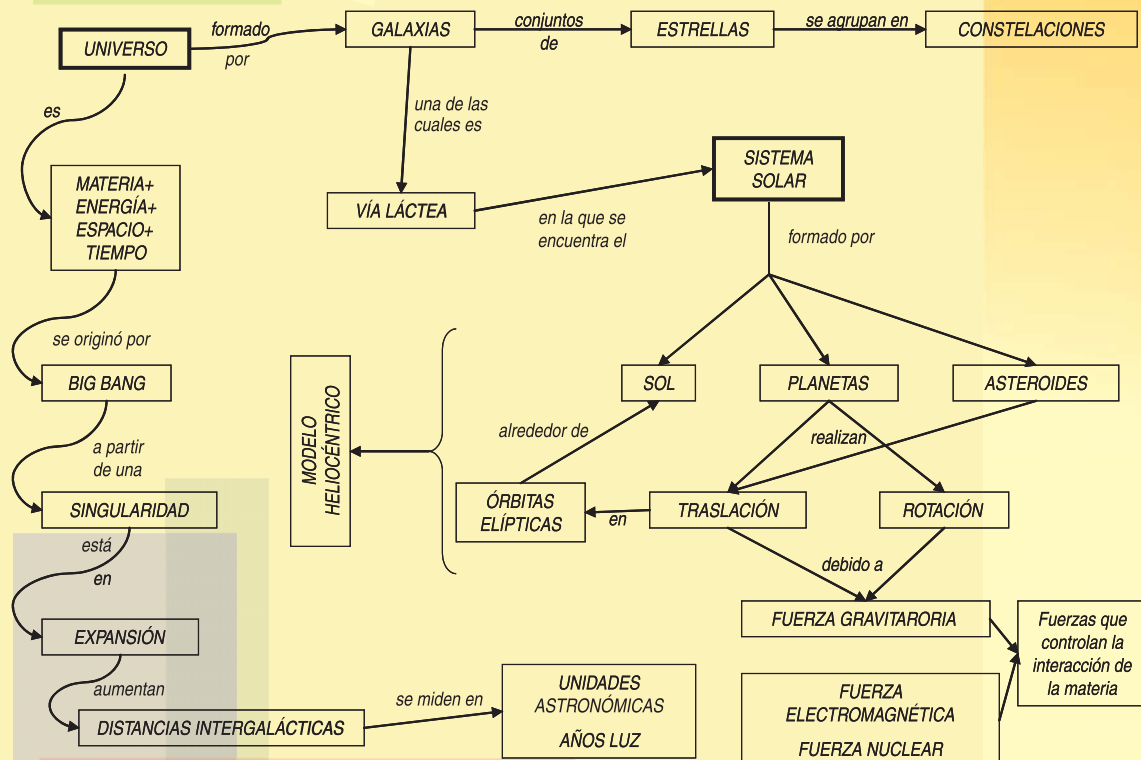




¿Cómo estudiar?



La materia y la energía, el tiempo y el espacio se crearon en el mismo instante. Nuestro planeta, de igual manera que todos los componentes del sistema Universo, se rige por las mismas reglas y se regula por fuerzas equivalentes. Estos son los conceptos esenciales abordados en este capítulo. El esquema nos muestra la dependencia e interrelación de los temas tratados aquí.

Capítulo 1

LA TIERRA Y EL UNIVERSO

"A veces creo que hay vida en otros planetas, y a veces creo que no. En cualquiera de los dos casos la conclusión es asombrosa"

Carl Sagan

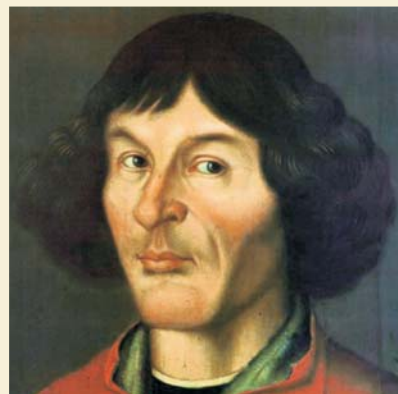
Cualquier estudio particular referente al funcionamiento de la naturaleza, los seres vivos, la sociedad o el pensamiento está siempre enmarcado por el concepto de mundo, es decir, se refiere a la comprensión del mundo en que vivimos. Podemos definir mundo como el lugar en el que se desarrolla la vida y sus diversas actividades y dicho lugar es el planeta Tierra. De ahí la importancia de conocer acerca de nuestro planeta y de su lugar en el Universo. Que la Tierra se traslada alrededor del Sol, y que mientras lo hace rota sobre un eje imaginario dispuesto de Norte a Sur, no es novedad. Como consecuencia de estos movimientos, se suceden los días y las noches y cambian las estaciones. Los hombres, desde tiempos inmemorables, hemos sido espectadores pacientes del cielo y sus vivencias, y nuestras observaciones llegan de alguna u otra manera a formar parte del bagaje de conocimientos que tenemos hoy.

Un poco de historia para empezar

La teoría planetaria de Nicolaus Copérnico (1473-1543) ponía al Sol en el centro del Universo y a la Tierra y a los otros planetas girando a su alrededor.

Ésta sentó las bases de la teoría heliocéntrica que se contraponía a aquella sostenida por la Iglesia, la geocéntrica, que ubicaba a la Tierra en el centro del Universo.

Copérnico sabía, además, que la alternancia de la noche y el día era resultado de la rotación de la Tierra sobre su propio eje, y que tales

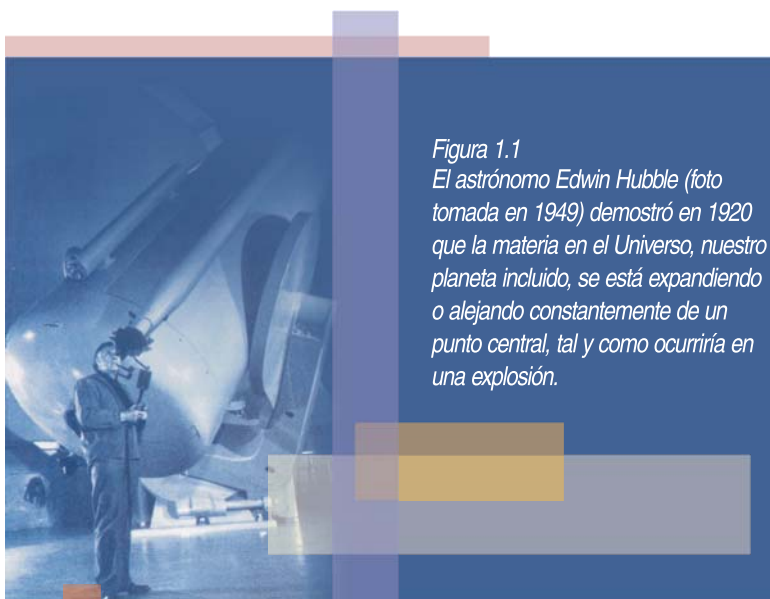


EL UNIVERSO y la FUERZA GRAVITATORIA

El Universo es el conjunto de toda la materia y energía existente de la cual es parte nuestro Sistema Solar y nuestro planeta Tierra en particular, o lo que sería equivalente, el mundo en que vivimos.

Según las teorías modernas, el Universo surgió en un instante entre 13.500 y 15.500 millones de años a partir de una gran explosión llamada “Big Bang”. Para nuestro pensamiento cotidiano es difícil comprender totalmente este fenómeno, ya que la explosión primigenia de donde surgió el Universo no es análoga a ninguna “explosión” conocida actualmente.

Según esta teoría, toda la materia y energía, así como el espacio y el tiempo, surgieron a partir de la expansión de un punto o, como la denominan los matemáticos, de una singularidad equivalente a una partícula mucho más pequeña que un protón donde estaba contenida toda la materia y energía del universo. Usualmente nos preguntamos: ¿Qué existía antes del Big Bang?, pero tal pregunta no tiene respuesta hoy en día, en tanto se considera que antes de ese instante el tiempo o el espacio no existían (figura 1.1).



*Figura 1.1
El astrónomo Edwin Hubble (foto tomada en 1949) demostró en 1920 que la materia en el Universo, nuestro planeta incluido, se está expandiendo o alejando constantemente de un punto central, tal y como ocurriría en una explosión.*

movimientos seguían leyes matemáticas que permitían predecir con fórmulas la posición de cada planeta en el cielo en cualquier momento dado.

