



Introducción

“Lo que me interesa es todo lo que significa verdadera apropiación del espacio y de los objetos celestes, es decir, conocimiento: la salida de nuestro marco limitado y ciertamente engañoso, la definición de una relación entre nosotros y el universo extrahumano. La Luna, desde la antigüedad, ha significado ese deseo y es así como se explica la devoción lunar de los poetas. ¿La luna de los poetas tiene algo que ver con las imágenes lactescentes y agujereadas que transmiten los cohetes? Quizás todavía no; pero el hecho de que nos veamos obligados a repensar la luna de otra manera nos llevará a repensar de otra manera muchas cosas.”

Italo Calvino

El lector hallará aquí el desarrollo sencillo, aunque riguroso, de algunos temas fundamentales de Astronomía, todos los cuales se hallan incluidos dentro de los contenidos básicos comunes de la Educación General Básica (E.G.B.) de la República Argentina; en particular, hemos tomado los correspondientes al primer y segundo ciclo. Entre los temas escogidos destacamos los referidos a la orientación espacial: noción de horizonte, puntos cardinales, etc. (Cap. 1), características principales de algunos fenómenos del cielo diurno como por ejemplo el movimiento aparente del Sol y de la Luna (Cap. 2), notas sobre los astros más conocidos y algunos fenómenos nocturnos: las estrellas fugaces, los planetas, etc. (Cap. 3), y, por último, comentarios sobre ciertos movimientos no visibles de los astros (Cap. 4). Temas puntuales como la rotación y la traslación de la Tierra, el ciclo de los días y las noches, las fases de la Luna, la orientación espacial o las estaciones, están incluidos en estas secciones. Finalmente, un grupo de apéndices presenta una serie de datos e indicaciones sobre algunos dispositivos para desarrollar algunas de las experiencias planteadas.

En cada uno de los capítulos, junto a los contenidos mencionados, se presentan actividades de aula vinculadas con los mismos; éstas aparecen desarrolladas al final del capítulo correspondiente, aunque se indican también con un logo particular en el texto principal. En cada caso se enumeran sencillos materiales sugeridos para su aplicación y el método para llevarla a cabo.





Horacio Tignanelli

Creemos que esas experiencias escogidas pueden auxiliar al maestro en su tarea docente; en su conjunto, no constituyen una secuencia didáctica y es de esperar que el maestro eche mano de aquellas que más se adecuen a su plan de clase. Estamos persuadidos de que en su empleo surgirán nuevas experiencias o se perfeccionarán las mostradas, enriqueciendo la labor.

Las experiencias que presentamos fueron seleccionadas, a modo monográfico, entre una serie de actividades desarrolladas por astrónomos y docentes de diversas partes del mundo. Varias de las mismas fueron seleccionadas como las más representativas para el abordaje de los contenidos propuestos, entre los textos y artículos citados en la bibliografía, y que pueden consultarse para ampliar, completar y optimizar la tarea. Por último, mencionamos que todas las actividades de *Astronomía en la escuela* fueron aplicadas y validadas en múltiples colegios de nuestro país, junto al entusiasmo de centenares de docentes; a ellas se suman una serie de actividades originales que elaboramos y desarrollamos tanto en Argentina como en escuelas de España, Brasil e Italia durante los últimos años.

Nuestro deseo es que este texto sirva para que los maestros cuenten con una herramienta más para tratar las Ciencias Naturales, en particular los conceptos astronómicos, con ideas y propuestas accesibles al aula. Desde ya, quedamos a disposición para responder a sus consultas y ampliar o completar la información que aquí se presenta; su aporte será tan valioso como imprescindible para nuestra tarea.

Queremos agradecer a todo el personal del Programa Nacional de Equipamiento Educativo del Ministerio de Cultura y Educación de la Nación, y en especial a su Equipo Pedagógico, por la confianza, entusiasmo y colaboración demostrada en la elaboración de este texto, y a la Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA) por la dedicación mostrada en su realización. Por otra parte, destacamos nuestro reconocimiento a las autoridades de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas por su gentil disposición y apoyo.

Horacio Tignanelli
La Plata, Argentina, 1999





CAPÍTULO I

Sobre algunos elementos
de referencia, útiles para
estudiar el cielo





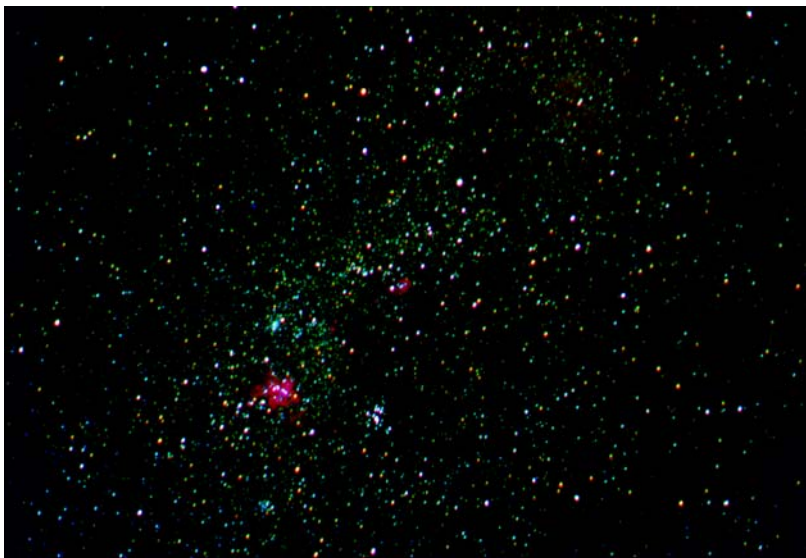


Cielo y celeste

La Astronomía es una de las ciencias naturales más fascinantes; a las personas que nos dedicamos a estudiar y desarrollarla se nos conoce como *astrónomos*. Y cuando pretendemos que chicos y grandes sepan qué averiguamos del universo con nuestro trabajo, proponemos para entendernos mejor que primero, simplemente, todos miremos el cielo. Aclaremos que los astrónomos empleamos la palabra *cielo* para indicar la apariencia del espacio extraterrestre, tal como puede apreciarlo cualquier observador ubicado en la superficie de la Tierra; la intención es buscar algunas respuestas a los interrogantes que han surgido desde la más remota antigüedad al observar el cielo.

¿Cuáles son esas preguntas?

Definitivamente, las mismas que nos hacemos hoy cuando lo miramos por primera vez. Entre las más comunes, damos algunos ejemplos: *¿Qué hay en el cielo? ¿Qué objetos pueden identificarse allí como terrestres?* Bueno, “las nubes”



Si después de apreciar los diversos aspectos del cielo, consiguen un pequeño telescopio, lo notable es que entonces deberán comenzar de nuevo y volver a mirar lo ya visto, asombrándose con detalles que sólo se descubren con ese instrumento. Algo semejante sucedió con el trabajo de los antiguos astrónomos: la invención del telescopio significó un cambio trascendente en la comprensión del universo.





Horacio Tignanelli

sería una buena respuesta, claro, pero... *¿Qué otras cosas? ¿Cuáles son los que hoy llamamos extraterrestres? ¿El Sol, tal vez? ¿Algo más? Y esos cuerpos: ¿Qué formas tienen? ¿Qué tamaños nos sugieren? ¿Se mueven o están quietos?*

Ahora bien... *¿Cómo mirar el cielo?* Puntualizamos a continuación algunas indicaciones básicas:

- a) Mirar el cielo a simple vista o bien, como decimos los astrónomos, *a ojo desnudo*, esto es, sin ningún tipo de instrumento. En principio, no es preciso utilizar un telescopio, un catalejo o cualquier otro aparatito óptico.
- b) Observar el cielo a la mañana, a la tarde y a la noche; lo más temprano posible y lo más tarde que puedan y, claro, prestar mucha atención a lo que aparezca y suceda en el mismo.
- c) Aunque tan sólo sea de vez en cuando, observar el cielo en un amanecer y en un atardecer; seguramente muchas personas elegirán este último, mu-

cho más cómodo. Cuando lo hagan, notarán cómo la apariencia del cielo varía antes y después que surge o desaparece el Sol. *¿Sucede lo mismo con la aparición o desaparición de otros astros, como la Luna, por ejemplo?*

d) Mirar el cielo cuando es un día diáfano y también cuando esté nublado; inclusive es interesante cuando llueve, entonces surgen nuevas cuestiones: *¿se ve el Sol cuando hay lluvia? ¿hay luz?*

e) Durante el año, estar atentos a las diferencias y semejanzas en el aspecto del cielo.

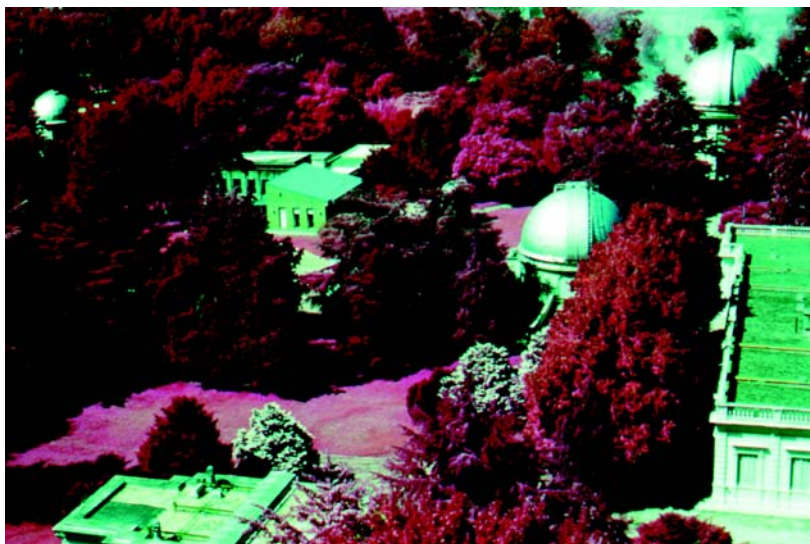




Tratar de identificar, por ejemplo, qué cambios se producen durante la primavera respecto del invierno o entre otras estaciones.

- f) Prestar especial atención cuando viajen a un sitio lejano del que habitan regularmente: *¿El cielo tiene allí el mismo aspecto que el de casa? ¿Suceden los mismos fenómenos? ¿Hay diferencias?*

Por otra parte, en el lenguaje particular que aprendemos los astrónomos, la palabra *celeste* deja de significar sólo un color; la usamos como un *calificativo* para indicar que algo *pertenece al cielo* o bien que puede *verse en el cielo*. Así, al trabajar en nuestros observatorios recreamos vocablos como *cuerpo celeste* para indicar que un objeto es observado en el cielo; el Sol, un planeta o bien un meteoro son algunos ejemplos de cuerpos celestes bien conocidos. También se los denomina *astros* y de allí deriva el nombre de nuestra ciencia: *Astronomía*, que significa, literalmente, *estudio de los astros*.



*Observatorio Astronómico de La Plata, en la Provincia de Buenos Aires. Las construcciones con forma de cúpula que se ven en la imagen, albergan telescopios en su interior.
Foto: Guillermo E. Sierra.*





Horacio Tignanelli

También pueden escucharnos hablar de *trayectoria celeste* cuando señalamos el camino que recorre un astro en el cielo (por ejemplo: el que queda definido entre la salida y la puesta del Sol), o bien de *fenómeno celeste* cuando queremos indicar que un suceso ocurrió en el cielo (por ejemplo: una estrella fugaz).

Por último, nos interesa señalar respecto al mismísimo color celeste, que *no es la coloración de cualquier cielo*, sino la de un cielo diurno y sin nubes; es decir, la tonalidad del cielo depende, entre otras cosas, de la presencia o no del Sol (por ejemplo: por si es de día o de noche) y de las condiciones atmosféricas (por ejemplo: el tipo de nubes).

Notas sobre el cielo de día, el cielo de noche y los crepúsculos

El cielo puede distinguirse en al menos dos aspectos visiblemente diferentes: uno se define como *diurno*, corresponde al cielo de día, y otro como *nocturno*, la noche. Aunque aparecen hermosos matices cuando uno de ellos deviene en el otro (por ejemplo: los atardeceres), los mismos quedan incluidos en alguno de esos dos cielos *aparentes*. Ambos cielos son cautivantes y las crónicas históricas muestran que despertaron curiosidad en todos los pueblos desde los tiempos más remotos.

Desde que el Sol se esconde hasta que se hace noche plena, hay un tiempo en que todavía se aprecia luz solar; algo semejante ocurre poco antes de que el Sol aparezca. Esos lapsos de tenue iluminación solar, se denominan *crepúsculos*. En casi todos los lugares de la Tierra hay dos crepúsculos por día: el *matutino*, vinculado con la salida del Sol, y el *vespertino*, con la puesta del Sol, ambos de igual duración.

Entre esos cielos aparentes, el más seductor quizás sea el nocturno porque, si el clima lo permite, aparece desbordante de puntitos tan luminosos como enigmáticos (las estrellas, claro), que sugieren la existencia de una enorme cantidad de astros.



Actividad I.1
pág. 30





Por su parte, el cielo diurno no es menos encantador ya que en el mismo se ve el Sol, periódicamente la Luna y, en ocasiones, algún otro fenómeno astronómico, como una brillante estrella fugaz o la aparición matutina o vespertina de los planetas Venus y Mercurio.

El horizonte y lo horizontal

Para todas y cada una de las personas ubicadas sobre la superficie de la Tierra, los astrónomos definimos al *horizonte* como una línea imaginaria que parece separar y, simultáneamente, hace encontrar a la visión de esa persona, el cielo y la tierra perceptibles. Desde un barco en medio del



Actividad I.2
pág. 31



Imagen de una fracción de horizonte.





Horacio Tignanelli

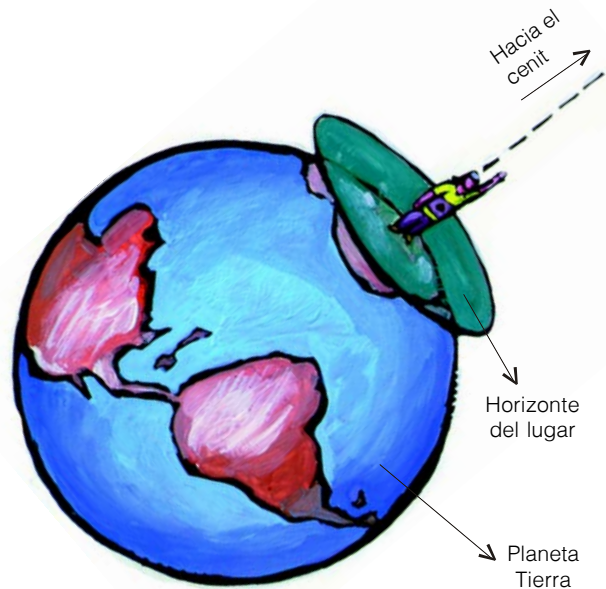
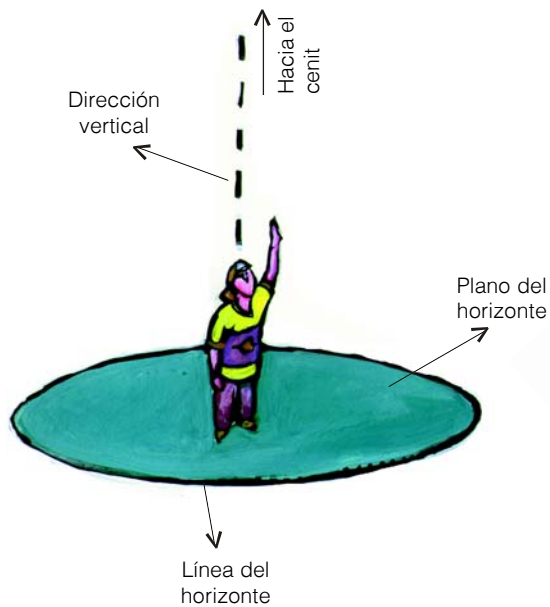


Actividad I.3
pág. 33

océano, el horizonte aparece a su alrededor como una *línea curva* casi perfecta; en cambio, en el campo o en la ciudad, el horizonte puede ser más o menos amplio y abierto, mostrará un contorno de casas, árboles, montes, monumentos, etc.

Los astrónomos decimos que la línea del horizonte se cierra alrededor del observador y define una superficie que conocemos como el *plano del horizonte* o *plano horizontal*.

Dado que nuestro planeta es un cuerpo semejante a una esfera, el plano del horizonte y la superficie terrestre se *tocan* sólo en un punto, son *tangentes*; así, en la práctica, poner algo *horizontal* significa ubicarlo paralelo o coincidente con el plano del horizonte de un lugar. *¿Pueden identificar qué objetos de la vida cotidiana colocamos horizontales?*





Por último, decimos que sobre la línea del horizonte es donde se hallan los lugares por donde surgen y se ocultan los astros, por ejemplo: la Luna, el Sol, las estrellas y los planetas.

La vertical del lugar, el cenit y la verticalidad

Si se detienen un instante en un sitio cualquiera de la Tierra y miran exactamente por encima de sus cabezas, donde apuntan sus ojos identificarán un punto del cielo al que los astrónomos hemos llamado *cenit*, y representa una referencia importante para localizar los fenómenos celestes.

Si se traza una línea imaginaria que arranque en el cenit y acabe en los pies del observador, ésta formará con el plano horizontal un ángulo recto (90°); en clase de geometría, diríamos que se trata de una recta *perpendicular* al horizonte. Con esa línea se define también la *dirección vertical* que, obviamente, es exactamente contraria a la *dirección horizontal*.

Por lo dicho, todo observador tiene un horizonte y un cenit tan propios como exclusivos; por lo tanto, los astrónomos decimos que existen tantas verticales como puntos sobre la superficie terrestre. En particular, aquella que definimos en un determinado sitio de la Tierra, se denomina *vertical del lugar*.



Actividad I.4
pág. 38





Horacio Tignanelli

La esfera terrestre

Señas particulares

Los polos de la Tierra son aquellos puntos de la superficie terrestre que no participan de la rotación del planeta.

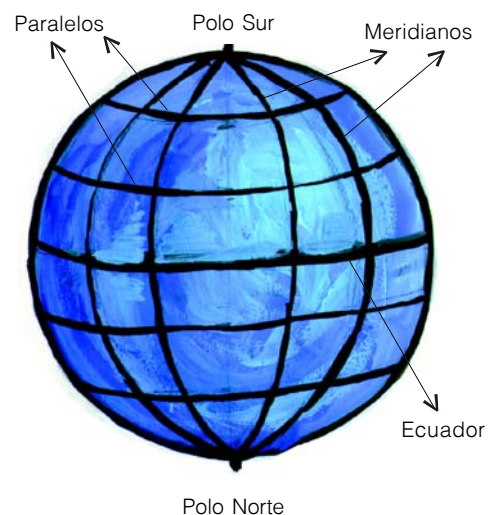
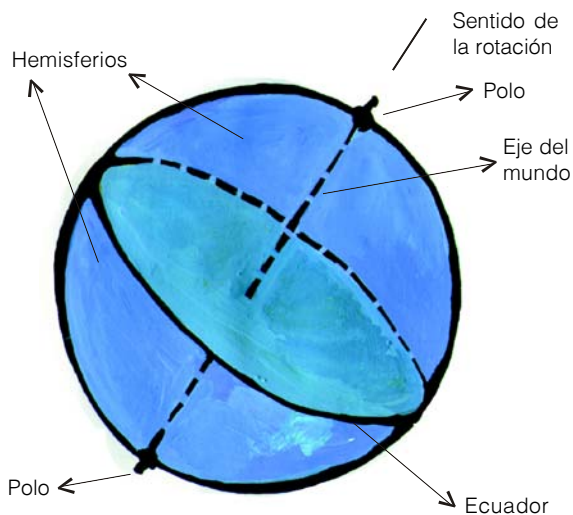
La unión imaginaria de ambos polos, atravesando al planeta, se conoce como eje del mundo.

El ecuador también es una línea imaginaria que simula dividir la esfera terrestre en dos partes iguales, cada una de las cuales se denomina hemisferio.

Tierra es el nombre que damos al lugar donde habitamos en el universo. Se trata de un cuerpo sólido, opaco a la luz excepto en su envoltura gaseosa (la atmósfera), y que tiene la mayor parte de la superficie cubierta por agua líquida, aunque una buena parte también es hielo. Las regiones secas, los *continentes*, están cruzadas por montañas y salpicadas de llanuras. Las regiones bañadas por agua, los *océanos*, también muestran cadenas montañosas y, en algunas partes, profundas depresiones, *fosas*.

Aunque se le parece, en rigor, la forma de la Tierra no es una esfera. En la dirección de los polos terrestres existe un leve achatamiento; esto es, el *diámetro polar* es unos 44 km más corto que el *diámetro ecuatorial*, por eso decimos que la Tierra está *abultada* en su ecuador.

Rodeando su parte sólida, la Tierra sostiene una envoltura gaseosa denominada *atmósfera*, compuesta principalmente de *nitrógeno* y *oxígeno*,





más un resto combinado de otros elementos. Como dato *espacial*, mencionamos que desde naves espaciales, la superficie de la Tierra aparece como un mundo de color azulado, cuya imagen se presenta cubierta casi por completo por las *nubes* que hay en su atmósfera.

Notas sobre las coordenadas geográficas

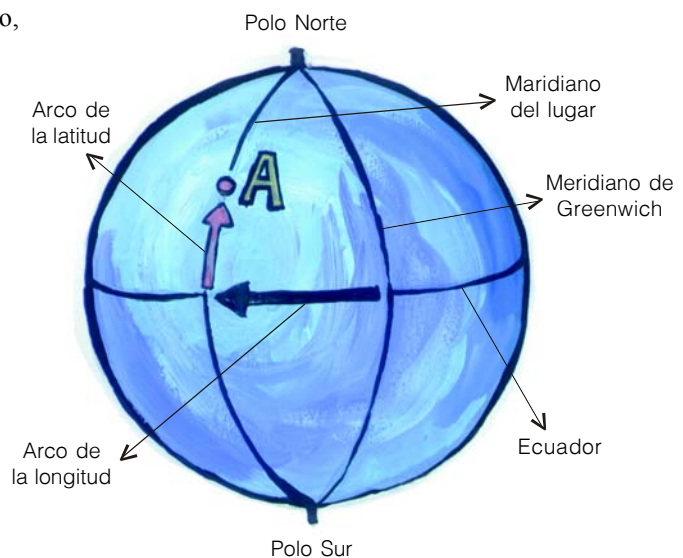
Para ubicar un punto sobre nuestro planeta se utiliza un par de medidas angulares llamadas *coordenadas geográficas*. De esta manera, la Tierra puede imaginarse recubierta por una grilla numérica que permite localizar inequívocamente un sitio de su superficie. Si consideramos un modelo esférico para nuestro planeta, por cada punto del mismo podemos trazar un semicírculo que atraviese uno de sus polos y acabe en el opuesto; tales figuras reciben el nombre de *meridianos*.

Sobre los meridianos se mide el ángulo que expresa el alejamiento de un punto superficial del ecuador terrestre; ese ángulo es la coordenada denominada *latitud*, y varía desde cero grados en el mismo ecuador (0°), a noventa grados (90°), en cualquiera de los polos.

Para diferenciar latitudes de uno y otro hemisferio, se coloca un signo que lo identifique (“+” o “-”) o bien se adiciona su nombre; así, Buenos Aires se halla aproximadamente a menos treinta y cinco grados de latitud (-35°), o bien treinta y cinco grados Sur (35° S). Si se trata de un lugar entre el ecuador y el Polo Norte, su latitud es positiva o Norte. Las circunferencias paralelas al ecuador que unen los puntos de igual latitud se denominan *paralelos* y también son usadas como referencia geográfica. Paralelos y meridianos son perpendiculares entre sí.

La segunda coordenada es la *longitud* y se mide sobre la línea del ecuador; permite

Esquema de coordenadas geográficas del punto “A” sobre la superficie de la Tierra.





Horacio Tignanelli

ubicar un sitio respecto a un cierto meridiano particular que se denomina *fundamental*. El meridiano fundamental que usamos en la Tierra pasa por una pequeña localidad cercana a Londres (Inglaterra), llamada Greenwich. De esta manera, decimos que, por ejemplo, la ciudad de Corrientes se encuentra casi a cincuenta y nueve grados del meridiano de Greenwich; en cambio Antofagasta de la Sierra, en Catamarca, está a más de sesenta y siete grados de longitud. En el Apéndice II mostramos las coordenadas de algunas localidades de Argentina.

Astronómicamente, la proyección sobre el cielo de un meridiano se denomina *meridiano celeste*; análogamente, la proyección de un paralelo, *paralelo celeste*, y la del ecuador, *ecuador celeste*. Ahora bien, un meridiano celeste importante en Astronomía es aquel que pasa por el *cenit* de un sitio sobre la Tierra; se lo llama *meridiano celeste local* o sencillamente *meridiano del lugar*; como veremos más adelante, éste contiene a la *vertical del lugar* y su proyección sobre el horizonte es una recta, denominada *línea meridiana*, que define la posición de los puntos cardinales Norte y Sur.

La esfera celeste

En ocasiones, el cielo nocturno muestra el aspecto *abovedado*, como si tuviese la forma de una *copa invertida*. Es tan sólo una impresión óptica producida porque a simple vista los astros ubicados cerca del cenit parecen más brillantes que los vecinos al horizonte. Por esa razón, los antiguos llamaron al cielo con el nombre de *bóveda celeste* o *esfera celeste*. En rigor, un observador sólo ve una *semiesfera celeste*; la idea de una esfera completa surgió después para *modelizar* el cielo que rodea a todo el planeta.

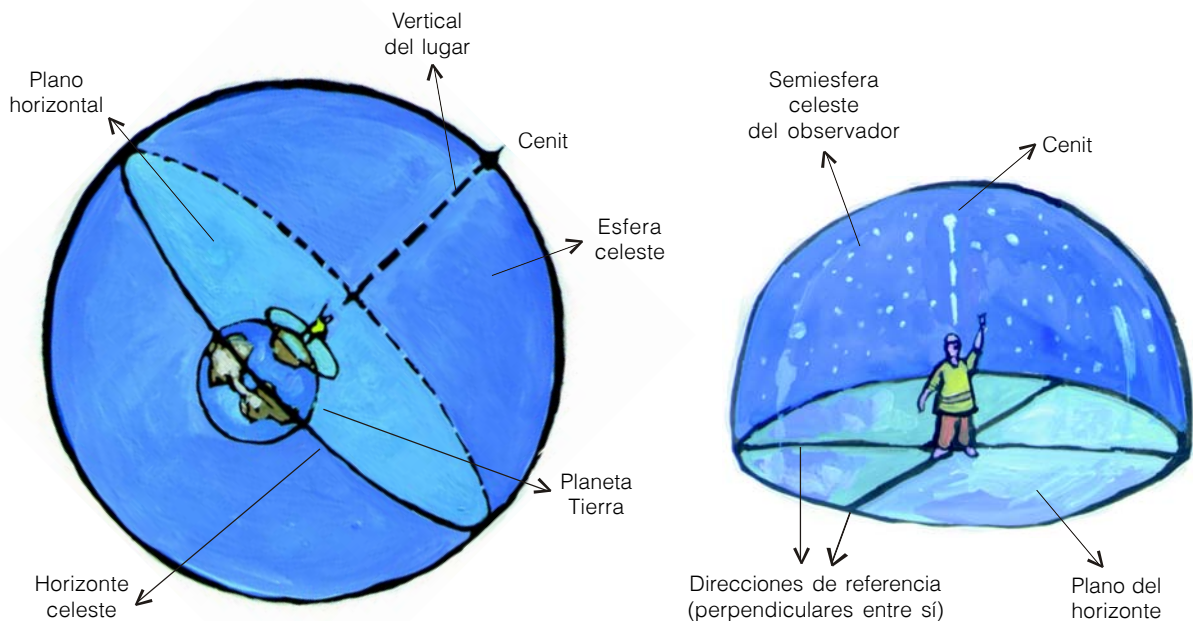
A simple vista, no es sencillo estimar las distancias *reales* de los astros a la Tierra; se necesitan instrumentos que permitan medir con gran exactitud. Sin embargo, los astrónomos ideamos una serie de artilugios que nos permiten estudiar los fenómenos celestes, independientemente de conocer la distancia *real* a la que se hallan los astros. Entre ellos, uno de los más habituales y efectivos es imaginar que todos los cuerpos celestes se hallan en la superficie interior de una esfera, la *esfera celeste*.

*Los astrónomos insistimos
que para apreciar al cielo
nocturno en plenitud,
es conveniente alejarse
de las ciudades, donde la
luz artificial y los elementos
contaminantes del aire,
por ejemplo: smog,
disminuyen la visión.*





Esa esfera es sólo una representación *geométrica* donde proyectamos los objetos tal cual los vemos desde la Tierra; en tal modelo, los astros, por ejemplo: el Sol, la Luna, las estrellas, etc., *parecen* cercanos entre sí y todos a igual distancia de nuestro planeta pero, en realidad, esto no es así. Veamos algunos ejemplos: 1. Aunque a simple vista, un observador las considere vecinas, las estrellas se hallan a enormes distancias de nosotros y muy lejos unas de otras. 2. Desde la superficie de la Tierra, la Luna y el Sol muestran el mismo tamaño *aparente*, esta situación puede hacernos pensar en que esos astros tienen idénticas dimensiones (*reales*), y se hallan a la misma distancia de nosotros; esa sensación es natural y tal deducción, aunque arriesgada, es genuina. Sin embargo, físicamente ambas son incorrectas. Sucede que la Luna es cuatrocientas veces más pequeña que el Sol y éste se halla cuatrocientas veces más lejos de la Tierra que la Luna, por lo que combinando ambas magnitudes se puede explicar por qué esos astros aparecen con tamaño similar en el cielo.





Horacio Tignanelli



Actividad I.5 pág. 40

De este modo, sólo estimamos distancias *aparentes* y movimientos *aparentes*; es decir, trazamos y medimos ángulos sobre la superficie esférica de nuestro modelo. Por esta razón es bastante común escucharnos hablar acerca de que la Luna se movió cinco grados o que la estrella más brillante se halla a 33° del cenit.

Los primeros instrumentos construidos para estudiar el cielo, por ejemplo: sextantes, octantes, etc., tenían en cuenta el modelo de la esfera celeste y permitieron que los antiguos fijaran las posiciones de los astros con aceptable precisión; fue sobre la base de esos datos *aparentes* que se dedujeron luego las magnitudes *reales* de los astros y, con ellas a mano, una posible estructura para el universo que nos rodea.

Actividades propuestas

1.1 Archivo de estrellas fugaces

Materiales

Hojas, lápices.

Desarrollo

Consiste en observar el cielo nocturno, reconocer estrellas fugaces e indicar algunas de sus propiedades. Los niños trabajan individualmente ya sea desde sus casas, o bien en equipo durante una salida nocturna con sus compañeros. En sus registros deben aparecer algunos de los siguientes datos: la *fecha*, el *sitio* donde se realiza la observación, la *hora* en que fue detectado el fenómeno, la *dirección* espacial en la que se avista y algún rasgo destacable, por ejemplo: color, brillo, etc. Con el archivo de un lugar, se determina el





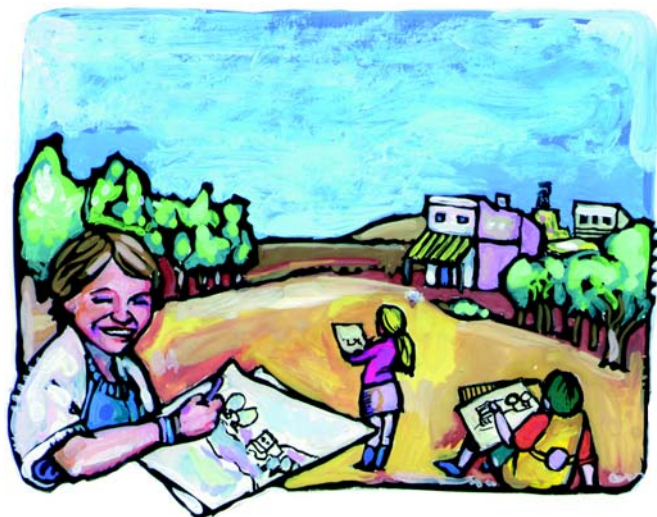
número de estrellas fugaces detectadas, por ejemplo: por hora o por noche, por dirección (por ejemplo: respecto a los puntos cardinales), o bien por sus características (por ejemplo: muy brillantes, débiles, etc). Finalmente, sugerimos los siguientes análisis: Comparar registros de la misma fecha, hechos por niños en distintos lugares y comprobar si el mismo fenómeno fue visto en sitios distantes; con archivos de diferentes épocas, testear si el número de estrellas fugaces aumenta o disminuye con el tiempo, algo similar con registros de horarios diferentes, durante la misma noche.

