hacer punta. En una habitación en que no entre luz exterior y con la ayuda de una lámpara que hará de Sol tendrás una reproducción de la noche, el día, el amanecer y el anochecer sobre la Tierra.



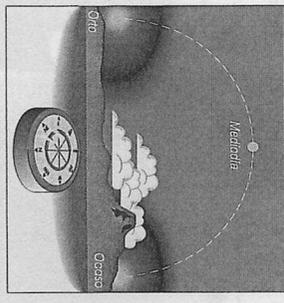
Fíjate que Canarias, en el ejemplo de la figura, está en el límite entre la luz y la sombra (terminador). ¿Estará amaneciendo o anocheciendo?



Habréis comprobado que la palabra día tiene dos significados diferentes. Cuando decimos que es de día significa que el Sol está iluminando la zona de la Tierra donde vivimos. El día también es el tiempo que tarda la Tierra en dar una vuelta completa en torno a su eje con respecto al Sol.



La rotación de la Tierra en torno a su eje tiene como consecuencia la alternancia del día y la noche.

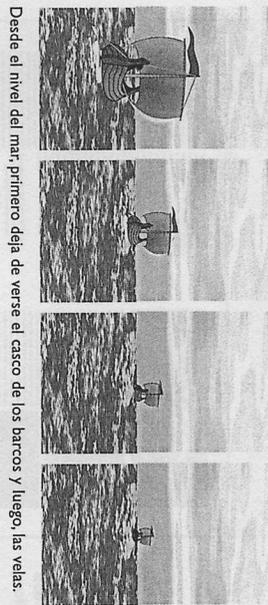


El Sol alcanza su posición más alta en el cielo (mediodía) en un punto intermedio entre aquellos por donde sale (orto) y se pondrá (ocaso).

Como consecuencia del giro de la Tierra, vemos cómo el Sol sale por el **horizonte**, se va elevando a lo largo de la mañana hasta alcanzar su posición más alta al **mediodía** y se pone más tarde tras el horizonte, en un punto distinto a aquel por donde salió. La Tierra siempre tarda el mismo tiempo en completar su movimiento de giro. A ese tiempo lo denominamos día y lo dividimos en 24 periodos iguales, cada uno de los cuales equivale a una hora.



De izquierda a derecha se ve cómo va amaneciendo en distintos lugares a medida que el borde de la sombra (terminador) se desplaza. En la Península amanecen unos 50 minutos antes en Barcelona que en La Coruña. En Canarias, entre las islas más orientales y las occidentales hay unos 15 minutos de diferencia, y una hora con respecto de la Península.



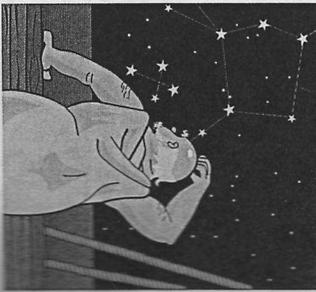
Desde el nivel del mar, primero deja de verse el casco de los barcos y luego, las velas.



En la Antigüedad, la Tierra era considerada plana. La civilización griega mantuvo durante muchos años que la Tierra era un disco con Grecia en el centro, pero al irse desarrollando la navegación a vela se fue tomando conciencia de su curvatura. Por una parte, los navegantes que se dirigían hacia el Sur se percataron de que aparecían nuevas estrellas que antes no habían visto, a la vez que iban desapareciendo las situadas más al norte. Eso no ocurriría en una Tierra plana y si en una curvada. Anaximandro de Mileto trató de justificarlo diciendo que la Tierra era un cilindro curvado de Norte a Sur.

Posteriormente se tomó conciencia de que los barcos que salen de puerto van desapareciendo de forma gradual, primero el casco y, por último, las velas más altas. Y como además así ocurre, independientemente de la dirección que lleven los buques, fue ganado crédito la idea de una Tierra esférica (Filolao de Taranto). Este concepto se vio reforzado pues en los eclipses de Luna la sombra proyectada por la Tierra sobre la superficie lunar es siempre un arco de circunferencia. Aristóteles, hacia el 350 a.C., justificó teóricamente la naturaleza esférica de la Tierra, ya que la esfera es el cuerpo geométrico que presenta una menor distancia de sus puntos al centro, en comparación con otros cuerpos de igual tamaño y de forma diferente. Las consecuencias de esta forma geométrica también fueron analizadas por Aristóteles; a partir de entonces, los términos arriba y abajo fueron relativos. El término abajo lo que realmente nos indica es la dirección hacia el centro de la Tierra.

En realidad, hoy sabemos que las estrellas y los planetas tienen forma esférica. Según la ley de la gravitación universal enunciada por Isaac Newton (1642-1727), todos los puntos son atraídos hacia el centro, y la esfera, como dijo Aristóteles, es el cuerpo que presenta una menor distancia de todos sus puntos al centro.



Los navegantes que se dirigen hacia el Sur ven estrellas que no se pueden ver más al Norte.

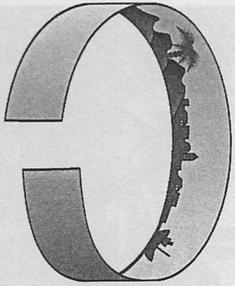
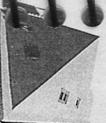


Para explicar la aparición de nuevas estrellas Anaximandro pensó que la Tierra no era plana, sino cilíndrica.

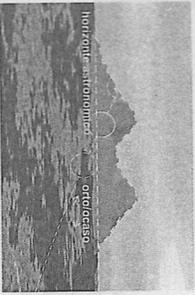
Los radios de la Tierra en el polo y en el ecuador son casi iguales, 6357 y 6378 Kilómetros respectivamente. Por tanto, ¿era necesario insistir en que es achatado por los polos?



Los términos arriba y abajo son relativos. El término abajo realmente significa hacia el centro de la Tierra.



Dibuja en una tira alargada tu horizonte local.



Los obstáculos muchas veces nos impiden observar el orto y el ocaso.



Con la finalidad de que saques tus propias conclusiones, te invitamos a que hagas estas observaciones:

El horizonte desde un lugar determinado

Vas a comprobar que el concepto de horizonte depende del lugar elegido. Dibuja en una tira de papel el horizonte completo que ves desde un lugar determinado. Por ejemplo, la azotea de tu casa. El horizonte que has dibujado, que se llama horizonte local, ¿es una línea recta o hay obstáculos en él? Comprueba las diferencias con el que ves desde otros lugares, por ejemplo desde tu centro de estudio.

Los astrónomos usan el denominado horizonte astronómico, la línea imaginaria que verías si a tu horizonte le quitaras todos los obstáculos. Por ejemplo, si estuvieras en medio del océano.

