

The image is a vertical composition. The top portion shows a dark space filled with numerous stars and several prominent galaxies, including spiral and elliptical types. A thin, curved horizon line separates this cosmic scene from the middle section. The middle section features a large, inflated blue balloon with a fine, vertical ribbed texture. The balloon is tethered to a small, white instrument package hanging just above the Earth's surface. The bottom portion of the image shows the Earth's surface, with green landmasses, blue oceans, and white clouds. The overall lighting is dramatic, with the balloon appearing to glow from within.

COSMOGRAFÍA

Amadeo
Guillemin

Impresionante recopilación ilustrada de cómo era visualizada la cosmografía a finales del siglo XIX. Base para trabajos de Jules Verne y asentando el final de una era pre-satélites y con ópticas reducidas. Es llamativo ver como, aunque poco quedaba, la falta de teoría general de la relatividad daba problemas con las órbitas de Mercurio y Venus y como el tema es totalmente obviado. Una lectura para los amantes del espacio que quieran indagar en su pasado.

Movimiento Diurno Del Cielo

1. Objeto de la Cosmografía. —Cuando durante el día está el cielo libre de nubes y de brumas, parece una bóveda transparente, de color azulado brillante (ese azulado especial llamado *celeste*), sobre la cual se mueve, desde su orto hasta su ocaso, el disco del *Sol*. Así que este astro desaparece debajo del horizonte, el cielo se oscurece poco a poco, toma tono azul más profundo, y empiezan a distinguirse, acá y acullá, unos puntos luminosos cuyo número va aumentando a medida que la noche se hace más completa.

Esos puntos luminosos, cuyo brillo no es idéntico, son las *estrellas*. La *Luna* se deja ver también en el cielo, ya bajo la forma de un sector esférico, que vulgarmente se llama *media luna*, ya bajo la de un pedazo de círculo más o menos recortado, ya bajo la de un círculo completo.

El *Sol*, la *Luna* y las *estrellas* son *astros* o *cuerpos celestes*. Pero pronto se verá que la *Tierra* que habitamos es también un *astro*, y que se mueve en los espacios, lo mismo que los restantes cuerpos análogos.

La **Cosmografía**. tiene por objeto el estudio de todos esos cuerpos, de sus formas y dimensiones, de su aspecto y movimientos.

2. Salida y ocaso de los astros. —Todo el mundo ha visto salir el *Sol* por las mañanas de debajo del horizonte, elevarse poco a poco en el cielo durante la primera mitad del día, y luego descender, acabando por ocultarse en un punto del horizonte opuesto al de su orto.

Examinando con cuidado las estrellas en el curso de la noche, se observa que están animadas de un movimiento análogo al del Sol. Véelas salir sucesivamente por la misma parte que aquél, subir por la bóveda celeste, y luego descender, para ocultarse por el opuesto.

Cada estrella describe una línea curva, un arco de círculo más o menos grande, y todas juntas parecen moverse como si la bóveda del cielo girara toda entera de *oriente* (parte del orto) al *occidente* (parte por donde se efectúa el ocaso).

De ahí resulta que las estrellas ocupan siempre las mismas posiciones relativas. Las figuras que estos cuerpos forman en el cielo, y que son fáciles de reconocer examinando los más brillantes de ellos, permanecen siendo siempre las mismas, no sólo durante cada noche, sino durante todas las noches del año.

Por eso se las denomina *estrellas fijas*, porque parece que están sujetas, *clavadas*, sobre la bóveda celeste; pero ya se verá que esa fijeza no es más que aparente y proviene de la enorme distancia a que nosotros nos encontramos de las estrellas.

Algunas estrellas, cuyo número es relativamente muy escaso, no sólo salen y se ponen como las otras, sino que se mueven respecto de ellas, atravesando el cielo. Ese movimiento ha hecho que se les dé el nombre de *planetas*, voz derivada de otras de origen griego, que significan *cuerpos errantes*. La Tierra es un planeta porque, como estos últimos astros, se mueve también en el cielo.

3. Movimiento diurno. —Se da ese nombre al movimiento de conjunto que arrastra a todo el cielo de oriente a occidente en el intervalo de un día próximamente.

Cada estrella describe, desde su orto hasta su ocaso, una circunferencia entera; una parte de esta circunferencia es trazada sobre el horizonte y la otra debajo.