Registro de estrellas fugaces
 Observador: Luciana Cardozo
 Lugar: Chivilcoy, Pcia de Buenos Aires
 Fecha: 13 de Agosto

Nº	Dirección	Hora	Características
1	Sur a Suroeste	21:34	Blanca, azulada
2	Hacia la cruz del sur	21:50	Blanca
3	Cruzando el cenit	22:45	Muy brillante
...

1.2 Visualización del horizonte de un lugar

Sugerimos que se lleven a los niños a observar atentamente el paisaje que los rodea, prestando especial atención al contorno que distingue al cielo de la Tierra y teniendo en cuenta todos los cuerpos que están en el mismo, por ejemplo: árboles, casas, colinas, etc. Es conveniente que observen el paisaje de lugares diferentes, por ejemplo: una plaza, un descampado vecino, etc., desde donde puedan distinguir distintos contornos. El horizonte es una *referencia local*: cada niño definirá un horizonte *personal* que, evidentemente, cambiará si se desplaza de un sitio a otro. Si niños del mismo grupo debaten acerca de cómo se





Horacio Tignanelli

ve el horizonte desde sus hogares, aparecerán opiniones desencontradas y coincidentes. También resulta interesante comparar dibujos e imágenes de los horizontes de revistas de historietas y de libros, inclusive de fotografías personales que aporten los niños.

Finalmente, sugerimos que los niños hagan una lista con elementos y dispositivos que reconozcan en posición horizontal, por ejemplo: la tabla de planchar, o bien que se mueven de modo paralelo, perpendicular u oblicuamente al horizonte.





1.3 Materialización del horizonte

Materiales

Hojas blancas de igual tamaño. Lápices de colores o marcadores. Cinta adhesiva. Tiras de cartulina o goma eva (preferentemente color negro) de aproximadamente sesenta centímetros por doce centímetros. Tijeras y goma de pegar.

Desarrollo

a) *Un horizonte de niños*

Armar una ronda, ubicándose el docente u otro niño en el centro; el horizonte que corresponde al *niño central* queda configurado por el contorno de sus





Horacio Tignanelli



compañeros de la rueda: la silueta de cada uno de ellos *representa* una porción de ese horizonte. Para visualizar todo su horizonte, el niño central dará una vuelta completa sobre sí mismo (giro de 360°), de otro modo verá sólo una fracción (aproximadamente la mitad). Para finalizar, los niños que forman la ronda intercambian su posición con el central, para que todos tengan una *impresión* semejante del mismo *marco de referencia*.

b) *Un horizonte de papel*

Un grupo de niños se ubica en ronda con sus espaldas hacia el centro de la misma; previamente, han visualizado

Un grupo de niños y docentes en plena tarea de dibujar el horizonte (Laprida, prov. de Buenos Aires).





Astronomía en la escuela

el horizonte del punto central de esa ronda. Con equipos de ocho integrantes, a cada uno le corresponden cuarenta y cinco grados, es decir, un octavo de horizonte. Cada niño, desde su posición, dibuja el sector del paisaje que ha quedado exactamente frente de él; para optimar el resultado colectivo de la actividad, es conveniente que cada niño se ponga de acuerdo con sus vecinos de izquierda y derecha, para establecer los límites de su propio dibujo. Cuando los dibujos han finalizado, se unen con cinta en el mismo orden en que estaban ubicados



Dos niños se ponen de acuerdo sobre los sectores del horizonte que dibujará cada uno. Alumnos de la Escuela N°20 de Berazategui (prov. de Buenos Aires).





Horacio Tignanelli



los niños en la ronda, por ejemplo: pueden numerarse sus hojas para sostener luego ese orden en la reconstrucción.

A continuación, para la materializar el horizonte del grupo, reconstruyendo la visión del observador central, se debe formar una corona con los dibujos hacia el interior. El resultado es un *horizonte de papel* que puede colgarse con hilos, a una altura aproximadamente igual a la de los ojos de los niños; colocado de ese modo, cada uno de los niños puede entrar en la corona suspendida y ver el mismo paisaje circular del observador *central*. Si se arman varios grupos, por cada uno resultará un horizonte diferente, algo que permitirá identificar semejanzas y diferencias; otra alternativa es que el mismo grupo construya horizontes en diferentes lugares.

Actividad de extensión del horizonte.



Un niño en la posición central observa el horizonte recién dibujado.





c) *Un horizonte de fantasía*

En la actividad previa, antes de armar la corona de papel, las hojas se pegan una junto a la otra, formando una serie continua de dibujos. Evidentemente, el último de ellos se continúa con el primero, sin que tal punto constituya un sitio particular del horizonte real; de este modo, el resultado es un horizonte *expandido en línea recta*. Ahora, la consigna es recrear su *contorno* a partir de las siluetas halladas en un horizonte

extendido. Sobre una tira de cartulina o goma eva cada niño dibuja el contorno del lugar, montes, edificios, objetos, plantas, etc., o bien de un sitio imaginario: queda armado así un *horizonte de fantasía*. El horizonte imaginado por el niño para la actividad lleva una interesante carga afectiva, ya que puede ser el recuerdo de un sitio visitado o bien el reflejo de la narración de un adulto sobre algún lugar en particular. Luego, recortan ese contorno y unen los extremos de la tira, confeccionando la corona circular que materializa al horizonte en pequeña escala.



El horizonte de fantasía





Horacio Tignanelli

1.4 La vertical del lugar

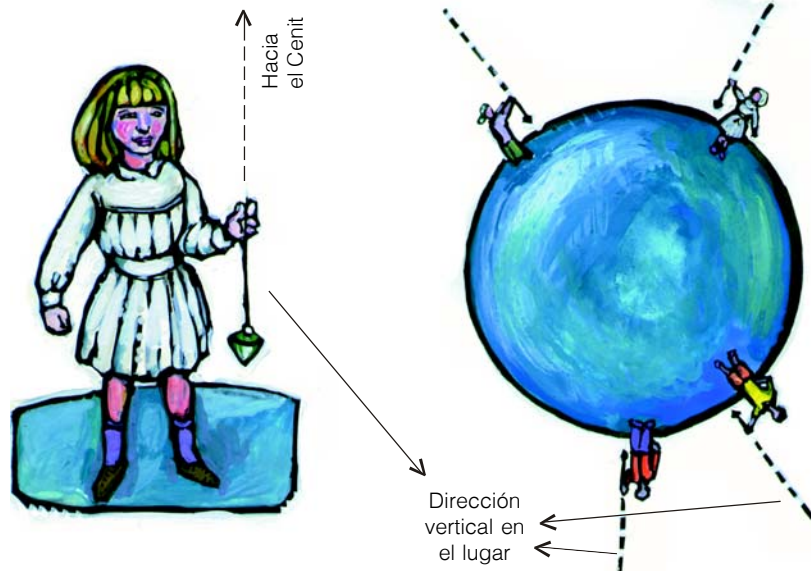
Materiales

Hilo. Un objeto sólido (o bien una *plomada* de albañil). Una vara (por ejemplo: un palo de escoba). Una varilla pequeña (por ejemplo: una aguja de tejer pequeña o una astilla de madera)

Desarrollo

a) Materialización de la vertical del lugar

Sujetando un objeto en el extremo del hilo, se lo pende de la mano tal como hace un albañil con su *plomada*; el peso del objeto estira el hilo trazando una dirección llamada *vertical*. La condición de *verticalidad* está dada por la posición del hilo justo a noventa grados del horizonte de lugar.

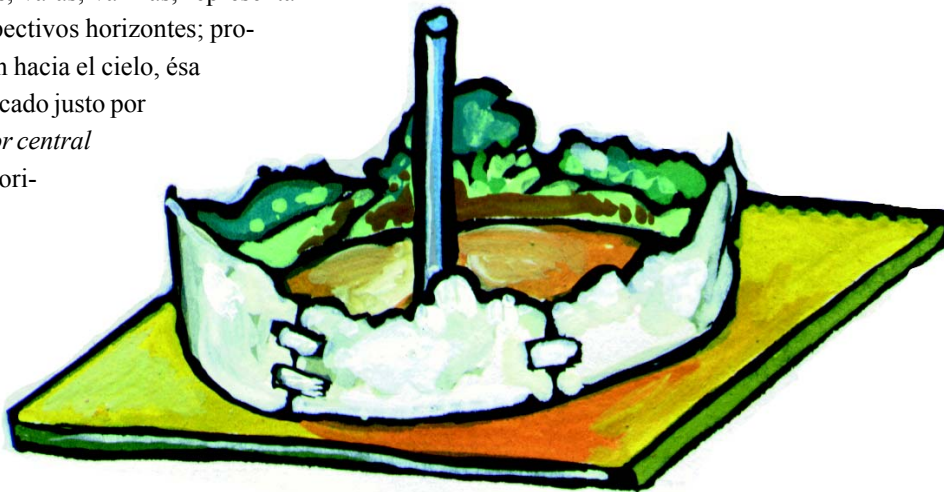




Resaltar que el hilo estirado materializa también la dirección de la fuerza de la gravedad terrestre en el lugar de la experiencia es otro modo de definir *la vertical del lugar*, esto es, si en cualquier parte del planeta se suelta libremente un cuerpo, éste caerá siguiendo la dirección de la vertical del lugar.

b) *El cenit y el horizonte de un lugar*

La vertical de lugar también es una referencia local. Si se prolonga su dirección hacia el cielo, el punto donde tal dirección intercepta la esfera celeste, se denomina *cenit* y representa el sitio exactamente por encima de la cabeza del observador en ese lugar. Al realizar la actividad anterior (ítem –a) con un grupo de niños, todos ubicados en distintos lugares, se verifica que cada uno de ellos tendrá un cenit diferente, tal como tienen distintos horizontes. La consigna es visualizar la vertical del lugar de los horizontes grupales construidos por los niños. En el horizonte de niños (act. I.3a) y en el de papel (act. I.3b), la vertical del lugar puede representarse por una vara colocada en el sitio del *observador central*; del mismo modo, en el horizonte de fantasía (act. I.3c), se coloca una varilla pequeña en el centro de la corona, cuidando que forme un ángulo de noventa grados con su base de apoyo. Estos indicadores, varas, varillas, representan la vertical de sus respectivos horizontes; proyectando su dirección hacia el cielo, ésta señalará un punto ubicado justo por encima del *observador central* de sus respectivos horizontes: el buscado *cenit*.





Horacio Tignanelli

1.5 Medidas angulares

Materiales

Hilo. Un objeto pequeño. Un transportador común. Cinta adhesiva. Una regla de 30 cm. Una pajita o el tubo vacío de una birome. Hojas y lápices.

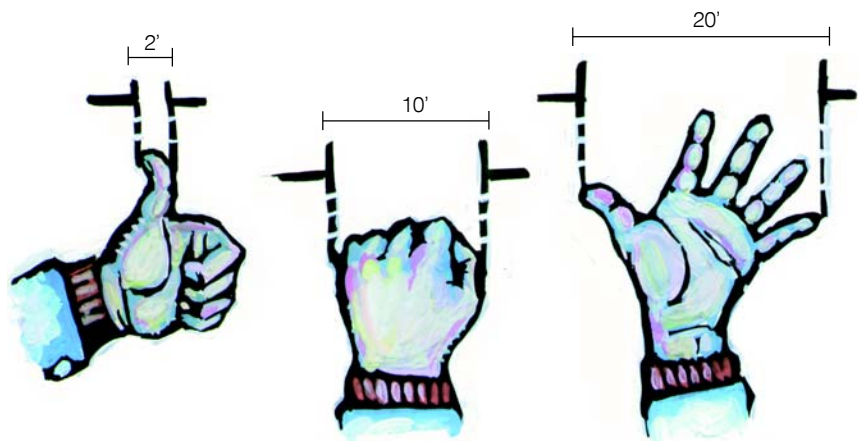
Desarrollo

a) Estimación

Las medidas que se realizan en la esfera celeste son *angulares*. Una estrategia de introducción a las mismas, consiste en utilizar las manos como instrumentos para delimitar *ángulos*; de este modo los niños podrán estimar medidas angulares directamente metiendo *las manos en el cielo* donde un dedo o un puño tienen una magnitud angular previamente establecida o definida (por ejemplo: con un transportador).

b) Midiendo alturas de los astros

En una noche despejada puede visualizarse el movimiento de las estrellas, es decir, el giro aparente del cielo nocturno (en otras palabras, el giro de la



Con los dedos pueden estimarse algunas medidas angulares (hasta unos veinte minutos).





esfera celeste en su conjunto). Un sencillo dispositivo que llamaremos *sextante* o *medidor de alturas celestes*, resulta de gran utilidad para esa tarea. El sextante se construye con un transportador al que se le adhiere un tubito en su base. Un trozo de hilo se cuelga del centro del transportador y en el mismo se ata un objeto a los efectos de sumar peso al hilo y mantenerlo tirante, similar a lo que se hizo para la determinación de la vertical. Se apunta con el tubito hacia un punto cuya altura quiera determinarse, dejando que el hilo corra sobre la escala del transportador hasta detenerse por completo; se sujeta firmemente el hilo sobre la escala, en la que puede leerse entonces el ángulo que indica. Geométricamente, esa medida es equivalente a la altura de la estrella sobre el horizonte.

Por otra parte, para evidenciar la rotación de la esfera celeste, debe observarse cómo las estrellas participan de la misma y, de alguna manera, registrar sus movimientos. Un modo sencillo de hacerlo es el siguiente: cada niño *sigue* a una cierta estrella durante un par de horas. Es decir, apuntan su altura, medida con el sextante, cada diez o quince minutos, en función de su ubicación aproximada sobre el horizonte del lugar, por ejemplo, auxiliados con una brújula. El esquema que resulta brinda pistas para comprender el efecto de *rotación aparente* del cielo.



Este ángulo representa la altura de la estrella sobre el horizonte





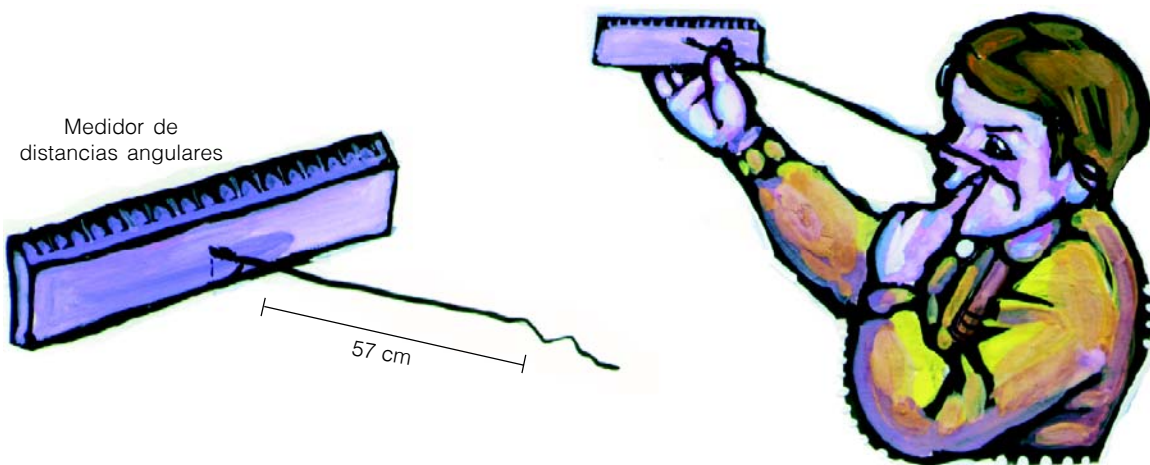
Horacio Tignanelli

Por último, el sextante puede usarse de día para medir la altura de la Luna, en las fechas en que ésta es visible; cuando se lo use de día, no debe apuntarse el sextante al Sol ya que la su visión directa daña seriamente la visión.

c) *Medidor de distancias angulares*

Excepto el Sol, la gran mayoría de las estrellas se halla a grandes distancias de la Tierra. Sin embargo, en la esfera celeste parecen muy cercanas unas de las otras, y todas más o menos a la misma distancia del observador. La consigna ahora es medir distancias aparentes entre diferentes astros, por ejemplo: entre estrellas, y también dar una medida aproximada del tamaño angular de la Luna (por ejemplo: en diferentes fases).

Para ello construimos un dispositivo llamamos *medidor de distancias angulares*. Este instrumento se arma agujereando el centro de una regla y sujetando un trozo de hilo por el orificio. El *medidor* queda finalizado, haciendo un nudo en el hilo exactamente a 57 cm del agujero de la regla.





Ahora bien, para medir la separación angular entre dos estrellas, por ejemplo: A y B:

1. Sostener la regla con el nudo apoyado cerca del ojo y el hilo tirante, haciendo coincidir una división de su escala de la regla con la estrella A (por ejemplo: 5 cm).
2. Rotar y/o desplazar la regla de tal modo que se vean ambas estrellas alineadas sobre la escala de la misma. Leer la división que corresponde a la estrella B (por ejemplo: 12 cm).
3. Medir la distancia entre ambas, en las unidades de la regla; si se mantuvo tirante el hilo, entonces un centímetro en la regla corresponde a un ángulo igual a un grado en la esfera celeste. En nuestro ejemplo, A y B están separadas siete centímetros sobre la regla, es decir, siete grados en el cielo.

Nota: Para medir el diámetro de la Luna Llena o bien su ancho en alguna de sus fases, cada borde lunar debe coincidir con divisiones de la regla. De este modo puede estimarse su tamaño angular. Advertimos que, si el medidor de distancias angulares se usa de día, no se utilice con el disco solar; pues puede provocar trastornos en la visión.





CAPÍTULO II

Sobre algunos fenómenos del cielo diurno







Sobre cómo se aprecia el desplazamiento de los astros

Los astrónomos llamamos *movimiento aparente* de un astro a su desplazamiento en la esfera celeste tal como se lo observa desde la superficie terrestre; así lo distinguimos del movimiento que se aprecia desde el espacio extraterrestre, *movimiento real*. Ambos movimientos están vinculados y conocer uno de ellos brinda algunas pistas para entender el otro. Hemos identificado las siguientes reglas:

1. Un astro se hace visible por cierto sitio del horizonte llamado *levante*. En el lenguaje cotidiano escuchamos decir también que los astros *surgen*, *aparecen* o simplemente *salen* por el horizonte.
2. Un astro desaparece de la visión por cierto lugar del horizonte llamado *poniente*, localizado en el punto exactamente opuesto a su levante; tal denominación deriva de que el astro parece *ponerse* por debajo del horizonte; también se dice que se *oculta*, *desaparece* o bien se *pone*.
3. Elevándose lenta y continuamente desde el levante, alcanza su máxima altura y desciende hacia el poniente; la trayectoria que describe es curva y se llama *arco*. Resulta sencillo verificar que demora el mismo tiempo en ascender hasta el punto más alto que en descender.

Sobre el movimiento aparente del Sol

Una manera sencilla de ejemplificar las reglas anteriores es observando el desplazamiento del Sol; su trayectoria celeste se denomina *arco diurno solar* ya que define el día de luz. El movimiento aparente del Sol puede deducirse también a través de la variación de las *sombras* de los objetos que ilumina; para ello se debe atender a dos de sus características: sus tamaños y hacia dónde están dirigidas esas sombras. Por un lado, dado que el Sol alcanza diferentes alturas, las sombras de los cuerpos cambian de *longitud*. Por otra parte, como el disco solar cruza el cielo en determinado sentido, de levante a



Actividad II.1 pág. 62

El punto de mayor altura sobre el horizonte alcanzado por un astro durante su movimiento aparente, no coincide necesariamente con el cenit del observador.



Actividad II.2 pág. 64

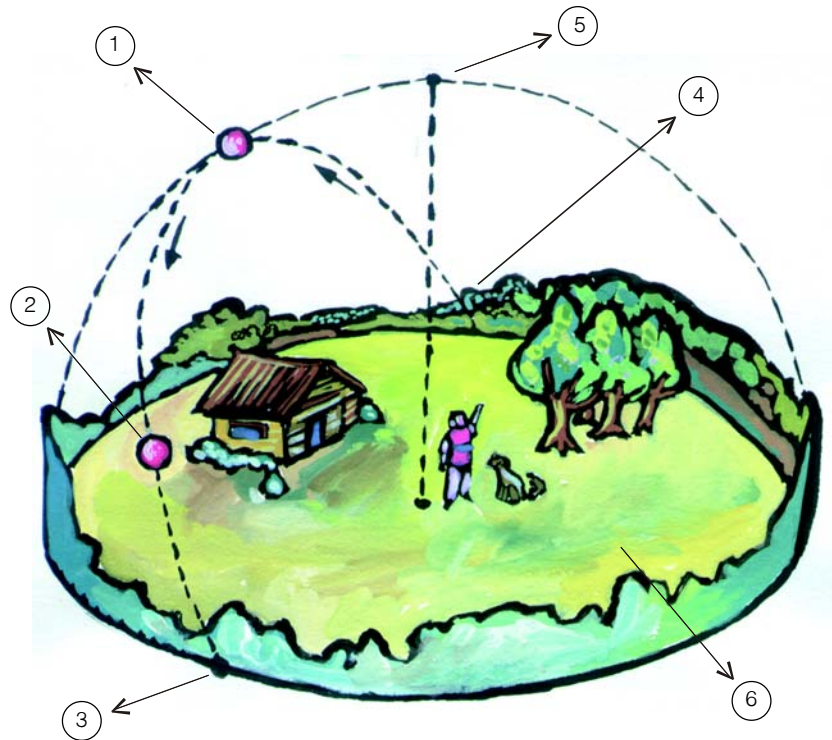




Horacio Tignanelli

Referencias:

- (1) Posición de máxima altura sobre el horizonte; (2) El astro en un punto cualquiera de su arco; (3) Poniente; (4) Levante; (5) Cenit del lugar; (6) Plano horizontal.



poniente, las sombras varían su *dirección* a cada instante, de acuerdo a la posición del Sol en ese momento.

Notas sobre el gnomon, el mediodía y la meridiana



Actividad II.3 pág. 66

Hace miles de años, los hombres inventaron un método sencillo que refleja el movimiento aparente del Sol y permite estudiar sus características; se trata de un instrumento muy simple llamado *gnomon*. Es fácil de construir ya que consta de una varilla, el *indicador*, colocada perpendicular a una superficie plana, el *registrator*. El





Astronomía en la escuela

arco diurno del Sol es perceptible entre el amanecer y el atardecer y puede reconstruírse observando cómo varía la sombra del indicador en el registrador del gnomon. La longitud y la dirección de la sombra del indicador se relacionan continua y directamente con la altura del Sol sobre el horizonte a cada instante y también con la *inclinación* de su arco con respecto a la vertical del lugar.

Al alba, la sombra del indicador yace hacia uno de los lados de la superficie de registro, la *dirección oeste*; poco después de la salida del Sol, la sombra es muy larga pero, a medida que transcurre la mañana, se acorta y se desplaza hacia el sector opuesto, *dirección este*.

Cada día, la sombra modifica su tamaño de mayor a menor y, en cierto momento, presenta su mínima longitud; esto sucede cuando el Sol alcanza la altura máxima sobre el horizonte correspondiente a ese día. En lenguaje geométrico se dice que, en ese instante, el centro del disco solar, la varilla y su sombra, se ubican los tres en un mismo plano. Ese momento tan particular se denomina *mediodía* y permite identificar cuándo el Sol se halla en el punto medio de su trayectoria celeste.

Si pudiesen caminar sin cesar hacia el Sur siguiendo la línea meridiana, llegarían hasta el Polo Sur de la Tierra; de la misma manera, caminando en la dirección norte, se llegaría al Polo Norte terrestre. Finalmente, pueden imaginar que andando sin parar sobre la línea meridiana recorrerían una circunferencia terrestre, pasando una y otra vez por sus polos.



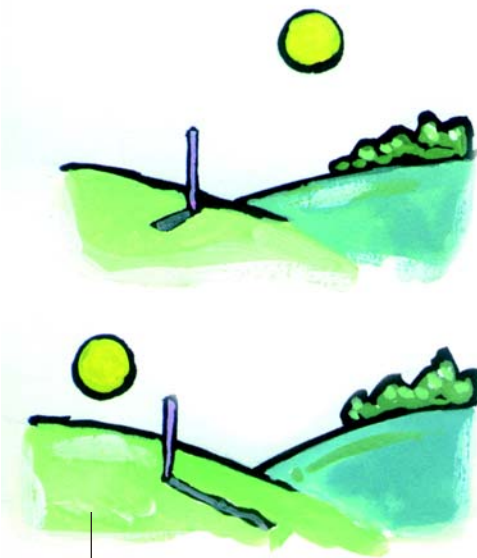
Niños usando un pequeño gnomon. Alumnos de la Escuela N°20 de Berazategui (prov. de Buenos Aires).



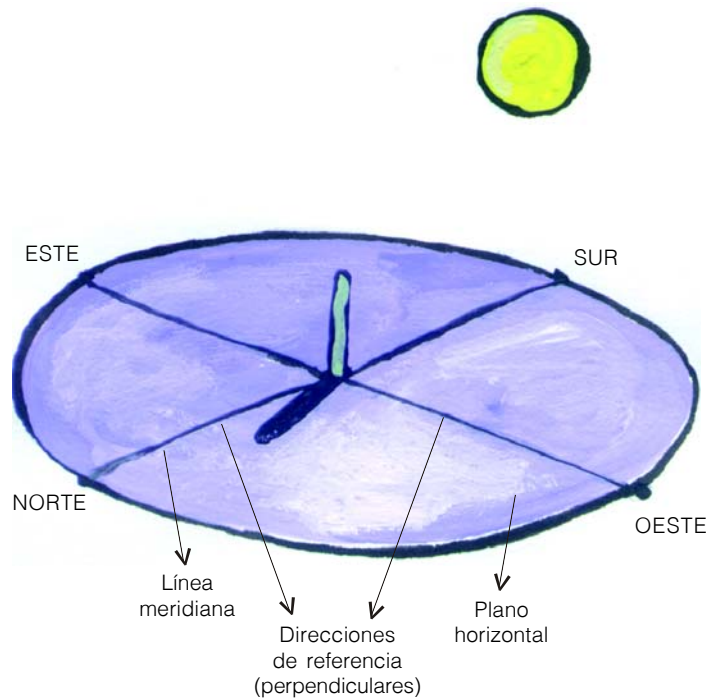


La dirección en la que se halla esa sombra mínima permite marcar una *línea* sobre la superficie de gnomon, que divide a ésta en dos partes; los astrónomos llamamos *meridiana* a esa línea divisoria. También se la denomina *línea norte/sur*, ya que cruza al horizonte en dos puntos útiles como referencia espacial y geográfica: los *puntos cardinales Norte y Sur*.

Regresando al gnomon, digamos que luego del mediodía, la sombra del indicador aumenta paulatinamente su longitud y yace hacia el lado *este* de la superficie hasta la llegada del crepúsculo vespertino cuando, poco después, desaparece por completo al ocultarse el Sol.



La sombra de la varilla cambia su dirección y su longitud, con las diferentes posiciones del Sol





Levantes y ponientes del Sol

Hemos escuchado que muchas personas afirman que el Sol, día tras día, sale por el punto cardinal Este y se pone por el Oeste; tal situación no es real y se verifica simplemente observando la salida del Sol durante algunos días consecutivos. Es decir, el Sol no sale, ni se pone, todos los días por el mismo lugar del horizonte.

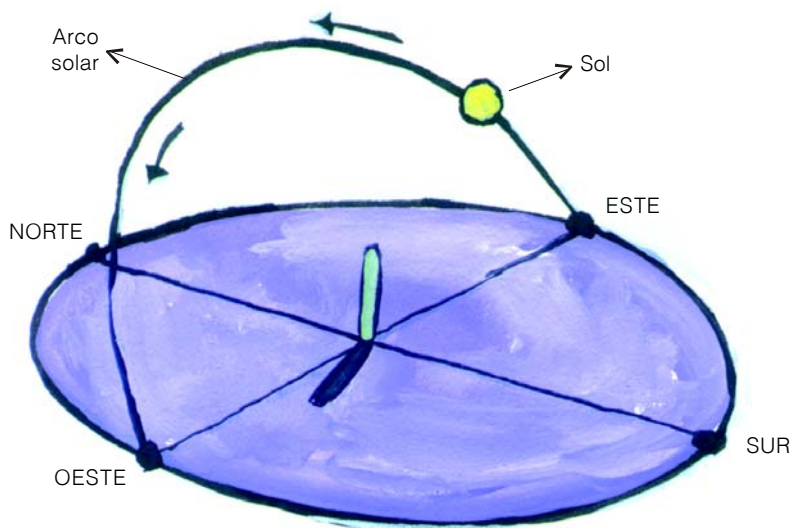
Durante el año, en cada fecha, la aparición del Sol define un levante, y su puesta, un poniente diferente. *Este*, es el nombre que se le da al levante del Sol sólo dos días en el año: aproximadamente el *21 de marzo* y el *21 de setiembre*, en realidad, puede suceder que estas fechas cambien ligeramente y se modifiquen, a lo sumo, en un día o dos; el *Oeste* es, respectivamente, el nombre del poniente solar en esos mismos días. Así, sólo en esas fechas es correcto decir que el Sol sale por el Este y se pone por el Oeste, prácticamente en cualquier horizonte terrestre.



Actividad II.4
pág. 68



Actividad II.5
pág. 69



El arco solar en las fechas de equinoccios.





Horacio Tignanelli



Actividad II.6
pág. 70



Actividad II.7
pág. 72

Debe señalarse que el Este y el Oeste determinan una línea perpendicular a la meridiana, útil también como referencia para orientarnos geográfica y espacialmente y para describir el movimiento de los astros, por ejemplo, la dirección del movimiento aparente del Sol es de Este a Oeste.

Para localizar rápidamente las direcciones cardinales se inventaron diversos instrumentos y se desarrollaron diferentes métodos, entre los que se destaca la construcción y el uso de *brújulas*; en general, podemos definir una brújula como un dispositivo que permite hallar la dirección *norte-sur*; la *este-oeste* u otras intermedias.