Salida y puesta del Sol

Anota en el cuaderno de campo la hora en la que el Sol aparece sobre el horizonte y la hora en que se oculta en un día cualquiera. Señala además, en el horizonte dibujado anteriormente, el punto por donde sale y por donde se pone el Sol. Comprueba en la prensa la hora exacta de la salida y puesta del Sol. ¿Coinciden con las que anotaste? Si no es así, ¿a qué puede deberse? ¿Qué tiempo ha pasado desde que el Sol salió por tu horizonte hasta que se puso?

El momento en que el Sol comienza a verse sobre el horizonte astronómico se denomina *orto*; cuando termina de ocultarse, *ocaso*. Sin embargo, los obstáculos muchas veces nos impiden observar estos fenómenos.

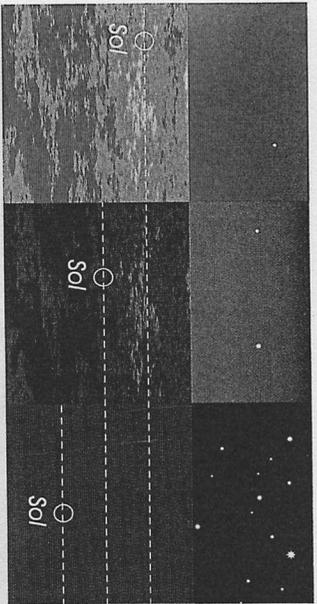
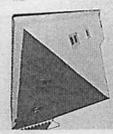
Generalmente el Sol sale a cierta distancia del punto cardinal Este, y no exactamente por él. Lo mismo pasa con la puesta de Sol en relación con el Oeste. Por todo ello, el día y la noche no duran lo mismo.

Los Crepúsculos

Habrás notado que, después de que el Sol se oculta tras el horizonte, la noche no cae de golpe sino paulatinamente debido a la dispersión de la luz en la atmósfera terrestre; lo mismo ocurre antes de que el Sol salga sobre el horizonte por la mañana. Precisamente a esa dispersión de la luz en la atmósfera se debe el color azul del cielo. Esto no ocurre, por ejemplo, en la superficie de la Luna, donde no hay atmósfera. Allí, la noche llega instantáneamente. Además, durante el día lunar el cielo es negro por no tener la luz un medio de dispersión.



Observar es más que ver, es contemplar atentamente los astros a simple vista o con la ayuda de instrumentos, con la finalidad de comprender sus movimientos y su naturaleza. Nunca debes mirar directamente al Sol, y mucho menos con prismáticos o telescopio.



La altura del Sol bajo el horizonte determina la oscuridad de los distintos tipos de crepúsculos.

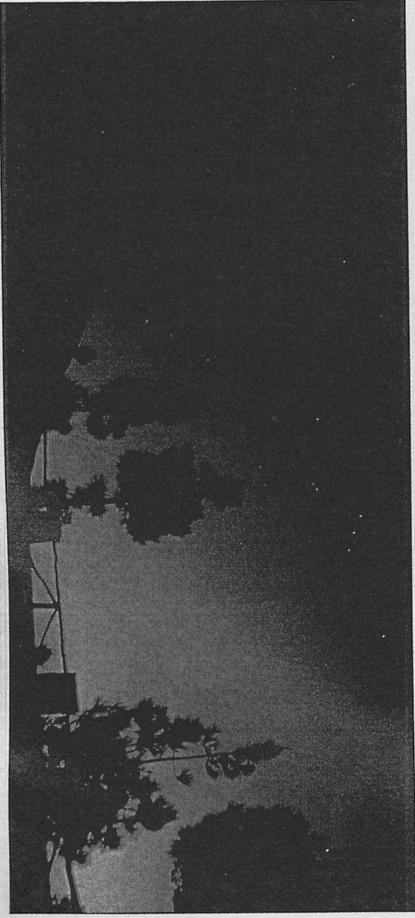
Se llama *crepúsculo vespertino* al periodo de tiempo que hay entre la puesta del Sol y el inicio de la oscuridad, y *crepúsculo matutino* al comprendido entre el fin de la oscuridad y la salida del Sol.

Según el tipo de oscuridad al que nos referimos, existen tres tipos de crepúsculos: civil, náutico y astronómico.

De forma aproximada podemos determinar la duración de cada crepúsculo, utilizando procedimientos cotidianos. Por ejemplo, si todavía hay luz suficiente como para leer un libro, nos encontramos en el crepúsculo civil; es decir, desde que se pone el Sol hasta que el centro del disco solar se encuentra 6° por debajo del horizonte.

Si ya no podemos leer, pero nos es posible separar la línea del horizonte entre el cielo y la Tierra (o, en el caso del mar, la línea del horizonte entre el cielo y el mar), tenemos lo que denominamos crepúsculo náutico. Este dura hasta que la altura del Sol es -12°. Cuando dejamos de percibir esa línea, entramos en el crepúsculo astronómico, el cual termina cuando podemos ver las estrellas más débiles. Esto ocurre cuando la altura del Sol por debajo del horizonte supera los 18°.

Los efectos producidos en la atmósfera por las cenizas arrojadas en la erupción del volcán Pinatubo (1991) se notaron en unos crepúsculos especialmente rojos.





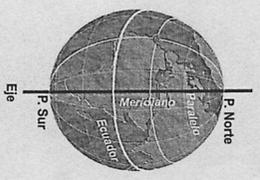
Tomando las debidas precauciones, mide la altura del Sol sobre el horizonte con una regla colocada cerca de los ojos. Sitúa ahora la regla a un palmo de tu cara y mídela de nuevo. Sacar conclusiones.



La altura del Sol sobre el horizonte, así como la distancia relativa entre los cuerpos celestes, se mide en grados de circunferencia. No se puede decir que la altura del Sol sobre el horizonte sea por ejemplo de 15 centímetros, pues esa medida cambiaría al acercar o alejar la regla a tus ojos. Para medir la altura del Sol lo harás con el cuadrante.



Anota la posición de la sombra arrojada por el gnomon a distintas horas.



En el siglo II de nuestra era, Ptolomeo consideró como primer meridiano hacia el Oriente el que pasa por la Punta de Orchilla, en la isla de El Hierro. Esta tierra era la más occidental que se conocía.