Hacia el fin de su vida escribió *De revolutionibus orbium coelestium* (Sobre las revoluciones de las esferas celestes) y dedicó el libro al Papa Paulo III, para obtener la aprobación de la Iglesia. Nunca supo que en la primera edición de su libro se había incluido un prólogo en donde se advertía al lector que no se trataba de un tratado científico sino de una fantasía.

La obra de Copérnico apareció el 24 de mayo de 1543, cuando éste agonizaba y fue el cimiento sobre el que se construyó la astronomía moderna.

El reconocimiento que aún signa al astrónomo italiano Galileo Galilei (1564-1642) descansa en sus descubrimientos utilizando el telescopio, un instrumento que él no inventó pero que supo utilizar hábilmente. Reconoció las fases de Venus, la estructura compuesta de Saturno y las manchas solares, entre otras.

Adhería públicamente a la teoría heliocéntrica de Copérnico, hecho que le obligó a enfrentarse al tribunal de la Inquisición. El 22 de junio de 1633, Galileo Galilei, a los sesenta y nueve de años de edad, fue condenado a arresto

Se han desarrollado diferentes teorías para explicar el estado actual del Universo a partir del Big Bang, como la Teoría inflacionaria enunciada a comienzos de la década de 1980 por el físico estadounidense Alan Guth (1947-rec) basado en estudios de grandes científicos como Stephen Hawking (1942-rec).

El UNIVERSO en nuestros días

Luego de transcurridas decenas de miles de millones de años, nuestro Universo está formado por materia organizada de diferentes formas. En particular mencionaremos a las Galaxias que son grandes conjuntos de cientos de miles o millones de estrellas orbitando alrededor de un centro común, unidas por la interacción gravitatoria.

Todas las estrellas que vemos en el cielo a simple vista pertenecen a la galaxia que denominamos Vía Láctea, de la que es parte nuestro Sol y los planetas que orbitan a su alrededor y que conforman nuestro Sistema Solar. Valga decir que no sólo estrellas y planetas conforman una galaxia; también contienen varias otras formas de la materia como moléculas complejas compuestas de hidrógeno, nitrógeno, carbono y silicio, entre otros elementos, y rayos cósmicos.

domiciliario de por vida en su villa de Arcetri y se prohibió la circulación de sus libros. La Iglesia reconoció como cierta la teoría heliocéntrica en 1757 y recién en 1992 el Papa Juan Pablo II admitió que Galileo había sido un físico genial.

Al científico inglés Isaac Newton (1642-1727) se le debe nada más ni nada menos que la Ley de Gravitación Universal.

El físico alemán naturalizado norteamericano Albert Einstein (1879-1955) propuso que el espacio, el tiempo y la masa no eran magnitudes absolutas y que las leyes de Newton relativas al movimiento sólo se cumplían a velocidades muy pequeñas en comparación a la de la luz.

Cronología del Big-Bang

Según la teoría del Big Bang, hace unos 15.000 millones de años, el Universo empezó a expandirse desde un estado de infinita densidad y temperatura. Esta bola de fuego de radiación energética, extremadamente densa y caliente, se encontraría desde entonces en estado de constante expansión. De ser así, en dicha expansión todos los cúmulos de galaxias se alejan de todos los demás cúmulos de galaxias, de forma análoga a puntos pintados en la superficie de un globo que estamos inflando: los cúmulos no se están moviendo en el espacio para dar lugar a esta separación, sino que sería el espacio entre dichos cúmulos el que se está expandiendo. Esta teoría aún no tiene resuelta la gran incógnita: ¿Seguirá expandiéndose el Universo infinitamente, siendo así un Universo abierto, o se frenará hasta detenerse y luego colapsar en un Big Crunch, que sería un modelo cerrado? Esto estaría determinado por la cantidad de materia que contiene el Universo y la intensidad de la fuerza gravitatoria que trata de detener dicha expansión.

La fuerza universal que mantiene unidos a todos los cuerpos de una galaxia, y a las galaxias entre sí, es la fuerza gravitatoria. Hay que diferenciarla del término gravedad, que se refiere a la fuerza gravitacional entre la Tierra y los objetos situados en su superficie o cerca de ella.

La fuerza gravitatoria o gravitación es una de las cuatro fuerzas básicas que controla las interacciones de la materia y la única en la que nos detendremos en este capítulo; las otras tres son las fuerzas nucleares, débil y fuerte, y la fuerza electromagnética.

La fuerza gravitatoria depende directamente de la masa de los cuerpos que interactúan e inversamente al cuadrado de la distancia entre estos cuerpos. Esta fuerza es extremadamente pequeña si se compara con nuestras experiencias cotidianas. Sería equivalente al peso en la superficie de la Tierra de un objeto de aproximadamente 1 sobre 150 mil millones de kg, pero aumenta proporcionalmente en la medida que los objetos tienen más masa o están más cercanos, hasta tal punto que es responsable de la posición y trayectoria de todos los cuerpos estelares.

También es importante notar que su alcance es infinito, por lo que todos los objetos del Universo interactúan entre sí mediante esta fuerza, en mayor o menor medida en dependencia de sus masas y distancias relativas (figura 1.2).

La fuerza gravitatoria se considera responsable de la formación de los sistemas planetarios. Se cree que estos sistemas se forman junto con sus estrellas a partir de nubes de materia que se contraen por la acción de su propia gravedad. En general se piensa que las nubes de polvo y gas interactúan mediante la fuerza gravitatoria compactándose para formar estrellas jóvenes. El material de polvo y gases restante alrededor de estas nuevas estrellas se compacta, a su vez, para formar núcleos de rocas cada vez mayores que se atraen entre sí y forman los planetas y asteroides que orbitan alrededor de las estrellas.

$$F = G \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$$

G es la Constante Gravitatoria,
m1 y m2 son las masas de ambos cuerpos,
d es la distancia entre ellos y se expresa en Newton N.

El valor más preciso obtenido hasta la fecha para la constante gravitatoria es de $6,67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 / \text{kg}^2$.

Figura 1.2

Los astronautas son entrenados en piscinas para simular ambientes en los cuales la gravedad tiene menor influencia.



El Universo contiene una cantidad gigantesca de galaxias de diferentes formas (circulares, arriñonadas, espiraladas, etc.) que están compuestas por diferentes cantidades de estrellas. Se estima que en el Universo visible habría unas 200 mil millones, aunque este número nadie lo sabe con exactitud. Estas galaxias, entre las que se encuentra la Vía Láctea (figura 1.3), agrupadas en grupos de tamaño pequeño o medio, que a su vez forman grandes cúmulos de galaxias.



Figura 1.3

La Vía Láctea pertenece, conjuntamente con la Nebulosa de Andrómeda, a una agrupación de unas 20 galaxias que los astrónomos llaman el Grupo Local con 100.000 ó 200.000 millones de estrellas cada una. Nuestra galaxia tiene forma de un disco achatado del que sobresalen varios brazos que rotan como una espiral alrededor de un núcleo.

POR PRIMERA VEZ LOGRAN CAPTAR EXPLOSIÓN DE UNA SUPERNOVA EN TIEMPO REAL

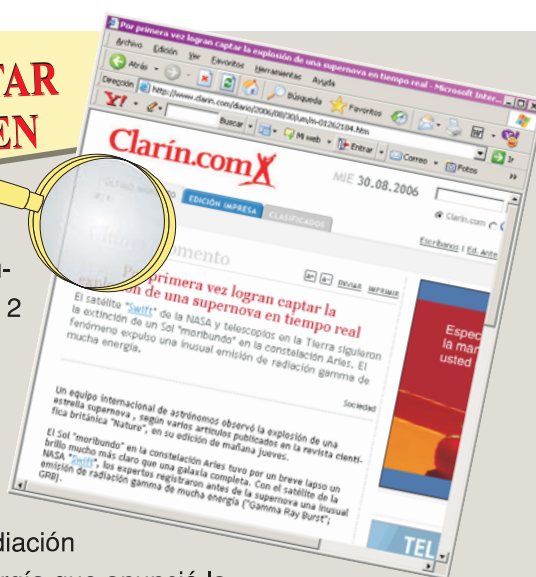
Un equipo internacional de astrónomos observó la explosión de una estrella supernova, según varios artículos publicados en la revista científica británica Nature, en su edición del 29 de agosto de 2006.