Solsticios y equinoccios

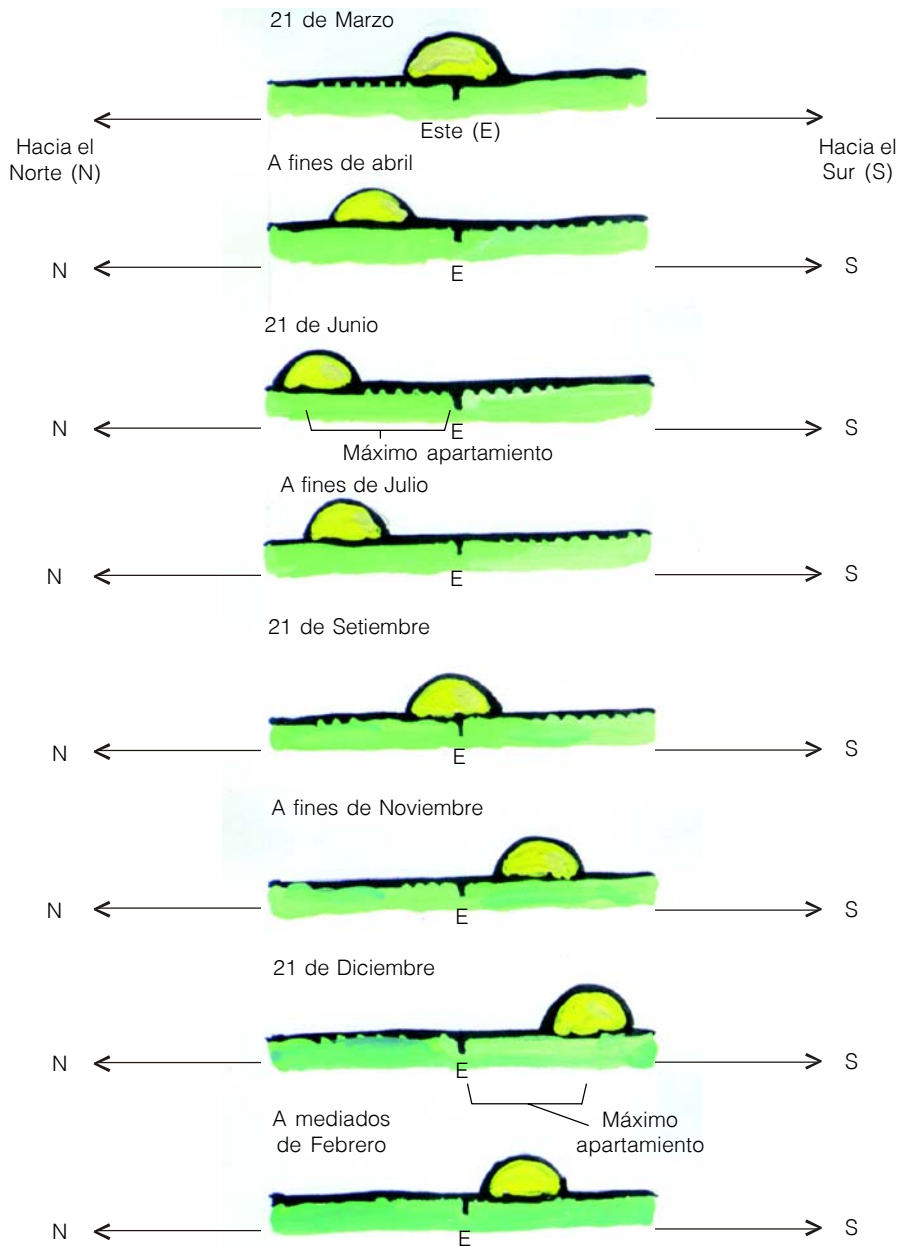
Algo interesante ocurre los días en que el Sol sale por el Este y se oculta por el Oeste: la cantidad de horas de luz solar es idéntica a la cantidad de horas en que no la hay; en otras palabras, el día tiene igual duración que la noche. Es por esta razón que esas fechas se conocen como *equinoccios*: esta palabra deriva de una antigua expresión que significa *el día equivale a la noche*. Hay dos equinoccios por año separados cerca de seis meses uno del otro: el primero es el 21 de marzo y el segundo el 21 de setiembre, en nuestro hemisferio, también se conocen como *equinoccio de otoño* y *de primavera*, respectivamente.

En los días que transcurren entre ambos equinoccios, el Sol sale por lugares diferentes del horizonte, cada uno desplazado, desde el Este hacia el Norte, a partir del 21 de marzo, o bien hacia el Sur, después del 21 de setiembre. Algo semejante ocurre con los sucesivos ponientes del Sol, fuera de las fechas equinociales.

En otras palabras, a partir de su salida en el equinoccio, el levante solar se desplaza cotidianamente hasta un sitio extremo que se reconoce por ser el más alejado por donde sale el Sol; esos corrimientos máximos son simétricos, es decir, tienen igual magnitud a uno y otro lado del Este.

Las fechas de los desplazamientos máximos son alrededor del 21 de junio, hacia el Norte, y el 21 de diciembre, hacia el Sur. Quien observe las salidas







Horacio Tignanelli



Actividad II.8
pág. 75



Actividad II.9
pág. 77

Es interesante recordar que la determinación, medida y registro del tiempo fueron una de las primeras y más importantes tareas de los astrónomos. En nuestro país, la hora se fija desde el Observatorio Naval Buenos Aires,

del Sol en los días previos y posteriores a esas fechas notará que no cambia significativamente el sitio de su levante; en otras palabras: *el levante solar se ha detenido, ya no se desplaza sobre el horizonte*; por esta razón, los antiguos astrónomos acuñaron la expresión *solsticio* para cada una de esas fechas, vocablo que deriva de *Sol quieto*. Como con los equinoccios, las fechas que corresponden a los solsticios pueden modificarse en un día o dos como máximo.

Cuanto más cerca se encuentre una localidad de un polo terrestre, mayores serán allí los apartamientos del levante y el poniente solares, respecto al Este y al Oeste respectivamente. Por ejemplo, en Tierra del Fuego el Sol sale casi por el Sudeste en el solsticio de diciembre y en la Antártida, sale y se pone cerca del Norte en el invierno, y cerca del Sur, en verano. Exactamente en el polo, la situación es límite: en verano, directamente el Sol no se pone y, en invierno, nunca sale, circunstancias que duran varios meses. Por último, vale resaltar también que así como el Sol no sale todos los días por el mismo lugar del horizonte, tampoco sale ni se pone *al mismo tiempo* en todo el país.

Sobre la medida del tiempo

Mediante el gnomon, los antiguos registraron dos situaciones interesantes: 1. Midiendo la longitud de la sombra del indicador al mediodía (mínima), día tras día, se verifica que existe sólo un largo de sombra mínima posible para cada día; y 2. La longitud de la sombra del indicador se repite cada seis meses, aunque su sentido de variación diario es inverso.

Desde la antigüedad, estas circunstancias permitieron utilizar al gnomon para fijar *la fecha del año* tan sólo con observar sus sombras. Determinar largas fracciones de tiempo, o la repetición de una fecha ha sido la función principal del gnomon y con ese fin se usaron durante miles de años, en diversas partes del mundo y por diversas culturas. Es decir, con un gnomon es posible confeccionar un *calendario* y luego armar un almanaque; sin embargo, no





permite conocer correctamente divisiones precisas del día; para ello se crearon otros instrumentos: *los relojes*. El primero de ellos fue, claro, el *reloj de Sol*.

Ahora repasemos algunas características básicas de los relojes actuales, cuyo funcionamiento ya no depende directamente del Sol: señalan el tiempo mecánica o electrónicamente. Hoy, leer un reloj es interpretar la posición de una aguja sobre un cuadrante con números, o bien asociar cifras que muestra el reloj a intervalos regulares, identificadas con momentos del ciclo *día noche* previamente definidos.

Al comenzar a funcionar, los relojes modernos se ajustan al horario vigente, ya sea regulando la posición de sus agujas o haciendo coincidir sus cifras con la hora establecida oficialmente. Es decir, hoy los relojes son *puestos en hora*, una operación que se realiza con el auxilio de otro reloj de referencia o *reloj patrón*, cuya marcha es regulada por medio de observaciones astronómicas. Tal situación no ocurre con los relojes de Sol, ya que como éstos dependen directamente del movimiento aparente solar, señalará las fracciones de día por medio del desplazamiento de la sombra del indicador sobre un cuadrante especialmente construido. Normalmente, el cuadrante se dibuja sobre la superficie de registro y se divide en secciones fijas, de modo que la indicación del tiempo no puede ser modificada; por esta razón los relojes de Sol son planificados y construidos especialmente para la medición de las fracciones temporales que define su constructor.

Meteoros

Los meteoros son fenómenos que suceden en la atmósfera y también forman parte de lo que puede observarse tanto en el cielo diurno como en el nocturno; pueden ser estrictamente terrestres (por ejemplo, un tornado) o bien de origen extraterrestre (por ejemplo: una estrella fugaz). En el cielo diurno se detectan estrellas fugaces sólo si son muy brillantes; de otra manera la luz solar impedirá que las veamos. En ocasiones, un cometa también se considera un meteoro extraterrestre. Más adelante nos ocuparemos con más detalle de estos objetos.

fundado por el Presidente Domingo F. Sarmiento en el siglo XIX y que hoy está ubicado en la Costanera Sur de la ciudad de Buenos Aires. Para obtener la hora oficial de Argentina se debe llamar telefónicamente al número 113.



Actividad II.10
pág. 77



Actividad II.11
pág. 80



Actividad II.12
pág. 82





Horacio Tignanelli

La disciplina que estudia los meteoros terrestres es la *Meteorología* y, entre los más vistosos, destacamos a: 1. *El arco iris*. Se produce cuando la luz solar se refracta, cambia de dirección, al atravesar las pequeñas gotas de agua que hay en suspensión en la atmósfera terrestre, las que actúan como un *prisma*; la luz del Sol, al pasar por todas y cada una de esas gotitas es desviada en ángulos y cantidades diferentes, originando su descomposición en los colores típicos de la luz. Destaquemos el hecho que el arco iris no es un arco en realidad: sólo vemos una parte del círculo que se forma cuyo centro se halla sobre un punto ubicado frente al Sol. 2. *Los halos*. Cuando ciertas nubes se mueven, parece que el Sol o la Luna tienen un aro nebuloso a su alrededor. Los halos se producen cuando la luz solar o lunar se refracta a través de los cristales de hielo de esas nubes, que actúan como auténticas lentes.

El Sol

Con el nombre *Sol* los astrónomos identificamos la estrella más cercana a la Tierra. Como su máxima fuente de luz, debido a su vecindad, es la única estrella que presenta un disco observable, lo que permite el estudio directo de sus características superficiales. Este astro luminoso se halla en el centro de un grupo de planetas conocido como el *Sistema Solar*, del cual es su miembro dominante.

La forma del Sol es prácticamente esférica, a pesar que en el cielo terrestre se lo observa como un área circular (*disco solar*), de tamaño *aparente* similar al de la Luna Llena. Mientras en unidades angulares, el diámetro aparente del Sol es de poco más de medio grado ($32'$), en kilómetros, su radio es unas 109 veces el radio de la Tierra. Por otra parte, en unidades de superficie, el área solar es doce mil veces el área superficial terrestre y por último, el volumen solar es 1.306.000 veces el volumen de nuestro planeta.

La distancia de la Tierra al Sol no es constante, sino que varía día tras día de acuerdo a la ubicación de nuestro planeta en su trayectoria. A principios de año, la Tierra se halla en la posición más cercana al Sol, se llama *perihelio* y a





mediados de julio, en la más alejada, decimos se halla en el *afelio*. Tomando un promedio de las sucesivas distancias que adquiere la Tierra respecto al Sol, hallamos un valor cercano a los 150.000.000 km, el que varía en una cifra de apenas 5.000.000 de km entre el afelio y el perihelio.

En términos de gravedad, un cuerpo que en la Tierra pesa 10 kg. en el Sol alcanzaría unos 274 kg. y podemos resumir su constitución diciendo que es un enorme globo de gas extremadamente caliente. Sin embargo, aunque es un cuerpo gaseoso, los astrónomos diferenciamos la superficie solar de su *atmósfera*, la que se extiende en el espacio similarmente a la terrestre. La superficie solar se halla por debajo de esa atmósfera y presenta una apariencia de *granos*, cada uno de los cuales tiene unos 300 km de diámetro, que no alcanzan para apreciarse a simple vista.

Por su parte, la *atmósfera solar* se compone por una capa delgada cercana a la superficie, la *fotosfera*, y luego dos regiones más externas, conocidas como la *cromosfera* y la *corona*. La fotosfera se halla a 6000° C y es el lugar donde aparecen las *manchas solares*. Por encima de la *fotosfera* se encuentra la atmósfera propiamente dicha, cuya primera región es la *cromosfera*, que tiene unos 15.000 km de extensión y una temperatura que varía entre 4500° (cerca de la fotosfera), hasta más de 1.000.000° (donde empieza la corona), que se encuentra a una temperatura aún mayor. Normalmente, tanto la *cromosfera* como la *corona* no son visibles; sólo se las puede observar y estudiar durante los eclipses totales de Sol.

Las manchas solares son regiones oscuras que aparecen y desaparecen en el disco solar, variando tanto de forma como de tamaño. El aspecto de las manchas parece indicar la presencia de un agujero en la superficie, pero esto no es así; sucede que la temperatura en la mancha, 4000° C es menor que los 6000° C de la región circundante, es decir, la *fotosfera*; la diferencia de luminosidad que provoca esa diferencia de temperaturas, se aprecia como una región oscura desde la Tierra. Las manchas son fenómenos que aparecen y desaparecen en el Sol; en promedio duran unos 4 días, aunque algunas fueron observadas mayor tiempo. Su tamaño es variable; las mayores son más grandes que el planeta Tierra. Otra característica es que aparecen en grupos, algunos hasta con decenas de manchas de diversos tamaños.





Horacio Tignanelli

La fuente de energía solar

En la Tierra recibimos sólo la mitad de la mil millonésima parte de la energía emitida por el Sol; y más de la mitad de esa energía nunca alcanza la superficie de nuestro planeta. El hecho de que la vida existe sobre la Tierra hace más de 3000 millones de años sugiere que en ese intervalo el Sol mantuvo un brillo similar al que observamos en el presente; hemos podido averiguar que se formó hace unos 5000 millones de años y desde entonces ha sostenido la misma producción de energía con muy pequeñas oscilaciones. Por su apariencia visible, sus efectos lumínicos y el calor que produce en la Tierra, es común escuchar que muchas personas asocian al Sol con una *enorme bola de fuego*. Tal idea es incorrecta; en el Sol no hay fuego ni está quemándose nada, ni en su superficie ni en su interior. Es decir, la luz y el calor solares no derivan de combustión alguna ni se trata de un cuerpo con fuego.

La energía del Sol se produce en su profundo interior mediante procesos *termonucleares*; esta palabra se forma con dos vocablos: *termo*, porque el fenómeno depende de la temperatura, que es muy alta (al menos 15 millones de grados), y *nuclear*, porque tiene lugar entre los núcleos de ciertos átomos. Los investigadores llaman *fusión nuclear* al proceso que genera la energía solar; se trata de un fenómeno espontáneo y natural que puede resumirse del siguiente modo: en el centro del Sol, ciertos elementos se transforman en otros, distintos, generando en dicho proceso enormes cantidades de luz y calor. Mediante la fusión, en cada segundo, el Sol convierte unas 635.000.000 de toneladas de gas de *hidrógeno* en 630.000.000 de toneladas de gas de *helio*; los cinco millones de toneladas de materia de diferencia, se escapan del Sol como energía pura. Se estima que esa energía demora unos 2.000.000 de años en alcanzar la superficie del Sol y a partir de allí, viajando a la velocidad de la luz (300.000 km/seg.), tarda unos 8 minutos y medio en llegar hasta la Tierra.





Eclipses de Sol

Allí donde la sombra de la Luna alcance la superficie de la Tierra, un observador percibirá que cambia la luminosidad del Sol; inclusive puede presenciar el oscurecimiento completo del disco solar: entonces verá que se hace la noche en pleno día. En esa circunstancia se dice que el Sol ha sido *eclipsado*, un modo astronómico de indicar que su disco fue ocultado por otro cuerpo (la Luna, claro) total o parcialmente.

Recordemos que en la esfera celeste, la Luna y el Sol tienen dimensiones aparentes semejantes. Para que el disco lunar oculte al solar, nuestro planeta, la Luna y el Sol deben ubicarse en la misma línea, exactamente en ese orden; entonces la Luna, animada por su movimiento aparente, en ciertas circunstancias cubrirá al Sol durante unos momentos; tal fenómeno se denomina eclipse solar y como máximo puede durar unos siete minutos y medio.

Dada la alineación espacial que debe cumplirse en un eclipse solar, ésta debe esperarse únicamente alrededor de las fechas de Luna Nueva. *¿En todas las Lunas Nuevas hay eclipse solar?* No. Veamos las razones.

La Luna iluminada por el Sol, produce un cono de sombra con vértice en dirección contraria a los rayos solares. La longitud de ese cono es de unos 371.000 km cuando es Luna Nueva; ese valor resulta menor que la distancia promedio entre la Tierra y la Luna, unos 384.500 km y, por lo tanto, el vértice del cono de sombra no alcanza a posarse sobre nuestro planeta. *¿Esto qué significa?* Quiere decir que no se producirá eclipse aunque la Luna se encuentre en su fase de Nueva.

Pero la distancia Luna-Tierra no es constante: varía a cada momento y en cierto tramo de su órbita, la distancia Luna-Tierra es considerablemente menor que el valor promedio ya mencionado. *¿Qué sucede entonces?*

Combinando ambas situaciones, el vértice del cono de sombra de la Luna puede llegar 29.000 km *más allá* de la superficie terrestre y podemos decir que *corta* la superficie definiendo un área circular; las personas que se hallen dentro de ese círculo, verán que el Sol es eclipsado por la Luna; por fuera del mismo, nadie se entera de la ocurrencia del fenómeno. Por esa razón suele



Actividad II.13 pág. 84



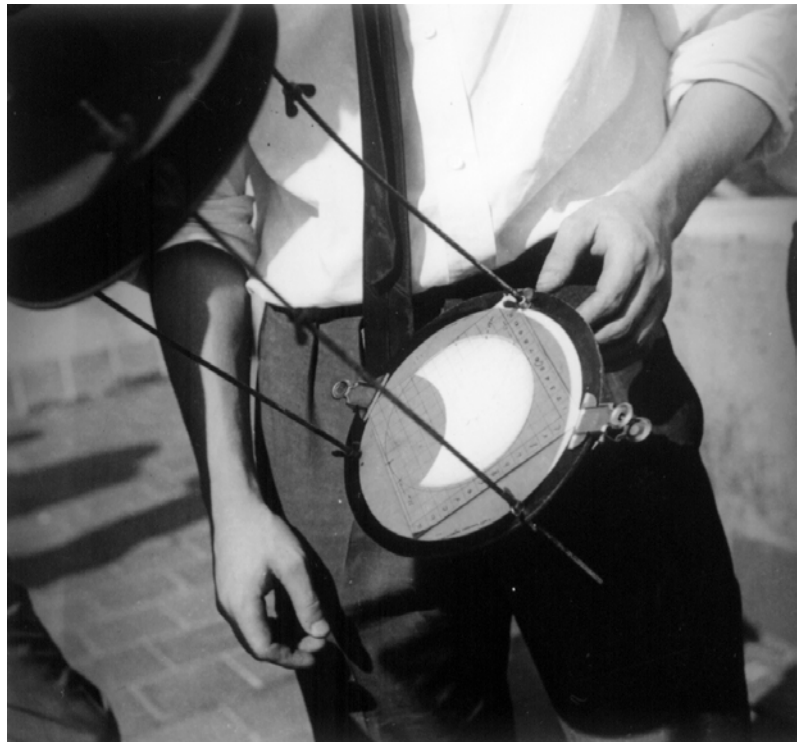


Horacio Tignanelli

decirse que un eclipse de Sol es un fenómeno *local*, ya que es visible sólo desde cierto sector de la Tierra.

La visión del eclipse cambia de acuerdo a dónde se halla el observador respecto a ese sector de sombras. La situación más espectacular se produce cuando el observador está ubicado en la zona central del cono de sombra: verá que el Sol está totalmente cubierto por la Luna, entonces el eclipse se denomina *total*. Cuando la Luna no alcanza a tapar *todo* el disco solar, sino tan sólo una parte, se dice que el eclipse es *parcial* (por ejemplo: lo verá un observador ubicado hacia la periferia del área de sombras); dado el enorme brillo de la superficie solar, durante un eclipse parcial no se perciben cambios significativos en la luminosidad del ambiente.

En cualquier tipo de eclipse de Sol, recomendamos que no se lo observe directamente. *La visión directa del Sol puede provocar lesiones graves en los ojos, inclusive la ceguera. No es recomendable ningún tipo de dispositivo (rollos fotográficos velados, radiografías veladas, anteojos ahumados, etc.). En forma directa, sólo es posible observar el Sol (durante un eclipse o no) mediante filtros especiales. Todo otro artilugio es peligroso para la visión. Existen métodos indirectos para ver un eclipse; por ejemplo, proyectando la imagen del Sol producida por un telescopio sobre una pantalla, como se muestra en esta imagen de un eclipse parcial.*





La Luna

Es importante incluir la Luna entre los cuerpos celestes visibles en el cielo diurno, particularmente para desterrar la falsa asociación de que este astro sólo se observa en el cielo nocturno.

¿Qué vemos en la Luna?

A simple vista, en el disco lunar se distinguen sectores claros y otros más oscuros, de formas irregulares. Con binoculares o un pequeño telescopio, las zonas oscuras se ven lisas, planas; los astrónomos conseguimos comprobar que se trata de regiones cubiertas por *material volcánico* que hoy se observa ya solidificado (por ejemplo: lava). Los antiguos creyeron que las regiones oscuras de la Luna eran grandes océanos como los que cubren casi toda la superficie de la Tierra y por esa razón dichas zonas de la Luna aún se llaman *mares*, del latín *Maria*; un ejemplo es el *Mar de la Tranquilidad*.

Las regiones claras, por su parte, están cubiertas casi en su totalidad por *cráteres*; algunos son antiguos volcanes extinguidos, pero la mayoría son los conocidos como *cráteres de impacto*. Estos cráteres son accidentes superficiales caracterizados por una depresión circular rodeada por una elevación; se trata de las huellas del choque de un astro con algún otro cuerpo cósmico. En la Luna existen cráteres de una gran variedad de tamaños, inclusive los hay unos superpuestos sobre otros, en número realmente enorme.

La mayoría de ellos tiene nombre; uno de los más grandes es *Clavius*, destacable por sus 200 km de diámetro. Los cráteres más frecuentes son pequeños, 10 km a 15 km de radio; debido a que en la Luna no hay atmósfera, los factores de *erosión* son débiles y una consecuencia de ello es que los cráteres de impacto se conservan tal como cuando se formaron.

En la Luna también hay montañas, tanto o más elevadas que las terrestres y generalmente dispuestas hacia los bordes exteriores de los *maris*.



Actividad II.14
pág. 86



Actividad II.15
pág. 86



Actividad II.16
pág. 87





Horacio Tignanelli



Actividad II.17 pág. 88

La coloración del suelo lunar depende drásticamente del ángulo con que inciden los rayos solares sobre la superficie. En rigor la Luna es bastante oscura, según ha sido confirmado por los astronautas, corroborando las imágenes recogidas por los diferentes satélites que la sobrevolaron. Objetivamente, el color de la Luna es *amarillo oscuro*, similar al de la arena húmeda. El hecho de que la veamos a simple vista tan clara, se debe sólo al contraste de su brillo con el fondo oscuro del cielo que la rodea. La mayoría de las piedras lunares recogidas por los astronautas son negras, aunque se han colectado otras de color amarillo y también marrones; esas piedras son tanto o más viejas que las rocas terrestres, las cuales tienen una edad cercana a los cuatro mil millones de años.

Actividades propuestas

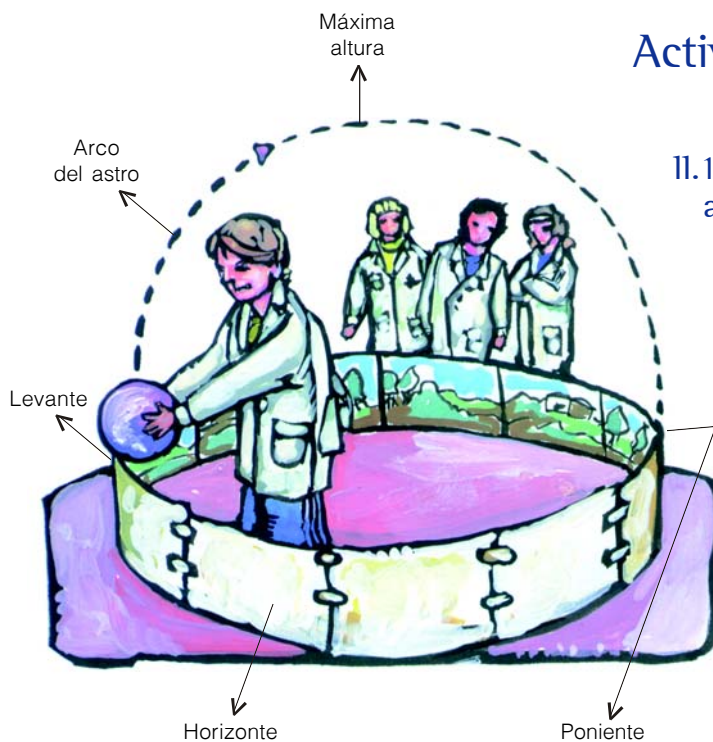
II.1 Dramatización del movimiento aparente de un astro

Materiales

Un horizonte de fantasía y uno de papel (act. I.3). Una pelota. Una varilla pequeña. Un disco de cartón de unos 3 cm de diámetro. Cinta adhesiva. Un pequeño trozo de alambre.

Desarrollo

Sobre un horizonte de papel: La idea es modelizar el movimiento aparente de un astro, representando a éste con una

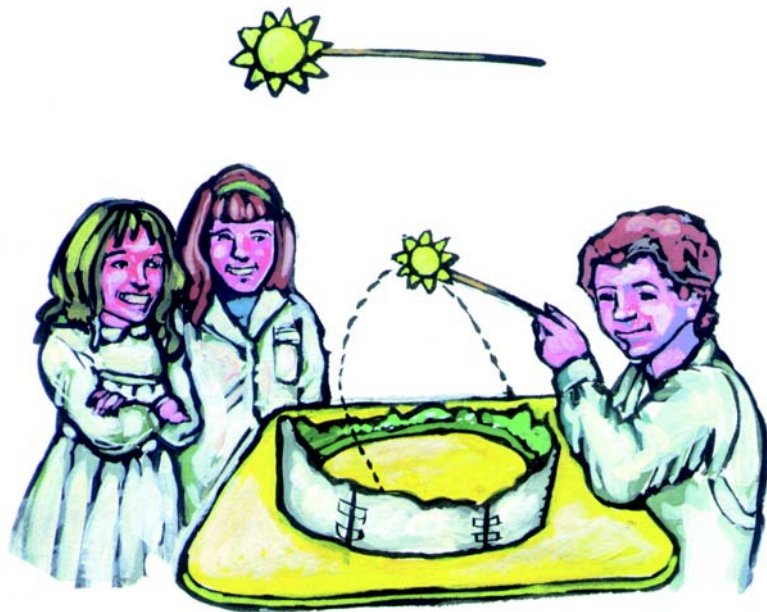




pelota o un disco. Colocando el horizonte de papel sobre el piso, un niño por vez moverá la pelota de un punto a su opuesto en la corona, cumpliendo las reglas del movimiento aparente. El niño definirá un levante, un poniente y buscará que su trayectoria represente un arco; se corregirá la tendencia a mover el astro paralelo al plano horizontal donde se halla la corona. Recordar que todos los arcos deben ser paralelos entre sí, independientemente de los correspondientes levantes y ponientes de sus astros. Algo más, entre los arcos que surjan debe prestarse especial atención

a los que pasen por el *cenit*, ya que entonces pertenecerá al astro que alcance la máxima altura sobre el horizonte.

Sobre un horizonte de fantasía: Un pequeño círculo de cartón que represente el contorno visible de un astro (por ejemplo: disco solar), se une al extremo de la varilla. La actividad consiste en que cada niño manipule esa varilla haciendo cumplir las reglas del movimiento aparente, sobre el horizonte de fantasía que ha construido. Una vez más, cada niño debe definir el levante y el poniente correspondiente y trazar un arco entre ambos por donde se desplace su astro. Por último, los niños pueden combinar sus modelos: el astro de uno de ellos se mueve en el horizonte de un compañero. Recordar que los arcos de los distintos astros, sobre el mismo horizonte deben ser paralelos entre sí; pueden materializarse esos arcos, curvando un trozo de alambre y ajustando sus extremos en el levante y el poniente del astro.





Horacio Tignanelli

II.2 Las sombras

El concepto de *sombra* es necesario para comprender diversos fenómenos astronómicos, por ejemplo: los *eclipses*; al respecto, es útil diferenciar *oscuridad*, ausencia de iluminación, de *sombra*, zona no iluminada; la sombra se produce cuando un objeto opaco intercepta la luz de una *fente luminosa*. La forma y tamaño de la sombra de un objeto están relacionadas por un lado, con las dimensiones del mismo y, por otro, con la posición de la fuente respecto al objeto. Las sombras se mueven sólo si la fuente y/o el objeto se mueven; otra característica de las sombras es que no dan cuenta de la textura del objeto al que corresponden, ni otras características físicas (por ejemplo: la temperatura o su constitución).

Materiales

Un horizonte de fantasía (act. I.3). Objetos de diversa textura y tamaño. Una linterna. Una regla.

Niños observando la sombra del indicador de un pequeño gnomon iluminado artificialmente. Alumnos de la Escuela N°20 de Berazategui (prov. de Buenos Aires).





Desarrollo

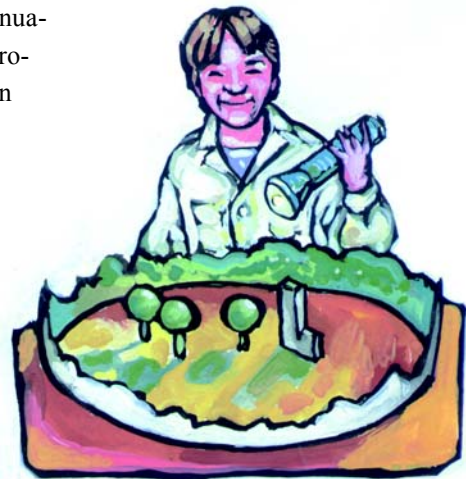
Primera parte: El Sol es una fuente *natural* de luz; observar entonces las sombras de los cuerpos que ilumina, por ejemplo: árboles, casas, etc., y más tarde trabajar con una fuente *artificial*, por ejemplo: una linterna y comparar las sombras de objetos pequeños de diferentes tamaños y formas; prestar atención a las tonalidades que pueden presentar las sombras. Finalmente, resulta divertido que los niños describan su propia sombra y recreen un *teatro de sombras*, generando siluetas de personajes, animales y objetos.

Preguntas: *¿En ausencia de luz un cuerpo puede producir sombra? ¿La sombra de un objeto cambia si en lugar de ser iluminado por una fuente de luz natural, lo ilumina una fuente artificial? ¿Puede predecirse qué forma tendrá la sombra del objeto? ¿Si se trata de una esfera? ¿Y de un disco? ¿Y de una varilla? ¿Qué objeto puede generar un cono de sombra?*

Segunda parte: La idea es simular la variación en longitud y dirección de las sombras de un objeto iluminado por el Sol; la luz de la linterna representará la luz solar. Se distribuyen los objetos en el interior de un horizonte de fantasía y se mueve la linterna cuidando que su foco apunte continuamente al objeto ubicado en el centro. El movimiento de la fuente reproduce las reglas del movimiento aparente: se definirá un levante, un poniente, y recorrerá un arco entre esos puntos. Debe prestarse atención a la variación de dirección y longitud de las sombras, resaltando que:

- Al iluminar desde el levante y el poniente, las sombras tienen sus máximas longitudes y se orientan el poniente y el levante, respectivamente.
- Cualquiera sea el arco descrito, cuando la fuente alcanza su máxima altura, las sombras son mínimas. Incluso puede suceder que no se aprecien sombras si la fuente de luz se halla exactamente sobre un objeto.

La sombra de un árbol aparece en el suelo donde está plantado. Mi sombra se arrastra por la tierra cuando camino... ¿Si no existiese una superficie donde “apoyarse”, se podría “ver” la sombra de un cuerpo?





Horacio Tignanelli

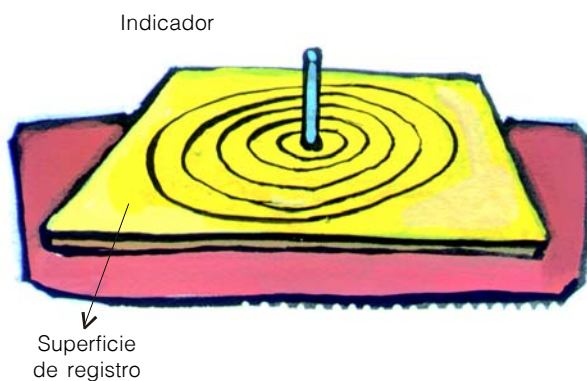
Si las dimensiones de los objetos lo permiten, los niños pueden medir con una regla común la longitud de las sombras que produce la linterna al simular el movimiento aparente del Sol.