Todas estas circunferencias son paralelas entre si y tienen dos centros comunes o polos, que son puntos invariables de la bóveda celeste. Uno de esos polos está situado sobre el horizonte del lugar donde se le observa; el otro, que está situado por debajo, no puede, en consecuencia, ser visto. El polo visible en los lugares situados en el hemisferio norte de la Tierra se denomina por tal razón *polo norte* o *polo boreal*. El segundo, visible en el hemisferio sur, se llama *polo sur* o *austral*.

Mirando desde el ecuador terrestre, los dos polos celestes se encuentran sobre el horizonte, en dos puntos diametralmente opuestos.

4. Eje del mundo. —Se da este nombre a la línea recta que une los dos polos celestes, y a cuyo alrededor se efectúa el movimiento diurno.

En el ecuador, el eje del mundo aparece recostado sobre el horizonte. En los puntos situados, sea al norte, sea al sur del ecuador, este eje se encuentra inclinado sobre el horizonte, hacia el norte en el hemisferio norte, hacia el sur en el hemisferio sur; y la inclinación va disminuyendo a medida que la latitud aumenta. En ambos polos de la Tierra, el eje es perpendicular al horizonte.

La Tierra

La Tierra es redonda

5. Forma de la Tierra. —En los países llanos, o bien en la superficie del mar, parece que la forma de la Tierra es plana; en las regiones montañosas o accidentadas, aquella forma se nos antoja completamente irregular. Pero esto no es más que una apariencia, dependiente de que la vista no puede abarcar, en cada punto, más que una pequeñísima parte de la superficie terrestre.

En realidad, la Tierra es redonda. Su figura es la de una bola o de un globo casi esférico. Podéis daros cuenta de ese hecho de la manera siguiente.

6. Horizontes terrestres circulares. —Primeramente, cuando se está en medio de una extensa llanura, el horizonte tiene la forma de un círculo, cuyo centro se halla ocupado por el observador. Si se cambia de posición, persiste la forma circular del horizonte, por más que varían sus límites. Otro tanto ocurre en alta mar, donde la línea que separa el cielo de las aguas es siempre una circunferencia claramente marcada.

Podría creerse que esta forma circular del horizonte procede de la debilidad de nuestra vista, limitada por la distancia, puesto que el límite dista lo mismo por todos lados. Pero la prueba de que eso no es verdad se tiene en que elevándose verticalmente a alturas cada vez mayores, sobre un edificio, si se está en la llanura, a la extremidad de los mástiles de un navío si nos hallamos en el mar, se ve extenderse la zona visual. Objetos que antes eran invisibles, se convierten en visibles. Este ensan-

che del horizonte no puede explicarse más que por la redondez de la Tierra.

7. Horizontes marítimos circulares. —Cuando se observa desde una altura de la costa la marcha de un navío que se aleja del puerto, lo primero que se pierde de vista son las partes bajas del navío, el casco, la cubierta, y los palos, empezando por abajo y siguiendo hasta sus topos. Si el buque se acerca a la tierra firme, empezamos, al contrario, por ver lo alto de sus mástiles, cuando aun el casco se encuentra oculto debajo del horizonte.

Fig. 1.—Curvatura de los continentes.

Lo mismo sucede a la gente que se encuentra a bordo del barco; al acercarse a una costa, empiezan por ver las cimas, y luego la base de las montañas o colinas que se extienden a lo largo de aquélla; al alejarse ocurre lo inverso.

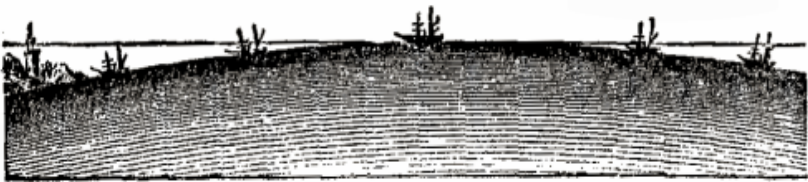


Fig. 2.—Curvatura de los mares. —Explicación de los diversos aspectos de un buque, etc.

De esa manera se patentiza la curvatura de la superficie del mar. Y como las mismas apariencias se presentan sea cual fuere la dirección en que se observe, se puede deducir con entera confianza que la figura de la Tierra es esférica o casi tal.