El satélite Swift de la NASA y telescopios en la Tierra siguieron la extinción de un Sol moribundo en la constelación Aries a 440 millones de años luz de distancia. El fenómeno expulsó una inusual emisión de radiación de mucha energía seguida de una burbuja de gas con

una temperatura increíble de 2 millones de grados. Los expertos registraron una inusual emisión de radiación

de mucha energía que anunció la inminente supernova. Esta emisión de rayos de mucha energía se registró durante unos 40 minutos, cuando en general este tipo de emisiones sólo se da durante segundos o fracciones de segundos. Cuando la radiación se debilitó, la estrella estalló.

El Sol moribundo en la constelación Aries tuvo por un breve lapso un brillo mucho más claro que una galaxia completa.



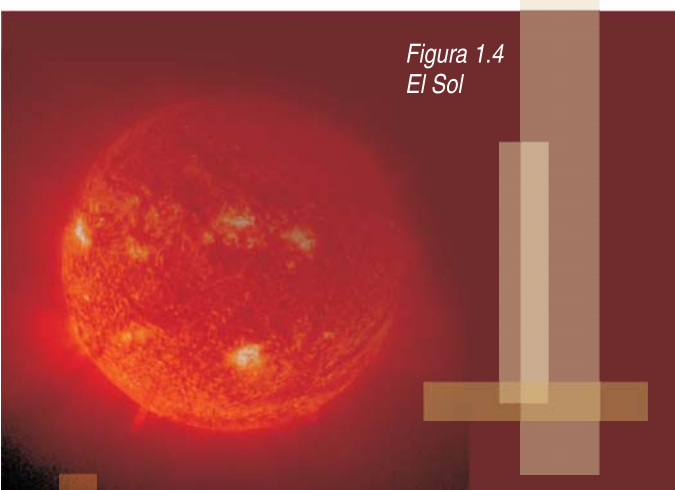
Diario Clarín. 30 de agosto de 2006
www.clarin.com/diario/2006/08/30/um/m-01262184.htm

SISTEMA SOLAR

Nuestro Sistema Solar se encuentra en uno de los brazos espirales de La Vía Láctea y está compuesto por el Sol que es la estrella alrededor de la cual rotan ocho planetas con sus lunas y otros objetos más pequeños como asteroides, cometas y polvo. Hasta hace poco tiempo sólo conocíamos la existencia de nuestro Sistema Solar, pero a partir del año 1995 comenzaron a descubrirse sistemas planetarios alrededor de otras estrellas. Hasta la fecha se han encontrado alrededor de 50 de estos sistemas y es de esperarse que dada la inmensidad del Universo, y nuestra aún limitada capacidad de observación, existan muchos más.

El Sol es la estrella alrededor de la cual orbitan los planetas y otros cuerpos de nuestro sistema. Aunque es el astro más grande del Sistema Solar, y contiene aproximadamente el 98% de su masa total, es una estrella de tamaño y luminosidad intermedia comparada con las demás estrellas de la galaxia. Tiene unas 108 veces el radio de la tierra y unas 333 mil veces su masa (figura 1.4).

Figura 1.4
El Sol



Mercurio

Es el planeta más cercano al Sol y el más pequeño del Sistema Solar. Tiene un diámetro dos veces y medio menor que el de la Tierra, pero tiene la mayor densidad después de ésta.

No tiene satélites y el aspecto de su superficie es parecido al de nuestra Luna, con numerosos cráteres y huellas de impactos. Orbita alrededor del Sol más rápido que la Tierra, por lo

que un año en Mercurio dura menos que tres meses terráqueos y gira sobre su eje más lentamente que ésta: el día en Mercurio dura aproximadamente dos terceras partes de su año. Posee una muy tenue atmósfera que contiene principalmente sodio y potasio, debido a lo cual la luz no puede dispersarse y su cielo es negro. Los cambios de temperatura entre la zona iluminada del planeta y la oscura son muy abruptos y pueden variar entre más de 400° C y los -180° C. La gravedad de Mercurio es aproximadamente tres veces y medio menor que la de la Tierra, por lo que podríamos saltar allí más de dos veces más alto que en la Tierra. La presencia de campo magnético indica que Mercurio tiene un núcleo metálico, parcialmente líquido y por su densidad se deduce que ocuparía casi la mitad del volumen del planeta.

La luz solar y otras radiaciones se producen por una reacción de fusión nuclear que convierte el hidrógeno en helio. Aunque esta reacción consume cada segundo cantidades gigantescas de combustible (hidrógeno), la masa del Sol es tan grande que se calcula que puede seguir brillando como hasta ahora por más de 5000 millones de años. Estas reacciones nucleares se producen debido a la altísima temperatura, unos 15 millones de grados centígrados, y a las grandísimas presiones de más de 300 millones de veces la presión atmosférica de la Tierra, que hay en su núcleo.

Como resultado de estos procesos, en la superficie del Sol hay una temperatura de unos 6000° C que irradian constantemente luz y calor al resto de los planetas del sistema, permitiendo la vida en la Tierra. El Sol es una estrella muy activa, en la cual ocurren fenómenos que producen intensas alteraciones llamadas tormentas o erupciones solares y zonas oscuras conocidas como manchas solares. Estos fenómenos se producen en ciclos de 11 años y ocasionan intensos campos magnéticos que alcanzan a todo el Sistema Solar, afectando a las comunicaciones en la Tierra y en ocasiones se pueden observar en forma de auroras (figura 1.5).

Figura 1.5
Una aurora boreal



Venus

Es el segundo planeta del Sistema Solar, y el más parecido a la Tierra por su tamaño y densidad.

Sin embargo, no tiene océanos y su densa atmósfera, formada

principalmente por

dióxido de

carbono y

una

pequeña

cantidad

de

nitrógeno,

provoca un

efecto

invernadero que

eleva la temperatura

hasta los 480° C, por lo que su clima es abrasador. La presión al nivel de la superficie es 90 veces superior a la presión atmosférica en la superficie terrestre, lo que equivaldría a la presión de una profundidad de un kilómetro bajo el nivel del mar. Venus gira sobre su eje muy lentamente y en sentido contrario al de los otros planetas. El Sol sale por el oeste y se pone por el este, al revés de lo que ocurre en la Tierra. Un año en Venus dura 224,7 días terrestres y curiosamente el día allí dura más que el año. La gravedad es solo ligeramente menor que en la Tierra y no tiene lunas.



El Sol produce también un continuo flujo de protones, electrones e iones que se mueven por el Sistema Solar. Este viento solar, como se le llama, configura las colas de gas de los cometas; hay algunos proyectos de investigación que plantean la utilización de este viento para propulsar naves espaciales mediante velas adecuadas para captar esta radiación, a la usanza de los viejos veleros marinos.

Nuestro sistema solar está integrado por ocho planetas principales que orbitan alrededor del sol y que se dividen en dos grandes grupos: los planetas interiores, en ocasiones llamados planetas terrestres, que son Mercurio, Venus, Tierra y Marte y se componen de roca y de hierro y los planetas exteriores, también llamados Jovianos por su semejanza con Júpiter, que son Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, los cuales están compuestos de hidrógeno, hielo y helio. Vale mencionar que hasta el año 2006 se consideraba a Plutón como el planeta exterior más alejado de la Tierra, hasta que perdió su categoría como planeta principal.

Varios de estos planetas tienen satélites orbitando a su alrededor, siendo la Luna (figura 1.6) el satélite de nuestro planeta.

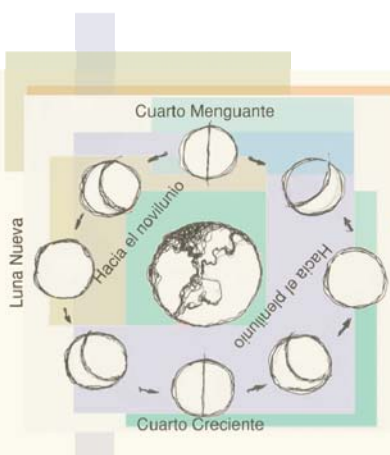


Figura 1.6
Cada 29 días la Luna repite su apariencia. Es lo que se denominan fases de la Luna y dependen de la posición del satélite respecto a la Tierra y el Sol.



Tierra

Es el mayor de los planetas rocosos. Está envuelto por la atmósfera, que es una capa de gases que dispersa la luz y absorbe calor. De día evita que la Tierra se caliente demasiado y de noche que se enfríe, permitiendo

las condiciones necesarias para la vida.