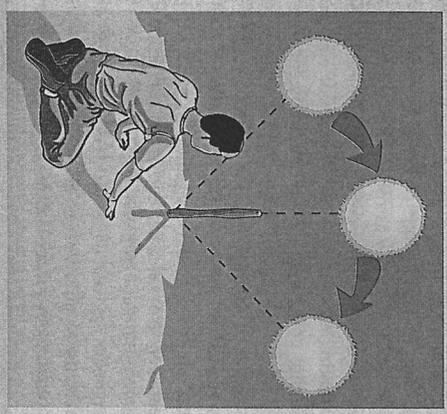
Evolución del Sol a lo largo del día. Determinación de la hora del mediodía y de los puntos cardinales



Materiales:

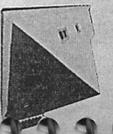
- Gnomon (varilla perpendicular al suelo).
- Cuadrante (se puede construir según se muestra en Taller).
- Cinta métrica.
- Tizas de diferentes colores.
- Reloj.

Para realizar esta observación debes elegir un lugar descubierta, de suelo llano y horizontal, por ejemplo, un patio o una terraza. Coloca una varilla perpendicularmente al suelo con la finalidad de



hacer un seguimiento de la sombra que proyecta. A este simple artilugio lo llamamos **gnomon**.

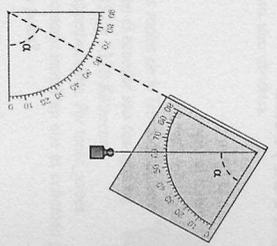
Marca con una cruz el extremo de la sombra que se extiende bajo el gnomon y anota la hora en el cuaderno de campo. Repite la operación a intervalos de tiempo determinados a partir de cierta hora de la mañana. Verás cómo la sombra va decreciendo hasta que alcanza su mínima longitud y vuelve a hacerse más grande. Determina la hora en que la sombra fue más pequeña y marca con una tiza su dirección. A esa hora se le llama mediodía solar; y la sombra marca la dirección del punto cardinal Norte. Si prolongas la línea de la sombra alrededor de toda la Tierra, pasará por los polos Norte y Sur. Estas líneas se llaman meridianos. Señala los cuatro puntos cardinales en el dibujo de tu horizonte.



El cuadrante sirve para determinar la altura de los astros sobre el horizonte. ¡No observes el Sol directamente!



¿Por qué el ángulo que forma la plomada con el borde del cuadrante es el mismo que el formado por los rayos solares con el suelo?



Debes tener en cuenta que las medidas están siempre sometidas a error. En este tipo de observaciones con más razón ya que, mientras apuntas al Sol con el cuadrante, debes anotar el ángulo que forma la cuerda de la plomada. También el viento afectará a la exactitud de la medida.





Los movimientos de la Tierra: La traslación

El año

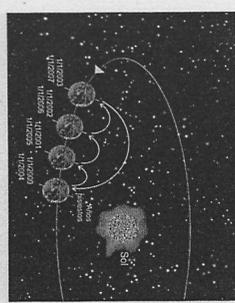
Además del movimiento de giro en torno a su eje, la Tierra se traslada alrededor del Sol describiendo una elipse. Su distancia del Sol, sin embargo, no varía mucho (152 y 147 millones de kilómetros son la distancia máxima y mínima del Sol, llamadas respectivamente *afelio* y *perihelio*) con lo que la elipse se asemeja bastante a una circunferencia.

Al tiempo que tarda la Tierra en pasar dos veces consecutivas por el mismo punto de la trayectoria lo llamamos año, periodo en el que completa 365,25 vueltas sobre su eje. Por lo tanto, un año no tiene un número exacto de días. Para evitar el desfase, a uno de cada cuatro años le añadimos un día más. A ese año lo llamamos bisesto. Si no añadiéramos ese día extra, al cabo de cuatro siglos, por ejemplo, el 31 de diciembre coincidiría con el final del verano.

Las estaciones

El eje de la Tierra no es perpendicular a la trayectoria de nuestro planeta, sino que forma con la perpendicular un ángulo de 23,5°. Al efecto de esta inclinación, combinado con el movimiento de traslación, se debe la existencia de las estaciones.

El esquema siguiente muestra cómo el Sol, en el transcurso del año, envía sus rayos perpendicularmente a la Tierra sobre zonas que están comprendidas entre 23,5° de latitud al norte del ecuador (trópico de Cáncer) y 23,5° de latitud al Sur (trópico de Capricornio).



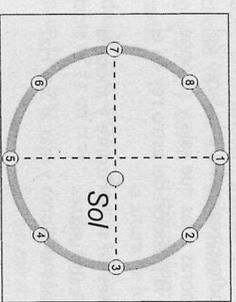
El año no tiene un número exacto de días. Por eso, cuando celebramos el fin de año, estamos un poco más atrás en la órbita que el año pasado. El desfase sólo se corrige cada cuatro años.



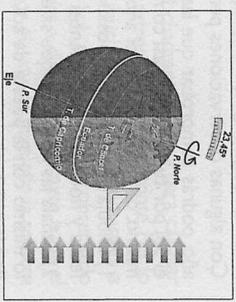
En la figura de la derecha se indica la trayectoria de la Tierra respecto del Sol. Discute con tus compañeros qué posiciones ocuparemos cuando es verano y cuando es invierno en Canarias.



Los rayos solares no inciden nunca perpendicularmente en latitudes al norte de 23,5° N. Trópico de Cáncer es el paralelo terrestre que tiene esa latitud. Los rayos solares no inciden nunca perpendicularmente en latitudes al Sur de 23,5° S. Trópico de Capricornio es el paralelo que tiene esa latitud.



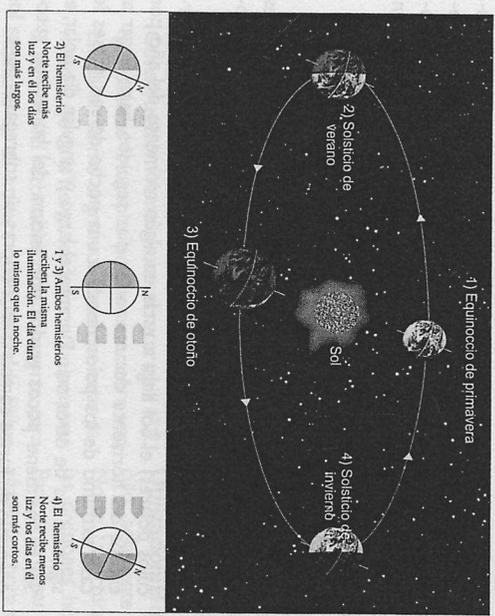
Señala sobre uno de los círculos que representa la Tierra, dónde será de día y dónde será de noche.



En las regiones entre los trópicos, el Sol llega a estar lo suficientemente alto como para situarse justo sobre tu cabeza. Fuera de esta zona, no ocurre así.