8. Aislamiento de la Tierra en el espacio. —Por lo demás, este cuerpo se encuentra completamente aislado en el espacio y en el cielo, del cual no lo separa más que la capa transparente que forma lo que se denomina su atmósfera (*esfera de vapores*). Ese aislamiento de la Tierra se muestra patente ante nuestra vista de varias maneras. En primer lugar, por el movimiento diurno de los astros, que, después de haber desaparecido cada día por la parte del ocaso, efectúan su reaparición al día siguiente por la del orto: de modo que han acabado por debajo

de la Tierra la rotación empezada por encima, movimiento que no podría concebirse si la Tierra no se hallara completamente aislada por todos sus puntos.

9. Viajes de circunnavegación. —Otra prueba de la redondez de la Tierra y de su aislamiento en el espacio se deduce de los viajes de *circunnavegación*. Dase ese nombre al trayecto seguido por un navío que, andando siempre en el mismo sentido, por ejemplo, hacia el oeste, acaba por volver al punto de partida, pero por el lado del este. En vez de dar de esa manera la *vuelta al mundo* por mar, se puede efectuarla por tierra, o bien tomar ya una ya otra de esas dos vías. El resultado es siempre el mismo: se sale de un punto en una dirección, y se vuelve al mismo punto por la opuesta. El primer viaje auténtico de circunnavegación fue efectuado por varios buques que mandaba el portugués Fernando Magallanes^[1]. Ese navegante se embarcó el 20 de setiembre de 1519 en el Océano, en un puerto de España, y, dirigiéndose hacia el oeste, llegó al continente americano, descubierto poco tiempo hacía. La falta de un paso que le permitiese continuar su ruta hacia occidente, lo determinó a costear la América en la dirección del sur, a doblar la extremidad meridional de la misma por el estrecho que lleva su nombre, y a continuar su navegación hacia el oeste. Así atravesó el Pacífico, tocó en las Molucas, y los barcos acabaron por volver a Europa como si hubiesen venido de oriente, después de dar la vuelta entera al globo terráqueo.

10. Antípodas. —No estando la Tierra, esta enorme masa, sostenida por parte alguna, se pregunta uno cómo es que no cae. Siendo esférica su forma, también extraña que sus habitantes puedan permanecer en equilibrio alrededor de todo ese globo. Cada punto de él tiene lo que se llama sus *antípodas*, es decir, un lugar en que lo alto y lo bajo se encuentran precisamente en sentido opuesto de lo alto y de lo bajo en el primer punto. ¿Cómo es posible, nos decimos, que las personas situadas en nuestros antípodas puedan mantenerse con las pies para arriba y la cabeza para abajo?

En realidad, las palabras *caer*, *arriba* y *abajo* son expresiones cuyo sentido es completamente relativo, esto es, que depende de la posición de cada observador. En cada punto, la vertical indica la dirección en que caen los cuerpos graves. Siendo redonda la Tierra, las verticales de todos sus puntos irían a reunirse, si se pudiera prolongarlas, en el centro mismo de nuestro globo. En ese centro es donde caerían todos los cuerpos situados en la superficie, si el suelo no les sirviese de apoyo. En cada sitio se establece el equilibrio relativamente a la dirección de la vertical y en el sentido de ésta.

De análoga manera, en el cielo, donde se mueve la Tierra, no hay alto ni bajo. El Sol es para aquélla lo mismo que el centro de nuestro globo es para los cuerpos que se encuentran en su superficie. Si la Tierra no estuviese animada de un movimiento que la obliga a dar vueltas alrededor del Sol, caería inmediatamente sobre este astro. Por efecto de un movimiento análogo es por lo que la Luna no cae sobre la Tierra.

La Tierra gira sobre sí misma

11. Movimiento real de la Tierra. —Puesto que en el intervalo de un día poco más o menos, describen todos los astros juntos, Sol, Luna y estrellas, una circunferencia entera, sea por encima, sea por debajo del horizonte, resulta necesariamente de este hecho:

O que el cielo efectúa una revolución en ese período.

O que la Tierra gira sobre sí misma, en sentido contrario del movimiento diurno.

Este segundo supuesto es el verdadero, según lo demostró antes que nadie Galileo, hará pronto tres siglos.