Siete de cada diez partes de superficie terrestre están cubiertas de agua lo que

también incide en la

regulación de la temperatura. El agua de los océanos y mares se evapora formando nubes que a su vez producen lluvia o nieve y forman los ríos y lagos conformando el ciclo del agua que describiremos en el último capítulo. En los polos, que reciben poca energía solar, el agua se hiela y forma los casquetes polares. El casquete del polo sur es el más grande y concentra la mayor reserva de agua dulce del planeta.

La Tierra tiene un satélite natural que la acompaña, que llamamos Luna. La Luna gira alrededor de la Tierra y sobre su eje en el mismo tiempo: 27 días, 7 horas y 43 minutos. Esto hace que nos muestre siempre la misma cara. La Luna no tiene atmósfera ni agua y por ello no hay erosión. Su superficie se deteriora solamente por el impacto ocasional de algún meteorito, motivo por el cual se dice que está fosilizada.

Radio (promedio
entre radio polar y ecuatorial)
de los planetas en km

Mercurio	2.489
Venus	6.310
Tierra	6.378
Marte	3.390
Júpiter	71.714
Saturno	60.330
Urano	26.200
Neptuno	25.225

El Cinturón de Kuiper es una zona del Sistema Solar situada más allá de Neptuno en la que se encuentra una gran cantidad de asteroides, muchos de ellos de más de 100 kilómetros de diámetro. Los

astrónomos estiman que puede haber allí miles de objetos grandes concentrados en un gran anillo de poco espesor.

Por las observaciones realizadas, puede haber más de 30.000 objetos concentrados en un anillo situado entre las distancias mencionadas y con un espesor de unos pocos grados alrededor de la eclíptica. Más allá de Neptuno, y a casi 6.000 millones de kilómetros del Sol, se encuentra el que se consideraba hasta el año 2006 el noveno planeta del Sistema Solar, Plutón, descubierto en 1930. En 1978 se identificó un satélite de Plutón, cuya masa es de alrededor del 15% de la del planeta.

La Tierra es una esfera imperfecta. El ecuador está abultado unos 21 kilómetros, el polo norte está elevado algunos metros y el sur ligeramente hundido, por lo que tendría una forma parecida a una gigantesca pera.

Está envuelta por un campo magnético intenso, como si el planeta tuviera un enorme y potente imán en su interior, cuyos polos magnéticos están muy cerca de los polos geográficos, es por eso que los polos magnéticos terrestres reciben el nombre de polo norte magnético y polo sur magnético, aunque su magnetismo real es opuesto al que indican sus nombres. Este campo magnético fue descubierto allá por el año 1600 aunque posiblemente ya antes habría sido utilizado en brújulas primitivas.

Algo más sobre nuestro planeta



Marte

El cuarto planeta del sistema Solar es conocido como el planeta rojo por sus tonos rojizos producto de los procesos de oxidación o corrosión. Tiene un diámetro de casi la mitad que el de la Tierra y la gravedad es casi dos veces y media menor. El día marciano dura casi igual que el día terrestre pero su año dura casi el doble. Su atmósfera es muy delgada,

formada principalmente por dióxido de carbono, que se congela alternativamente en cada uno de los polos y contiene poquísima agua,



mil veces menos que la Tierra. Las investigaciones muestran que aparentemente tuvo una atmósfera más compacta, con nubes y precipitaciones que formaban ríos. Sobre su superficie quedan huellas de antiguos causes, islas y costas. Las grandes diferencias de temperatura y la erosión de la superficie provocan extensas tempestades de polvo y arena que pueden durar por meses. A causa de la inclinación de su eje y la excentricidad de su órbita tiene veranos calientes y cortos y los inviernos son largos y fríos. Las regiones polares del planeta tienen enormes casquetes brillantes, en apariencia formados por escarcha o hielo. Antes de la exploración espacial, se especulaba que podía haber vida en Marte pero no se han encontrado evidencias. Tiene dos satélites pequeños, Fobos y Deimos, que giran rápido cerca del planeta.

Plutón es dos tercios del tamaño de la Luna y su órbita está inclinada respecto del plano de la órbita terrestre (el plano de la eclíptica de cualquier planeta).

Los cometas (figura 1.7) más brillantes son inconfundibles y no se parecen a ningún otro objeto del cielo. Parecen manchas de luz, a menudo borrosas, que van dejando un rastro en el cielo. Esto los hace atractivos y los rodea de magia y misterio.

Son cuerpos pequeños, de forma irregular, constituidos por una mezcla de sustancias duras y gases congelados. Consta de un núcleo, de hielo y roca, rodeado de una atmósfera nebulosa que forma la llamada cola o cabellera.

Los gases que se expulsan para formar la cabellera están formados por moléculas y radicales libres de elementos muy comunes en el espacio, como el hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno.

La cabeza de un cometa, incluida su difusa cabellera, puede ser mayor que el planeta Júpiter.

Las brújulas son instrumentos de orientación que utilizan el campo magnético de la Tierra y tienen una aguja que se alinea con éste apuntando siempre hacia la dirección Norte.

Hay que decir, sin embargo, que el Norte geográfico y el Norte magnético no coinciden exactamente y que además la posición de los polos magnéticos del planeta no es constante pues varía ligeramente de forma anual y produce un desplazamiento mayor cada 960 años.

El polo norte magnético se sitúa hoy cerca de la costa oeste de la isla Ellef Ringnes en el Norte de Canadá. El polo sur magnético está cerca de la costa antártica de Wilkes Land.



Cinturón de Asteroides

Entre las órbitas de Marte y Júpiter hay una región de 550 millones de kilómetros en la que orbitan más de 18.000 asteroides.

Los asteroides son una serie de objetos rocosos o metálicos, incluso los hay con satélites que orbitan a su alrededor.

Algunos asteroides han chocado contra nuestro planeta. Cuando atraviesan la atmósfera se



asteroides también se les llama planetas menores. El más grande es Ceres, con 1.000 km. de diámetro. Hasta hoy se han encontrado 16 que superan los 240 km., pero la mayoría son pequeños. La masa total de todos los asteroides del Sistema Solar es mucho menor que la de la Luna. Algunos científicos han dicho que los asteroides podrían ser los restos de un planeta que resultó destruido, pero lo más aceptado es que ocupan el lugar en el Sistema Solar en donde se podría haber formado un planeta de tamaño considerable, lo que no ocurrió por las influencias disruptivas de Júpiter.

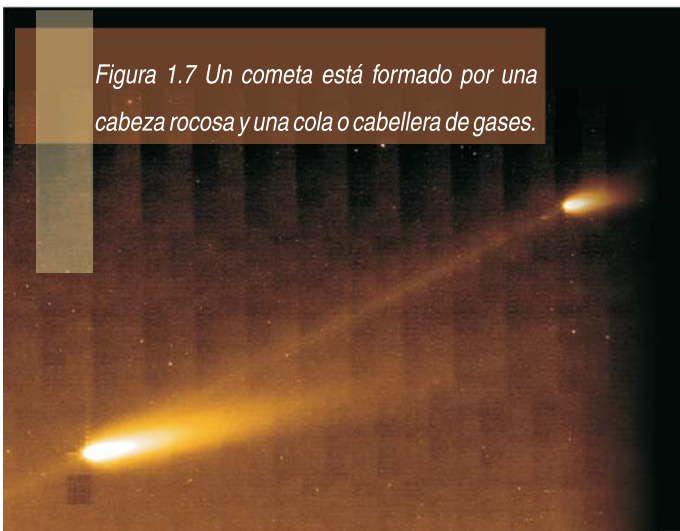
Sin embargo, la parte sólida de la mayoría tiene un volumen de algunos kilómetros cúbicos solamente. Por ejemplo, el núcleo oscurecido por el polvo del cometa Halley tiene un tamaño aproximado de 4 por 15 kilómetros.

Las órbitas de los cometas en general son mucho más alargadas que las de los planetas y se desvían bastante de las previstas por las leyes de Newton. Esto puede ser debido a que el escape de gases produce una propulsión a chorro que desplaza ligeramente el núcleo fuera de su trayectoria. La cola de los cometas no es permanente, cuando se acercan al Sol y se calientan, los gases se evaporan y se forma la cabellera o cola. Cuando se alejan y se enfrían, los gases se congelan y la cola desaparece. Los cometas van perdiendo materia en cada pasada cerca del Sol y sólo queda el núcleo rocoso. Se cree que hay asteroides que son restos de cometas.