El comienzo y el final de las estaciones están marcados por el paso de la Tierra a través de unos puntos característicos de su órbita en los que se producen los equinoccios y los solsticios. En el dibujo de la página 17 vemos la posición de la Tierra en: 1 Primavera; 2 Verano; 3 Otoño; 4 Invierno.

Posición 1: el 21 de marzo, los rayos solares inciden perpendicularmente al ecuador; lo que origina el comienzo de la primavera en el hemisferio Norte y el otoño se inicia en el Sur. Es el equinoccio de



primavera: en ella la duración del día y de la noche es la misma, doce horas. A partir de esa fecha, en el hemisferio Norte los días serán más largos que las noches.

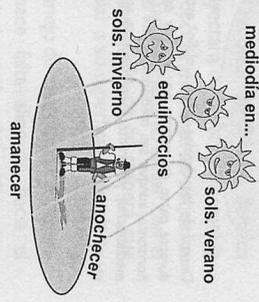
Posición 2: el 21 de junio, los rayos solares inciden perpendicularmente sobre el trópico de Cáncer. Empieza el verano en el hemisferio Norte y el invierno en el Sur. Es el solsticio de verano, cuando en el hemisferio Norte se da el día más largo y la noche más corta del año, al contrario que en el hemisferio Sur. A partir de esa fecha, las noches crecerán y menguarán los días en nuestro hemisferio.

Posición 3: el 22 de septiembre, los rayos solares vuelven a incidir perpendicularmente al ecuador. Comienza el otoño en el hemisferio Norte y la primavera en el Sur. Es el equinoccio de otoño: la duración del día y de la noche son iguales, esto es, doce horas.

Posición 4: el 21 de diciembre, los rayos solares inciden perpendicularmente sobre el trópico de Capricornio. Comienza el invierno en el hemisferio Norte y el verano en el Sur. Es el solsticio de invierno: en él se producen en nuestro hemisferio el día más corto y la noche más larga del año. A partir de esa fecha, vuelven a crecer los días, cerrándose el ciclo.

¿Qué influencia tiene este viaje anual en el clima de las islas?

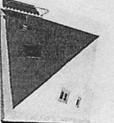
Como has visto, las variaciones estacionales están producidas por los diferentes recorridos aparentes del Sol en el cielo a lo largo del día. Durante el verano en Canarias el Sol sale y se pone más al Norte, alcanza a mediodía gran altura y hace un recorrido más largo en el cielo; por eso los días son más largos y cálidos. En invierno, el astro rey sale y se pone más al Sur; no asciende mucho en el cielo y su recorrido es corto; por eso, los días son más breves y frescos.



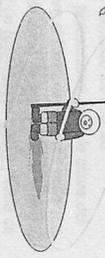
En verano no hace más calor porque el Sol brilla más, sino porque está más tiempo y más alto en el cielo.



Sin la influencia de la atmósfera y los océanos, podríamos afirmar que el día más cálido en el hemisferio Norte sería el 21 de junio, y el más fresco el 21 de diciembre. ¿Cuáles son para ti las fechas más calurosas en Canarias? ¿y las más frescas?



Sol de medianoche



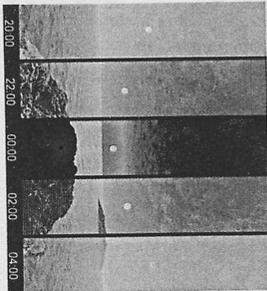
Dentro de los círculos polares, el Sol está durante parte del verano por encima del horizonte, aunque sea medianoche (sol de medianoche). Y durante parte del invierno no sale en todo el día.

En los equinoccios, el Sol sale justo por el Este y se pone exactamente por el Oeste. En primavera y otoño, por tanto, todo es mediano: el Sol alcanza a mediodía una altura mediana, hace un recorrido mediano y los días no son ni tan cortos ni tan frescos como en invierno, ni tan largos y cálidos como en verano.

Zonas climáticas extremas

Existen zonas de la Tierra donde la posición del Sol adquiere valores extremos: cerca del ecuador, el Sol está muy alto en el cielo a mediodía durante todo el año. El clima es extremadamente caluroso.

Por encima de la latitud 66,5° Norte o Sur (los denominados círculos polares) el Sol llega a estar en algún momento del año por encima del horizonte durante varios días seguidos, hasta llegar al caso extremo de los polos, donde a una noche de seis meses le sigue un día de otros seis. Durante el largo y singular día polar, el Sol se mantiene pocos grados por encima del horizonte, recorriendo de forma completa en 24 horas, sin sobrepasar nunca los 23,5° de altura. Durante los seis meses que dura la larga noche polar, lógicamente el Sol no sale. Todos conocemos las consecuencias climáticas extremas que esta característica astronómica produce en los polos.



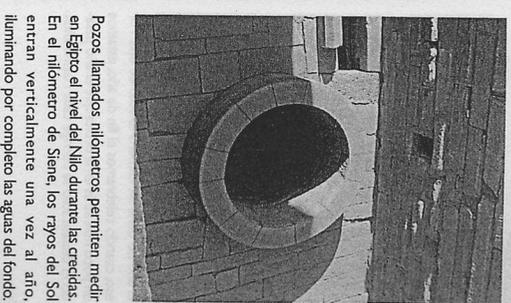
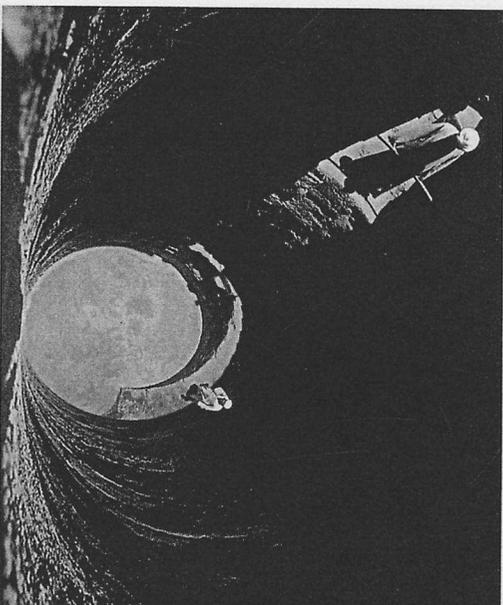
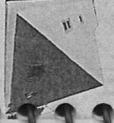
Sol de medianoche en el Nord Cape, Noruega, el punto más al Norte de Europa.