Es completamente inverosímil que el movimiento diurno de las estrellas, del Sol y de la Luna pertenezcan individualmente a cada uno de estos cuerpos. Para que así ocurriese, sería necesario admitir que todos esos astros, sea cual fuese su distancia a la Tierra, se hallasen animados de prodigiosas velocidades, capaces de hacerles recorrer en 24 horas una circunferencia entera; se necesitaría, por otra parte, que dichas velocidades fuesen

desiguales, y tales, no obstante su desigualdad, que todas esas revoluciones independientes se realizaran rigurosamente en el mismo espacio de tiempo.

Esos movimientos se explican del modo más sencillo, con sólo admitir que no son sino aparentes y que la Tierra es la que gira uniformemente de occidente a oriente, alrededor de un eje que pasa por su centro. Este eje conserva en el espacio dirección invariable, yendo a atravesar el cielo en dos puntos que parecen inmóviles. Son los polos celestes, que corresponden precisamente a los dos polos terrestres; éstos son los dos únicos puntos de la superficie de nuestro globo que, por hallarse situados en el eje mismo de la rotación, no participan de este movimiento.

Nosotros, los habitantes de la Tierra, no nos damos cuenta del movimiento de rotación de que estamos animados con todo cuanto existe en su superficie. Esto depende de que los cuerpos que nos rodean giran con nosotros, animados de análoga velocidad; en consecuencia, sus distancias y posiciones relativas no se modifican: las tierras, los campos y hasta el aire son arrastrados como nosotros. Podríamos compararnos con los viajeros que desde lo interior de un vagón o de un buque ven los campos, los árboles y las casas, alejarse en sentido opuesto al del carro o barco que los lleva. El globo terrestre es ese bajel en que vamos todos embarcados, y que nos parece inmóvil, mientras que los objetos exteriores, es decir, los astros, parecen arrastrados en sentido contrario.

12. Orientación. Plano meridiano. Orientars., en un horizonte cualquiera, es hallar la dirección exacta de las líneas que van a los puntos cardinales, de norte a sur y de este a oeste. Es fácil lograrlo por medio de la observación del movimiento diurno de los astros, sea durante la noche, sea de día.

La primera indicación la suministran el orto y el ocaso, pues aquél se efectúa por la parte de oriente o del este, y el segundo por la de occidente u oeste. Cada estrella describe un arco de círculo, elevándose cada vez más hasta un punto a partir del cual empieza por el contrario a bajar, hasta que llega a su ocaso. El punto más alto de su camino, que es el punto medio mis-

mo del arco, o *culminación* de la estrella, se encuentra en el *plano meridiano*, esto es, en el plano vertical que corta el horizonte en los dos puntos *norte* y *sur*. Este plano es el mismo para todos los astros, pues contiene todos los puntos culminantes de éstos; pero es difícil orientarse buscando la posición de este plano por medio de los puntos culminantes de las estrellas, cuando se carece de los instrumentos necesarios.

13. Orientación de noche en el hemisferio norte. —Si el horizonte del punto donde nos hallamos se encuentra situado en el hemisferio norte de la Tierra, será posible orientarse durante la noche, con tal de que se vean las estrellas, de la siguiente manera.

Fácilmente se reconocerá un grupo de siete estrellas, que tiene el nombre de Osa Mayor, representado en la figura 4.

Como las siete estrellas del grupo en cuestión no se ponen nunca en los países del hemisferio norte que se encuentran por encima del paralelo 40, siempre se las verá, sea cual fuese su posición en el cielo. Si la línea *ab*, que une las dos estrellas del trapecio, se prolonga unas cinco veces su distancia aparente, se encontrará en esta prolongación una estrella de segunda magnitud, que pertenece a otro grupo, cuya forma es casi idéntica a la de la Osa Mayor y que por lo mismo ha recibido el calificativo de Osa Menor. Esa estrella, muy cercana al punto que constituye el polo celeste boreal, es la *Polar*.

Pues bien, el plano vertical que la contiene es el meridiano o apenas se diferencia de éste. Desde este momento, la dirección de la meridiana es conocida, pues se tiene el punto cardinal norte por la parte de la estrella, y el punto sur en la dirección opuesta. La línea que corta la meridiana formando ángulos rectos, dará a la derecha del norte el punto este y a la izquierda el oeste.