- c) Durante el movimiento de la fuente, se aprecia un cambio continuo en la dirección de la sombra.
- d) Como la fuente sube hasta una altura máxima y luego desciende, traza dos *semiarcos* similares, la longitud de la sombra se repite entre el *levante* y el *poniente*. Esa longitud varía entre un valor máximo (en la *salida* y *puesta* de la fuente) y un valor mínimo, en el punto más alto. Si la linterna representa al Sol: *¿Qué momentos del día están representados durante su movimiento? ¿En qué sentido se mueven las sombras desde el amanecer hasta el atardecer? Ese sentido, ¿guarda alguna semejanza con el de las agujas de un reloj? ¿Qué relación puede establecerse entre la sombra más corta registrada y la altura del Sol sobre el horizonte en ese instante? ¿Tiene alguna denominación particular ese momento?*

II.3 Determinación de la línea meridiana

Materiales

Una varilla (recta) de madera o metal de unos 6 a 7 cm. de largo y unos milímetros de diámetro. Un trozo de cartón o madera de 30 cm. aproximadamente. Una regla y papeles blancos.



Construcción del gnomon

Se coloca la varilla, el *indicador* perpendicular (90°), en el centro de una superficie plana y horizontal, el *registrator*; la superficie representará al horizonte y la varilla a la vertical del lugar. Para determinar la línea meridiana, se observarán y registrarán las características de la sombra del indicador (longitud y dirección), por lo tanto, para aprovechar el gnomon al máximo deben verificar





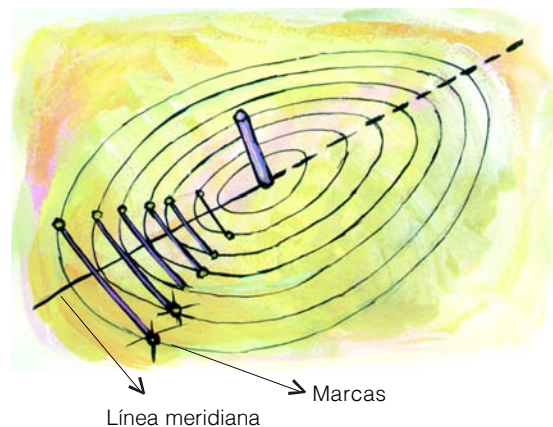
que el sitio donde se lo coloque reciba luz solar durante la mayor cantidad de tiempo posible.

Desarrollo

Se dibujan circunferencias concéntricas sobre un papel; luego se lo ubica sobre el registrador haciendo coincidir la varilla con el centro común de todos los círculos.

Preguntas: *Cuántas más circunferencias se dibujen, más mejorará la precisión del método. Para garantizar que el registrador esté horizontal, sugerimos emplear un nivel o algún otro dispositivo semejante.*

La actividad consiste en hacer una marca en aquellos puntos donde el extremo de la sombra del indicador alcance a cada una de las circunferencias de la superficie. Por la mañana resultan marcas hacia uno de los lados del registrador (que luego se llamará *sector oeste*) y, después del mediodía, hacia el opuesto, *sector este*; luego de la primera intersección, la sombra barre otras circunferencias, cambia continuamente de dirección y vuelve a interceptar la primera circunferencia. Señalados dos puntos sobre cada círculo, uno por cada una de las dos direcciones, se traza con la regla el segmento uniendo dichos puntos, esto es, se une cada par de marcas del mismo círculo. El paso siguiente es determinar el *punto medio* de cada segmento encontrado





Horacio Tignanelli

y, finalmente, trazar una línea que pase aproximadamente por todos esos puntos medios, la que determina la *línea meridiana* en el lugar de observación. Este procedimiento se conoce como *el método de las alturas iguales*: ¿a qué alturas se refiere?

Notas: *Con la meridiana queda definida la dirección de los puntos cardinales Norte y Sur sobre el horizonte. La dirección que marca una brújula cuando leemos que señala la dirección norte-sur; ¿coincidirá con la línea meridiana? Si se realiza la misma experiencia con varios instrumentos simultáneamente (por ejemplo: un gnomon) por grupo de alumnos: ¿puede comprobarse que todas las meridianas obtenidas son paralelas entre sí? La perpendicular a la línea meridiana que pasa por el indicador define la dirección este-oeste en el lugar de observación y, con la misma, se pueden ubicar también los puntos cardinales Este y Oeste sobre el horizonte.*

II.4 La regla solsticial

Materiales

Cartón, un transportador, ganchillos *mariposa* y una regla. Lápices. Una brújula magnética convencional.

Construcción

Se recorta un círculo de cartón de unos 10 cm de radio y se dibujan dos diámetros perpendiculares. Con un transportador se trasladan las divisiones angulares de 0° a 45° a uno y otro lado de una sola de las líneas trazadas, queda conformado un cuadrante de 90° , dividido en dos sectores iguales; queda así armada la *base* de la regla solsticial. Se corta una tira de cartón de unos 4 cm de ancho y unos 20 cm de largo; luego se hace un pequeño agujero (por ejemplo: 1 cm), perforando cada uno de los extremos de la cinta, cuidando que cada

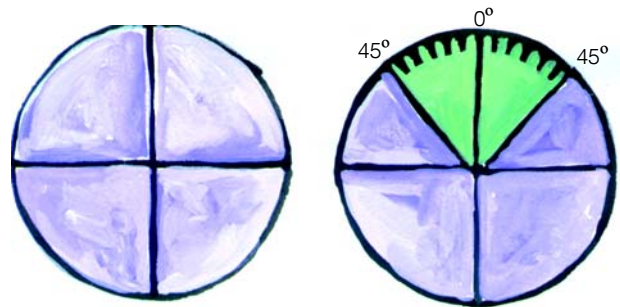




agujero quede a la misma distancia del borde. Luego se dobla la cinta por cada uno de sus extremos, dejando uno o dos centímetros por debajo del agujerito. Finalmente, en uno de los extremos se coloca un pedacito de cartón con forma de flecha; de este modo, la cinta se convierte en el *mirador* de la regla solsticial. Finalmente se abrocha el mirador a la base, pasando un ganchillo por sus respectivos centros, cuidando de no ajustar demasiado ambas piezas ya que el mirador debe girar libremente.

Desarrollo

- a) Verificar que el máximo apartamiento del levante solar, desde el Este tanto hacia el punto cardinal Sur como al Norte, son de igual amplitud, es decir, el mismo ángulo; recordar que los corrimientos extremos se producen en los *solsticios*.
- b) Comprobar si la línea este-oeste determinada con la regla solsticial, coincide con la encontrada con un gnomon y/o con una brújula convencional.



II.5 Verificación de la línea este-oeste

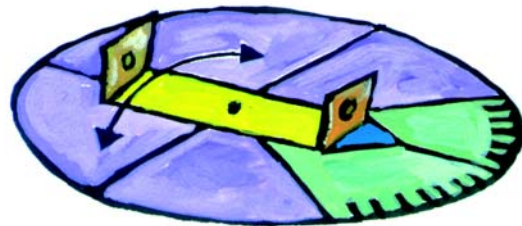


Materiales

Gnomon (act. II.4). Calendario.

Desarrollo

Cuando indicamos cómo hallar la línea meridiana (act.II.4) mencionamos también que trazando la perpendicular pasando por el indicador,



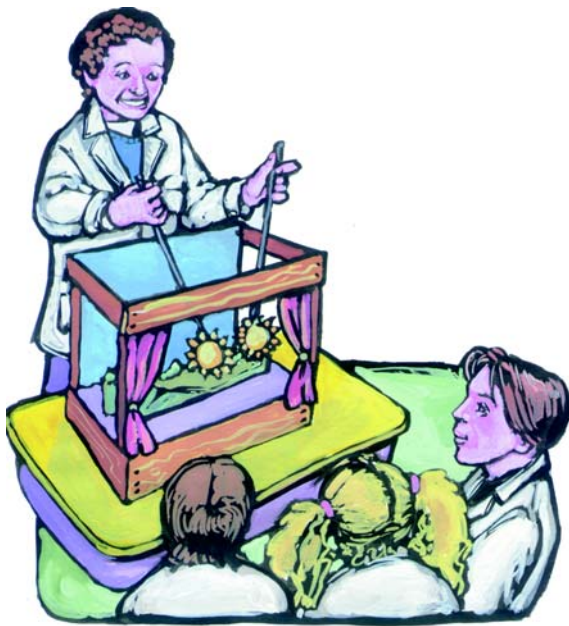


Horacio Tignanelli

sobre el horizonte, podía hallarse la línea *este-oeste* y con ella determinar los puntos cardinales Este y Oeste. Una vez definidos éstos, el mismo gnomon puede usarse para verificar su ubicación sobre el horizonte registrando por qué sitio se produce la salida y/o la puesta del Sol en las fechas de los equinoccios, 21 de marzo y 21 de setiembre.

Preguntas: *¿El apartamiento del levante solar, desde el Este hacia el Norte, es igual al que se produce desde el Este hacia el Sur? Idem a la pregunta anterior considerando el poniente solar. ¿El apartamiento del levante solar es idéntico para todo punto de la superficie terrestre? ¿Hay algún lugar en que el Sol sale todos los días por el Este y se oculta por el Oeste? ¿Existe algún sitio en la Tierra en el que el Sol no sale ni si pone?*

Teatro del cielo



II.6 Simulación de la variación del punto de salida y/o puesta de Sol

Materiales

Teatro del Cielo (apéndice III). Varillas para manipulación. Disco amarillo para el Sol. Horizontes frontales. Regla solsticial (act. II.5).

Desarrollo

a) Se coloca un horizonte frontal y manipulando una varilla, con el disco ubicado en su extremo, se hace *aparecer* al Sol por diversos sitios de ese horizonte. Primero exactamente por el Este; luego se desplaza el levante por puntos ubicados en dirección del Norte y Sur. Se puede simular el registro de la regla solsticial; inclusive, ésta puede servir de referencia, ubicándola

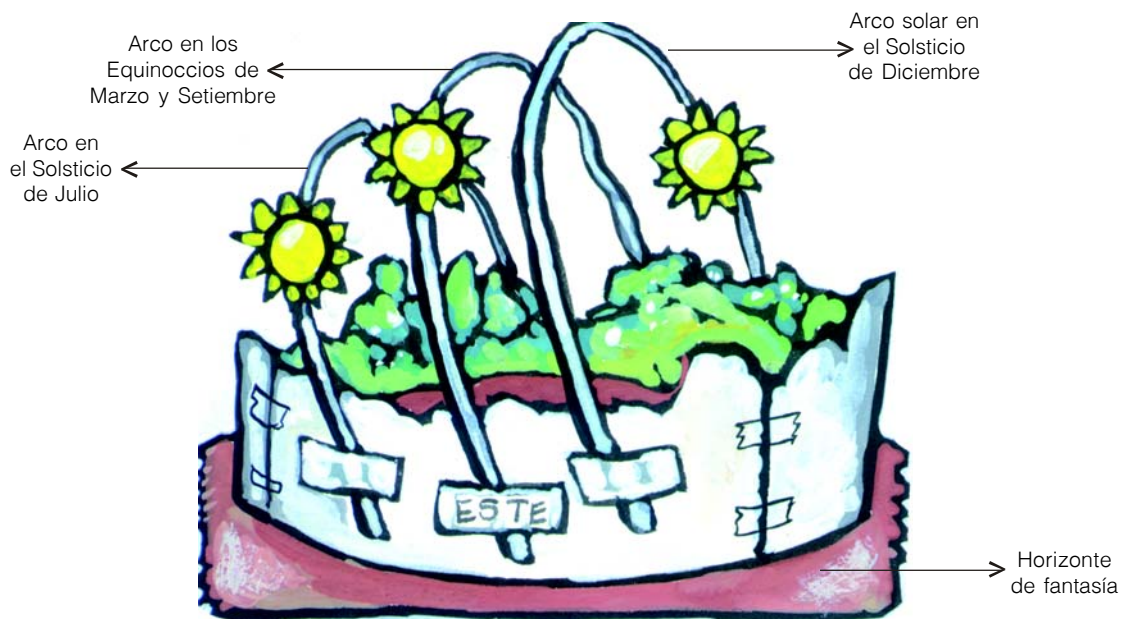




por fuera del teatrino, el mirador señala las direcciones de los diferentes levantes.

- b) Colocar un horizonte completo, corona circular (act. I.3) en el Teatro del Cielo. Con la misma que varilla, puede representarse los diferentes puntos de salida y puesta del Sol en las fechas calendario más importantes (por ejemplo: equinoccios y solsticios), mostrando en cada caso el arco diurno de esos días, con lo cual se muestran también las diferentes alturas que alcanza en esas fechas. Por último, con un pequeño trozo de alambre amarrado a los extremos del horizonte circular, puede materializarse los diferentes arcos solares.

Notas: Para cada levante, señalar las fechas aproximadas correspondientes. Colocando otro horizonte frontal, reproducir detalladamente lo simulado antes en el primer ítem pero con los ponientes solares.





Horacio Tignanelli

II.7 Una brújula de papel

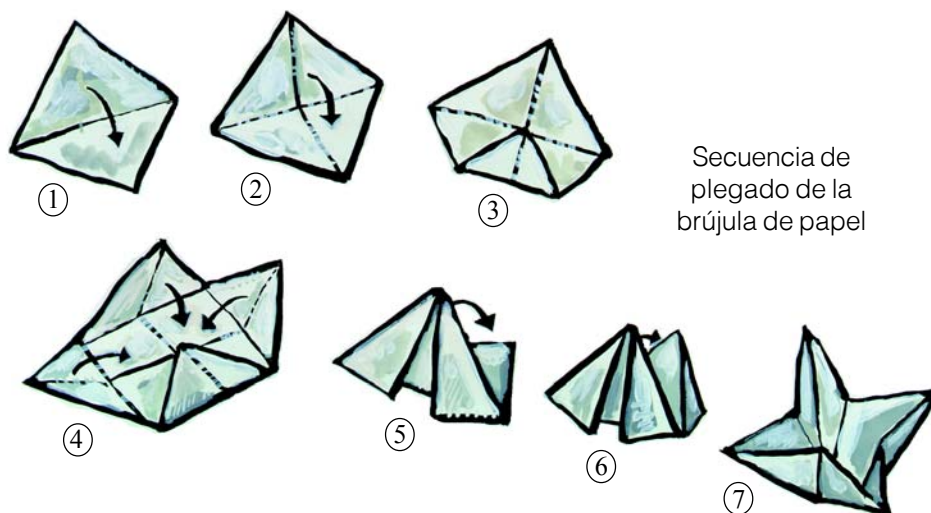
Materiales

Una hoja de papel cuadrada, por ejemplo, de 20 cm de lado. Lápices.

Desarrollo

Para construir esta particular brújula con una hoja de papel, se dobla éste siguiendo las indicaciones de la figura, hasta conseguir una papiroleta conocida como *el sapito*, muy utilizada por los niños para varios juegos; la característica que nos interesa de esta construcción de papel es que puede moverse con los dedos en direcciones perpendiculares entre sí: en la experiencia, dichas direcciones representarán la línea meridiana y la línea *este-oeste*, respectivamente.

Por adentro de la papiroleta, aparecen cuatro lengüetas triangulares dobladas hacia el centro: en cada una de ellas se colocarán letras o símbolos que identifiquen a cada punto cardinal, por ejemplo: el Este queda representado





por un Sol saliendo por el horizonte, o bien simplemente por la letra *E*. Cuando estos signos se completen, abriendo y cerrando el *sapito* se estará accionando la brújula.

Pero, tal como debe hacerse con el imán que permite funcionar a las brújulas magnéticas, previamente se debe ajustar el dispositivo según las direcciones que usaremos para orientarnos. En el caso del imán, se colorea su polo sur magnético, que espontáneamente se alinearán con el polo norte terrestre, permitiéndonos hallar la dirección *norte-sur*.

A continuación, damos una serie de indicaciones para ajustar y accionar una brújula de papel:

- Sólo en ciertas fechas el Sol aparece por el Este; si en el amanecer de esos días se “apunta” el *extremo este* de la brújula donde surge el Sol, el extremo opuesto indica dónde está el Oeste. Si alguien no desea levantarse temprano para hacer esta experiencia, puede realizarla en el crepúsculo vespertino, apuntando el extremo Oeste hacia donde el Sol se oculta. Otra alternativa es ajustar la brújula de papel con los resultados del uso de un gnomón.
- Cerrando la brújula y abriéndola en la dirección perpendicular, puede definirse la línea meridiana proyectando la línea que une las puntas Norte y Sur.
- Para no perder la *calibración* de la brújula, o bien usarla de noche, en la parte interior de la lengüeta que marca el Este, se dibuja el sector de paisaje que puede verse, en esa dirección, desde el punto de observación; esta es una

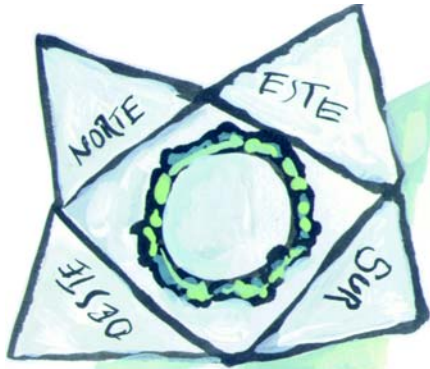


La precisión será cada vez menor cuanto más cerca de la fecha del solsticio se haga la estimación.





Horacio Tignanelli



forma de no perder la referencia geográfica de ese punto cardinal. Luego, repetir este paso con las otras tres direcciones. Una vez terminados los dibujos, al abrir las cuatro lengüetas aparecerá un esquema, circular y aplanado, que reproduce el horizonte del lugar. Sobre el mismo, tal como se pliega el papel, se enciman las cuatro direcciones cardinales sobre el plano horizontal.

Notas: Las brújulas de papel son instrumentos de uso local, como los relojes de Sol. Brújulas realizadas por diferentes niños, en lugares distintos, deberán indicar direcciones iguales, aunque sus horizontes internos resulten diferentes. Los niños pueden ubicarse en distintos puntos de la escuela, en diferentes partes de una plaza o directamente en sus domicilios particulares.

Otras aplicaciones

Las diagonales internas de la brújula de papel (que limitan las lengüetas) pueden aprovecharse para marcar otras direcciones importantes, como las intermedias (equidistantes) entre los puntos cardinales (Sudeste, Noroeste, etc.).

1. Si en el interior de la brújula se ha marcado por dónde sale el Sol en los equinoccios, luego se puede certificar, día tras día, cuánto se aleja el levante solar en fechas intermedias entre equinoccios y verificar ese apartamiento con lo registrado visualmente o bien con otros instrumentos.
2. En casi cualquier lugar del planeta, la brújula es exacta con sólo apuntar el extremo Este a la salida del Sol en la fecha equinoccial. Fuera de esos días, la brújula también puede usarse como un *estimador* de las direcciones cardinales con sólo apuntar la brújula hacia la posición del Sol, proyectada sobre el horizonte y antes del mediodía, abriendo y cerrándola también pueden ubicarse los puntos cardinales sólo que con un grado de precisión menor.
3. Los astros muestran un movimiento aparente de Este a Oeste. Puede usarse la brújula, para verificar cuándo alguno de ellos sale o se pone exactamente por el Este, por ejemplo: la Luna.
4. La brújula sirve para verificar si las direcciones que indica coinciden con las de una brújula convencional.





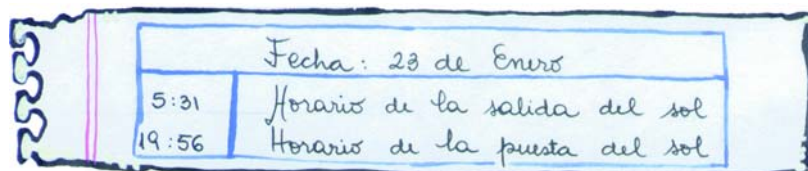
11.8 Sobre el horario de salida del Sol

La hora de los acontecimientos celestes que aparece en los diarios en general es calculada por astrónomos; los periodistas llaman a un determinado Observatorio Astronómico y reciben esa información. Esos datos horarios son el resultado de precisos cálculos matemáticos, los que derivan a su vez de las expresiones que dan cuenta del movimiento de los astros.

En muchos diarios se incluye el horario de salida y puesta del Sol para la fecha. Como ya hemos mencionado, el Sol no sale ni se pone al mismo tiempo en todo el país; en los cálculos que realizan los astrónomos para hallar el horario de salida y puesta del Sol en un determinado lugar, intervienen las coordenadas geográficas del sitio escogido. Sin embargo, en los periódicos de tirada nacional, generalmente los horarios están calculados para la ciudad de Buenos Aires. Evidentemente, en lugares alejados de esa ciudad, el Sol ni sale ni se pone exactamente a la hora que indican los diarios; en algunas localidades la diferencia horaria es mínima, pero en otros resulta muy evidente. Es decir, para cada ciudad de Argentina existen valores de salida y puesta solar diferentes a los de Buenos Aires.

Materiales

Algunos diarios de tirada nacional, de varios días consecutivos y de ser posible de diferentes meses del año.



Desarrollo

Estas actividades fueron diseñadas para realizarse con las horas de salida y puesta que aparecen en los diarios; si conocen el horario local para el levante y el poniente solares entonces, pueden compararlo con los propios de Buenos Aires y comparar los resultados obtenidos en los siguientes cálculos.



1. *Variación del horario de salida y puesta del Sol:* Comparando diferentes horarios de salida del Sol de varias fechas consecutivas, registrar si indican que el Sol aparece cotidianamente a la misma hora; luego repetir la actividad con sus horarios de puesta. *Preguntas:* *Mañana, ¿el Sol saldrá a la misma hora que hoy? ¿Y en la misma fecha, el año próximo? ¿El Sol salió hoy al mismo tiempo en todas las ciudades de Argentina? ¿Dónde salió primero, es decir, dónde comenzó antes el día? ¿Y en el resto del mundo? Repetir estas preguntas con la puesta solar.*

15	16	17	18	19	Fecha
5:32	5:33	5:35	5:38	5:39	Horarios
Intervalo		Retardo			
Del 15 al 16		1 minuto			
Del 16 al 17		2 minutos			
Del 17 al 18		3 minutos			
Del 18 al 19		1 minuto			

2. *El Sol atrasa:* Verificar el retardo diario en los horarios de salida y puesta del Sol. En el siguiente ejemplo, mostramos el comportamiento con cinco días, considerando sólo el horario de salida.

Preguntas: *¿Cuánto se atrasa en salir el Sol, día tras día? ¿Ese retardo es siempre el mismo o varía durante el año? ¿Se repite en alguna fecha? Idem con el horario de puesta.*

7 de Agosto	Fecha
5:21	Horario de la salida del sol
19:56	Horario de la puesta del sol
13:03	Horario de la salida de la luna
1:06	Horario de la puesta de la luna
	Ocurrencia de cierta fase lunar (p.e.: Cuarto menguante)

3. *Comparación entre la salida del Sol y la salida de la Luna:* En general los diarios también traen información sobre el horario de salida y puesta de la Luna y la ocurrencia de sus fases. Con ellas, pueden armarse tablas similares a las anteriores, y contestar algunas preguntas: *¿Hoy, qué astro ha salido primero: la Luna o el Sol? ¿Y mañana*

qué ocurrirá? ¿Puede suceder que un día no haya horario de salida del Sol? Y de la Luna, ¿puede suceder que en cierta fecha, el diario indique que



la Luna no tiene hora de salida pero sí de puesta y viceversa? Idem para la puesta de la Luna.

II.9 Pistas para la construcción de un calendario

¿Quién ha dicho que el año tiene 365 días, tal como indican los almanaques? ¿Cómo verificar que el año tiene ese número de días? ¿Qué se debe contar? ¿Cómo hacerlo?, es decir, ¿desde cuándo y hasta cuándo? Estas preguntas son algunas de las que surgen al hablar del calendario. A continuación, mostramos un procedimiento para acercarnos a entender algunas de esas cuestiones y a la vez utilizar el más antiguo de los métodos inventados por el hombre para construir un calendario.

Recordar que el número de días entre equinoccios y solsticios está vinculado directamente con la duración de las estaciones.

Materiales

Un gnomon (act. II.4).

Desarrollo

1. Registrar la longitud de la sombra del indicador, en el mediodía de un equinoccio; a partir de entonces contar el número de días y noches que transcurren hasta que vuelve a repetirse esa longitud.
2. Identificar las fechas de los equinoccios y solsticios. Luego, contar los días transcurridos entre la fecha en que se produce un equinoccio y la fecha en que se produce el solsticio siguiente. Luego numerar los días transcurridos entre la fecha del solsticio considerado y el equinoccio siguiente. Comparar las cifras obtenidas y verificar los datos obtenidos con los que pueden hallarse contando los días transcurridos entre las mismas fechas, tal como aparecen en los almanaques corrientes.





Horacio Tignanelli

II.10 Aproximación a un reloj de Sol

Materiales

Un gnomon (act. II.4). Lápiz y papel.

Construcción

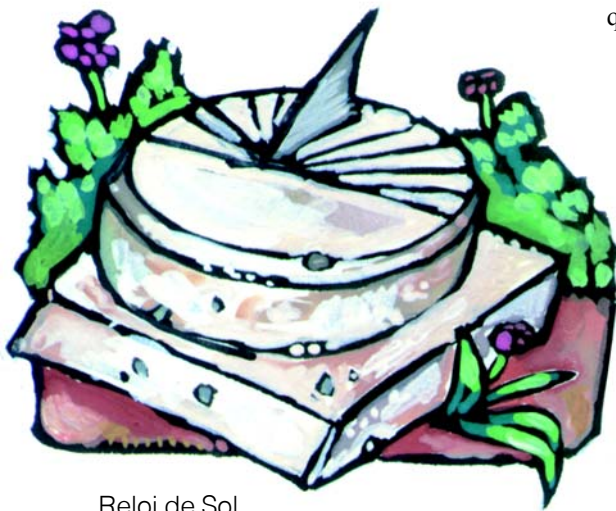
Como la varilla queda orientada de modo que se ubique en el mismo plano del meridiano del lugar, queda entonces paralela al eje del mundo. Así dispuesto, la superficie del reloj coincide con el plano del ecuador celeste.

En un reloj del Sol y un gnomon, se debe observar la sombra de una varilla sobre una superficie de registro. Una distinción fundamental es que en el reloj, la varilla no se dispone perpendicular a esa superficie. Para armar un sencillo reloj de Sol a partir del gnomon que mostramos antes (act. II.4) deben tenerse en cuenta las siguientes indicaciones:

1. Para que el reloj indique correctamente la hora solar, la varilla debe inclinarse en ángulo igual a la *latitud geográfica* del lugar. Es decir, el extremo de la varilla, alineado con la línea meridiana, debe elevarse hasta formar un ángulo, con un plano horizontal, igual a la latitud del lugar.

2. La sombra del indicador aparece sobre el registrador, sobre el que se han dibujado las *líneas horarias*, con las que se consigue leer fracciones de tiempo por la ubicación que toma la sombra respecto a su trazado, un diseño que se denomina también *cuadrante solar*. Para orientar correctamente el cuadrante solar, primero debe hallarse la línea meridiana. (act. II.4).

3. Para usar la estructura del gnomon modificamos la orientación de su registrador de la siguiente manera: a) Trazar sobre la superficie una única circunferencia. b) Trazar radios desde la periferia hacia el indicador, con un intervalo consecutivo de 15° hasta completar toda esa circunferencia. c) Hacer coincidir uno de los radios con la línea meridiana hallada en el lugar. d) Inclinarse la superficie



Reloj de Sol

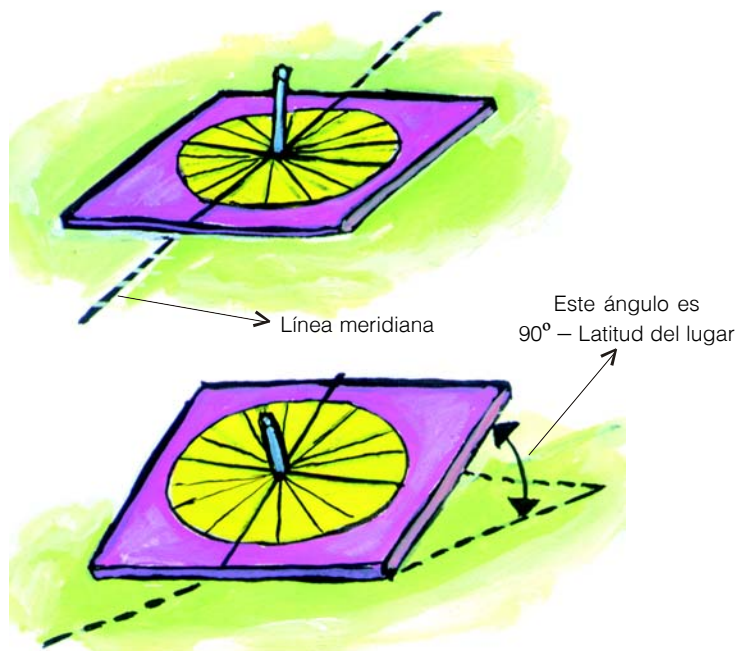
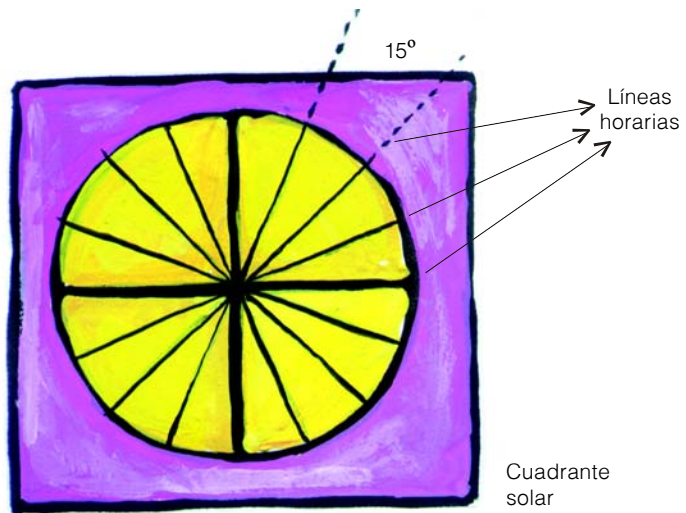




un ángulo igual al complemento de la latitud del lugar donde se coloca el reloj. Esto es, un ángulo igual a 90° de latitud. Por ejemplo, si la escuela tiene 30° de latitud, entonces la superficie debe inclinarse 60° respecto del horizonte del lugar, para hacer este cálculo, en el Apéndice II se hallan las latitudes de diversas ciudades de Argentina.

Desarrollo

- Verbalizar las diferencias visibles entre un gnomon y reloj de Sol.
- Usando un reloj convencional registrar el tiempo que demora la sombra del indicador en pasar de una línea horaria a la siguiente, señalar cuánto demora en su recorrido. Luego medir en *unidades de sombra* diferentes intervalos, por ejemplo: una hora de clase, un recreo, etc., y verificar si se repiten día tras día y de época en época, por ejemplo: de estación en estación. Tratar de responder: *¿Puede definirse el mediodía con el reloj de Sol? ¿Coincide con lo que marcan los relojes convencionales?*





Horacio Tignanelli

- c) Al transformar el gnomon en reloj de Sol inclinamos su superficie en un ángulo vinculado con la latitud. Si se colocara el mismo instrumento en otro lugar, en otra escuela, en otra ciudad, etc., entonces deberá inclinarse con otro ángulo. *¿Qué relación puede establecerse entre el tiempo que mide el reloj de Sol y la ubicación del mismo sobre la Tierra? ¿Puede compararse el tiempo que señala un reloj convencional con el que brinda un reloj de Sol? ¿Cómo determinar que ha pasado todo un día, un giro de 360° de la Tierra, con el reloj de Sol?*

II.11 Sobre la duración del día

Considerando el horario de salida y puesta del Sol, es posible determinar cuánto tiempo permanecerá ese astro sobre el horizonte de un lugar; esto es, la duración del *día de luz*. Por otra parte, calculando el instante de tiempo que divide al día de luz exactamente por la mitad se halla la hora oficial del mediodía. Con esta actividad buscamos contestar preguntas por el estilo: *¿Cuánto dura el día de luz? ¿Cuándo se produce el mediodía?*

Nota: *La duración del día está directamente relacionada con el arco diurno solar. Cuanto mayor o menor sea la duración del día, más grande o pequeño es el arco diurno del Sol, lo que se vincula con el desplazamiento del punto de salida del Sol respecto del Este. Esta situación puede modelizarse con el Teatro del Cielo (ver Apéndice III).*

4	8	Fecha
5:31	5:31	Horarios de salida
19:56	19:57	Horarios de puesta

Materiales

Algunos diarios de tirada nacional, de varios días consecutivos y de ser posible de diferentes meses del año. Usaremos los datos de salida y puesta del Sol, tal como se mostró en la Actividad. II.9.