Una vez zanjada la discusión sobre la forma de la Tierra y admitida su naturaleza esférica, el siguiente problema fue determinar su tamaño. La primera persona de quien se tiene constancia que consiguiera medirla con precisión fue Eratóstenes de Cirene, dos siglos antes de Cristo. Eratóstenes, que era director de la Biblioteca de Alejandría, tenía noticias de que en el mediodía de una determinada fecha (el día del solsticio de verano), en la ciudad de Siene, que es la actual Asuán, los rayos solares caían perpendicularmente sobre el suelo, de forma que no producían sombra sobre una estaca clavada verticalmente. Eratóstenes nunca había observado un fenómeno similar en Alejandría, ciudad en la que vivía y que está a 5.000 estadios (unidad de longitud usada en la Grecia clásica) al Norte de Siene. Esa distancia viene a ser unos 800 kilómetros. Esperó que llegara esa fecha, y comprobó que en Alejandría la sombra producida era de 7 grados. Este ángulo, pensó, tenía que ser el mismo que el formado por los radios de la Tierra que conducen a ambas ciudades. Mediante una sencilla proporción determinó el valor casi exacto del perímetro terrestre, dándole un resultado próximo a 250.000 estadios, unos cuarenta mil kilómetros. Con lo que el radio de la Tierra resultaba ser algo mayor de seis mil kilómetros, casi el mismo que el aceptado hoy en día.



Sin moverse de Alejandría, Eratóstenes fue capaz de calcular el diámetro de la Tierra simplemente midiendo una sombra y empleando el razonamiento.



Pozos llamados nilómetros permiten medir en Egipto el nivel del Nilo durante las crecidas. En el nilómetro de Siene, los rayos del Sol entran verticalmente una vez al año, iluminando por completo las aguas del fondo.



De las siguientes observaciones que se proponen, debes hacer una o dos al trimestre durante el curso.

Determinación experimental de las estaciones

Con algunas observaciones periódicas, realizadas a lo largo del año, podrías comprobar que las horas a las que sale y se pone el Sol por tu horizonte, así como la posición del astro rey en el mismo, cambian durante el año.

- 1) Dibujar varias de esas posiciones en tu horizonte y anotar la fecha y hora correspondientes a cada una.
- 2) Señalar las fechas en que sale más al Norte y más al Sur. Haz lo mismo con la puesta de sol.

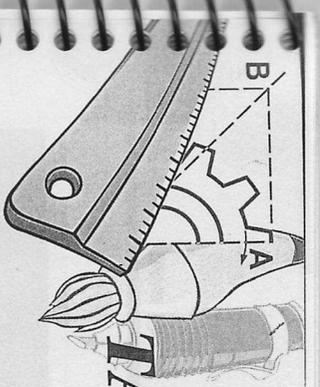
A partir del segundo trimestre, cuando ya hayas realizado varias observaciones, tendrás datos suficientes para responder a las siguientes preguntas:

- ¿En qué fecha salió el Sol más tarde? ¿A qué hora salió?
- ¿En qué fecha se puso más temprano? ¿A qué hora se puso?
- ¿En qué fecha salió más próximo al Sur?

Con la ayuda de un gnomon o un cuadrante, comprueba cómo la altura del Sol a una determinada hora, por ejemplo al mediodía, varía durante el año. Determina la fecha en la que la sombra es más corta a mediodía, y aquella en que es más larga. Trata de relacionar lo observado con las estaciones.

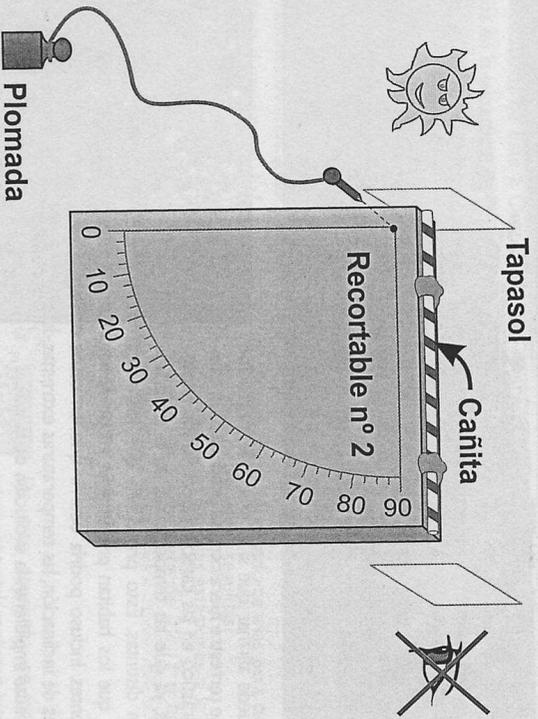


Existen unas fechas en las que el Sol sale exactamente por el punto cardinal Este, se pone justo por el Oeste y, además, la duración de la noche y el día es la misma. ¿Cuáles son esas fechas?



TALLER

El cuadrante



El cuadrante es un instrumento que sirve para medir la altura de un astro sobre el horizonte. Consiste en un cuarto de círculo (de ahí su nombre) graduado de 0 a 90 grados, y desde cuyo vértice pende una plomada.

Materia: El semicírculo graduado que encontras al final del libro (recortable nº 1), un trozo de madera, un boligráfico, un hilo, un clavo, un trozo de cartulina.

Construcción: Primero haz una fotocopia del círculo graduado para conservar el original. Deberás recortarla y pegarla en una madera (un trozo de chapa que tenga el mismo tamaño aproximadamente). Como se indica en el dibujo, tienes que pegar un pequeño tubo (por ejemplo, un boligráfico o una cañita) en la parte superior de la madera. En uno de los extremos de la cañita pondrás una cartulina pequeña con un agujero en el centro que deje pasar la luz. En el punto indicado del semicírculo amarraz la cuerda, en

cuyo otro extremo atarás un objeto un poco pesado (por ejemplo, una goma), que dejarás suspendido.

Utilización: El cuadrante servirá para calcular la altura de los astros sobre el horizonte. Por lo tanto, tendrás mucho cuidado cuando vayas a usarlo con el Sol, pues no debes observarlo directamente. Vas a dirigir el cuadrante hacia el Sol sin mirar por él, usando para ello la sombra que produce la cartulina. Cuando dirijas el boligráfico hacia el Sol, los rayos de luz penetrarán por él y verás proyectarse su luz, entonces tendrás perfectamente alineado el cuadrante hacia el Sol. Solamente falta leer los grados que indica que el hilo de la plomada, y esa lectura será la altura del Sol sobre el horizonte.

Por la noche, el cuadrante sirve para medir la altura de las estrellas. Para ello se sigue el mismo procedimiento, pero mirando la estrella directamente a través de la cañita.