Formas de OBSERVAR el CIELO

Durante miles de años el hombre no tuvo otros medios para observar el firmamento que sus propios ojos. Pese a ello, la astro-

Figura 1.7 Un cometa está formado por una cabeza rocosa y una cola o cabellera de gases.



Júpiter

Es el planeta más grande del Sistema Solar, tiene más materia que todos los otros planetas juntos y su volumen es mil veces el de la Tierra. Tiene un tenue sistema de anillos, invisible desde la Tierra. También tiene 16 satélites mayores, aunque recientemente se han descubierto otros muchos pequeños hasta un

total de 63. Su

satélite

Ganímedes es el más grande del Sistema Solar, mayor aún que el planeta

Mercurio. Júpiter

tiene una composición

semejante a la del Sol, formada por hidrógeno, helio y pequeñas cantidades de otros compuestos pero su temperatura media es de 120° C. Su rotación es la más rápida entre todos los planetas, el día dura menos de 10 horas terrestres, aunque el año equivale a más de 11 años terrestres.

Su atmósfera es compleja, con nubes y tormentas, de ahí las franjas de diversos colores y algunas manchas, como la llamada "Gran Mancha Roja" que es una tormenta mayor que el diámetro de la Tierra que habría comenzado hace 300 años y en su interior hay vientos de unos 400 Km/h. Los anillos de Júpiter son más simples que los de Saturno y están formados por partículas de polvo lanzadas al espacio cuando los meteoritos chocan con las lunas interiores de Júpiter. Su enorme campo magnético o magnetosfera se extiende muy poca distancia en dirección al Sol, pero se proyecta en dirección contraria casi hasta la órbita de Saturno.

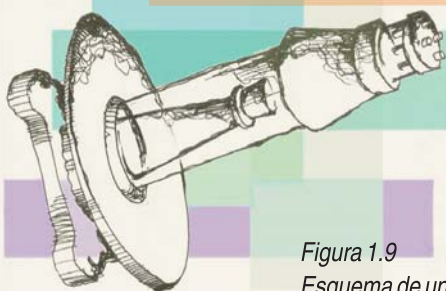


nomía visual, ayudada por instrumentos precarios como astrolabios (figura 1.8), compases, y ballestillas para medir ángulos o fijar posiciones, permitió sensacionales avances en el conocimiento del cielo y sus movimientos. Miles de estrellas fueron catalogadas y medidas, se calculó la duración del día y del año, de las fases lunares, se dilucidó la composición y estructura del sistema solar y se enunciaron las leyes fundamentales que rigen el movimiento de los planetas.



*Figura 1.8
El astrolabio, un
instrumento de
medición que existía
ya en la era
pretelescópica.*

Reemplazados por los telescopios gigantes- cos (figura 1.9), y complementados por otros instrumentos y análisis más comple- jos, se ha potenciado nuestro conocimiento acerca del Universo de manera exponen- cial. Algunos telescopios terrestres se asientan en sitios muy alejados de las ciudades para evitar sus luces o en sitios en los cuales resulta difícil vivir.



*Figura 1.9
Esquema de un telescopio.*



Saturno

Es el segundo planeta más grande del Sistema Solar y el único con anillos visibles desde la Tierra. Su atmósfera es de hidrógeno, con un poco de helio y metano, es el único planeta que tiene una densidad menor que el agua. Presenta nubes con bandas de color amarillento y de otros colores y cerca del ecuador el viento sopla a 500 Km/h y su temperatura media es de -125°C . La característica más conocida de Saturno es la presencia de anillos, que le dan un aspecto espectacularmente hermoso. Hay varias especulaciones sobre su origen pero aún hoy en día el origen



de los impresionan- tes anillos de Saturno sigue siendo un misterio. A primera vista tiene dos anillos brillantes y uno más tenue, separados por aberturas, aunque en realidad cada anillo principal está formado por muchísimos anillos más estre- chos, ordenados en una elaborada estructura que se mantiene debido a la fuerza de grave- dad de los satélites cercanos, en combinación con la fuerza centrífuga que genera la propia rotación de Saturno. El día dura menos de la mitad que en la Tierra, pero un año allí equiva- le a más de 29 años terrestres. Se le conocen 56 satélites, aunque observaciones recientes han mostrado 4 ó 5 cuerpos cerca de Saturno que podrían ser nuevas lunas. Titán es el mayor de los satélites de Saturno y el segundo del Sistema Solar, tiene una atmósfera formada por nitrógeno e hidrocarburos que le dan un color naranja. Gira alrededor de Saturno en poco menos de 16 días.

Otros están girando alrededor de la Tierra como es el caso del telescopio espacial Hubble (figura 1.10).

No es sencillo estimar las distancias a las cuales se hallan los diferentes astros de la Tierra y los astrónomos idearon una manera relativa de estimarlas: la ubicación de todos los astros se proyecta sobre una superficie esférica, la esfera celeste, y su posición queda determinada por un sistema de coordenadas esféricas. En esta representación geométrica, la Luna o el Sol parecieran estar a iguales distancias o poseer tamaño similar. Sin embargo, el Sol es cuatrocientas veces mayor que la Luna y está ubicado cuatrocientas veces más lejos de la Tierra.

El divulgador de la ciencia Isaac Asimov en su ensayo *El Cielo y la Tierra* (1961) explica: “El sistema consiste en trazar dos líneas imaginarias desde los extremos de un arco del círculo que lleguen a su centro en el cual situamos nuestro punto de vista imaginario y luego medir el ángulo que forman estas dos líneas”. Y sigue proponiéndonos que imaginemos tres círculos concéntricos con 115 m, 230 m y 345 m de diámetro respectivamente (figura 1.11).

Figura 1.10 Telescopio espacial Hubble. Tiene el tamaño de un colectivo de larga distancia y utiliza una energía cercana a la que consumen 28 lámparas de 100W. Viajando a 8 kilómetros por segundo, da una vuelta a la Tierra cada 97 minutos recorriendo 241 millones de kilómetros al año.



Uranio

Es el séptimo planeta desde el Sol y el tercero más grande del Sistema Solar. Fue descubierto gracias al telescopio. Su día dura poco más que 17 horas terrestres, pero el año es más largo que

84 años terrestres. Su atmósfera posee hidrógeno, metano y otros hidrocarburos y la temperatura media es de -210°C . El metano absorbe la luz roja, por eso Uranio aparece

con tonos azules y verdes. Un dato

curioso es que está

inclinado de

manera que el

ecuador hace casi

ángulo recto con la trayectoria

de la órbita. Esto hace

que en algunos momentos la parte más caliente, orientada al Sol, sea uno de los polos. Está tan lejos del Sol que, desde Uranio, éste parece una estrella más. Se han descubierto unos 11 anillos alrededor de Uranio, distintos de los de Júpiter y Saturno. El más exterior, llamado Epsilon está formado por grandes rocas de hielo y tiene color gris. En el cielo de Uranio, los objetos más luminosos son sus cinco lunas grandes, aunque tiene otros 10 satélites con diámetros más pequeños. Los últimos descubrimientos revelan la existencia de otros pequeños satélites, hasta un total de 27.



Sus circunferencias medirán 360, 720 y 1.080 metros. Dividida la circunferencia menor en 360 partes iguales llamadas arcos, cada una de un metro, y trazando dos rectas que pasen por el centro de la circunferencia, y contengan ambos extremos del arco, se delimita un ángulo que equivale a 1° . Proyectadas las rectas hacia fuera, de manera que corten los otros dos círculos, delimitarán un arco de dos metros en el círculo intermedio y tres en el mayor. Las longitudes de los arcos varían pero la fracción del círculo en relación a su diámetro sigue siendo la misma.

Dice Asimov: “Un ángulo de un grado con vértice en el centro de un círculo delimitará un arco de un grado en la circunferencia de cualquier círculo, sea cual sea su diámetro”. La medición angular es la forma de posicionar los astros en la esfera celeste. Ella nos permite calcular distancias aparentes y movimientos aparentes y con esta base fueron diseñados instrumentos como los sextantes y octantes para fijar la posición de los astros.