Desarrollo

1. Como ejemplo utilizamos sólo dos días. Para calcular la duración del día de luz se resta al horario de puesta, el horario de salida:

Día 7: $19^h 56^m - 5^h 31^m = 12^h 25^m$

Día 8: $19^h 57^m - 5^h 31^m = 12^h 26^m$

Durante el 7, el día de luz es un minuto (1^m) más corto que el de la fecha siguiente.

Ahora, para calcular el mediodía se divide la duración del día de luz por dos, y la hora que resulta se suma al horario de salida del Sol en esa fecha. En el ejemplo, hallamos que el día 7, el mediodía se produce treinta segundos antes que el mediodía del día 9.

Fecha	Día de luz	Día de luz dividido 2	Hora de salida	Mediodía
7	$12^h 25^m$	$6^h 12^m 30s$	$5^h 31^m$	$11^h 43^m 30s$
8	$12^h 26^m$	$6^h 13^m$	$5^h 31^m$	$11^h 44^m$

2. Repetir las mismas operaciones en las fechas que se producen equinoccios y solsticios; como ejemplo, usamos el registro de un 21 de diciembre.

21 de Diciembre	
5 : 35	Horario de la salida del sol
20 : 05	Horario de la puesta del sol

Preguntas: ¿Cuánto dura el día de luz en un equinoccio?
 ¿Cambia en el otro equinoccio?
 ¿Qué sucede con las noches? ¿Cuál es el día más corto del año? ¿Cuánto dura? ¿Y el día más largo? ¿Cuánto dura? ¿Durará lo mismo para distintas localidades?





Horacio Tignanelli

II.12 El uso del huso horario

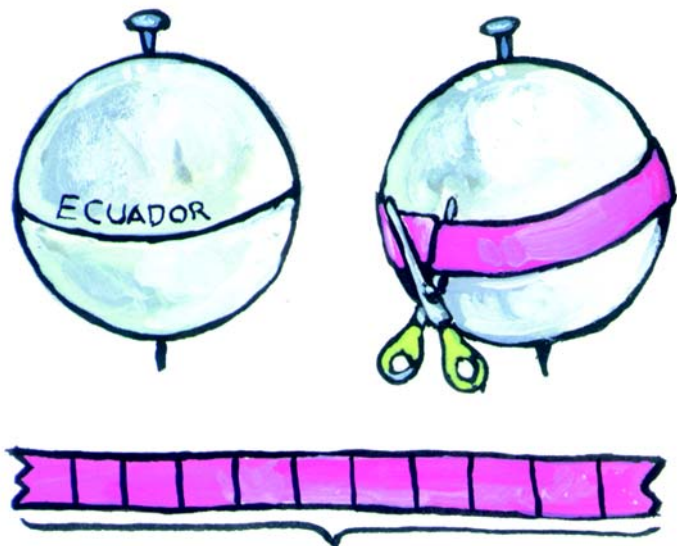
Existe un solo momento durante el día en el que la sombra de un objeto producida por el Sol tiene su longitud mínima; ese momento se denomina *mediodía* y durante siglos resultó el instante ideal para emplear como referencia temporal y controlar la marcha de un reloj: hubo quienes acordaron que entonces comenzaba la hora cero. Pero el instante del mediodía depende del lugar donde se está en la Tierra; cada sitio tiene un mediodía propio y también su propia hora en el reloj. Para poder regular el tiempo globalmente se crearon los *husos horarios*: zonas de

División del planisferio en zonas horarias





igual extensión trazadas imaginariamente sobre la superficie de la esfera terrestre, dentro de las cuales rige la misma hora. Son zonas que se extienden de polo a polo de la Tierra (como meridianos) y por la forma que adquieren se los llamó *husos*. Todas las localidades comprendidas dentro de un huso tienen el mismo horario y entre dos husos consecutivos hay una hora de diferencia. Si se recorre la Tierra de Este a Oeste, se debe restar una hora al traspasar cada huso horario. En sentido contrario, de Oeste a Este, se suma una hora. Para fijar la hora que corresponde a un huso se toma como referencia la hora que rige en el meridiano que pasa por la ciudad de Greenwich, cerca de Londres, en Inglaterra. Así, por ejemplo, si se conoce cuándo se produce el mediodía en Greenwich, puede conocerse la hora en otras localidades de la Tierra. Es decir, todos los relojes del mundo marcan la misma cantidad de minutos y segundos, pero difieren en el número de horas.



24 divisiones idénticas



Materiales

Una esfera de tergopol. Alfileres. Una angosta tira de papel tipo *serpentina*. Una regla común. Teatro del cielo.

Desarrollo

Con la esfera representamos al planeta Tierra, en la que marcamos el ecuador y los polos; luego, se corta la cinta





Horacio Tignanelli

Una de las ciudades ficticias que se han marcado, puede identificarse con la ciudad de Greenwich, que convencionalmente se toma para fijar la hora mundial. Si se identifica también a Buenos Aires, o bien la Argentina, puede indicarse qué hora será allí cuando en Greenwich es mediodía.

de papel de modo que rodee la esfera por su ecuador. Retirar la cinta y, con una regla, dividirla en 24 partes iguales. Cada una de esas divisiones equivaldrá a un huso horario. Ya que podemos considerar que la Tierra da una vuelta en 24 horas, cada huso equivale a 15° , el ángulo que gira la Tierra en una hora. Luego marcar esas partes sobre el papel y finalmente clavarlo con alfileres sobre la línea del ecuador. Al prolongar sus marcas de polo a polo, quedarán señalados los husos.

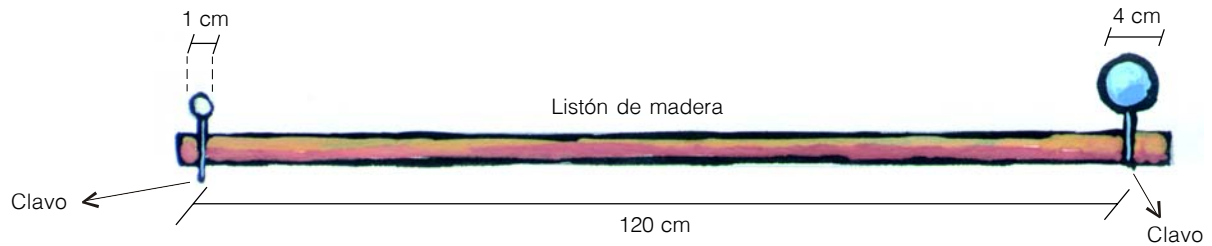
Marcar tres lugares sobre la esfera (por ejemplo: Menganópolis, *M*, Perenganópolis, *P*, y Zutanópolis, *Z*, en husos diferentes y analizar la hora en cada uno de ellos. Finalmente, la esfera con los husos horarios puede usarse en el Teatro del Cielo; se la cuelga del rotor de giro y se lo echa a andar. Al poner el motor en movimiento, se verá cómo se suceden los husos horarios; puede identificarse entonces las direcciones Este y Oeste como sentido de giro de la Tierra.

Preguntas: *¿Suponiendo que en Menganópolis es mediodía, ¿qué hora será en Perenganópolis? ¿Y en Zutanópolis? Suponiendo que en Zutanópolis es mediodía... ¿qué hora será en Perenganópolis? ¿Y en Menganópolis? Suponiendo que en Perenganópolis es mediodía: ¿qué hora será en Menganópolis? ¿Y en Zutanópolis?*

II.13 Representación de un eclipse de Sol

Dado que la Luna tiene un tamaño comparable con el de la Tierra y su distancia es 30 veces el diámetro de la Tierra, considerando el diámetro de la Luna como *unidad*, el de la Tierra resulta cuatro veces mayor y la distancia Tierra Luna, 120 veces esa unidad. Estas relaciones justifican la construcción de un modelo con los materiales descriptos, colocando cada una de las esferas en los extremos del listón, ajustándolas con un clavo. Este dispositivo servirá para los siguientes propósitos: a) visualizar las proporciones de forma y tamaño del sistema formado por la Tierra y la Luna, b) aproximarse a la comprensión de las fases lunares, y c) entender el mecanismo de los eclipses.



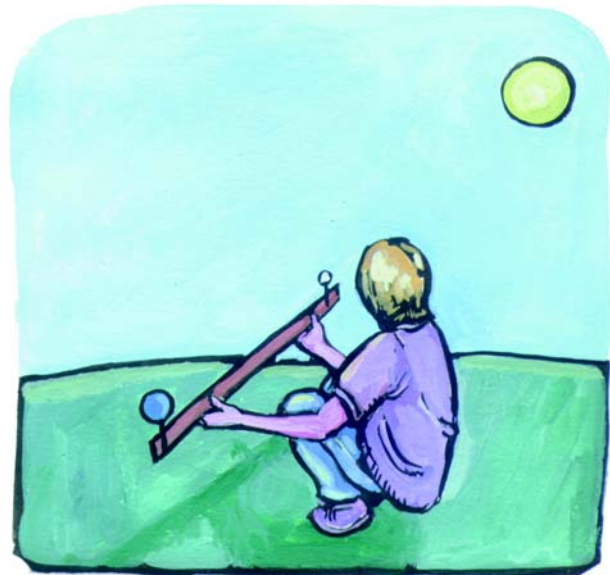


Materiales

Se trata de construir un modelo a escala del sistema Tierra Sol, con una escala tal que mantenga correctamente la relación tamaño distancia, con los siguientes elementos: una vara o listón de madera de 120 cm de longitud; una esferita, de corcho, papel, madera, etc., de 4 cm de diámetro y otra de 1 cm, dos clavos que alcancen a atravesar el listón.

Desarrollo

Orientar el listón en dirección al Sol. Luego, observar las sombras de ambas esferas en el suelo y mover el listón hasta hacer coincidir ambas sombras. Para entender las circunstancias de un eclipse de Sol, hay que hacer caer la sombra de la esfera lunar sobre la esfera terrestre. La sombra de la Luna produce una pequeña mancha oscura sobre la esfera de la Tierra: el eclipse sólo se ve desde una pequeña región de la Tierra. Se puede distinguir inclusive la zona de sombra *eclipse total* de la zona de penumbra *eclipse parcial*. Aunque esta actividad puede hacerse en cualquier momento, pueden buscarse las fechas en que se producen eclipses de Sol y de esta manera puede usar el modelo exactamente en el instante en que se produce el fenómeno celeste.





Horacio Tignanelli

II.14 Datos sobre la visualización de la Luna durante el día

Materiales

Algunos diarios de tirada nacional, de varios días consecutivos y de ser posible de diferentes meses del año.

Desarrollo

Con los datos de la salida y puesta de la Luna que aparecen en los diarios, verifique cuándo será la próxima fecha en que la Luna se verá durante el día, tanto a la mañana como a la tarde.

Preguntas: *¿Cuántos días se ve la Luna junto con el Sol? ¿Cuántos de noche? ¿Y en distintas épocas? ¿Cuántos días se verá junto con el Sol y cuántos por la noche?*

II.15 Aspecto visible de la Luna

Materiales

Modelo Tierra Luna (actividad II.14).

Desarrollo

Para trabajar con el modelo del sistema que forman la Tierra y la Luna se debe salir al aire libre en un día soleado, en las fechas donde se ven la Luna y el Sol simultáneamente; se apunta el listón hacia la Luna y se mira la esferita que representa la Luna desde el extremo del listón donde está la esfera de la Tierra. Como la relación entre el tamaño y la distancia del modelo





es correcta, se verá la esfera de la Luna exactamente del mismo tamaño aparente que la Luna real en el cielo. Además, como el Sol ilumina de la misma forma la Luna del modelo y a la Luna real se ha conseguido reproducir exactamente la fase de la Luna, lo que puede verificarse mirando directamente la esferita lunar. Puede mostrarse que las diferentes fases lunares están originadas en la forma como vemos desde la Tierra la iluminación del Sol sobre la Luna.

II.16 Vínculos entre los horarios de salida y puesta del Sol y las fases de la Luna

Además del análisis con los datos de los periódicos, en todos los casos sugerimos realizar los diagramas correspondientes y modelizar cada situación en el Teatro del Cielo.

Materiales

Algunos diarios de tirada nacional, de varios días consecutivos y de ser posible de diferentes meses del año. Se usarán los horarios de salida y puesta del Sol y de la Luna.

Desarrollo

- a) *Con la Luna Llena:* Encontrar qué relación existe entre los horarios de salida y puesta del Sol y de la Luna Llena. A continuación mostramos un ejemplo. Se debe prestar atención a que las horas de salida del Sol y de puesta de la Luna son semejantes (difieren apenas en 16^m); por otra parte, el horario de puesta solar y salida lunar también son similares (28^m de diferencia). Puede decirse entonces que se cumple que: *la Luna Llena sale aproximadamente cuando se pone el sol y se pone cuando sale el sol.*





Horacio Tignanelli

b) *Con la Luna Nueva:* Encontrar qué relación existe entre los horarios de salida y puesta del Sol y de la Luna Nueva. Para ello se analiza de la misma manera que en la parte a). En este caso puede verificarse si es correcto

decir que *la Luna Nueva sale aproximadamente cuando se pone con el Sol.*

2 de noviembre	
5:32	Hora de Salida del Sol
20:01	Hora de puesta del Sol
19:32	Hora de salida de la luna
5:16	Hora de puesta de la luna

c) *Con la Luna en alguno de sus Cuartos:* Con los horarios de salida y puesta de la Luna en Cuarto Creciente y/o Menguante, verificar qué relación existe con los correspondientes al Sol. Finalmente verbalizar qué fase es posible

observar durante las horas diurnas (ya sea en la mañana o la tarde), y verificar en los días subsiguientes, antes de producirse la fase de Llena y/o Nueva.

Preguntas: *¿En qué horario puede observarse, por la mañana, por la tarde o a la noche, la Luna en Cuarto Menguante, Creciente? ¿Y la Luna Llena? ¿Y la Nueva? ¿Cambian durante el año?*

II.17 Cráteres de harina

Material

Una fuente metálica común, del tipo usualmente utilizado para hacer pizzas o tartas de tamaño mediano. Una cuchara grande. Harina común, blanca.

Desarrollo

Se coloca harina en la fuente, cubriéndola totalmente hasta obtener uno o dos centímetros de espesor de harina sobre su fondo. Se golpea suavemente





la fuente para emparejar la superficie enharinada. Luego, llenar una cuchara grande con harina y dejar caer su contenido sobre la fuente, desde aproximadamente un metro o metro y medio de altura; el impacto de la harina de la cuchara con la de la fuente, produce un montículo semejante a los cráteres de impacto meteoríticos. En general se verán varios cráteres, algunos diminutos y otros más grandes; algunos *cráteres de harina* se forman dentro de los más grandes, tal como se han visto en la superficie de la Luna, por ejemplo. La distribución de cráteres resultará no homogénea: habrá zonas con mayor cantidad de cráteres y otras en las que no se formará ninguno. Incluso puede darse la situación que con el impacto de la caída de la harina se formen *rayos* (un tipo de accidente característico del suelo lunar), que se forman en los alrededores de los cráteres lunares, en el piso alrededor de la fuente. Meneando suavemente la fuente, los cráteres se desdibujan, la superficie se alisa y puede repetirse la experiencia, modificando algunas de las condiciones iniciales anteriores: colocando más o menos harina en la cuchara, arrojando su contenido desde diferentes alturas y o con distintos ángulos, llenando la fuente con una capa de harina más gruesa, etc.





CAPÍTULO III

Astros y fenómenos del cielo nocturno







Satélites artificiales

La palabra *satélite* significa *sirviente* y fue usada por primera vez en el siglo XVII para identificar aquellos astros que dan vueltas alrededor de otro. Así, la Luna es satélite de la Tierra, tanto como ésta es satélite del Sol; finalmente, el mismo Sol es un satélite del centro de la Vía Láctea, la galaxia alrededor de la cual gira desde que se formó como las estrellas. Cuando se observa un astro girando en torno a otro, se dice que son *satélites naturales*; pero en el siglo XX, desde que los científicos construyeron y colocaron artefactos en movimiento alrededor de la Tierra y de otros cuerpos celestes, también existen los *satélites artificiales*. Se pusieron satélites alrededor de algunas lunas del Sistema Solar, otros se mandaron a los planetas, algunos alcanzaron a navegar bastante cerca del Sol y, por supuesto, una gran cantidad aún hoy da vueltas alrededor de la Tierra, ya sea en actividad o como *chatarra espacial*. Un satélite artificial es un conjunto de instrumentos sostenido con un armazón; de su estructura sobresalen aletas, paneles, antenas y toda una serie de artefactos con formas insólitas que le dan al satélite un singular aspecto. Muchos satélites se colocan en órbita a través de potentes cohetes o bien a través de los conocidos *transbordadores espaciales*.

En el cielo terrestre, algunos satélites se alcanzan a ver a simple vista como pequeñas lucecitas que cruzan la esfera celeste a una velocidad constante; en general, se aprecian mejor después del atardecer y antes del amanecer.

Las estrellas fugaces y la lluvia de meteoros

En las noches claras, contra sobre el fondo estrellado de la esfera celeste, se puede observar que en forma repentina, un punto levemente brillante se desplaza con gran rapidez; en pocos segundos desaparecerá de la visión. Son meteoros extraterrestres llamados *estrellas fugaces*. Su brillo resplandece en la oscuridad de la noche y provoca que un observador confunda al



Actividad III.1
pág. 115



Actividad I.1
pág. 30





Horacio Tignanelli

En tiempos de los primeros satélites artificiales, muchas personas conocían la hora en que eran visibles y miraban el cielo para verlos pasar
¿Alguna vez han visto pasar un satélite artificial? ¿Y sus padres? ¿Y sus abuelos?



Actividad III.1 Pág. 115

La palabra meteorito, bastante común en el lenguaje corriente, no identifica a un meteorito chiquito. En general, los meteoros se incineran totalmente en el aire. Pero, sucede que si el objeto que penetra en la atmósfera terrestre es lo suficientemente grande como para que, luego de quemarse, aún reste una porción considerable que impacta la superficie, entonces a esa roca caída del cielo la denominamos meteorito.

meteorito con una estrella que repentinamente ha dejado su posición celeste. Popularmente, tal fenómeno se reconoce con la expresión *se ha caído una estrella*, inclusive algunas personas lo aprovechan para pedir un deseo. Las estrellas fugaces son partículas de polvo de muy pequeño tamaño que al penetrar la atmósfera terrestre, se queman rápidamente por rozamiento con los gases de la misma. Aquellas que tienen mayores dimensiones y un peso apreciable, son más brillantes y hasta llegan a durar más tiempo describiendo largas trayectorias. En promedio, si observamos el cielo nocturno durante una hora, notaremos que surgen alrededor de media docena de estrellas fugaces.

Pero si estos meteoros son un fenómeno curioso y atrayente, existe otro más espectacular. Sucede que en ciertas fechas el número de estrellas fugaces aumenta notoriamente y pueden verse cientos de ellas en la misma zona del cielo; por estas características, este fenómeno se conoce como *lluvia de estrellas fugaces* o *lluvia de meteoros* y suelen durar algunas horas.

Para un observador terrestre, tan sólo por un efecto de perspectiva, los meteoros de una lluvia parecen emerger de un único sitio de la esfera celeste llamado *punto radiante*. Estas lluvias reciben el nombre de la constelación donde aparece el mencionado punto radiante. Por ejemplo, *Leónidas* es una lluvia que ocurre en dirección de la constelación del león, *Leo*.

Los astrónomos hemos acumulado evidencias que vinculan las *lluvias* con los restos de *cometas* desintegrados; esto es, al aproximarse al Sol, un cometa se parte y deja en el espacio parte del polvo que contiene en forma de una tenue *nube de partículas*. Ese polvo permanece en la órbita original del cometa, describiendo una trayectoria alrededor del Sol, por tal razón, se considera que esas nubes también son miembros del Sistema Solar. Cuando la Tierra atraviesa una de esas nubes, mucho de su polvo penetra la atmósfera terrestre, se quema y todas las partículas que alcanzan un brillo suficiente para hacerlas visibles, producen el efecto de lluvia de estrellas fugaces.





Estrellas

Existe una enorme variedad de estrellas; geoméricamente, algunas son tan grandes que la órbita de la Tierra entraría cómodamente dentro de ellas. En el otro extremo, existen estrellas tan pequeñas como el planeta Tierra o todavía más diminutas.

Sobre las infinitas estrellas

Una impresión popular sostiene que el número de estrellas visibles es infinito, algo así como *incontables*, o bien que se trata de una cifra superior a cientos de miles de millones, una cifra que reforzaría la idea de que es imposible su cómputo. Pero contar las estrellas ha sido una de las actividades más antiguas de los astrónomos y se idearon diversos métodos para hacerlo, cada vez con mayor precisión. Hoy sabemos que el número de estrellas del universo es realmente muy grande, aunque finito. Sin embargo, a simple vista, el número de estrellas *observables* en la esfera celeste es de apenas unas 10.000; es posible contar ese número en condiciones óptimas de observación, por ejemplo: sin luces artificiales y sin tomar en cuenta el fenómeno de debilitamiento la luz en las cercanías del horizonte, llamado *absorción atmosférica*.

Pero un observador no puede ver *todas* las estrellas del cielo. Por una parte, sólo puede apreciar una semiesfera celeste; por otra, debe tenerse en cuenta dónde está ubicado ese observador sobre la Tierra. Si se encuentra en zonas cercanas al ecuador, verá más estrellas que en cualquier otro sitio; en cualquier otro lugar, hay estrellas que permanecen no visibles y otras tantas que, si bien llegan a estar sobre el horizonte, no alcanzan a ser percibidas por efectos atmosféricos. Por último, en las zonas entre el ecuador y los polos, la cantidad es cerca de 2000 estrellas visibles (a lo largo del año y hasta el mínimo brillo que puede captar un ojo humano). Es más, si se considera un lugar con pobre visibilidad, el número total no alcanza siquiera a 400 estrellas, por ejemplo: en una gran ciudad.



Actividad III.2 pág. 117





Horacio Tignanelli

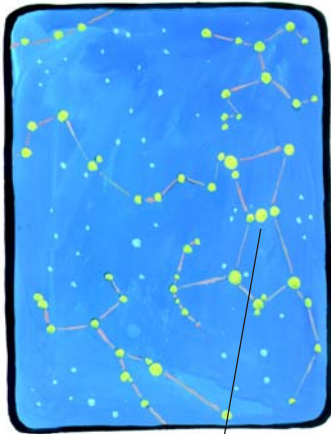
Sobre las constelaciones: grupos aparentes de estrellas



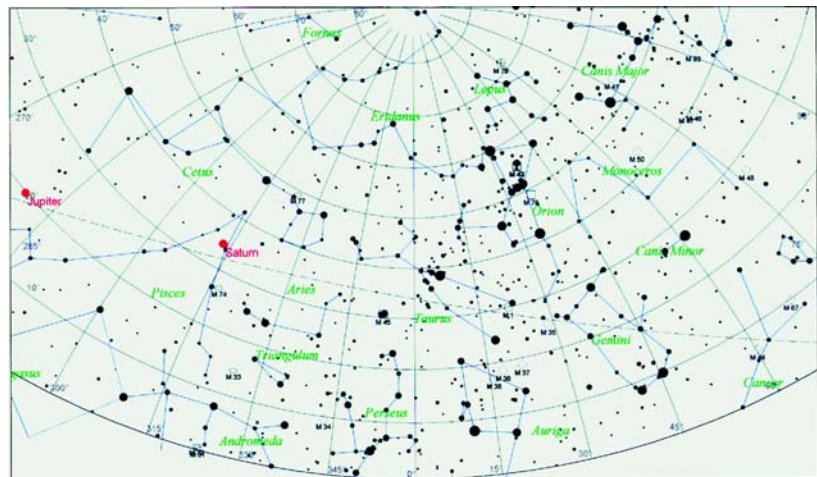
Actividad III.3 pág. 119

Para distinguir una estrella de otra o para identificar una región en la esfera celeste, los antiguos asociaron imaginariamente algunas estrellas próximas entre sí, formando figuras reconocibles a simple vista; ese conjunto aparente se denominó *constelación*. La mayoría de las constelaciones tienen formas y nombres relacionados con mitos y leyendas de diferentes culturas, aunque también hay otras que representan emblemas y figuras tomadas de diversas ciencias y disciplinas.

Actualmente los astrónomos reconocen ochenta y ocho constelaciones diferentes, entre las que sobresale un grupo conocido como el *Zodiaco*, que permite identificar la zona celeste donde se produce el movimiento aparente del Sol alrededor de la Tierra, durante el año. El Zodiaco se compone por doce constelaciones: El toro (Tauro); Los gemelos (Géminis); El cangrejo (Cáncer); El león (Leo); La doncella (Virgo); La balanza (Libra); El escorpión (Escorpio); El arquero (Sagitario); El pez con cabeza de cabra (Capricornio); El aguatero (Acuario) y Los pescados (Piscis). Además de las constelaciones



Las llamadas *Tres Marías* son una formación de estrellas que pertenece a Orión, una de las 88 constelaciones de la esfera celeste.





zodiacales, en el hemisferio sur es muy famosa la *Cruz del Sur* (Crux), que puede verse todo el año y es muy útil para hallar el punto cardinal Sur sobre el horizonte.

Sobre sus brillos apreciables y sus nombres

En una noche diáfana, a simple vista puede apreciarse que las estrellas no tienen todas el mismo brillo ni la misma tonalidad. El brillo de las estrellas fue sin duda una de las características que llamó la atención de los antiguos; así, encontramos que sólo las más brillantes recibieron un nombre para reconocerlas; ese nombre difiere en distintas culturas y también en diferentes épocas. En la antigüedad, al nombre de la estrella se le añadía la elevación que alcanzaba sobre el horizonte o bien el sitio preciso de su levante; más tarde, también se añadió su color aparente. Los nombres de las estrellas que aún hoy usamos los astrónomos en cartas y mapas celestes, provienen de denominaciones originales de caldeos, egipcios, griegos, romanos y árabes, entre otros pueblos antiguos. Actualmente, al nombre de una estrella le sigue, a modo de *apellido*, el nombre de la constelación donde se la observa, precedida generalmente de un número o una letra que marca su posición en una escala de brillo.

Por último, mencionemos que el centelleo de las estrellas es un fenómeno producido por la interacción de la luz estelar con la atmósfera terrestre, antes de llegar a nuestro ojo.

Agrupaciones reales de estrellas *La Vía Láctea*

Sin salir de la Tierra, los astrónomos hemos podido averiguar que el Sol, junto con todo el sistema planetario, se mueve por adentro de una estructura gigantesca de estrellas, polvo y gas, llamada *galaxia*. Al estar adentro, sólo podemos apreciar parte de la misma como una franja de estrellas que cruza el cielo y, dado que, esa región desde la antigüedad, se conoce como la Vía



Actividad III.4
pág. 122





Horacio Tignanelli

¿Por qué llamamos Vía Láctea a nuestra galaxia? *Los antiguos griegos creían que Zeus, su dios principal, tuvo amoríos con una mujer llamada Alcmena; al nacer el hijo de ambos, lo bautizaron Hércules. Como Alcmena era mortal, Zeus hizo que la diosa Hera lo amamantara, pensando que su leche haría de Hércules un ser inmortal. Y sucedió que una gota de la leche divina se derramó sobre el cielo, dando origen a una mancha blancuzca, identificada después con la franja de estrellas visible. Así, vía láctea, que significa camino de leche, recuerda la historia de Hércules bebé.*

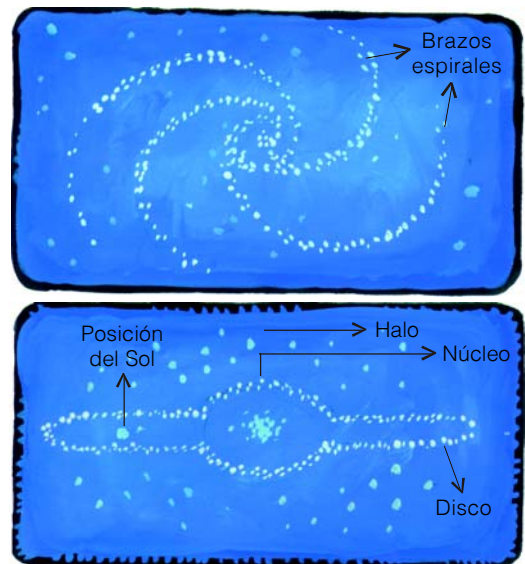
Láctea, tal nombre se ha extendido a toda nuestra galaxia. A simple vista, todos los astros que ve un observador en la superficie terrestre, salvo pocas excepciones, forman parte de la Vía Láctea.

Desde afuera de nuestro planeta, la galaxia parece un remolino circular de estrellas, con una zona central abultada y brillante, a la que llamamos *núcleo* y que muestra una forma parecida a una pelota de rugby.

Desde ese núcleo arrancan cuatro *senderos* de estrellas denominados *brazos espirales* ya que parecen enroscarse a su alrededor; la zona visible desde la Tierra es, justamente, una porción de esos brazos.

De perfil, en la Vía Láctea se hacen notables manchas oscuras (*zonas de polvo*) y puntos brillantes (*estrellas*), en una estructura bastante chata, en la que sólo sobresale el núcleo. Esa zona, de espesor mucho menor que el diámetro, se denomina *disco*. Alrededor del disco hay una gigantesca *burbuja* (el *halo*), formada por pocas estrellas, un montón de grupos estelares compactos (los *cúmulos globulares*) y una nube de materia no visible.

Estructura de la Vía Láctea e imagen de una galaxia muy similar.





Nuestro Sol arrastra al sistema planetario en un movimiento alrededor del núcleo con una velocidad cercana a los 800.000 km por hora; así, demoramos unos 200 millones de años en completar un giro. Tanto las nubes de gas y polvo, *nebulosas*, como todas las estrellas, giran alrededor del centro de la Vía Láctea, demorando millones de años en dar una vuelta completa.

Nota: *Se estima que unas 200.000 estrellas conforman la estructura de la Vía Láctea, con una mayor concentración hacia el núcleo. Las llamadas Nubes de Magallanes son dos galaxias satélites que orbitan alrededor de la Vía Láctea; son las únicas galaxias identificables a simple vista y sólo pueden verse desde el hemisferio sur. La Vía Láctea y un conjunto de unas 50 galaxias de diferentes formas y tamaños, conforman un conglomerado mayor llamado Grupo Local de Galaxias.*

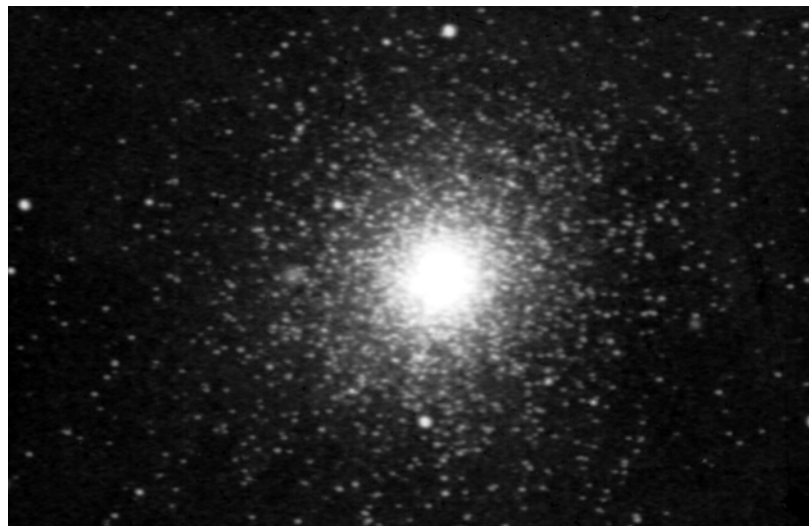
Grupos menores de estrellas

Es bastante común hallar un par de estrellas girando una alrededor de la otra (*estrellas dobles*); pero también existen en la Vía Láctea ciertas agrupaciones de gran cantidad de miembros: son los llamados *cúmulos estelares*. Se distinguen dos clases: los *globulares* que son más o menos esféricos y contienen miles de estrellas bastante más viejas que el Sol, y los *abiertos*, con algunos centenares de estrellas más jóvenes que el Sol.