Reloj de sol ecuatorial

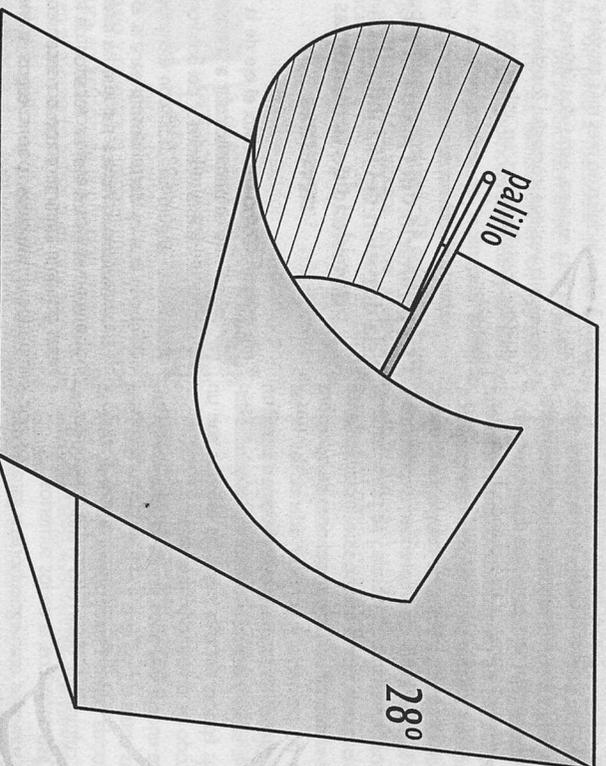
El reloj de sol ecuatorial es el más sencillo de los relojes solares. Si orientas su eje hacia la Estrella Polar, éste será paralelo al eje de la Tierra, con lo cual el plano principal del reloj quedará paralelo al ecuador; de ahí su nombre: reloj de sol ecuatorial.

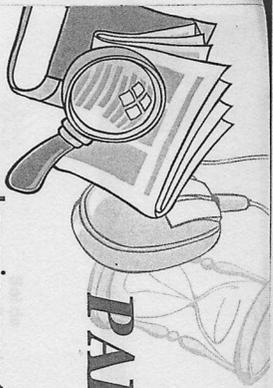
Materia: El recortable nº 2, una cartulina, un palillo y pegamento.

Construcción: Vamos a usar el recortable nº 2, que deberás fotocopiar previamente sobre una cartulina. Como el gnomon tiene que estar paralelo al eje de la Tierra, tendremos que preparar la sección del recortable, llamada soporte, para inclinarlo de tal manera que apunte a la Polar; esta inclinación coincide (como comprobarás en

la Unidad 2) con la latitud del lugar de observación, que en Canarias corresponde a 28°. Después, deberás recortar la sección llamada reloj, donde se proyectará la sombra y marcará la hora, y pegarla al soporte mediante las pequeñas solapas inferiores. Tan sólo falta atravesar con el palillo el soporte y pegarlo de tal manera que quede perpendicular a su superficie inclinada.

Utilización: El manejo de este reloj es muy sencillo, solamente hace falta alinearlo hacia el Norte. La lectura de la sombra del palillo sobre las divisiones horarias nos dará la hora solar. Para determinar la local de Canarias, habrá que añadir una hora en horario de invierno y dos en verano.





PARA SABER MÁS

Los primeros astrónomos



Como ya sabes, el hombre primitivo se alimentaba de la recolección de frutos y bayas y de la caza de animales, de los que aprovechaba su carne para alimentarse y sus pieles para vestirse. Es lógico que, llegado un momento, empezara a preguntarse cuándo llegaría la época de recolección o cuándo se producirían los movimientos migratorios que movían las grandes manadas de animales. Así, poco a poco, buscando la respuesta a estas preguntas el hombre aprende a relacionar los acontecimientos del mundo que le rodea con los cambios que observa en el cielo. Probablemente aparecen entonces los primeros calendarios, relacionados con los períodos de la Luna o con el Sol y las estrellas. Algunos pueblos primitivos descubren que transcurren aproximadamente 30 días entre dos Lunas llenas y que la aparición de determinadas estrellas por el horizonte, justo después de la puesta de Sol, coincide con la época de las migraciones o con la recolección de determinados frutos.

Pero, además de preguntarse cuándo, había que responder a otras preguntas, por ejemplo, hacia dónde dirigirse en busca de refugio y alimentos, por lo que había que aprender a orientarse. Descubren así que el Sol sale y se pone siempre, más o menos, por el mismo sitio. Probablemente aprenden a utilizar las proyecciones de la sombra para no perderse y conocer además las horas que quedan de luz, pero con el tiempo perciben que la salida y la puesta del Sol varían con las distintas épocas del año y que las estrellas son un método de orientación más seguro. Hace unos 9 000 años, en las llanuras comprendidas entre el río Tigris y el Éufrates, en una zona conocida como Mesopotamia, hoy Irak, floreció una cultura que desarrolló grandes conocimientos astronómicos, la de los sumerios. Los sumerios eran agricultores y ganaderos, por lo que necesitaban conocer con mayor o menor

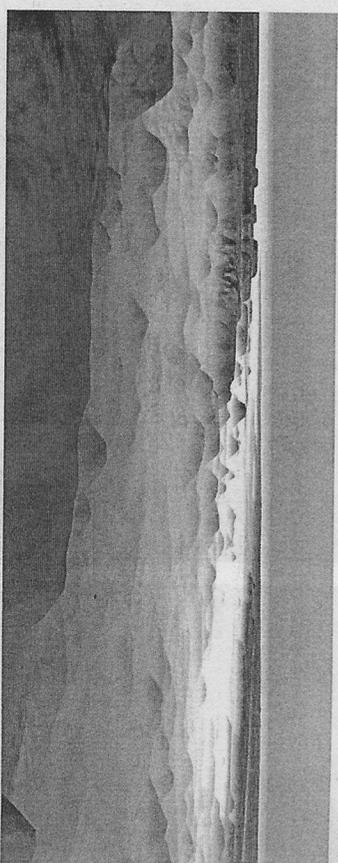
exactitud la llegada de las lluvias, la época de la siembra, etc. Se desarrolla entonces un calendario lunar constituido por 12 meses de 30 días cada uno. Pero, puesto que el ciclo de la Luna es de 29 días y un resto y el año solar es de 365 días, con el tiempo se iba produciendo un desfase entre las estaciones y el calendario; para evitarlo, el pueblo recurre a los sacerdotes, que son los encargados de ajustar estos errores. Para ello, se construyen unas altas torres llamadas zigurats (colinas cósmicas) desde donde los sabios sacerdotes anotaban con precisión las salidas y las puestas de Sol, las fases de la Luna, los movimientos de determinados grupos de estrellas, etc.; con todas estas observaciones, llegan a medir la duración del año con un error inferior a dos horas.