Las medidas angulares son expresadas en grados, minutos y segundos en el sistema sexagesimal o en radianes en el sistema circular. Si se divide la circunferencia en 24 partes, cada una correspondiente a una

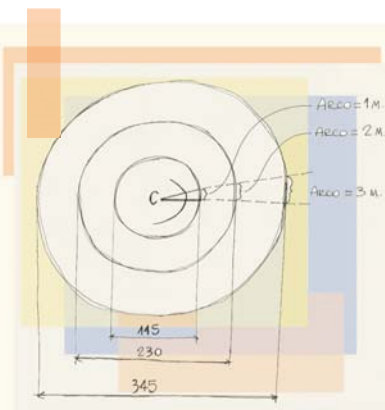


Figura 1.11
Los círculos concéntricos y el sistema de coordenadas esféricas, según Isaac Asimov.



Neptuno

Es el planeta más exterior del sistema solar y el primero que fue descubierto gracias a predicciones matemáticas. Su interior está formado por roca fundida con agua, metano y amoníaco líquidos. El exterior es hidrógeno, helio, vapor de agua y metano, que le da el color azul; su temperatura media es de -200°C . Neptuno es un planeta dinámico, su atmósfera llega a

temperaturas cercanas a los -260°C y las nubes, de metano congelado, cambian con rapidez produciendo manchas que recuerdan las tempestades de Júpiter.

Los vientos más fuertes de cualquier planeta del Sistema Solar se han registrado en Neptuno. Muchos de ellos soplan en sentido contrario al de rotación y se han llegado a determinar vientos de 2.000 Km/h en su superficie. Tiene un sistema de cuatro anillos delgados y casi imperceptibles. Al parecer se han formado a partir de partículas de polvo, arrancadas de las lunas interiores por los impactos de meteoritos pequeños. Desde Neptuno, el Sol está tan lejos que sólo parece una estrella más. Todos los demás planetas entre él y el Sol están tan distantes que no se ven. Se han descubierto un total de 13 satélites. De ellos Tritón gira a su alrededor en poco menos de 6 días. Este es el único satélite grande que gira en dirección contraria a la rotación de su planeta y es el objeto del Sistema Solar donde se ha medido la temperatura media más fría, 235°C bajo cero.

hora, entonces se establecen las siguientes relaciones: 1 hora = 15°, 1 minuto = 15', 1 segundo = 15'' y 360 es igual a 2 radianes.

En el campo de la astronomía las distancias se miden en años luz. En el vacío interestelar, la luz recorre 299.792.458 m/seg y la distancia que recorre la luz en un año, el año luz es de 9.460.800.000.000 km. Las distancias intergalácticas son en algunos casos de muchos millones de años luz, por lo que con la tecnología actual sólo podemos observarlas desde la distancia y no podemos siquiera alcanzar Proxima Centauri, la estrella más cercana a nuestro Sistema Solar que estaría a unos 4.2 años luz de la Tierra (figura 1.12).

También se utiliza la Unidad Astronómica UA que es igual a la distancia de la Tierra al Sol, es decir 150 millones de km.

Los astrónomos definen horizonte como una línea imaginaria que aparentemente separa el cielo de la superficie terrestre. El horizonte determina un plano horizontal sobre el que se apoya el observador y que es tangente a la superficie del globo terrestre. La recta que se traza perpendicular al observador y al plano horizontal se denomina vertical y está orientada hacia el cenit, es decir lo más alto del cielo. Por oposición, el nadir es el punto opuesto al cenit siguiendo la vertical hacia abajo (figura 1.13).

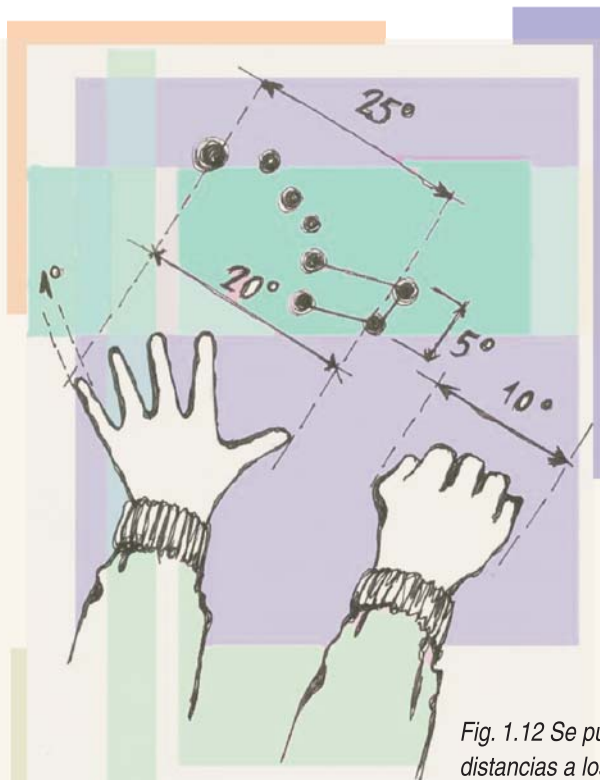


Fig. 1.12 Se pueden estimar distancias a los astros usando las manos.

Planeta	(A)	(B)	(C)
Mercurio	0	57,9	47,85
Venus	0	108,2	35,02
Tierra	1	149,6	29,78
Marte	2	227,9	24,15
Júpiter	16	778,3	13,03
Saturno	18	1429	9,65
Urano	15	2875	6,80
Neptuno	8	4504	5,44

(A) Satélites naturales
(B) Distancia media al Sol
(C) Velocidades orbitales medias de los planetas

Planeta	Traslación	Rotación
Mercurio	88 días	58,646 días
Venus	224,7 días	243,16 días
Tierra	365,26 días	23h 56m 4s
Marte	687 días	24h 37m 23s
Júpiter	11,86 años	9h 50m 30s
Saturno	29,42 años	10h 39m 24s
Urano	163,73 años	16h 48m
Neptuno	248 años	18h

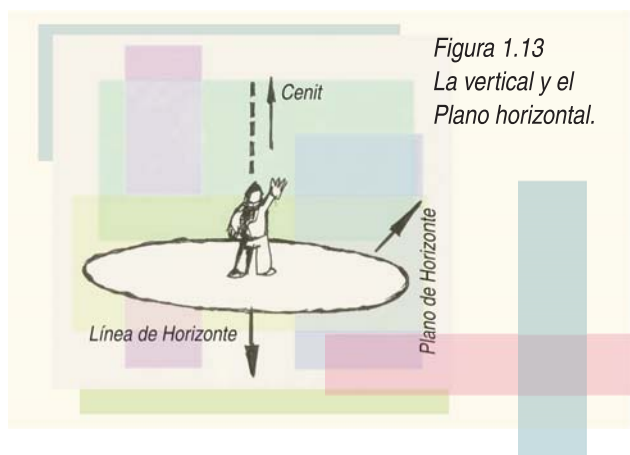


Figura 1.13
La vertical y el
Plano horizontal.

I La BÓVEDA y el CIELO NOCTURNO

Cuando el Sol se halla sobre el horizonte, su luz es dispersada por la atmósfera produciendo la luz azul que caracteriza al cielo diurno y que impide ver las estrellas. La rotación de la Tierra, es decir, el movimiento sobre su propio eje, hace que el Sol sólo sea visible en una parte del planeta durante un lapso diario o un día. Para la otra parte del planeta en la cual el Sol está por debajo del horizonte, es la noche y pueden verse las estrellas. Los lapsos de transición entre el día y la noche y durante la noche y el día se denominan crepúsculos vespertino y matutino respectivamente; en casi todos los lugares del planeta existen dos crepúsculos por día de igual duración.

A ojo desnudo, los astros que se ubican cerca del cenit parecen más brillantes que los que se disponen cerca del horizonte por lo cual el cielo nocturno parece adoptar forma de copa invertida, de bóveda o semiesfera: la bóveda o esfera celeste.

Es fácil observar cómo los astros cambian de posición en la esfera celeste. Tan sólo

con realizar observaciones consecutivas de un mismo astro podrá notarse su desplazamiento y, con mayor atención, podrá advertirse que lo hacen de Este a Oeste. Esto es consecuencia de la rotación terrestre que es en dirección inversa, de Oeste a Este.

El movimiento aparente de la esfera celeste es uniforme y las estrellas situadas cerca de los polos recorren, en igual tiempo, arcos menores que los astros ubicados cercanos al Ecuador.

Se dice que un astro se hace visible por un sitio denominado levante, cercano al horizonte, mientras que desaparece de la visión por el poniente que es exactamente opuesto al levante. Desde el levante hasta el poniente se describe una trayectoria curva denominada arco.