Actividad III.5 pág. 123

Imagen de un cúmulo globular.



Actividad III.5 pág. 125





Horacio Tignanelli

Más allá de la Vía Láctea

El número total de galaxias aún es desconocido, ¿cientos, miles, millones, cientos de miles de millones? El conjunto de galaxias define el Universo, en donde está contenido todo lo que vemos; respecto a su forma, poco puede decirse, ya que los astrónomos desconocemos si el universo tiene centro o bordes. Pero junto a las galaxias, en las fronteras del universo accesible por los más sofisticados instrumentos que poseemos, se hallan los *quasares*, enigmáticos cuerpos celestes muy luminosos y extremadamente distantes. Galaxias y quasares se perfilan como astros *claves* para definir la forma que tendría el universo. Sobre esta cuestión, se han planteado varios modelos según cada uno de los cuales el universo tendría distintas características; sin embargo, ninguno de esos modelos es aceptado por completo ya que se necesita más información de los datos observacionales que permitan elegir sólo uno entre ellos.

La Luna



Actividad III.6 pág. 126

Indudablemente, la Luna es el astro más impresionante que aparece en el cielo, no sólo por su tamaño y brillo, sino por los periódicos cambios que experimenta su forma aparente. La Luna fue observada desde la más remota antigüedad; se la estudió tanto desde observatorios terrestres como espaciales y los astrónomos decimos que es el cuerpo celeste que mejor conocemos. Por ejemplo, mucho antes que los astronautas llegaran a pisar su superficie (1969), habíamos determinado que la Luna no tiene una atmósfera considerable; una consecuencia de ello es que sobre su suelo, la línea que separa la región iluminada, diurna, de la oscura, nocturna, es notablemente nítida. Ese límite entre sombras y claridad se ha llamado *terminador* (tal vez porque allí *termina*, el día lunar y comienza la noche, o viceversa) y resulta perfectamente apreciable desde la Tierra. Otros datos sobre la Luna se muestran la Tabla N° 9 del Apéndice I.





Debe tenerse presente que la Luna es un mundo desolado al que los últimos estudios le adjudican una edad de 4.600 millones de años, tiempo suficientemente largo como para que los astrónomos consideremos que la Luna puede suministrar información importante sobre la historia del Sistema Solar. Recuérdese también que la Luna no emite luz; se la ve brillar en el cielo porque refleja la luz solar.

Por último, los movimientos básicos de la Luna son tres: su giro alrededor de la Tierra (*revolución lunar*), la rotación sobre sí misma (*rotación lunar*) y la *traslación lunar*, es decir, el desplazamiento de la Luna alrededor del Sol, acompañando a la Tierra.

Descripción de las fases lunares

La Luna cambia de aspecto continuamente: se ve que varía desde un *disco* brillante hasta desaparecer por completo luego de mostrar secciones luminosas de diferentes dimensiones. Si prestan atención al lapso durante el que se producen esos cambios, verificarán que su *forma aparente* se repite en 29 días y medio. A cada uno de los aspectos que presenta la Luna, los astrónomos lo hemos denominado *fase*.

Aunque tenemos al menos 29 fases distintas antes que se repita la misma forma lunar, es común ver que en los almanaques aparecen señaladas sólo cuatro de ellas: *Nueva, Llena, Cuarto Creciente* y *Cuarto Menguante*.

Tales formas son debidas al cambio de la región de superficie lunar que es iluminada por el Sol; y suceden como resultado de la posición relativa de la Luna respecto al Sol, tal como se observa desde la Tierra. Cuando en la esfera celeste, la Luna aparece en la vecindad del Sol, brilla sólo un pequeño sector de su disco; a medida que pasan los días y se aleja del Sol, esa zona se amplía. Cuando el Sol se ponga y simultáneamente aparezca la Luna, el brillo de su disco será completo; entonces se halla en la fase de *Luna Llena*.

Luego de esa fase, el disco lunar parece disminuir de tamaño: cambia de forma a medida que se acerca nuevamente al Sol hasta que, ya en sus cercanías, prácticamente desaparece de la visión; entonces decimos que es la



Actividad III.7 pág. 128

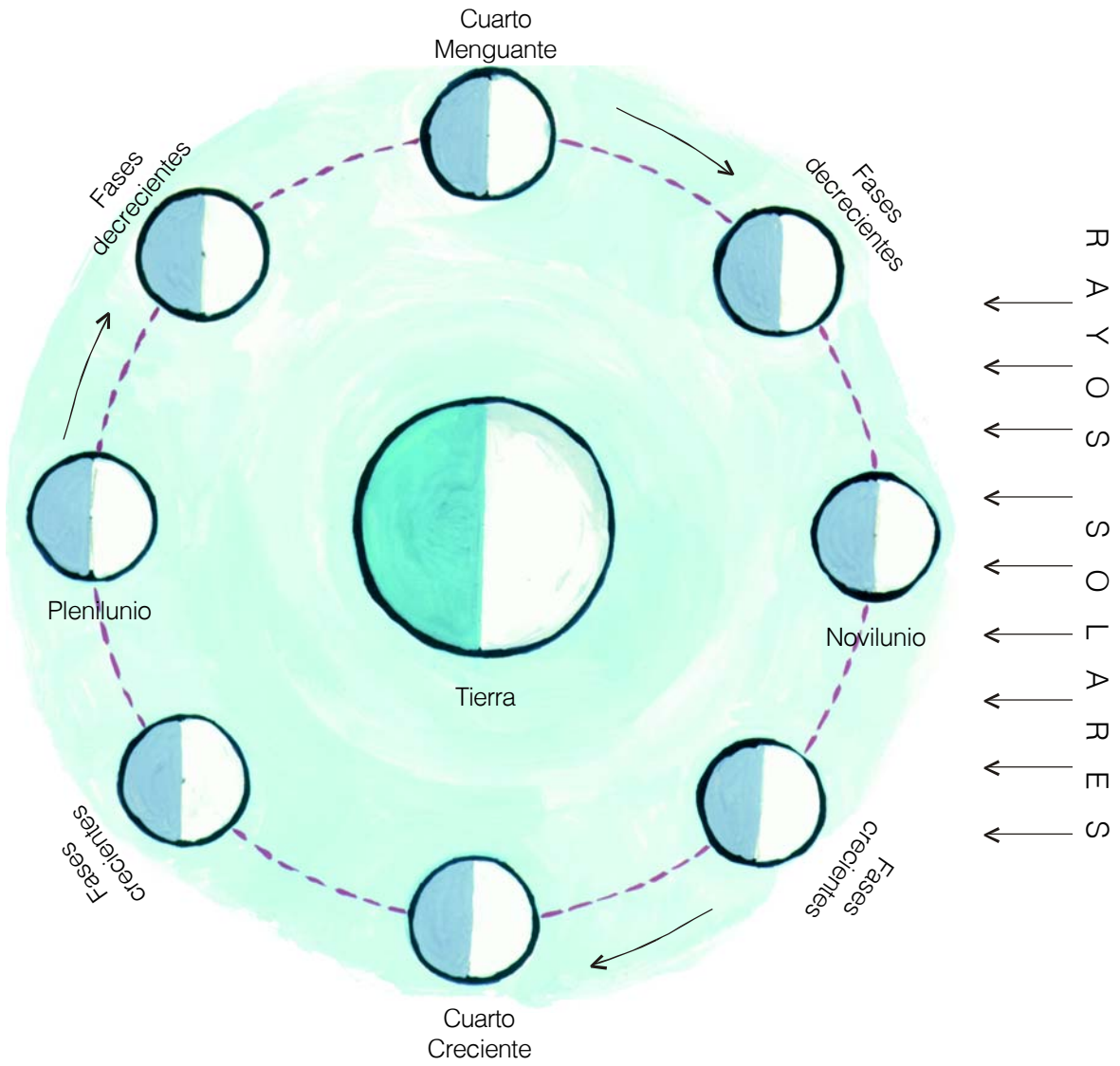
La duración del mes de nuestro calendario ha sido establecida por el tiempo que la Luna demora en completar su ciclo de cambios.

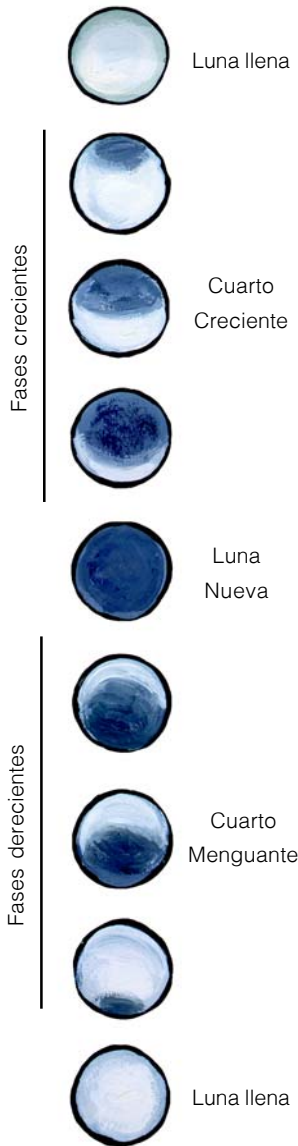




Horacio Tignanelli

Las fases lunares





fase de *Luna Nueva* o *novilunio*, en los almanaques se la representa como un circulito negro. En su fase de *Nueva*, luego de elevarse sobre el horizonte y cruzar la esfera celeste, la Luna se oculta aproximadamente al mismo tiempo que el Sol. En el novilunio la Luna está sobre el horizonte entre el mediodía y la tardecita, hasta la puesta del Sol; luego, se oculta a una hora que día tras día varía entre la puesta del Sol y la medianoche. Si durante el novilunio, un astronauta mira a nuestro planeta desde la superficie lunar ve una *Tierra Llena* en su cielo, cuarenta veces más brillante que nuestra *Luna Llena*.

Después del *novilunio* suceden fases con zonas iluminadas sucesivamente *mayores* día tras día; todas ellas, de brillo progresivo, se identifican como *crecientes* y en particular se distingue al *Cuarto Creciente*, apreciable cuando es visible exactamente la mitad del hemisferio iluminado. Durante el *Cuarto Creciente*, la Luna está sobre el horizonte entre el mediodía y la puesta del Sol, llega a su altura máxima entre la puesta del Sol y la medianoche, y se oculta entre la medianoche y el amanecer; vale recordar entonces que la Luna, en cualquiera de las fases crecientes, es visible entre la puesta del Sol y la medianoche.

Una semana más tarde, la Tierra se ubica en el espacio más o menos entre la Luna y el Sol, posición que permite apreciar nuevamente todo el disco lunar iluminado: es la *Luna Llena* o

Cerca del novilunio se ve todo el disco lunar, ya que la parte no iluminada por el Sol presenta una débil claridad producida por la Tierra al reflejar sobre la Luna una parte de la luz que recibe del Sol; esa claridad, levemente azulada, recibe el nombre de luz cenicienta.



Actividad III.8
pág. 129

Como desde la Tierra únicamente se puede observar la mitad de la Luna, cuando la porción iluminada, visible, y la porción en sombras, no visible, son exactamente iguales, sucede que sólo vemos la "mitad de la mitad de la Luna", es decir, un cuarto. De allí su denominación de "cuarto creciente" o "cuarto menguante".





Horacio Tignanelli

Recordar que la fase creciente después de Luna Nueva es visible inmediatamente después de la puesta del Sol, mientras que la fase menguante, que ocurre antes de la Luna Nueva, es visible justo antes de la salida del Sol.

plenilunio, en los almanaques se dibuja un circulito blanco. Entonces la Luna será visible durante toda la noche, cerca de medianoche alcanza su máxima altura.

Una semana después del plenilunio, ya en su fase de *Cuarto Menguante*, la Luna se muestra con la mitad de su disco iluminado, habiendo pasado por una sucesión de formas cada día más pequeñas, llamadas *fases decrecientes*. Al comienzo del *Cuarto Creciente* la Luna aparece, llega a su máxima altura y se oculta unas seis horas antes que el Sol; sin embargo, poco después de siete días aparece junto con el Sol.

De este modo se repite una rutina de transformaciones que los astrónomos denominamos *ciclo de las fases lunares*.

Las noches y los días de la Luna



Actividad III.9
pág. 131



Actividad III.10
pág. 132

La Luna gira alrededor de la Tierra exactamente en el mismo tiempo que da una vuelta sobre sí misma; de este modo ocurre la curiosa situación que desde cualquier lugar de la superficie terrestre puede verse sólo un hemisferio lunar, que estamos más acostumbrados a llamar *cara lunar*. Es sólo sobre esa cara donde se aprecian todos y cada una de las fases lunares. Así, ver todo el disco iluminado, *Luna Llena*, es otra forma de decir que desde la Tierra vemos toda la parte de la superficie lunar donde es *de día*. Es decir, en la noche terrestre, vemos un día *extraterrestre*: *el día lunar*. Del mismo modo, la Luna Nueva presenta una noche extraterrestre (*la noche lunar*), dentro del cielo terrestre, ya que en esa fase la zona iluminada por el Sol no es visible desde la Tierra. Por último, en sus formas crecientes o decrecientes, desde la Tierra percibimos sólo porciones del día lunar y de su noche, en la proporción que indique la fase correspondiente.

La Luna no miente

Cuando en Buenos Aires se ve *Luna Llena*, idéntica fase se presenta en cualquier lugar en el que la Luna puede verse sobre el horizonte; lo mismo





sucede para cada una de sus fases: todas se ven simultáneamente iguales desde cualquier sitio de la Tierra. Pero ocurre que, por un efecto de perspectiva, aunque la fase lunar es la misma, su aspecto es diferente para observadores ubicados a uno y otro lado del ecuador. Tal diferencia se aprecia como cierta simetría en la forma iluminada del disco lunar. Así, mientras que en el hemisferio sur el *Cuarto Creciente* aparece como una figura que nos recuerda la forma de una letra *C* simultáneamente en el hemisferio norte, la misma fase nos recuerda la forma de una letra *D*. Recíprocamente, cuando en el sur vemos fases *menguantes* (es decir, decrecientes) con formas parecidas de letra *D*, en el norte las mismas fases tienen figuras de letras *C*. Este sencillo artilugio es útil para reconocer si las fases de la Luna son crecientes o decrecientes y explica también por qué, en el hemisferio sur, se acuñó la expresión de que la *Luna no miente*, dando cuenta que su forma señala exactamente la letra que da inicio a la palabra que designa a la fase en que se encuentra. En el norte, por su parte, se suele escuchar que la Luna *sí miente*.

Eclipse de Luna

En ciertas y precisas circunstancias, cuando nuestro planeta, durante su trayectoria espacial, pasa entre la Luna y el Sol, entonces desde la superficie terrestre puede suceder que observemos un fenómeno fascinante: el cambio de coloración de la Luna y hasta su desaparición total por unos momentos. Tal es la apariencia de los eclipses lunares. La visión de un eclipse de Luna es posible para cualquier persona que, a la hora del fenómeno, tenga la Luna a cierta altura sobre su horizonte. Para entender cómo se produce este fenómeno debe recordarse que al ser iluminada por el Sol, la Tierra produce un cono de sombra cuyo vértice apunta al interior del espacio, en dirección opuesta al Sol. Si un objeto se ubica dentro de ese cono, no lo alcanzará la luz solar y se mostrará oscuro o directamente será no visible; esa situación explica lo que ocurre en un eclipse lunar, es decir, la Luna penetra dentro del cono de sombra de la Tierra. Ahora bien, la longitud del cono de sombra terrestre es casi tres veces mayor que la distancia de la Tierra a la Luna; por lo tanto, si el cono de sombra terrestre está correctamente orientado, la



Actividad III.11 pág. 134





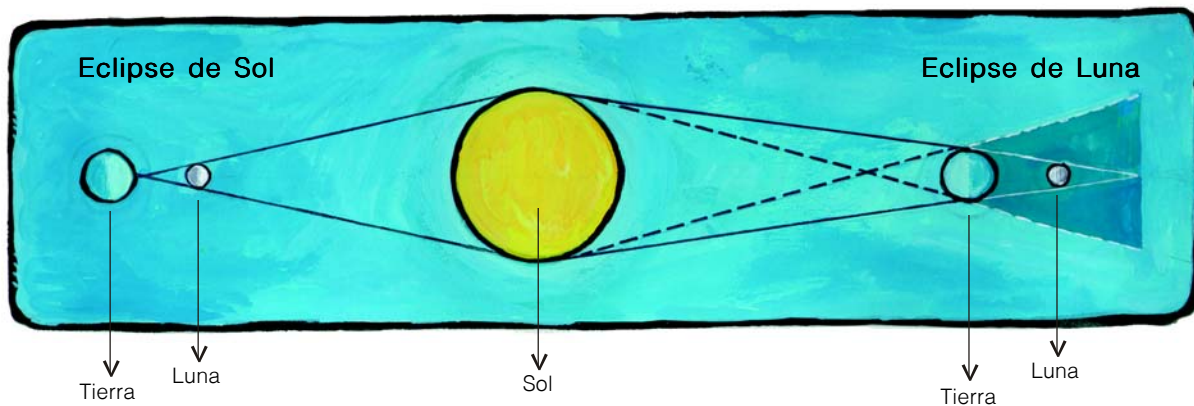
Horacio Tignanelli

Luna entrará en el mismo, cuando la Tierra, el Sol y la misma Luna se ubiquen en una misma línea. Dada esa circunstancia, comienza el eclipse lunar apenas la Luna se sumerge en la sombra de nuestro planeta.

Nota: La sombra de la Tierra apunta hacia la Luna durante su fase Llena. Cuando esto no ocurre, la sombra se dirige hacia el norte o al sur de la Luna y entonces no se produce ningún eclipse. Es decir, si en la época de Luna Llena, ésta se halla cerca del plano de la órbita terrestre (la elíptica), pasará por el cono de sombra de la Tierra y será eclipsada. Pero como la órbita de la Luna está inclinada unos 5° respecto de la elíptica, los eclipses de Luna no son muy frecuentes; generalmente, la Luna Llena pasa por debajo o por encima de la sombra de la Tierra, sin tocarla.

Los eclipses lunares se clasifican en dos clases: *parciales*, cuando sólo una parte de la Luna penetra en el cono de sombra de la Tierra, y *totales*, cuando toda la Luna entra en el cono. Para un observador terrestre, cuando la Luna penetra completamente en el cono, el disco lunar sigue siendo visible por estar iluminado con una luz opaca de color rojo ladrillo, cuya tonalidad varía de un eclipse a otro, y que depende de la cantidad de polvo de la alta atmósfera terrestre: mayor es la oscuridad, mayor es la cantidad de polvo en suspensión.

Comparación entre la situación de un eclipse solar y lunar.





Los planetas

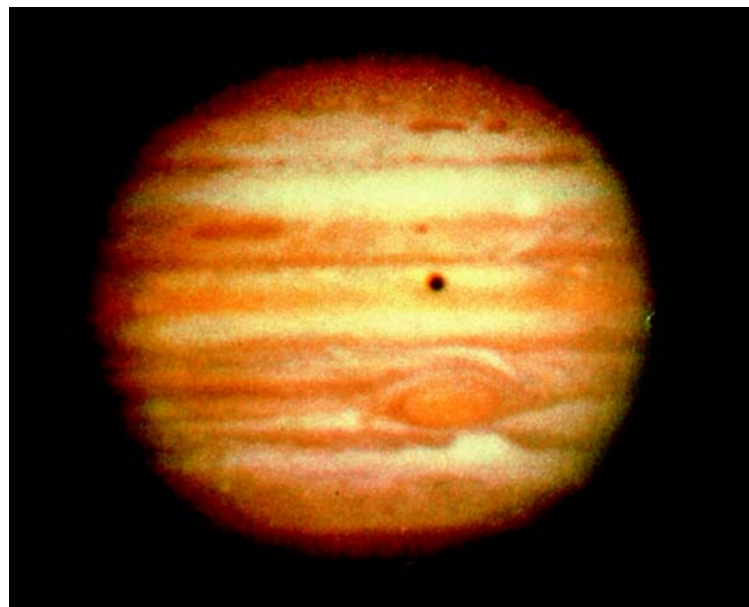
La palabra planeta es muy común en nuestro vocabulario: vivimos en un planeta, viajamos a otros planetas, estudiamos los planetas, etc. Pero... *¿qué es en realidad un planeta?*

Definición histórica: Los griegos antiguos llamaron así a los astros, en apariencia similares a las estrellas, que mostraban una trayectoria diferente a la del resto; *planeta* deriva de un vocablo que significa algo así como *astro vagabundo*. A simple vista, sólo cinco astros cumplen esa definición y los astrónomos decidimos mantener sus nombres primitivos: Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Estos planetas, el Sol y la Luna, conforman la base de lo que entendemos hoy como el Sistema Solar.

Definición astronómica: A través de pacientes observaciones y con el auxilio de otras ciencias (por ejemplo: Física y Matemática), los astrónomos ampliamos la definición de planeta diciendo que se trata de un astro que: 1. No tiene luz propia, brilla reflejando la luz del Sol, 2. Es opaco a la luz, no son transparentes, la luz no los traspasa, y 3. Se mueve girando alrededor del Sol, atraído por la gravedad solar.

Definición escolar. En el cuadro presentamos una forma posible de tratar el tema con los alumnos. En el mismo cuadro, indicamos la existencia de unos 2.000 asteroides o pequeños planetitas; sin embargo, otros tantos cuerpos esperan observaciones más precisas para certificar exactamente sus órbitas, de modo de no sean confundidos con otros planetitas ya clasificados; al respecto, los astrónomos sospechan la existencia de más de 10.000 cuerpos pequeños.

Imagen del planeta Júpiter tomada con el telescopio espacial (NASA).





Denominación y abundancia	Visibles de la Tierra	Ejemplos
Principales o históricos (sólo 9)	A ojo desnudo	Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno.
	Sólo con telescopio	Urano, Neptuno y Plutón.
Secundarios, satélites planetarios o lunas (más de 50)	A ojo desnudo	Sólo la Luna.
	Sólo con telescopio	Europa, Fobos, Titán, Nereida, etc.
Pequeños, asteroides o planetitas (más de 2.000)	Sólo con telescopio	Ceres, Pallas, Vesta, Héctor, Angélica, Paula, La Plata, etc.

Un par de notas para tener en cuenta:

1. Respecto a los asteroides, un dato interesante es su ubicación en el espacio; en un comienzo los astrónomos hallaron asteroides sólo entre Marte y Júpiter. En la actualidad, se conocen asteroides en diferentes zonas del Sistema Solar, aunque es cierto que la mayoría se concentra entre los astros señalados. De esta forma, al indicar la posición de un planeta respecto al Sol, por ejemplo diciendo que Júpiter es el quinto planeta, o la Tierra, el tercero, al menos se debe tener presente que no se está considerando la existencia de los asteroides, que ocupan posiciones intermedias.
2. Del primero al último, todos los planetas giran alrededor del Sol por efecto de atracción gravitatoria. Donde sea que esa atracción disminuya significativamente, inclusive hasta hacerse nula, se halla la frontera real del Sistema Solar, de modo que un cuerpo colocado allí no se ve afectado por la gravedad solar. Esta idea no sólo da una fórmula de presentación de los límites del sistema, sino que además puede ser aprovechada para cuestionar esa idea que afirma: “fuera de la Tierra no hay gravedad”. En el caso de que escuchemos tal afirmación referida a la “gravedad terrestre”, téngase en cuenta que al menos hasta una distancia como la que se encuentra la Luna,





la atracción gravitatoria de nuestro planeta es suficientemente potente, ya que sostiene a dicho astro como su satélite natural.

3. El Sol y seis de los astros visibles originaron los nombres actuales de los días de la semana: Lunes, por la Luna; Martes por Marte; Miércoles por Mercurio; Jueves por Júpiter; Viernes por Venus; Sábado por Saturno; y finalmente al Sol se le asignó el Domingo, cuya relación idiomática es más identificable en otros idiomas, por ejemplo, en inglés: *sunday*, que significa, día del Sol.

El número de planetas

Respecto al número de planetas, es común leer y escuchar que son *nueve*, una cifra que se ha popularizado más allá de la misma percepción y de la realidad científica, ya que: a) si tomamos en cuenta sólo a los planetas visibles a simple vista, es decir, sin instrumento alguno, son cinco; en rigor, de acuerdo a la definición dada, se debe agregar a la Luna. Entonces ya contamos con seis planetas. b) Si tenemos en cuenta a la Tierra, entonces son siete. c) Sabemos que desde la invención del telescopio (siglo XVII), los astrónomos hemos hallado planetas antes invisibles a ojo desnudo. Los primeros que debieron sumarse fueron los descubiertos por Galileo Galilei en 1609: *Europa*, *Calixto* y *Ganímedes*, todos ellos en las proximidades de Júpiter. Más recientemente, las naves espaciales han descubierto otros. Su número es muy alto.

Pero entonces... ¿cuántos planetas son en total?

En tiempos en que se pensaba que existían sólo cinco o seis planetas, se consideraba que el sistema planetario terminaba en Saturno. Sin embargo, con el descubrimiento telescópico de Urano en 1781, los límites se extendieron y Saturno pasó a ser el anteúltimo. Apenas unos años más tarde se encontraron pequeños planetas entre las órbitas de Marte y Júpiter; en 1801 se descubrió *Ceres*; en 1802, *Pallas*; en 1804, Juno, y en 1807, *Vesta*.

Hacia 1845, los astrónomos considerábamos que el sistema contaba con doce planetas; al año siguiente, se descubrió al planetita *Astrae* y el número llegó a trece. Un año después, en 1846, los astrónomos Leverrier y Adams



Actividad III.12
pág. 135





Horacio Tignanelli

Hasta el presente, tan sólo desde Argentina se han descubierto más de 80 pequeños planetas; el primero se denominó Angélica y fue hallado nueve años antes que Plutón, desde el Observatorio Astronómico de La Plata (ver Tabla N°10, Apéndice I).

Tengamos en cuenta que algunas lunas del Sistema Solar presentan mayores dimensiones que algunos de los planetas más conocidos.

El satélite más grande es Ganímedes, que gira alrededor de Júpiter (ver Tabla N°9, Apéndice I).

descubren a Neptuno, más allá de Urano, convirtiéndose automáticamente en el límite exterior del Sistema Solar. En 1847, se hallaron tres planetitas más, ya contamos diecisiete. A partir de entonces el número de pequeños planetas creció considerablemente: sólo en 1848 se descubrieron más de trescientos, siempre entre Marte y Júpiter. Luego, ya en el siglo XX, los astrónomos comenzaron a utilizar con mayor frecuencia la palabra *asteroide* para identificar a estos pequeños planetas. *Asteroide* deriva de *aster*, que significa *estrella*, y *oide*, tiene *forma de*. Recibieron esta denominación porque su imagen en las fotografías resulta similar a la de las estrellas; aunque su aspecto fotográfico es semejante, se puede precisar que se trata de un pequeño planeta justamente porque el trazo de su movimiento es diferente al resto de los trazos producidos por las estrellas.

El primer asteroide fotografiado fue *Brucia* en 1891, ver algunos datos en las Tablas N°8 y N°10 del Apéndice I. Sin embargo, a pesar de que se descubren varios asteroides por año, cierta tendencia simplificadora insiste en recordar sólo el descubrimiento del planeta Plutón (1930), cuando el número de planetas del Sistema Solar ya había superado el millar.

En la cuenta que llevamos se debe tener en cuenta otros astros: los *satélites naturales* o bien, como decimos los astrónomos, *lunas*.

Decimos que la Tierra tiene una luna, la Luna, claro, igual que el planeta Plutón, que hemos llamado *Caronte*, Marte tiene dos lunas, conocidas como *Deimos* y *Fobos*, que literalmente significan *miedo* y *terror* y así sucesivamente con el resto de los planetas principales, a excepción de Venus y Mercurio que no tienen ninguna (ver tablas N° 7 y N°9, apéndice I). Algunos asteroides también tienen una luna diminuta; por ejemplo, *Herculina*, un planetita de apenas 217 km, tiene un satélite de unos 50 km.

Decimos entonces que se debe considerar el número de satélites en la cuenta de planetas del Sistema Solar; hasta el momento se computan más de sesenta. Por lo tanto, entendemos que no debe insistirse en que sólo hay nueve planetas; es una forma no sólo de reducir la cifra correcta sino también resumir peligrosamente la tarea astronómica.





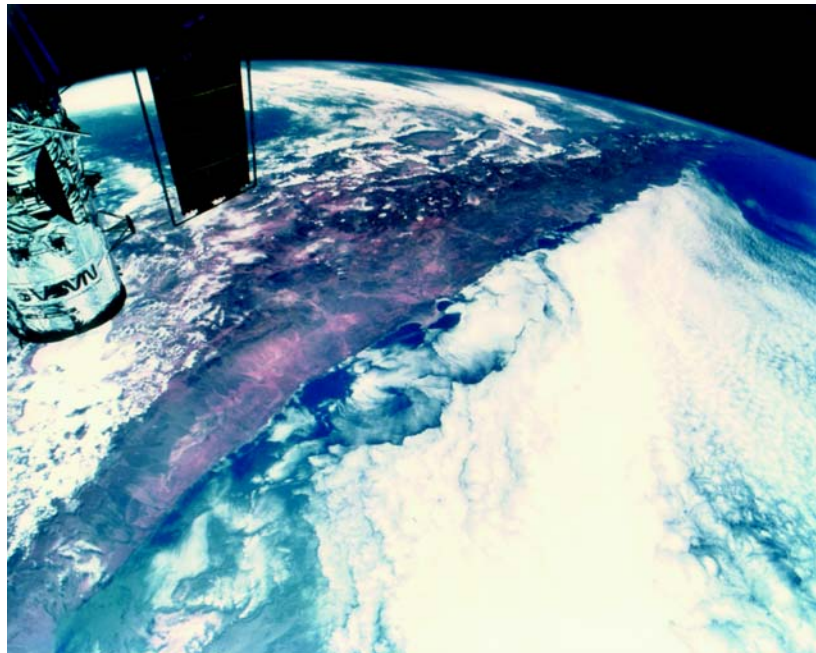
Panorama de los planetas principales

Los astrónomos sostenemos que la Tierra y todo cuanto la rodea es sólo una porción de materia que en un pasado remoto formó parte de una *estrella*; tal vez esa estrella explotó, chocó con alguna otra o, simplemente, su evolución natural la condujo a formar el sistema de planetas tal como lo conocemos actualmente. Cualquiera hubiera sido el comienzo, la idea es que los restos de aquella estrella original forjaron el Sol, el sistema planetario que lo acompaña y varios otros cuerpos que aún pueblan su vecindad espacial. Llegar a esbozar esta conclusión demandó más de 3.000 años de investigaciones astronómicas; fue preciso una paciente y sistemática observación del cielo, un estudio profundo de las leyes de la naturaleza y, principalmente, la imaginación de hombres inquietos, curiosos y obstinados.

La Tierra vista desde el espacio (NASA).

Como la Tierra, la mayoría de los planetas principales, a excepción de Mercurio y tal vez Plutón, tienen atmósferas compuestas de mezclas de diversos gases. Venus y la Tierra son, de los cuatro más cercanos al Sol, los que poseen atmósferas más importantes. Marte, en cambio, presenta una capa gaseosa muy tenue. Con respecto a la constitución de estos cuatro planetas, se ha comprobado que todos tienen una superficie sólida debajo de sus atmósferas gaseosas.

Venus, el más próximo, también es el que más luz solar refleja; los detalles de su





Horacio Tignanelli

superficie no son visibles ni siquiera con los más potentes telescopios ya que su atmósfera es tan densa y repleta de nubes que impide ver sus características. De todos modos, los astrónomos hemos trazado mapas detallados de su suelo a través de instrumentos instalados en naves espaciales. De este modo, se descubrió que Venus presenta una estructura *rugosa* con *montañas*, *cráteres volcánicos* y regiones planas. Las nubes de la atmósfera de Venus están formadas por compuestos que retienen el calor, de tal manera que el *efecto invernadero* resulta muy fuerte: la temperatura en la superficie presentan valores de hasta 480°C.