Los asirios y babilonios, que sustituyeron a los sumerios, mantenían un calendario lunar alterando meses de 29 y de 30 días, añadiendo cuando en cuando un mes de 30 días; además, cada 3 años incluían un mes más, también de 30 días. De esta manera, estas dos últimas civilizaciones, a la vez que corrigen los desfases producidos, constituyeron un calendario llamado luni-solar.

La inclinación del eje de la Tierra y la duración del día influyen en la diversidad de ecosistemas terrestres



Como has visto, el eje de la Tierra no es perpendicular a la trayectoria de esta alrededor del Sol. Forma un ángulo de 23,5° con dicha perpendicular; lo cual es determinante para la existencia de estaciones. Parece ser que las diferentes inclinaciones de los ejes de rotación de los planetas puede explicarse como consecuencia de impactos producidos por cuerpos menores (asteroides, cometas, etc.).



Se puede afirmar que si el grado de inclinación del eje terrestre fuera otro se produciría un cambio drástico en las características de los ecosistemas, ya que las temperaturas en la superficie serían distintas. Esto provocaría que los seres vivos que los habitan presentarían adaptaciones diferentes. Incluso podría ocurrir que, en casos límites de inclinación, las temperaturas extremas originadas impedirían la evolución de la vida.

Los ecosistemas están integrados por dos tipos de factores: los factores abióticos, es decir, físicos y químicos, tales como la temperatura, la composición química del suelo, etc.; y los factores bióticos o seres vivos. La aparición y posterior evolución de éstos están condicionadas por las peculiaridades del medio que ocupan. Un cambio de estas características supone que los organismos tienen que adaptarse a ellas para no desaparecer. Así, de forma general, las extinciones de animales y plantas que han ocurrido en nuestro planeta han estado provocadas por la incapacidad de adaptarse a los cambios medioambientales. Por tanto, una modificación en la temperatura superficial del Planeta, debida a una diferente inclinación del eje o a un período de rotación distinto del actual (una duración mayor o menor del día), tendría consecuencias muy graves sobre los seres vivos, que deberían readaptarse o desaparecer, quizá dejando sitio a nuevos organismos mejor preparados para sobrevivir en un mundo diferente.



Si la distancia de la Tierra (imagen central) al Sol fuera distinta, la vida tal como la conocemos sería imposible. En Venus (imagen inferior), algo más cerca del Sol, las temperaturas son tan altas que derriten algunos metales. En Marte (imagen superior), algo más lejos, las bajas temperaturas impiden la existencia de agua líquida.



La rotación de la Tierra alrededor de su eje determina el aparente movimiento diario de todos los astros de Este a Oeste. Solo hay dos puntos en la superficie de la Tierra que no participan de este movimiento. ¿Sabrías decir cuáles son?

Debido a la fuerza de rozamiento de las mareas en la superficie de la Tierra y del aire de nuestra atmósfera, la velocidad de rotación de la Tierra va disminuyendo; por lo tanto, dentro de unos millones de años, ¿habrá aumentado o disminuido la duración del día?

Si contemplaras la puesta de Sol desde una playa, notarías que, cuando este se haya puesto tras el horizonte, sus rayos aún iluminan zonas de la isla a mayor altura. Es decir, un observador situado en el pico del Teide podría ver cómo el Sol se oculta tras su horizonte unos 8 minutos después de que se haya ocultado para otro observador situado en la playa. Podrías explicar a qué se debe este fenómeno.

La duración del día depende de la trayectoria que recorra el Sol sobre el horizonte. ¿Cuánto debemos suponer que es invierno, cuando la Tierra se encuentre más alejada del Sol o cuando la altura alcanzada por éste sea mínima?

Dinos qué instrumento de fácil elaboración emplearías si estuvieras en una isla desierta y quisieras saber en qué época del año nos encontramos. (Se supone que no tienes ni reloj, ni otro mecanismo moderno para averiguarlo). En Canarias, la duración del día oscila entre 14 y 10 horas, dependiendo de la época del año en la que nos encontremos. ¿Cuál sería la duración máxima y mínima del día en el polo Norte? ¿Y en el Sur? ¿Y en un país situado en el ecuador terrestre?

Algunas civilizaciones antiguas levantaban monumentos de piedra para averiguar la época

del año en la que se encontraban. Para ello utilizaban la posición del Sol en el horizonte. ¿Sabrías decir a qué posiciones del Sol se refieren y qué fecha del año determinarían?

Imagínate que por circunstancias desconocidas te encuentras en el interior de una habitación que sólo tiene una pequeña ventana en el techo. Durante el día observas que un rayo de luz solar penetra por dicha ventana verticalmente hasta el suelo. ¿En cuál de estos lugares te encuentras: EE.UU., España, Colombia o el polo Sur? Explica el motivo de tu elección. ¿A qué parte del mundo te irías para tomar el sol más de 20 horas seguidas?

¿Qué les ocurriría a las estaciones si la inclinación de la Tierra fuera de 0°? ¿Y si fuera de 90°?



En este apartado se pretende aprovechar el carácter interdisciplinar de la astronomía para fijar determinados conceptos matemáticos o bien para obtener aplicaciones prácticas de tus conocimientos matemáticos más elementales.

El perímetro terrestre: cálculo de la longitud de la circunferencia dado el radio

Sabiendo que el radio de la Tierra es de 6 378 kilómetros, ¿cuántos kilómetros tienes que recorrer para dar la vuelta al mundo?

Rotación terrestre: velocidad media

Con el resultado del apartado anterior, calcula a qué velocidad se mueve un objeto situado en el ecuador, debido a la rotación de la Tierra. Expresa el resultado en kilómetros/segundo.

¿Y otro situado en cualquier otra de los polos? **Ayuda:** Recuerda cuál es la duración del día.

Traslación terrestre: longitud de la circunferencia

Sabiendo que el radio de la órbita terrestre es de 150 millones de kilómetros aproximadamente, calcula cuántos kilómetros recorremos anualmente debido al movimiento de traslación.

Ayuda: Recuerda que la órbita terrestre se puede considerar en la práctica una circunferencia.

Duración del año: velocidad media

Con el resultado del apartado anterior, calcula a qué velocidad se desplaza el Planeta en su órbita alrededor del Sol. Expresa la velocidad en kilómetros/segundo.

Ayuda: Considera la órbita como si fuera una circunferencia y recuerda que la duración del año es de 365,25 días.