14. Orientación de noche en el hemisferio sur. —Si el lugar donde se está pertenece al hemisferio sur de la Tierra, la orientación será fácil tomando como punto de partida un grupo muy aparente y bien conocido de cuatro estrellas, dispuestas a manera de brillante cruz y llamadas por eso mismo la constelación de la *Cruz del Sur* (fig. 5).

Estas estrellas no se ponen nunca, desde que la latitud del lugar pasa de 40 grados. El movimiento diurno les hace describir entonces una circunferencia entera alrededor del polo. Pero en todas las posiciones que la Cruz ocupa en esa revolución, su brazo mayor, *ab*, se encuentra dirigido siempre hacia el polo celeste austral, y se encontrará el punto de éste, prolongando *ab* cuatro veces su longitud. Desgraciadamente, en ese sitio y en sus alrededores, no existe estrella ninguna algo brillante, como la Polar en el hemisferio norte.

De modo que para hallar en el horizonte el punto sur, será necesario imaginar un plano vertical que pase por este punto del cielo, que nada distingue ni caracteriza. Sin embargo, no es difícil lograrlo con un poco de práctica.

15. Determinación de la meridiana, de día. —Digamos ahora la manera de orientarse durante el día, observando la dirección de las sombras que proyecta una varilla o vástago vertical, dispuesta sobre un plano horizontal.

Se empieza por establecer, con ayuda de un nivel, una superficie plana perfectamente horizontal, y en su centro se coloca una varilla recta, en la línea misma de la vertical determinada con la plomada. Antes se habrá tenido cuidado de trazar con el compás cierto número de circunferencias, tomando por centro el punto donde se va a colocar la varilla. Y luego, aprovechando un día de sol despejado, se sigue atentamente la marcha de la sombra proyectada por la varilla. Esas sombras van disminuyendo de tamaño a partir de la mañana hasta el momento en que el Sol, al llegar al punto más alto de su carrera diurna, pasa por el meridiano; luego aumentan a medida que avanza la tarde, pasando en sentido inverso por las mismas alturas.

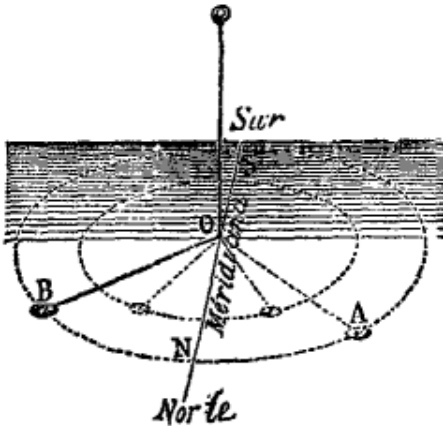


Fig. 6.—Determinación de la meridiana por las sombras de un vástago vertical.

El observador notará en cada circunferencia (fig. 6) el punto donde la extremidad de la sombra de la mañana y la de la tarde coinciden exactamente con la extremidad de su radio. Las dos líneas obtenidas de esa manera forman un ángulo BOA. Dividiéndolo en dos partes iguales, por medio de una línea recta ON, se tendrá la dirección de la meridiana del lugar. Repitiendo la misma operación con otras circunferencias, se obtendrá medio de comprobar la exactitud de la primera; o bien se suplirán así las observaciones que puedan faltar por efecto de una interposición pasajera de nubes delante del Sol.

16. Orientación: uso de la brújula. —Finalmente, también se puede determinar la posición de la meridiana si se conoce la *declinación magnética* del lugar donde se observa; es decir, el ángulo que esta línea forma con la dirección de la aguja imantada, suspendida sobre un eje, y en libertad para girar libremente en un plano horizontal. Este medio es tanto más valioso cuanto que no siempre es posible observar el Sol o las estrellas, cuando el cielo está brumoso o nublado.

El instrumento que sirve para este género de observación es la brújula de declinación (fig. 7). La dirección de la aguja imantada no es la misma del meridiano; pero como el ángulo que forma con el plano de éste es conocido para cada punto, es fácil deducir la dirección de la meridiana. Por ejemplo: en París la

aguja imanada se dirige próximamente unos 16 grados al oeste; en consecuencia, habrá que volver la brújula de modo que la aguja quede en esta posición (poco más o menos en la dirección N. NO. —S. SE.). Entonces la línea señalada por las palabras *norte*, *sur*, dará la orientación que se busca.