Marte es visible telescópicamente como un pequeño disco rojizo. Allí también se determinó la existencia de *montañas*, *cráteres volcánicos*, *cañadones* y *ríos secos*, donde alguna vez circuló alguna clase de sustancia líquida; la temperatura marciana es menor que la terrestre, entre -50° C y 0° C.

Otro planeta con superficie sólida es Mercurio, pero dado que se encuentra tan próximo al Sol, las observaciones resultan difíciles. Presenta un suelo similar a la Luna: cubierto de *cráteres* y *montañas*, con numerosas *rajaduras* o *grietas*. Mercurio no tiene atmósfera y sus temperaturas cambian drásticamente: 400° C en el día y 200° C bajo cero durante la noche.

Los grandes planetas Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, tienen atmósferas muy extendidas y densas, que impiden certificar si realmente tienen una superficie sólida debajo de sus atmósferas. Estos planetas tienen una estructura atmosférica bastante similar: *bandas de nubes* muy nítidas y de diversos colores; esto sugiere que están formadas por mezclas de distintos elementos, particularmente *metano*, *amoníaco* e *hidrógeno*. Un hecho notable observado en sus bandas es la presencia de enormes *torbellinos* o *ciclones*. Es interesante destacar el caso de Saturno, que visto con un pequeño telescopio muestra un sistema de *anillos* a su alrededor. Recientemente se ha descubierto que Júpiter, Urano y Neptuno también cuentan con anillos, pero bastante más débiles que los de Saturno. Todos los anillos planetarios se componen de pequeñas partículas, piedras o rocas, distribuidas en un plano, algo que se asemeja a un *aro* continuo y compacto visto a gran distancia.





El último de los planetas principales, Plutón, también es sólido, pero se encuentra tan alejado de nosotros que no distinguimos detalles de su estructura; algunos datos, algo imprecisos, sugieren que podría contener una débil atmósfera rodeándolo.

Cuerpos interplanetarios

Para una descripción completa de los cuerpos que componen al Sistema resta incluir a los *cometas*, que bien podemos decir que cumplen con nuestra definición de planeta, pero dado que presentan características tan peculiares, se los consigna en una clasificación independiente.

El cometa Halley.

Los cometas son pequeños cuerpos compuestos de una mezcla de *nieve* de diversas moléculas volátiles, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y no volátiles, silicatos, metales en forma de diminutas partículas; estos materiales se hallan concentrados en el núcleo del cometa. Muchos giran periódicamente alrededor del Sol y otros, en cambio, sólo alcanzan a acercarse una vez durante su existencia. En las cercanías del Sol, se despliegan sus famosas *colas*, compuestas por el gas y el polvo desprendido del núcleo por efecto de la luz solar.

Por otra parte, aunque el espacio entre los planetas y





cometas no es un continuo de materia, tampoco está totalmente vacío: existe cierta cantidad de *polvo* y *gas*. Se trata de una discreta cantidad de materia, suficiente para ser detectada y observada desde la Tierra. Por último, señalemos que cuando la prensa se hace eco de noticias sobre el descubrimiento de nuevos planetas, está refiriéndose a ciertos astros *ubicados fuera del Sistema Solar*, que los astrónomos sospechamos de naturaleza planetaria y girando alrededor de una estrella determinada. La posibilidad de existencia de otros sistemas planetarios no es descabellada y existen serias evidencias que parecen corroborar esa idea.

El movimiento visible de los planetas

A simple vista sólo es apreciable el movimiento aparente de cinco planetas y de la Luna; todos cumplen con las reglas del movimiento aparente. Los planetas se mueven más lentamente que la Luna; si se observan durante cierto tiempo, puede apreciarse que trazan una singular trayectoria entre las estrellas de fondo, moviéndose hacia el Este. Puede suceder que cuando comienza la noche, algunos planetas ya han salido, es decir, salieron durante el día pero la luz solar impidió identificarlos, y se los ve ya a cierta altura sobre el horizonte. En particular, Venus y Mercurio sólo podrán ser vistos durante los crepúsculos solares, en el amanecer y en el atardecer; Marte, Júpiter y Saturno, en cambio, durante la noche. La apariencia de un planeta en el cielo nocturno es el de un punto luminoso, similar a las estrellas, en ciertas circunstancias puede observarse que los planetas no titilan del mismo modo ni con la misma intensidad que las estrellas; ésta es una manera de diferenciarlos.



Actividad III.1 pág. 115





Actividades propuestas

III.1 Movimiento aparente de los planetas y otros cuerpos

Nota: Primero mostramos algunas pistas sobre cómo simular los movimientos aparentes de un planeta, y luego el de un satélite artificial (3), una estrella fugaz (1) y una lluvia de meteoros (2).

Materiales

Teatro del Cielo (Ap. III). Panoramas y horizontes. Luces diminutas para simular los astros o bien esferas pequeñas sostenidas con varillas.

Desarrollo

Preparar el escenario del Teatro del Cielo con un panorama nocturno, simulando un cielo estrellado; inclusive pueden incluirse *constelaciones* que luego sirvan como referencia para estudiar el movimiento del astro en el cielo, por ejemplo: las *Tres Marías*, *Cruz del Sur*, o bien imaginadas por los chicos. En el frente del teatrino puede aparecer alguno de los siguientes elementos: a) Un horizonte frontal similar al del lugar donde está la escuela; b) Un horizonte frontal correspondiente al de otro sitio, usado como referencia en actividades anteriores; c) Un horizonte de fantasía, corona circular, con referencias al lugar donde está la escuela en su interior; d) Sólo la ubicación de los puntos cardinales, el Este y el Oeste, en particular.





Horacio Tignanelli

Así como resaltamos que ni el Sol ni ninguno de los planetas salen todos los días por el mismo lugar del horizonte, vale señalar que ciertas estrellas ni salen ni se ponen, simplemente trazan trayectorias circulares en el cielo en torno de un punto de la esfera celeste; los astrónomos le llamamos estrellas circumpolares, nombre debido a que el punto alrededor del que giran es el polo celeste. Un ejemplo de circumpolares son las estrellas que forman la constelación Cruz del Sur.

La acción consiste en tomar sólo una lucecita o bien la varilla con el astro, y manipularla en el teatrino simulando su trayectoria. Durante la simulación, recomendamos prestar especial atención a:

1. La dirección del movimiento del astro respecto a: a) los puntos cardinales colocados en el teatrino, b) al horizonte del lugar, tanto frontal como circular, c) al fondo estrellado del panorama de escena, d) al desplazamiento de otros astros, por ejemplo: otros planetas o bien la Luna.
2. El tiempo que demora el astro en cruzar el cielo respecto a la duración de la noche.
3. Detener el recorrido de un planeta fijando con cinta la pequeña lucecita sobre el fondo del cielo estrellado o bien hacer una marca sobre el panorama; luego, echar a andar otro astro, por ejemplo: la Luna, y analizar su recorrido relativo al primero.
4. Si es preciso puede incorporarse el movimiento de la esfera celeste como un todo, desplazando el panorama, para visualizar el movimiento *relativo* de estos astros no estelares.

Otros astros

Para una estrella fugaz: Si se usa una lucecita, entonces se reproduce el movimiento aparente encendiendo y apagando rápidamente el interruptor para mejorar el efecto buscado. Si se trata de un pequeño astro sostenido en una varilla, manipularlo cruzando el cielo en diferentes direcciones y con distinta rapidez. En todo momento, definir su trayectoria respecto a cualquiera de los sistemas de referencia indicados.

Para una lluvia de estrellas fugaces: Si se dispone de un set de diminutas luces, se prepara un movimiento en conjunto, simulando la posición *del punto radiante*, es decir, todos los meteoros parecen surgir del mismo lugar del cielo, en múltiples direcciones espaciales. Con astros en varillas, deben moverse de manera de hacer converger sus trayectorias hacia un mismo punto del panorama.

Para una satélite artificial: Con una única lucecita o una varilla sosteniendo un pequeño objeto que simula un satélite artificial, atravesar el cielo





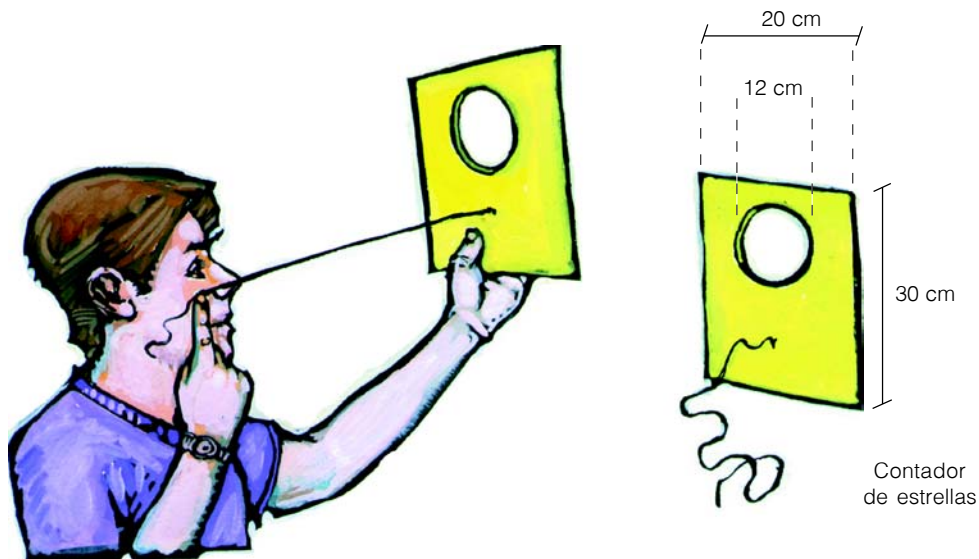
nocturno del teatrino, recordando las características principales del desplazamiento de estos objetos, sobre todo su mayor velocidad orbital aparente, respecto de todo el resto de los astros visibles.

Nota: Por último sugerimos que los niños espectadores tracen los caminos celestes que han visto en el teatrino, tratando de discutir en grupo diferencias y semejanzas entre las trayectorias de los diversos astros.

III.2 El contador de estrellas

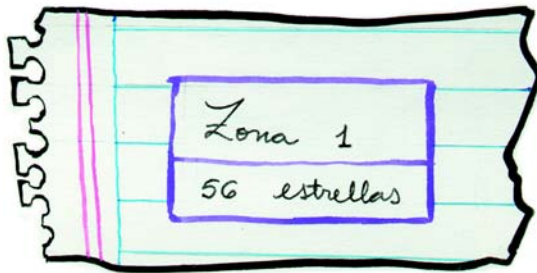
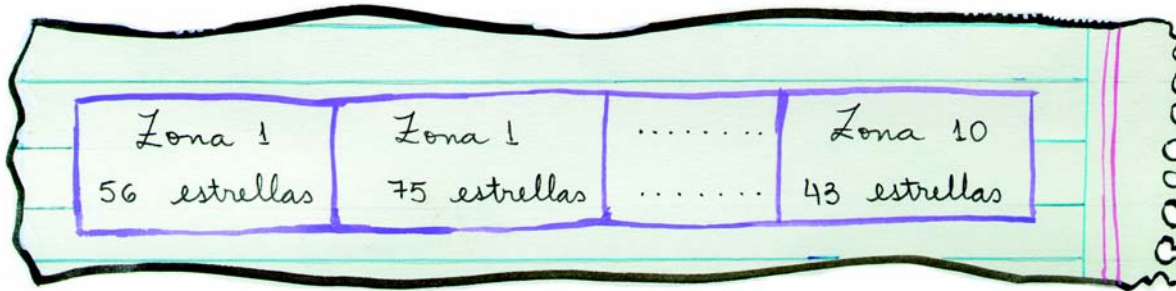
Materiales

Un trozo de cartón duro, o madera fina de 20cm por 30 cm. Hilo común. Lápiz y papel.





Horacio Tignanelli



Construcción

En esta experiencia se trata de dar una estimación del número de estrellas visibles, a simple vista. No es el número de estrellas que realmente hay en el cielo, sino el que podemos ver. Muchas estrellas no las vemos porque su luz es muy débil para que un ojo alcance a detectarla. También el lugar de observación puede impedir que se perciban muchas de ellas,

debido a cuestiones relacionadas con la polución, por ejemplo: lumínica, ambiental, etc. No obstante, dado que las estrellas se hallan distribuidas en toda la esfera celeste, puede obtenerse una estimación de su cantidad con un dispositivo que denominamos el *contador de estrellas*. Este instrumento se construye con un trozo de cartón, o madera fina, al que se le hace un agujero de 12 cm de diámetro, en su centro. Por debajo del agujero, atar un hilo al que se le hace un nudo a 30 cm de distancia.

Desarrollo

El procedimiento es el siguiente: 1. Una noche estrellada y diáfana, elegir una porción cualquiera del cielo. 2. Dirigir el contador de estrellas





hacia la misma y observar a través del agujero, manteniendo el hilo tirante y el nudo apoyado en la mejilla, cerca de los ojos. 3. Contar el número de estrellas que aparecen a través del agujero y anotarlo en un papel. 4. Se repite la operación nueve veces más. En total, deben hacerse diez conteos, en diez zonas diferentes del cielo. 5. Sumar todos los conteos realizados en cada zona. 6. Al resultado obtenido en el punto 5, multiplicarlo por diez. El número que resulta en el 6º paso es la cifra buscada: el número de estrellas visibles.

III.3 Simulador de constelaciones

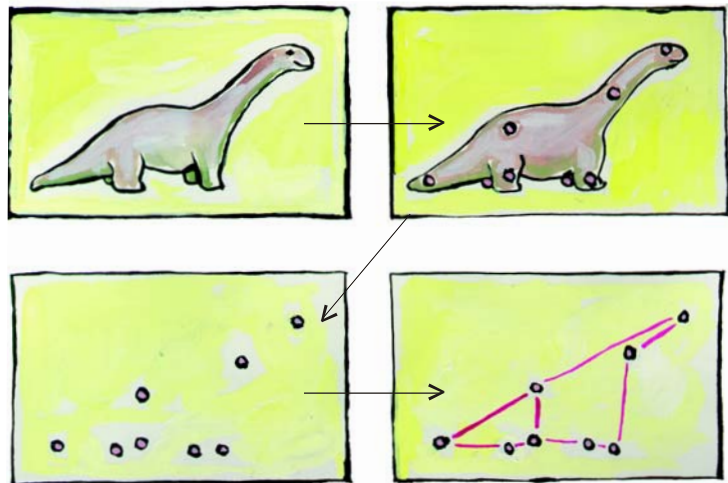
Materiales

Hojas negras y blancas de medianas dimensiones. Un punzón o cualquier otro elemento para hacer perforaciones. Una linterna o bien un set de pequeñas lucecitas.

Desarrollo

Primer procedimiento

1. Las constelaciones representan figuras imaginarias. Sugerir que los niños dibujen sobre una hoja el diseño que luego pueda dar origen a una constelación, esto es, un ser imaginario, un paisaje real o de fantasía, un recuerdo, etc. Deben darle un *nombre* a su dibujo.
2. Asociar al dibujo hecho, una serie de estrellas (serán las más brillantes), que permitan identificar

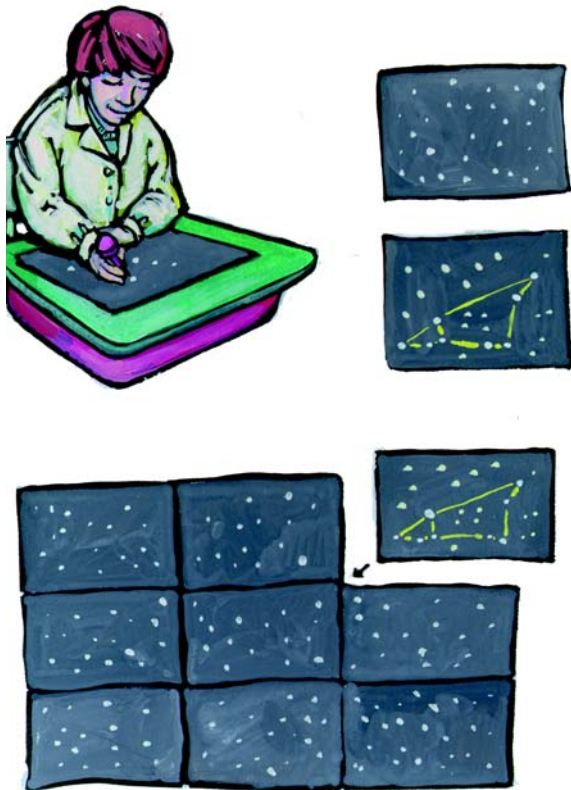




Horacio Tignanelli

la figura, no más de diez; su distribución debe ser significativa respecto del dibujo, es decir, su posición en el mismo es en lugares sobresalientes del diseño. ¿Cómo agregar las estrellas? Dibujándolas o bien pegando pequeños círculos de papel coloreado. Luego agregar otras estrellas, menos brillantes. El brillo de las estrellas puede asociarse al diámetro de los círculos respectivos, esto es, más brillantes, mayor diámetro, y viceversa.

Construcción de un pedacito de cielo



Cielo grupal

3. Traspasar sólo el diseño que formaron las estrellas a otra hoja blanca y unir las estrellas con líneas rectas. De este modo queda configurada la *síntesis* de la futura constelación.

4. Sobre una hoja *negra*, realizar una serie de perforaciones al azar, simulando una estrella con cada agujerito; mirando la hoja a trasluz, simulará una porción de cielo nocturno.

5. Con la configuración de rectas del 3° paso, buscar en el panorama del cielo construido (4° paso) la zona que contenga la misma distribución de estrellas que dio origen al dibujo. Resaltar el posible cambio de escala que implique la comparación entre el diseño de la hoja blanca y el cielo de la negra, también existe un *cambio de escala* entre un mapa estelar y el cielo real. Esta búsqueda es más práctica iniciarla con el auxilio de las estrellas más brillantes, que pueden identificarse en la hoja con ganchillos mariposa.

Nota: Si se realiza esta experiencia con un grupo de niños y cada uno de los mismos realiza un cielo de fantasía con perforaciones, luego pueden juntarse todas las secciones y ver el cielo grupal que se ha generado; allí pueden surgir otras nuevas constelaciones.





6. Un paso de cierre es *proyectar* la constelación inventada en el cielo de fantasía. Para ello, puede usarse un set de pequeñas luces, colocando cada una de ellas en la perforación correspondiente a las estrellas brillantes; de este modo, oscureciendo la habitación, o en plena noche, la hoja con el cielo inventado brillará con la iluminación de la nueva constelación.

Una nota más: *Si esta experiencia se hace por la noche, se puede buscar entre las estrellas del cielo real, la distribución que mejor se asemeje a la nueva constelación. Esto permitiría una nueva forma de orientación espacial, además de ser útil también para que el niño identifique una zona precisa del cielo.*

7. Otro final es colocar el cielo iluminado en el Teatro del Cielo y sobre el mismo realizar alguna simulación con planetas o algún otro astro. O bien el cielo de las perforaciones, iluminado con una linterna o un spot, desde su parte posterior.

Segundo procedimiento

1. Construir un cielo de fantasía tal como se indicó en el 4º paso del procedimiento anterior.
2. Observar la distribución de estrellas resultante y tratar de asociar a la misma una figura o diseño, familiar, inventado, recreado de algún cuento, etc. recreado y plasmado previamente en un papel.
3. Dibujar la distribución de estrellas encontrada en la hoja blanca y determinar cuáles son las estrellas brillantes y débiles del diseño escogido; luego trazar líneas rectas uniéndolas.
4. Por último, se pueden comparar dibujos y diseños esquemáticos de diferentes constelaciones astronómicas y compararlas con las construidas por los niños.





Horacio Tignanelli

III.4 Nominación de las estrellas

Materiales

Hojas negras. Un punzón o cualquier otro elemento para hacer perforaciones. Una linterna.

Desarrollo

Esta experiencia es similar al 4º paso del primer procedimiento de la actividad anterior, en la acción de construir un *cielo de fantasía* haciendo perforaciones en una hoja de papel negra. En principio se busca que los agujeritos que representan las estrellas se coloquen al azar, aunque también puede pedirse que el diseño resultante represente un cielo *afectivo*, es decir, el cielo que los niños recuerdan de algún acontecimiento singular, por ejemplo: un paseo, un cumpleaños, etc. Si se ilumina la hoja con la linterna o bien se la coloca sobre una ventana, mirándola a trasluz, se obtiene una pequeña porción de un cielo de fantasía, personal de cada niño; simulará una porción de cielo nocturno.

Nota: *Al colocar el cielo contra la ventana del aula y dejar que la luz solar atraviese los agujeritos estelares, se puede pensar que efectivamente cada uno de ellos se ilumina, contra el fondo oscuro del papel, con luz estelar; de hecho, la luz del Sol.*

Cada perforación representa una estrella. Como evidentemente los agujeritos que hagan los niños no resultarán todos iguales, podrán notar en su cielo que hay estrellas más brillantes que otras, mayor diámetro del agujerito, mayor brillo, y viceversa. Los niños determinan entonces cuáles son las estrellas más luminosas de su cielo y les dan un nombre, un número y fijan la fecha del momento en que fueron observadas. Deben estar atentos a no repetir nombres ni números de identificación. Finalmente, sugerimos la confección de un





pequeño *registro de estrellas brillantes*, similar al que existe en cualquier observatorio astronómico.

Otra nota: *Si los niños pueden manejar cualquier otro lenguaje simbólico, pueden colocar sus estrellas más resplandecientes en un orden de brillo tal que siga una serie decreciente en ese lenguaje, tal como hacemos los astrónomos con el alfabeto griego.*

Finalmente, se unen todos los cielos fantasía, armando un *cielo grupal*, que corresponderá al aula toda o bien al equipo de niños que ha participado de la experiencia. Una vez construido ese cielo, los niños pueden identificar sencillamente cuál de las estrellas más luminosas de cada sección es la más brillante de todo ese cielo. Vale destacar que un procedimiento similar puede hacerse con el cielo real, en una noche que los niños se reúnan a observarlo.

III.5 Recreación de agrupaciones estelares

Materiales

Mostacillas, semillas pequeñas o fideos de reducidas dimensiones, preferentemente de diversos colores. Cola sintética. Hojas de papel negro.

Desarrollo

La idea es construir un collage con las mostacillas o los fideos que representen las diferentes agrupaciones estelares, tal como son vistas con un telescopio, desde la Tierra. Estas son:

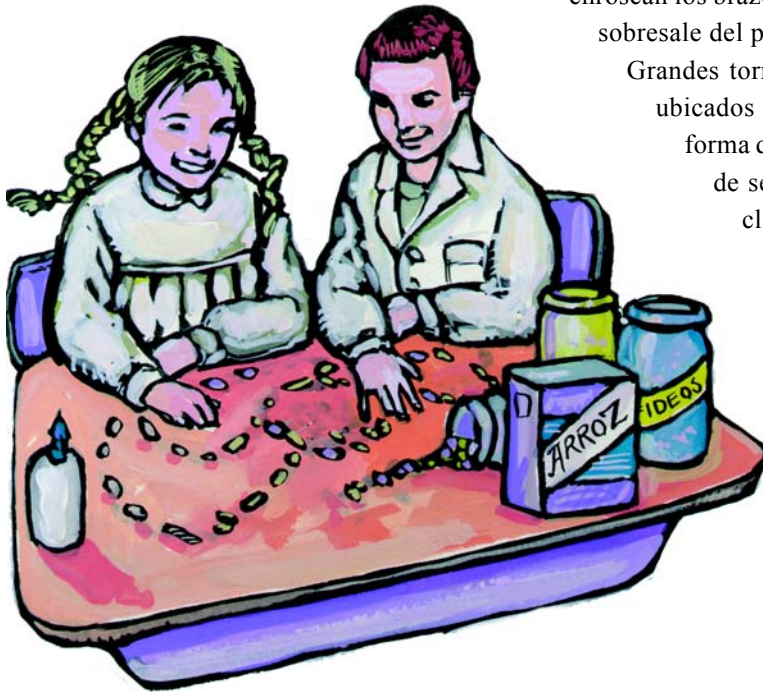
1. La Vía Láctea

Nuestra galaxia tiene forma espiral. Pueden diferenciarse las siguientes partes: **1. Núcleo:** Es la zona central de la galaxia, alrededor del que se





Horacio Tignanelli



enroscan los brazos espirales. Su apariencia es elíptica, y sobresale del plano de la galaxia. **2. Brazos espirales:** Grandes torrentes de estrellas de diferente grosor, ubicados en el plano galáctico. **3. Disco:** Es otra forma de denominar al plano galáctico, en donde se pueden distinguir sus brazos y el núcleo. **4. Halo:** Una especie de cubierta esférica que recubre todo el disco de la Vía Láctea formado casi exclusivamente por cúmulos globulares.

Nota: Es interesante que una vez que se construye la representación de la Vía Láctea se señale la ubicación del Sol, sobre el disco, cercano a un brazo, y bien puede colocarse más o menos a mitad de camino entre el centro de la galaxia y su periferia.

2. Galaxias en general

Las formas de las galaxias son muy variadas, pero en primera aproximación bien pueden calificarse como: **1. Irregulares:** no presentan una distribución regular de estrellas, es decir, no tienen una forma específica. **2. Elípticas:** su forma real es similar a la de una pelota de rugby, pero se ven como una elipse. Hay galaxias más o menos *excéntricas*, esto es, más o menos achatadas. **3. Esféricas:** como su nombre lo indica, en estas galaxias las estrellas se agrupan componiendo una *verdadera pelota de estrellas*. Vistas por un telescopio, aparecen como un círculo luminoso. **4. Espirales:** Existen galaxias similares a la Vía Láctea y otras que presentan algunas diferencias: más brazos que se *enroscan* alrededor del núcleo o bien una *barra* de estrellas que cruza ese núcleo y en los extremos de la cual arrancan los brazos espiralados.





3. Cúmulos estelares

Básicamente, construir los principales cúmulos que se observan en las galaxias

1. *Abiertos*: No tienen una forma definida. Tienen centenares de componentes. En la Vía Láctea, los cúmulos abiertos se hallan sobre su *disco*.
2. *Globulares*: Las estrellas conforman una distribución esférica. Tienen miles de miembros. En la Vía Láctea, los cúmulos globulares se hallan en el halo.
3. *Sistemas de pocas estrellas*. Lo común es hallar un par de estrellas, girando una alrededor de la otra. Pero también hay sistemas con tres, cuatro y hasta una decena de miembros.

Notas: *Las galaxias tienen diferentes tamaños. Las hay elípticas gigantes y espirales más pequeñas. Las galaxias también se agrupan entre sí formando asociaciones particulares llamadas cúmulos de galaxias. En estos grupos aparecen galaxias de diversas formas (elípticas, esféricas, etc.) y dimensiones.*

Consideraciones de color

Las estrellas tienen diferentes colores. Sus coloraciones están íntimamente relacionadas con los procesos por los que generan energía y, por lo tanto, con los tiempos durante los cuales mantienen esos procesos, esto es, con su edad. Así, podemos diferenciar las estrellas *normales* por su color como una manera de distinguirlas por su tiempo de existencia: a- *blanco azuladas*, las más jóvenes, b- *amarillo anaranjado*, *maduras* como el Sol y c- *rojas*, las estrellas más antiguas de todas. La idea es que puedan usar esos diferentes colores en las construcciones anteriores.

Preguntas: *¿En el cielo terrestre, pueden distinguirse los colores de las estrellas? ¿Cuáles son más evidentes? ¿Cuáles colores predominan?*



III.6 Tiempo lunar

Materiales

Algunos diarios de tirada nacional, de varios días consecutivos y de ser posible de diferentes meses del año.

19 De Abril	
13:03	Horario de la salida de la luna
1:06	Horario de la puesta de la luna
CM	Cuarto menguante

Intervalo	Retardo
Del 7 al 8	1:06
Del 8 al 9	1:05
Del 9 al 10	1:06

7	8	Agosto
13:03	14:09	Horario de la salida
1:06	1:44	Horario de la puesta

Desarrollo

Lapso entre las fases

Con el horario de salida y de puesta de la Luna, planteamos construir un cuaderno de registro donde aparezcan ambos datos y

la fase correspondiente. Con esos datos, es posible hallar:

1. La cantidad de días que transcurren entre dos fases iguales consecutivas, por ejemplo: entre dos Lunas Llenas consecutivas.
2. La cantidad de días que transcurren entre dos fases consecutivas, por ejemplo: entre Luna Llena y Cuarto Menguante.

Preguntas: ¿Qué medida de tiempo conocida se le puede asignar al número de días hallado? ¿Es la misma cantidad de días, si se hace el conteo durante diferentes épocas del año? ¿Cambia de mes a mes? ¿Y de fase en fase?



Atraso en la salida y la puesta de la Luna

Una vez más, con los mismo datos, encontrar:

1. Cuánto se retarda la salida de la Luna, cotidianamente. Sugerimos considerar al menos una semana. Señalar que los valores son aproximadamente los mismos. También puede obtenerse el valor promedio y considerarlo como el retardo diario en la salida de la Luna. A continuación damos un ejemplo hecho con sólo cuatro días.
2. Repetir el procedimiento anterior utilizando los horarios de puesta y analizar el valor del retardo horario de sus ponientes.

Preguntas: *¿Es igual al valor hallado en el punto en el punto (1) con los horarios de salida? Para cierta fecha: ¿Cuánto tiempo permanece la Luna sobre el horizonte? ¿Cambia día tras día? ¿Si así fuese, cómo es ese cambio?*

Mostramos ahora un ejemplo con dos días consecutivos. Para calcular el tiempo que la Luna se halla visible se resta al horario de puesta el horario de salida, es decir:

$$\text{Para el día 7: } 1^{\text{h}} 6^{\text{m}} - 13^{\text{h}} 3^{\text{m}} = 12^{\text{h}} 3^{\text{m}}$$

Entonces, el tiempo que puede verse la Luna ese día es de poco más de doce horas; en rigor, ese lapso se modificará un poco debido a otros efectos, por ejemplo: atmosféricos, pero a los efectos de esta actividad no los tendremos en cuenta.

$$\text{Para el día 8: } 1^{\text{h}} 44^{\text{m}} - 14^{\text{h}} 9^{\text{m}} = 11^{\text{h}} 35^{\text{m}}$$

Como puede verse, al día siguiente, la Luna es visible casi media hora menos. *¿Qué pasará al día siguiente?*





Horacio Tignanelli

III.7 Visualización de las fases lunares

Materiales

Modelo del listón que representa el sistema Tierra Luna, construido tal como fue descrito en la Actividad II.14. Diarios de tirada nacional.

Desarrollo

Con los diarios es posible identificar aquellas fechas cuando se ven simultáneamente la Luna y el Sol. Si entonces es un día soleado, la idea es apuntar el listón hacia la Luna y mirar la esferita que la representa, desde el extremo donde está la esfera de la Tierra. Como el Sol ilumina de la misma forma a la Luna del modelo y a la Luna real, en el listón se consigue reproducir exactamente la fase de la Luna de esa fecha, lo cual puede verificarse mirando directamente la esfera lunar. También pueden reproducirse todas las fases de la Luna: sólo hay que girar el listón, rotar su dirección, tal como lo hace la Luna real en el cielo: a) Hacia el Sol, fase Nueva, b) Perpendicular al Sol, fase de Cuarto Creciente, c) De espaldas al Sol, fase Llena y, finalmente, d) Otra vez perpendicular al Sol, fase Cuarto Menguante.

En los periódicos y en algunos almanaques, pueden buscarse las fechas en que se producen las diferentes fases y trabajar con el listón exactamente cuando se produce cada una de ellas.