Según sea el lugar desde donde miremos la esfera celeste, ésta cambiará de aspecto. Astros que comúnmente vemos en el cielo nocturno de Buenos Aires (34° 38' Latitud Sur) no se ven en Carolina del Sur (34° Latitud Norte) y algunos describen órbitas distintas. Si nos ubicamos en un plano oblicuo entre los 0° y 90° tanto hacia el norte como al sur del Ecuador, notaremos que todas las estrellas recorren círculos inclinados respecto al plano del horizonte.

Los astros que se disponen cercanos al polo elevado recorren trayectorias completas sobre el horizonte. Por esa razón son siempre visibles y se las llama estrellas circumpolares visibles. Otras, en cambio, son permanentemente invisibles por hallarse cercanas al polo que está alejado de donde nos ubicamos. Si nos paramos en el Ecuador todas las estrellas serán visibles y la esfera que observamos se llamará esfera

celeste recta. Si nos paramos en el polo, sólo serán visibles los astros que se encuentran en el mismo hemisferio en el que nos encontramos.

También el Sol tiene un movimiento aparente y esto puede deducirse al prestar atención a las sombras de los objetos. Ésta será más larga a medida que el Sol esté más cerca de su poniente y la dirección de la misma dará idea de la dirección aparente en la que se está moviendo esta estrella. En base a estas ideas se diseñó el gnomon, que registra el arco diurno solar.

Un observador desprevenido dirá que cada día el Sol sale por el mismo lugar, el Este y se pone por el Oeste. Pero si observamos más minuciosamente podremos darnos cuenta que cada día el Sol no sale exactamente por el mismo lugar y tampoco coincide el lugar del poniente. El levante y poniente del Sol coinciden con el Este y Oeste respectivamente sólo durante el equinoccio de otoño, que ocurre el 21 de marzo, y el equinoccio de primavera, que ocurre el 21 de septiembre.

Llamamos equinoccios a los momentos en los cuales la duración de las horas de luz y sin luz, esto es, del día y la noche son iguales.

A partir del 21 de marzo el levante del Sol se desplaza hacia el Norte, llegando al corrimiento extremo el 21 de junio, y hacia el sur desde el 21 de septiembre, llegando al extremo el 21 de diciembre. Cuando el levante alcanza esas posiciones máximas, el Sol parece salir de un lugar similar por lo cual parece estar quieto; es el momento del solsticio de invierno y verano respectivamente (figura 1.14).

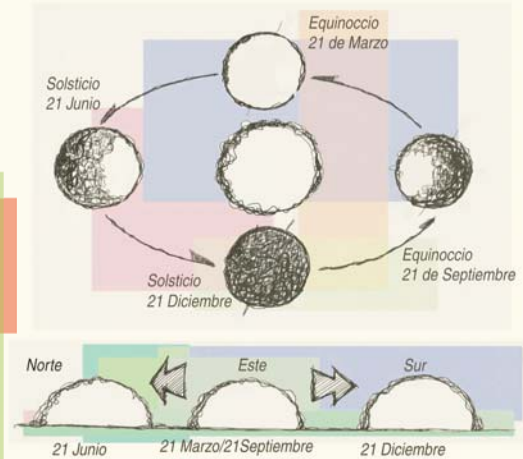
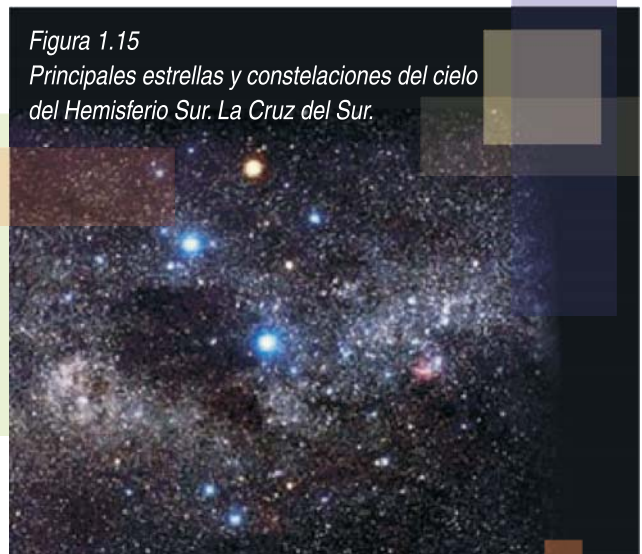


Figura 1.14
Equinoccios y solsticios. El Sol no siempre sale por el Este.

Ubicar los astros en la esfera celeste ocupó a los hombres en todos los tiempos. Se agruparon las estrellas más brillantes en formas imaginarias que se utilizaban como referencia. Estos agrupamientos de estrellas son las constelaciones. Cada estrella pertenece a una constelación determinada, por más lejana o débil que parezca. La Cruz del Sur (figura 1.15), la Osa Mayor, Orión y Escorpión son solamente cuatro de las 88 constelaciones que se reconocen actualmente.

Figura 1.15
Principales estrellas y constelaciones del cielo del Hemisferio Sur. La Cruz del Sur.



Para nosotros, los habitantes del Hemisferio Sur, la Cruz del Sur es la más clásica de las constelaciones. A lo largo del año se desplaza en torno a un punto imaginario denominado el Polo Sur Celeste. Una línea imaginaria lo une con el Polo Norte Celeste que está muy claramente indicado por la presencia de la Estrella Polar (Polaris) alrededor de la cual gira la Osa Menor típica de los cielos del Hemisferio Norte.

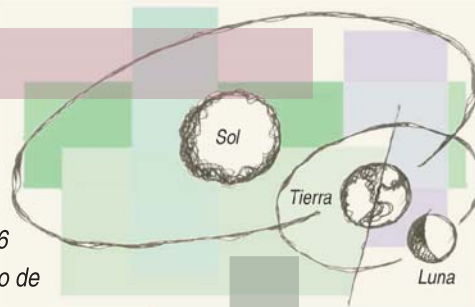
La constelación de Orión, en la que se encuentran las Tres Marías, domina los cielos nocturnos del verano austral y la constelación de Escorpión el de los inviernos. Durante el otoño, Orión va desapareciendo por el Oeste al iniciarse la noche, mientras que Escorpión avanza por el Este. En cambio, en la primavera Orión aparece por el Este y Escorpión se oculta por el Oeste.

MOVIMIENTO de los PLANETAS REVOLUCIONES Y DISTANCIAS

Ya hemos mencionado que uno de los fenómenos astronómicos más evidentes es la rotación de la Tierra. Este movimiento no es exclusivo de la Tierra, todos los planetas e incluso el Sol rotan sobre sí mismos.

La órbita de la Tierra (figura 1.16), esto es, la trayectoria que sigue en el espacio alrededor del Sol, se dispone sobre un plano imaginario denominado plano de la eclíptica. Todos los astros del Sistema Solar se mueven en órbitas coplanares, es decir, sobre un mismo plano, a excepción de Venus cuya órbita está inclinada más de 8° del plano de la Eclíptica.

Figura 1.16
Movimiento de rotación y traslación de la Tierra.



El eje de rotación de la Tierra está inclinado respecto a la eclíptica en un ángulo de $23^\circ 27'$. Es la inclinación del eje la que da lugar a las estaciones (figura 1.17).

Los movimientos de los planetas pueden describirse mediante tres leyes que fueron enunciadas por Johannes Kepler entre los años 1609 y 1618:

- Cada planeta se mueve en una órbita con forma de elipse en la cual el Sol ocupa uno de sus focos.
- El radio vector del planeta, el segmento que une el Sol con el planeta, recorre áreas iguales en tiempos iguales.
- Los períodos de revolución y las distancias medias al Sol están vinculadas por una relación similar para todos los planetas.

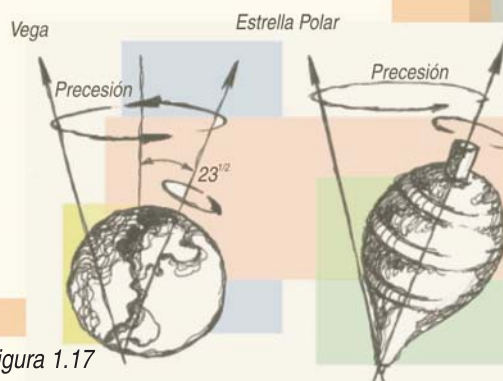


Figura 1.17
El movimiento de la Tierra sobre su eje se denomina de precesión.