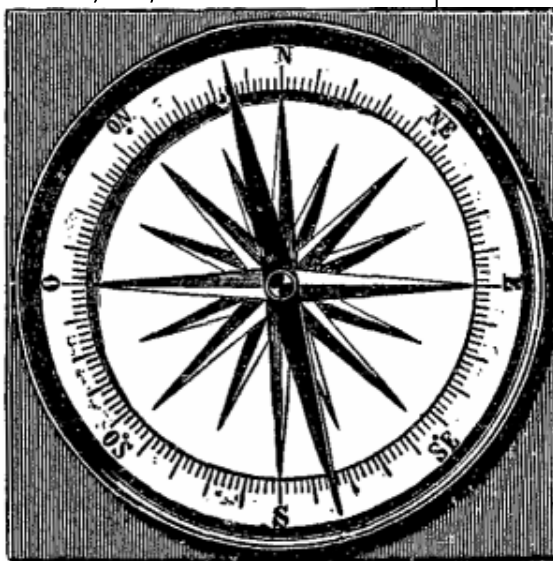


Fig. 8.—Brújula terrestre de declinación.

Como la declinación varía, no sólo de un año para otro en un mismo lugar, sino también de un país a otro, los marinos y los viajeros necesitan mapas que les indiquen el valor de este elemento en todos los mares y regiones que deben recorrer, y para la época en que deban hallarse en ellos.

Cuando se conoce la meridiana, se tienen los puntos norte y sur del horizonte. La línea este-oeste se traza formando ángulo recto con la primera, y así se conocen los cuatro puntos cardinales. El Sol no sale exactamente por el este para ponerse por el oeste más que en la época de los equinoccios, es decir, del 20 al 21 de marzo o del 20 al 22 de setiembre. Ese día, el Sol describe la mitad exactamente de un círculo sobre el horizonte, y otra semicircunferencia por debajo de éste. La circunferencia completa es el ecuador celeste.

17. Rosa de los vientos. —A más de los cuatro puntos cardinales, se distinguen otros puntos del horizonte, que sirven para orientarse, en una dirección cualquiera. El conjunto de todos ellos forma una estrella de múltiples brazos, llamada *rosa de los vientos* (fig. 8) porque puede servir para indicar de que punto del horizonte soplan aquéllos.

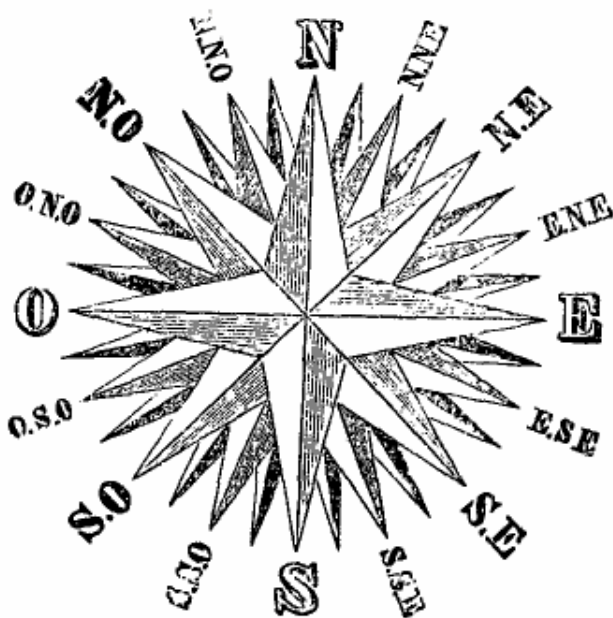


Fig. 8.—Rosa de los vientos.

18. Aspecto del cielo en latitudes diversas. —Zonas celestes. —Se ha visto antes de que manera es posible reconocer la curvatura de la Tierra, sea en el mar, sea en los continentes. Veamos ahora cual debe ser el efecto de esta curvatura sobre el aspecto del cielo estrellado. Recordemos que el movimiento diurno se efectúa alrededor de una línea fija, cuya inclinación sobre el horizonte de un punto dado es invariable.

De esta invariabilidad resulta que siempre se elevan sobre el horizonte las mismas estrellas, en el intervalo de una rotación de la Tierra, sea cual fuere la época del año. Sólo que, entre las que salen o se ponen, unas se encuentran sobre el horizonte durante la noche, y entonces son visibles, mientras que las otras salen y se ponen durante el día, y el brillo de la luz solar no per-