Inclinación de los rayos solares: resta de ángulos; ángulos alternos – interiores

El 21 de junio a mediodía inciden los rayos solares perpendicularmente al Trópico de Cáncer (90° de inclinación en el trópico), de forma que un gnomon no produce sombra.

¿Con cuántos grados de inclinación incidirán sobre Canarias en ese mismo momento?

Ayuda: Puedes considerar 28 grados la latitud de Canarias y 23,5 grados la del Trópico de Cáncer.

plaza la sombra, o irte hasta otra localización para saber si es de día o de noche en esos momentos. Asimismo, puedes observar la Tierra tal como se ve desde la Luna en ese instante, o desde el Sol. Todo ello puede hacerse también sin conectarse a la red, mediante el programa completamente gratuito Homeplanet que encuentras en <http://www.fourmilab.ch/homeplanet/>. En <http://www.arval.org/ve/RRGOp.htm>, los miembros del Observatorio Arval están llevando a cabo la tarea de traducir al castellano los Cuadernos de Astronomía que publica el Real Observatorio de Greenwich. Allí encontrarás varios dedicados al día y la noche, a las estaciones, a los crepúsculos, etc.

Si quieres saber más sobre la historia de la astronomía, Rafael Francisco Ontivero hace un magnífico recorrido en <http://www.astronord.org/doc/historia/truhtml> que empieza por la astronomía primitiva. No debes olvidar esta referencia al estudiar las otras unidades.

¿Y qué te parece visitar Noruega para ver el Sol de medianoche? Estas cámaras proporcionan sobre la red imágenes en directo. Desde finales de mayo hasta comienzos de julio es posible ver el Sol de medianoche, ¡a medianoche, claro! Como no vas a estar despierto a esas horas, busca en los archivos de imágenes atrasadas que suelen proporcionar los sitios. Se facilitan las direcciones de cámaras situadas en distintas ciudades porque con lo nubado que suele estar hay que cruzar los dedos para poder ver el Sol.

IMÁGENES SOL DE MEDIANOCH

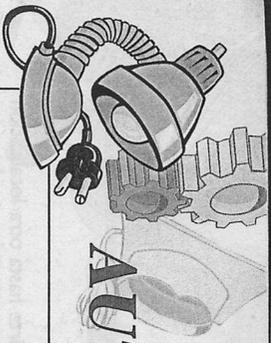
Hammerfest	70,5° N
http://meridian.gens.no/cam/	
Tromsø	69,5° N
http://www.cs.uic.no/cgi-bin/weather/	
Oslo	60° N
http://www.bebjg.no/beweb/bewebcam/bewebcam.ssi	
Alesund	62,5° N
http://www.rimerno/kamera/kamera.htm	



La excelente página interactiva Earthview <http://www.fourmilab.ch/earthview>, de John Walker, permite observar la Tierra desde el

espacio y muestra la parte iluminada y la parte oscura en función de la posición respecto del Sol en el momento actual o en otra fecha. Con ella puedes situarte por encima de Canarias y variar la hora para comprobar como se des-

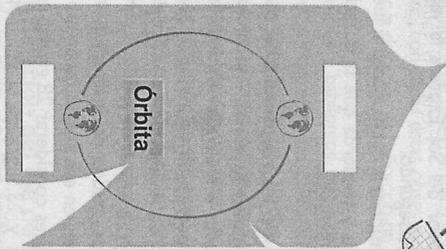
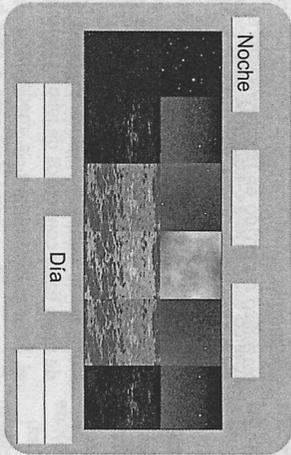
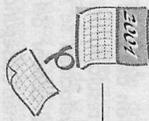
AUTOEVALUACIÓN



Consecuencias sobre la vida



Movimientos de la Tierra



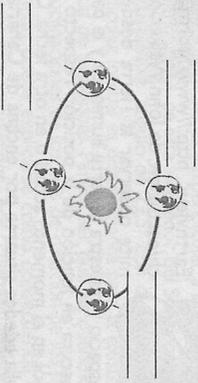
Rellena los huecos con estas palabras:

- 23,5°
- Afello
- Año
- Crepúsculo matutino
- Crepúsculo vespertino
- Ecosistemas
- Equinoccio de otoño
- Equinoccio de primavera
- Ocaso
- Orto
- Perihelio
- Rotación
- Solsticio de invierno
- Solsticio de verano
- Traslación

Inclinación eje



Estaciones



Razona en qué fechas caen los rayos solares de forma perpendicular al ecuador.

¿Cómo se llaman las líneas que dan la vuelta a la Tierra pasando por los polos?

Escribe cómo calcularías la hora del mediodía ayudándote de una varilla.

Di qué tendrías que hacer a lo largo del curso, usando un gnomon, para saber cuándo empieza el verano.

¿Cuántas vueltas da la Tierra sobre su eje durante el tiempo que tarda en pasar dos veces consecutivas por el mismo punto de su órbita?

¿Cómo se llama el tiempo a que se refiere la cuestión anterior?

Explica a qué se debe que cada cuatro años tengamos que añadir un día extra.

¿Qué crees que ocurriría si el eje de la Tierra fuese perpendicular a la trayectoria?

¿Tiene que estar la Tierra en el punto de su trayectoria más lejano al Sol para que sea invierno?

Comenta qué puede haber de lógico en las palabras del compañero de clase que afirmó en la fiesta de fin de año: "Muy bien, yo celebraré este fin de año a las doce de la noche, pero el próximo me tomaré las uvas a las seis de la mañana del uno de enero, y el que le sigue a las doce del día, y el otro a las seis de la tarde, y el posterior a ése a las doce de la noche del uno de enero". ¿Nuestro amigo estaba alucinando?

VOCABULARIO

Busca en el **Glosario** el significado de las siguientes palabras:

Afello, año, calendario, crepúsculo, cuadrante, día solar, dispersión, ecuador, equinoccio, gnomon, hemisferio, horizonte, latitud, mediodía, meridiano celeste, gcaso, orto, paralelo, perihelio, sol de medianoche, solsticio, terminator, trópico.

BIBLIOGRAFÍA

- ASIMOV, I., *El Universo*. Madrid, Alianza, 1973.
- MARTÍN, F., *Astronomía para niños*. Moscoses (Madrid), Grefol, 1985.
- RONAN, C. A., *Los amantes de la Astronomía*. Madrid, Blume, 1982.