Para comprender mejor estas leyes, comencemos recordando algunos conceptos.

Una elipse es una figura que se caracteriza por poseer un semieje mayor y uno menor (figura 1.18). Ambos ejes se cortan en un punto C a partir del cual pueden determinarse dos focos que se ubican simétricamente a cada lado del mismo. La suma de las distancias desde cualquier punto de la elipse a los focos es siempre la misma e igual al doble de su semieje mayor.

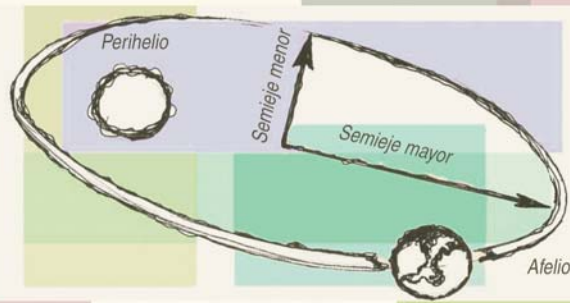


Figura 1.18
Una elipse posee un eje mayor y uno menor y dos focos. Cuanto más se aleje la forma de la elipse a la de un círculo, mayor será su excentricidad

Para definir la forma de la elipse se emplea un número adimensional que se denomina excentricidad de la elipse e ; cuanto mayor sea el valor de e más circular será la elipse de manera tal que cuando se está en presencia de una circunferencia la excentricidad es cero. Para el caso de la Tierra la excentricidad e de su órbita es $e = 0,0167$ y, por cierto, es casi circular.

La velocidad con la que se mueve un cuerpo en la elipse dependerá de su masa y del lugar en el que se encuentre respecto al foco. Cuanto menor sea la distancia al Sol la velocidad será mayor. Entonces, podemos decir que las velocidades de los planetas en su traslación no son constantes y varían de

acuerdo a la distancia al Sol. Y es eso justamente lo que enuncia la segunda ley.

Cuando el planeta se encuentra en el punto más cercano al Sol se dice que está en su perihelio. Por oposición, está en su afelio cuando se encuentra en el punto más alejado.

La línea que une afelio y perihelio coincide con el eje mayor de la elipse y la distancia media de un planeta al Sol coincide en magnitud con el semieje mayor. La velocidad del planeta, cuando está en su perihelio, es mayor que en su afelio.

La Tierra está en su perihelio alrededor del 3 de enero de cada año y entonces su velocidad es de 30,3 km/s. Por el contrario, en el afelio la velocidad disminuye a 29,3 km/s.

Como las velocidades de los planetas durante su traslación no son constantes se define una velocidad media entre las velocidades máxima y mínima. Para la Tierra es de 29,78 km/seg.

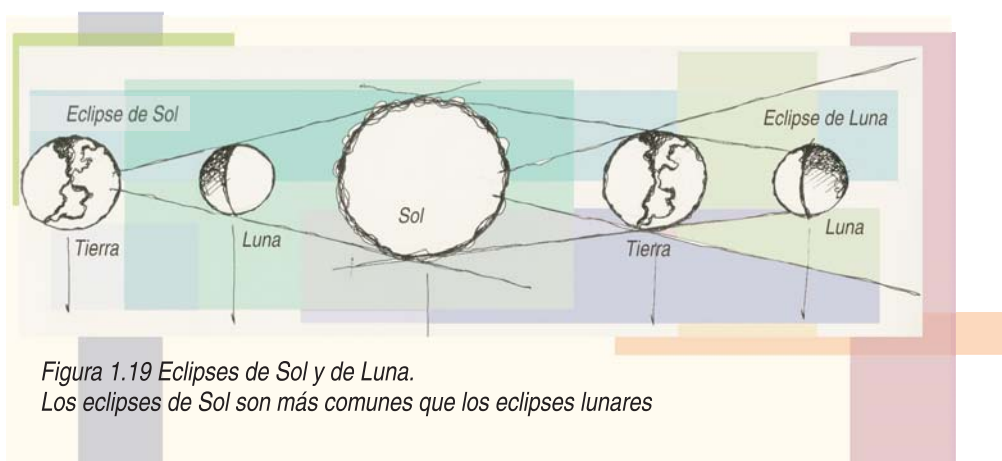
El período orbital, el tiempo que tardan en dar una vuelta al Sol, está relacionado con los dos ejes de la elipse. Y para todos los planetas se establece esta relación: el cuadrado del período de revolución T^2 es proporcional al cubo de la distancia que lo separa del Sol. Esto es lo que señala la tercera ley.

Finalmente, mencionaremos otro fenómeno que puede verse en los cielos, tanto diurnos como nocturnos y que dependen del movimiento de los planetas y sus satélites y su emplazamiento con respecto al Sol: se trata de los eclipses.

La palabra eclipse significa oscurecimiento y hace alusión a la interrupción momentánea de la luminosidad de un cuerpo celeste, sea ésta parcial o total.

La longitud de la sombra terrestre es de tres veces la distancia que existe entre la Tierra y la Luna por lo cual cuando el Sol, la Tierra y la Luna están alineados (figura 1.19), o sea que la Luna está en oposición al Sol, el cono de sombras que proyecta la Tierra alcanza nuestro satélite y la eclipsa total o parcialmente. Pero los eclipses de Luna no son muy frecuentes.

Más allá de lo llamativo del fenómeno, durante los eclipses podemos vislumbrar astros que están invisibles cuando la luminosidad es mayor, o estudiar procesos de irradiación de calor.



Cuando la Tierra se encuentra en su afelio, el cono de sombra de la Luna alcanza su máximo valor posible sobrepasando unos 30.000 km la superficie terrestre. Si nos ubicamos dentro del cono, el Sol se ocultará por completo y habrá oscuridad por lo cual veremos las estrellas y aún los planetas más cercanos a la Tierra. Es un eclipse total.

Si nos ubicamos fuera del cono de sombras, pero en el de penumbras, veremos un eclipse de Sol parcial. Hay al menos dos eclipses de Sol por año y como máximo cinco.

LECTURAS SUGERIDAS

Feinstein, Alejandro y Tignanelli, Horacio. *Objetivo Universo*. Buenos Aires, Colihue, 1999.

Tignanelli, Horacio. *Así funcionaba el Sol*. Buenos Aires, Colihue, Colección Sin Careta, 1998.

NASA National Aeronautic and space administration (USA)
www.nasa.gov, sitio consultado en septiembre de 2006.

¿Cuánto aprendimos?



- Entonces, ¿si el Universo está en expansión es de esperar que las distancias que existen entre las galaxias aumenten con el paso del tiempo e indefinidamente?

- Pues en verdad, hay que separar la respuesta a esa pregunta en dos.

Por un lado, efectivamente las galaxias y todas sus estrellas se están alejando entre sí. La mejor analogía que encontré por ahí para comprender el significado de este fenómeno es el de imaginar un globo sobre el que se han pintando numerosos puntos (las estrellas). En la medida que lo vayamos inflando los puntos se separan como consecuencia del aumento del espacio interior que hay entre ellos. Pero respecto a la expansión indefinida nadie lo sabe a ciencia cierta. En líneas generales podemos decir que existen dos teorías contrapuestas respecto al futuro del Universo. Muchos investigadores apoyan la idea de un límite en la expansión a partir del cual el Universo comenzará a contraerse regresando al estado inicial. Para ellos el Big Bang se sucederá una y otra vez. En cambio, para otros, la expansión será indefinida. Si pudiéramos tener un cálculo bastante confiable de la masa total del Universo, podríamos contar con una respuesta más confiable al verdadero comportamiento del Universo: si existiera suficiente masa la expansión tendría límite pues la atracción gravitatoria atentaría contra la expansión. Los científicos trabajan en esos cálculos.

- ¿Y dónde sucedió el Big Bang?

- Dudo que alguien tenga la respuesta a esta pregunta. Por definición, con el Big Bang se creó la materia y la energía, el tiempo y el espacio. Comentamos en este capítulo que preguntarse qué había antes o dónde, no tiene mucho sentido.

- En cuántas cosas aún somos ignorantes, ¡cuántas desconocemos!

- Como dijo el Capitán Kirk, protagonista de Viaje a las estrellas, "no existe lo desconocido, sólo lo temporalmente desconocido".

- Quizá los lectores de este libro puedan llegar alguna vez a responder a estos u otros muchos interrogantes que aún quedan por dilucidar.