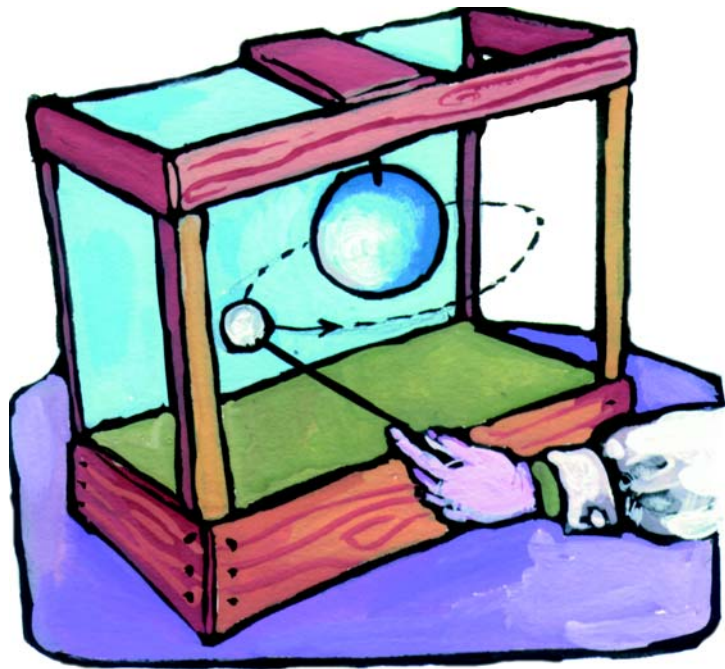
III.8 Giro de la Luna alrededor de la Tierra

Materiales

Teatro del Cielo (Ap. III). Esferas que representen la Tierra y la Luna. Varillas y rotor.

Desarrollo

Colocar la esfera terrestre en el rotor del teatrino y seleccionar una esferita pequeña para representar la Luna. Sería deseable que busquen una combinación que muestre la proporción correcta entre las dimensiones de la Tierra y de la Luna, aproximadamente cuatro a uno. Por otra parte, es bueno tener siempre presente las dimensiones reales de ambos astros y la distancia que los separa (ver las tablas del apéndice I), para entender los alcances y limitaciones de la simulación; esto es, en todo momento advertir qué parámetros no se respetan en el modelo del teatrino: distancias mutuas, tamaños relativos, proporciones generales, tiempos de revolución y giro sobre sí mismos, etc. Resaltamos que es muy importante señalar las ventajas y desventajas del modelo, tanto como su utilidad para la simulación de lo que sucede en la realidad. Manipulando la varilla que sostiene a la esfera que representa a la Luna, se la hace girar en torno al modelo terrestre, *revolución lunar*.





Horacio Tignanelli

La posición de mínima distancia a la Tierra de un astro (la Luna, un cometa, etc.) se denomina perigeo; la posición de máxima distancia, en cambio, se llama apogeo.

1. Durante su revolución, la trayectoria de la Luna define un *plano de movimiento*. ¿Pueden señalar si ese plano coincide con el plano que define por el ecuador terrestre o si está inclinado respecto del mismo?
2. ¿Cuál es la forma de la órbita de la Luna alrededor de la Tierra? ¿Es cerrada? ¿Es abierta? ¿Es circular o elíptica? ¿Qué forma de órbita pueden dibujar los niños espectadores, según lo que muestra el modelo?
3. Si se considera que la forma de la órbita lunar es una *elipse*, visualizar entonces si la Tierra está en su centro o desplazada del mismo. En realidad, en el espacio, nuestro planeta se halla en uno de los focos de la elipse que traza la Luna a su alrededor.
4. Si la órbita lunar es elíptica, entonces la Luna ocupará una posición de máxima cercanía a la Tierra y otra de máxima lejanía. Visualizar ambas posiciones en el modelo.
5. Repetir la misma configuración desde otro ángulo de visión: se toma un cuerpo que modelice la Tierra y se lo mantiene suspendido en el centro del teatrino, con uno de sus polos hacia los espectadores. Se manipula la varilla que sostiene a la Luna, de manera de repetir la órbita que se hizo en las anteriores simulaciones. ¿Con esta disposición se puede apreciar mejor la forma de la órbita lunar?
6. Identificando el sentido de giro de la Luna alrededor de la Tierra, por ejemplo: respecto del teatrino, o con respecto de la Tierra, por ejemplo: si coincide con el sentido de su movimiento de rotación o no. Observar: a- ¿Vista desde el espacio extraterrestre, La Luna gira en torno a la Tierra en la misma dirección que nosotros giramos alrededor del eje del mundo? ¿Cómo se apreciará ese movimiento desde la superficie de la Tierra? b- ¿La Luna también gira sobre sí misma? ¿Es decir, el manipulador debe hacer rotar la varilla que sostiene a la Luna a medida que la desplaza alrededor de la Tierra? ¿En qué sentido lo hace? Una vez más, el sentido puede definirse respecto del teatrino o respecto a la esfera terrestre.





III.9 Los días y las noches lunares

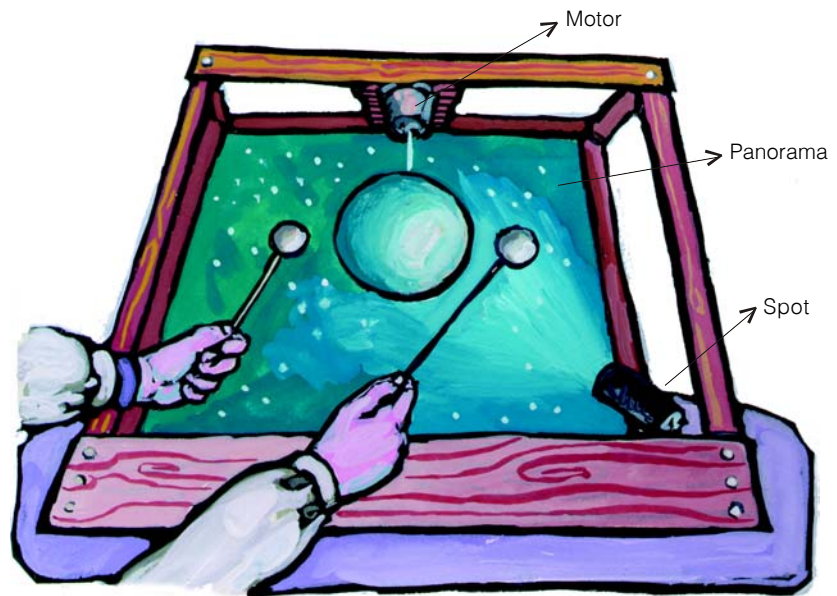
Materiales

Teatro del Cielo (Ap. III). Esferas que representen la Tierra y la Luna. Varillas, spot y rotor.

Desarrollo

Retomamos la configuración de un cuerpo terrestre en el rotor y un cuerpo lunar manipulado con una varilla que se mantiene en giro a su alrededor; ahora se trata de iluminar el sistema Tierra-Luna con el spot en alguna dirección. Acrecentando la oscuridad de la habitación, la iluminación del spot representará la luz que llega del Sol hasta la superficie de ambos astros. En esta disposición puede apreciarse que la esfera lunar recibe la misma iluminación que la Tierra: es decir, las esferas lunar y terrestre muestran días y noches equivalentes.

1. Esta disposición es útil como introducción al tema de fases lunares; es decir, los diferentes aspectos visibles de la Luna corresponden a la visión de distintas porciones del día y la noche lunares. *¿Qué relación hallan los espectadores entre las zonas en que se aprecia el día y la noche en la Luna y el aspecto lunar que se ve desde la superficie de la Tierra?*





Horacio Tignanelli

2. Hacer que los espectadores identifiquen dónde es de día en la Luna y dónde es de noche; aclarando en cada caso, deteniendo el motor de la Tierra y la varilla de la Luna, desde qué parte de nuestro planeta, puede verse la Luna en esa situación.
3. También es útil para introducir el tema de los eclipses; al respecto es importante recordar que el plano de la órbita lunar se halla inclinada (por ejemplo: respecto del ecuador). Una vez más, colocando una hoja de papel blanco detrás del cuerpo que representa la Luna, aparecerá su sombra y, con ella, la posibilidad de nuevos interrogantes.

III.10 La rototraslación sincrónica de la Luna

Materiales

Teatro del Cielo (Ap. III). Esferas que representen la Tierra y la Luna. Varillas, spot y rotor.

Desarrollo

Colocar la esfera terrestre en el rotor del teatrino y la esfera lunar en el extremo de una varilla; luego se manipula la esfera lunar girando alrededor de la esfera de la Tierra. En algún momento de la simulación resaltar que, mientras gira alrededor de la Tierra, la Luna también rota sobre sí misma demorando exactamente el mismo lapso. Para ilustrar ese giro, una opción es que el manipulador que sostiene el modelo lunar intente dar una única vuelta alrededor del modelo terrestre simultáneamente que da un giro sobre sí mismo.

1. Considerando el tiempo que demora la Luna en girar sobre sí misma, el manipulador del modelo lunar intenta sincronizar la velocidad que le imprime al modelo para ver de completar una traslación lunar al cabo de aproximadamente 27 giros y medio, del modelo terrestre. La Luna gira en torno a la Tierra en 27,32 días.





2. *Simulación:* Suspender una esfera que represente la Tierra en uno de los soportes de la parte superior del teatrino. Colocar una esfera que represente la Luna en una varilla larga, de modo que quede a la altura de la esfera terrestre, cuidando de inclinar la varilla respecto al eje del rotor y ubicar a este último en el piso del teatrino. Echar a andar el motor, cuidando que el cuerpo lunar, gire alrededor del cuerpo terrestre. Siguiendo estos pasos, se verá a la esfera lunar dar vueltas alrededor de la Tierra de modo sincrónico. Podrá apreciarse entonces que da una vuelta sobre sí misma en el mismo tiempo que completa su giro en torno a la Tierra.
3. *La cara visible y la cara no visible de la Luna:* Con la actividad anterior se puede introducir la idea que la Luna muestra siempre la misma cara ante un observador terrestre. Mediante la simulación, apreciar que una única porción lunar puede verse desde la Tierra, durante toda la traslación lunar.
Acciones: a) Se puede hacer una marca sobre la superficie del cuerpo lunar, verificar la rototraslación sincrónica y la visión de la misma zona de la superficie, b) Se puede introducir el spot para ver que la iluminación de la Luna, para un observador terrestre, cambia permanentemente, pero no así la cara lunar que puede apreciar. Puede preguntarse si este fenómeno es apreciable desde cualquier lugar de la Tierra.

Preguntas: *En esta disposición puede plantearse, por ejemplo: ¿Qué forma muestra la sombra de la Luna? ¿La sombra lunar es similar a la terrestre? ¿Qué debe pasar para que pueda verse la sombra lunar en el espacio? ¿Puede apreciarse la sombra de la Luna sobre la Tierra? Durante la simulación la sombra lunar puede hacerse posar sobre la Tierra en cualquier momento, en la realidad: ¿Sucede del mismo modo que en la simulación? ¿Y la sombra de la Tierra, llega hasta la Luna? ¿Qué papel juega la distancia entre ambos astros en esta disposición?*

4. *Los días y las noches lunares:* Para ilustrar días y noches lunares, usar una pequeña esfera pintada de negro y blanco; en este caso, la parte clara representa la zona diurna de la Luna y la parte oscura, la nocturna. Si no se





Horacio Tignanelli

mueve el spot, iluminación solar fija y tampoco se desplaza la Tierra, se suprime el movimiento de traslación, entonces: *¿Cómo debe colocarse el astro blanco/negro que representa a la Luna, durante la simulación de su traslación alrededor nuestro planeta?* Recordar que el terminador lunar, a diferencia del terrestre, es una línea definida sobre la superficie de la Luna que separa la zona iluminada de la zona en sombras; en la esfera que se usa en esta actividad el terminador aparece claramente definido.

III.11 Eclipse de Luna

Materiales

Modelo del listón Tierra Luna (act. II.13).

Desarrollo

Siempre en un día soleado, se coloca el listón apuntando al Sol y se lo mueve despacio, tratando de que entre la esfera lunar dentro de la sombra que produce la esfera terrestre.

Preguntas: *¿Se ve el eclipse de Luna desde toda la Tierra? Desde un cierto lugar dado de la Tierra: ¿Qué es más fácil que ocurra: un eclipse de Sol o uno de Luna?*

Aunque esta actividad puede hacerse en cualquier momento, pueden buscarse las fechas en que se producen eclipses de Luna en los diarios y almanaques; de esta manera puede usarse el listón exactamente en el instante que se produce el fenómeno.





III.12 Modelo a escala del Sistema Solar

Datos para la actividad

Astro	Diámetro (milímetros)	Distancia al Sol (metros)	Tipo
Sol	1.400		
Mercurio	5	59	Planeta
Venus	12	108	Planeta
Tierra	13	150	Planeta
Luna	3,5		Luna
Marte	7	230	Planeta
Ceres	1	413	Asteroide
Júpiter	143	780	Planeta
Ganímedes	5		Luna
Saturno	121	1.400	Planeta
Titán	4,9		Luna
Urano	48	2.900	Planeta
Neptuno	44	4.500	Planeta
Plutón	6	5.900	Planeta

A menudo hemos visto que muchos niños construyen un esquema del Sistema Solar, en el que incluyen sólo los nueve planetas históricos; por razones que tienen que ver con los recursos accesibles y la economía, las maquetas del sistema se realizan con pelotitas de tergopol o madera, tratando que los planetas guarden cierta proporción entre sí respecto de sus tamaños pero ninguna respecto a sus distancias relativas o su tamaño relativo al Sol. Para introducir cierta idea sobre las dimensiones de este sistema y en particular de las distancias que se hallan los astros que lo componen, esta actividad





Horacio Tignanelli

Para un observador situado en la superficie de la Tierra, las dimensiones observables del Sol y de la Luna son semejantes; esta situación debería ser cierta en el modelo, si éste es correcto. Para comprobarlo, se coloca el ojo cerca del modelo de la Tierra y se miran simultáneamente la Luna y el Sol, que entonces deben colocarse en la misma dirección.

plantea construir un modelo utilizando sólo algunos cuerpos celestes como referencia. En el cuadro se presentan valores correspondientes a los diámetros de los cuerpos considerados, en milímetros, y la distancia media al Sol, en metros; incluimos un solo asteroide por ser el de mayor tamaño, Ceres. También aparece la Luna y los satélites más grandes de los planetas Júpiter y Saturno. Los valores han sido adaptados de los de las tablas del Apéndice I. Como este modelo es muy grande como para construirse en el ámbito del aula; los astros deben colocarse con referencia a la ubicación de la escuela y, en algunos casos, es probable que Plutón quede fuera de la ciudad. El trabajo puede realizarse con un grupo de niños, en el que diferentes equipos tendrían la responsabilidad de cada uno de los astros: fabricarlo, localizarlo, describirlo, etc. Esta labor puede ser acompañada o utilizada como cierre de una actividad en la que los niños inspeccionen imágenes de astros del Sistema Solar.

Notas: *1. La forma de los planetas bien puede ser esférica. En el caso del Sol, no es preciso construir un globo de tales dimensiones, ya que el modelo no perderá efectividad si se confecciona un círculo con cartulina. 2. En la escala presentada en cuadro, 1 en 1.000 millones, la mayoría de los países presentan dimensiones muy pequeñas sobre la Tierra, pero algunos pueden reconocerse; por ejemplo, Suecia tiene un tamaño de 1,5 mm. ¿Podrá identificarse Argentina? 3. La distancia de la Luna a la Tierra resulta de unos 38 cm; los astronautas demoraron cerca de tres días para recorrerla. Ganímedes, por su parte, debe ubicarse a unos 100 cm de Júpiter. Finalmente, Titán, a 120 cm de Saturno. 4. La Tierra se mueve alrededor del Sol a una velocidad de 2,6 metros por día, o bien de 11 cm por hora; la Luna, por su parte, se mueve alrededor de la Tierra a una velocidad de 9 cm por día. 5. La estrella más cercana al Sistema Solar se conoce con el nombre de Próxima a unos 40.000 km del lugar donde se halla colocado el Sol. 6. En la misma escala, la Vía Láctea, nombre de la galaxia donde está ubicado el Sistema Solar tiene unos 500 millones de kilómetros de diámetro.*





CAPÍTULO IV

Algunos fenómenos astronómicos no visibles







A simple vista, apreciamos movimientos *aparentes* de diversos astros (por ejemplo: planetas, estrellas), todos los cuales cumplen ciertas reglas. A esos astros, se les deben sumar muchos otros, de similares características, que comparten el espacio extraterrestre pero que sólo son visibles en nuestro cielo con un instrumento, por ejemplo: un telescopio. Ahora bien, aunque los movimientos *reales* de los astros no son visibles directamente para un observador terrestre, los astrónomos conseguimos explicarlos mediante ciertas leyes físicas que dan cuenta tanto de sus causas como de la forma aparente en que los percibimos.

En este capítulo trataremos el movimiento *no observable* de los astros, con especial atención sólo en dos de ellos, los más generales: *rotación, sobre su propio eje y traslación, alrededor de otro astro.*

Rotación

A mayor o menor velocidad, en un sentido o en otro, todos los astros, sólidos o gaseosos, grandes o pequeños, giran sobre sí mismos. Mencionaremos algunas características particulares de la rotación de los astros que presentan mayor interés.

La Tierra: Nuestro planeta gira sobre sí mismo en sentido Oeste-Este y demora un *día* de tiempo en cumplir una vuelta. Para un observador en la misma Tierra, no es fácil hallar una evidencia observacional *directa* que verifique la rotación de la esfera terrestre; sin embargo, la desviación en la caída de los proyectiles y el sentido del movimiento de los ciclones en su atmósfera, son algunos fenómenos que han servido como prueba indirecta de su rotación. Sólo puede apreciarse sensiblemente la rotación terrestre desde una nave espacial; sin embargo, los astrónomos hemos podido entender que las reglas del movimiento aparente de los astros se producen como un reflejo del movimiento de rotación de la Tierra y, podemos decir entonces que ese movimiento constituye otra prueba indirecta del giro terrestre.



Actividad IV.1 pág. 148

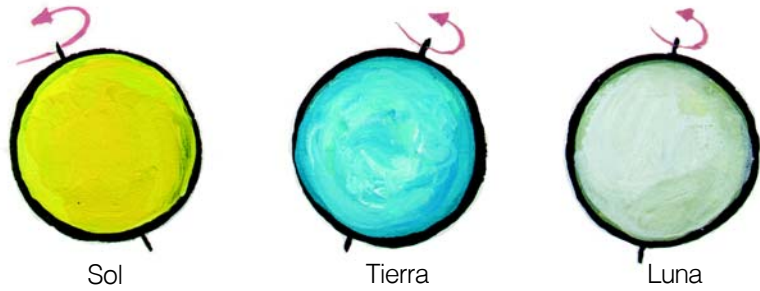
La sucesión de días y noches es una consecuencia de la rotación de la Tierra, pero no es una prueba de su giro. La misma sucesión podría explicarse diciendo, por ejemplo, que el Sol da vueltas en torno a la Tierra.





Horacio Tignanelli

Cuando la Luna dio un giro sobre sí misma, el Sol ya completó el suyo, mientras que la Tierra ha dado 28 vueltas (es decir, han pasado 28 días)



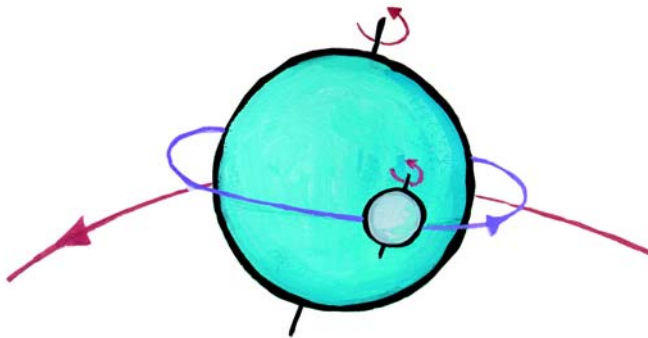
Actividad IV.2
pág. 149

La Luna: Nuestro único satélite natural rota sobre sí mismo en el mismo sentido que la Tierra, y demora en ello un lapso idéntico al que emplea en dar una vuelta en torno a nosotros, alrededor de 28 días; por esta razón la Luna muestra siempre la misma porción de su superficie a un observador terrestre, lo que dificulta bastante la percepción del movimiento de rotación lunar.

Los planetas: Independientemente de su tamaño o constitución, todos los planetas giran sobre sí mismos. Algunos demoran más, otros menos que la Tierra, inclusive sus sentidos de giro no son coincidentes. Digamos aquí que también los *cometas* y los *satélites naturales* rotan sobre sus propios ejes.

El Sol: Igual que el resto de las estrellas, el Sol gira sobre sí mismo. Al ser un cuerpo gaseoso, su rotación es diferente a la de un cuerpo sólido. En una primera aproximación, podemos decir que el Sol da una vuelta sobre su propio eje una vez por mes. Otras estrellas lo hacen con diferente rapidez, más o menos rápido.

Las galaxias: Estos grandes conglomerados de estrellas también muestran un movimiento de rotación sobre sí mismas, durante el cual arrastran a los millones de estrellas, polvo y gas que las conforman.



miento de rotación sobre sí mismas, durante el cual arrastran a los millones de estrellas, polvo y gas que las conforman.





Traslación

Se trata del desplazamiento de un astro alrededor de otro; la trayectoria que describe se denomina *órbita*. Veamos algunas características de la traslación de algunos astros:

La Tierra: Nuestro planeta se traslada alrededor del Sol. Demora 365 días y un ratito más en completar su vuelta, período que se denomina *año terrestre*; el ratito que mencionamos es de unas seis horas, aproximadamente. Un modo de verificar la traslación terrestre es estudiando el fenómeno de las *estaciones*.

La Luna: Nuestro satélite se traslada alrededor de la Tierra y, junto con ésta, se traslada alrededor del Sol. El primer movimiento lo hace al mismo tiempo que su rotación, unos 28 días; en el segundo demora prácticamente lo mismo que la Tierra, un año.

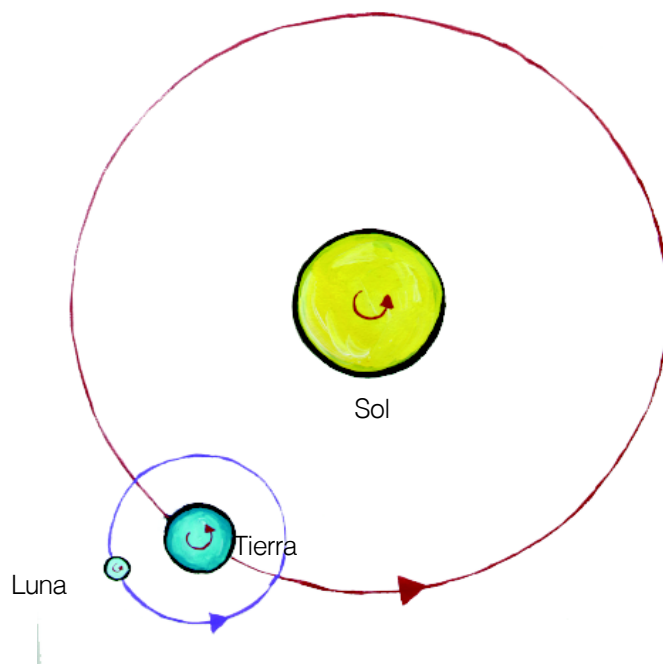
Los planetas: Como la Tierra y la Luna, todos los planetas, asteroides y sus satélites se trasladan alrededor del Sol, en diferentes lapsos, llamados *períodos sidéreos* o bien *años planetarios*. Los cometas también se trasladan, la mayoría en torno al Sol, pero hay algunos que lo hacen alrededor de Júpiter u otro planeta principal.

El Sol: Nuestra estrella más próxima se traslada en el espacio por el interior de la *Vía Láctea*, trazando una órbita gigantesca alrededor de su núcleo. El resto de las estrellas también están afectadas de un movimiento de traslación galáctico.



Actividad IV.3 pág. 151

En este esquema no se ha indicado la traslación del Sol en la galaxia.



Actividad IV.4 pág. 154





Horacio Tignanelli



Actividad IV.5
pág. 155

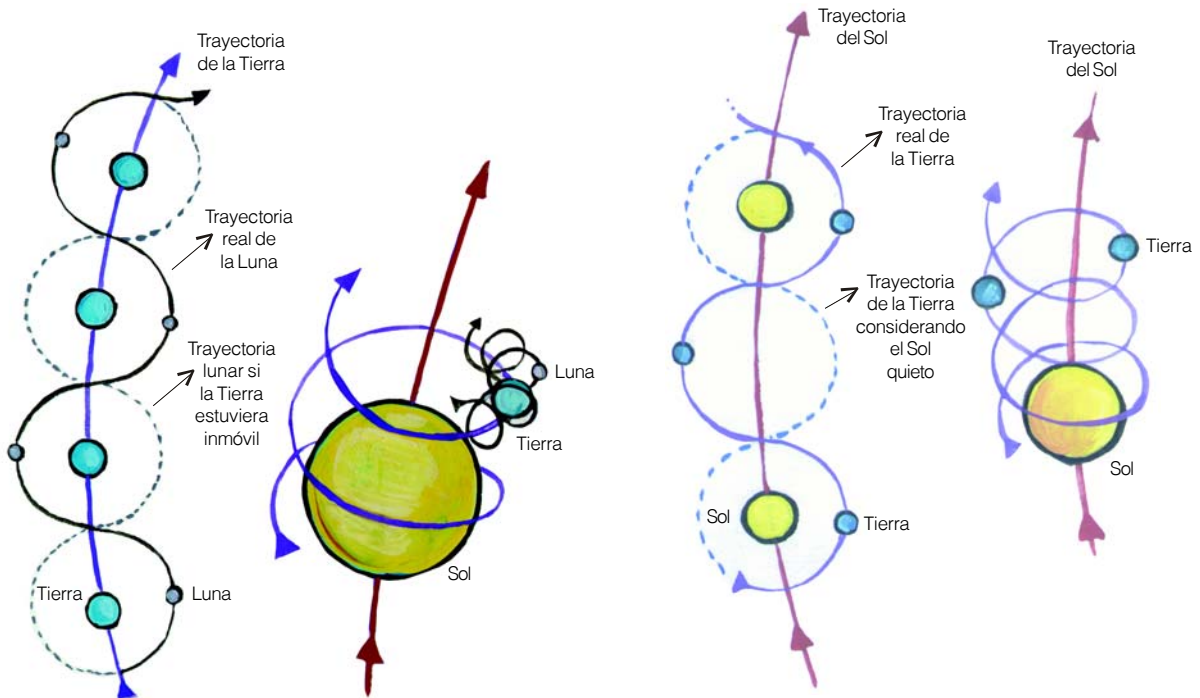
Las órbitas de las lunas planetarias también son elipses, donde el planeta principal no se halla en el centro, sino algo desplazado del mismo.

Notas sobre las órbitas planetarias

¿Cuál es la forma de la trayectoria de la Tierra alrededor del Sol? ¿Y la de los planetas? ¿Y la forma de la órbita lunar en torno a la Tierra?

Afortunadamente, estas preguntas tienen una única respuesta: todas las órbitas son *elipses*. Así, todos los planetas, se trasladan en una trayectoria *elíptica*, en la que el Sol está ubicado algo desplazado de su centro. Esta situación provoca que en cierto instante el planeta tenga un máximo acercamiento al Sol, llamado *perihelio*, y en otro, un alejamiento máximo, *afelio*.

La *excentricidad* es una medida de cuánto difiere una elipse de una circunferencia. Mientras que la mayoría de las elipses orbitales de los planetas son muy parecidas a una circunferencia, las que trazan los cometas son muy achatadas, esto es, las cometas son órbitas con grandes excentricidades.





Los eclipses se producen cuando el Sol, la Luna y nuestro planeta se hallan los tres en un mismo plano: el plano orbital terrestre; por esa razón, se denomina *eclíptica* a la órbita de la Tierra. Ahora bien, otra observación importante es que la trayectoria de nuestro planeta es una curva *cerrada* si tenemos en cuenta el movimiento de la Tierra tal como sería percibido desde el Sol o bien considerando que el Sol permanece inmóvil en el espacio durante un año. Sin embargo, si tenemos en cuenta la traslación solar por el interior de la galaxia, entonces la trayectoria terrestre se asemeja a una curva en espiral, *abierta*, alrededor del Sol. De esta manera, al mencionar la forma de una elipse para la órbita terrestre, se introduce implícitamente la idea de que la Tierra, transcurrido un año, volvería a ocupar el mismo sitio en el espacio, algo que no es correcto: desde su formación como planeta, la Tierra no ha vuelto a pasar por el lugar donde se formó.



Actividad IV.6
pág. 157



Actividad IV.7
pág. 158

Las estaciones

Es común asociar la palabra *estación* con la parada del tren o de un ómnibus; esto es, el lugar donde un cuerpo que se hallaba en movimiento, se detiene *temporalmente* para después continuar su recorrido habitual. Con esa

Cuadro I: Sobre las estaciones astronómicas

Estación	Se inicia en el	Finaliza en el
I°	Equinoccio del 21 de marzo	Solsticio del 21 de junio
II°	Solsticio del 21 de junio	Equinoccio del 21 de setiembre
III°	Equinoccio del 21 de setiembre	Solsticio del 21 de diciembre
IV°	Solsticio del 21 de diciembre	Equinoccio del 21 de marzo

idea, al hablar de *las estaciones del año* vale preguntarnos: *¿cuál es el cuerpo que se mueve? ¿En qué lugares se para?* Por otra parte, si decimos *las estaciones de la Tierra* entonces *¿será que nuestro planeta se detiene en su camino alrededor del Sol? Si así fuese: ¿dónde lo hace? ¿cuándo sucede? ¿O es que cuando hablamos de estación, los astrónomos estamos refiriéndonos a otra idea?* Astronómicamente, las estaciones son un modo





Horacio Tignanelli

Cuadro II: Nombre de las estaciones en ambos hemisferios

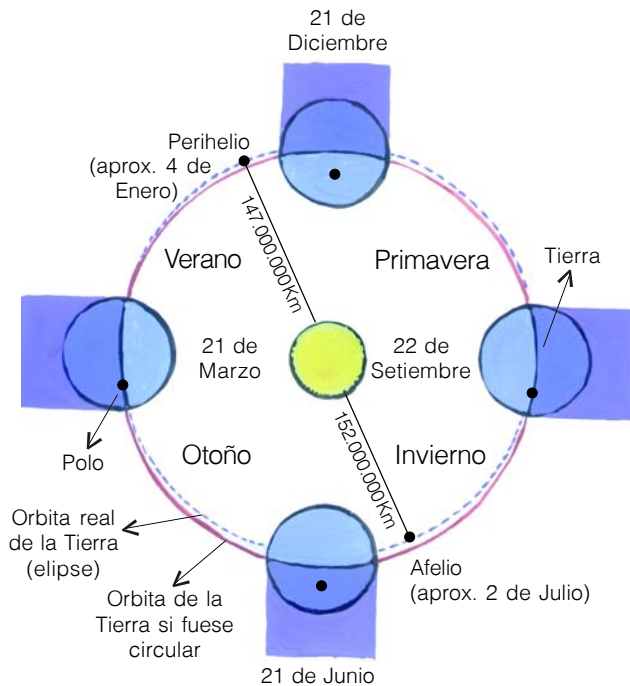
Astronómicas	Hemisferio Sur	Hemisferio Norte
I°	Otoño	Primavera
II°	Invierno	Verano
III°	Primavera	Otoño
IV°	Verano	Invierno

conveniente de dividir el año en intervalos, a efecto de que podamos estimar por dónde anda la Tierra en cada uno de ellos durante su trayectoria espacial en torno al Sol; por esta razón, los astrónomos también solemos afirmar que la repetición de las estaciones es una consecuencia de la traslación terrestre. Así, identifica-

mos cuatro estaciones *astronómicas* entre las fechas de equinoccios y solsticios (Cuadro I).

Los números con que identificamos a las diferentes estaciones son sólo un modo arbitrario de denominarlas. En el lenguaje cotidiano no llamamos a las *estaciones* numéricamente sino con los siguientes *apodos*: Primavera, Otoño,

Verano e Invierno, una denominación emparentada más con el *clima* del planeta que con su posición en el espacio; en el cuadro II mostramos cómo se conocen las estaciones a uno y otro lado del ecuador terrestre.



La oblicuidad de la eclíptica

La trayectoria de la Tierra alrededor del Sol se puede mostrar como una figura circular; esto equivale a decir que durante todo el año nos hallamos a la misma distancia del Sol. En rigor, la órbita terrestre es una elipse y por lo tanto existe un mínimo acercamiento, el *perihelio*, en la IV estación astronómica y un máximo alejamiento del Sol, el *afelio*, en la II. Como la diferencia de distancias entre perihelio y afelio, en kilómetros, es poco significativa comparada a



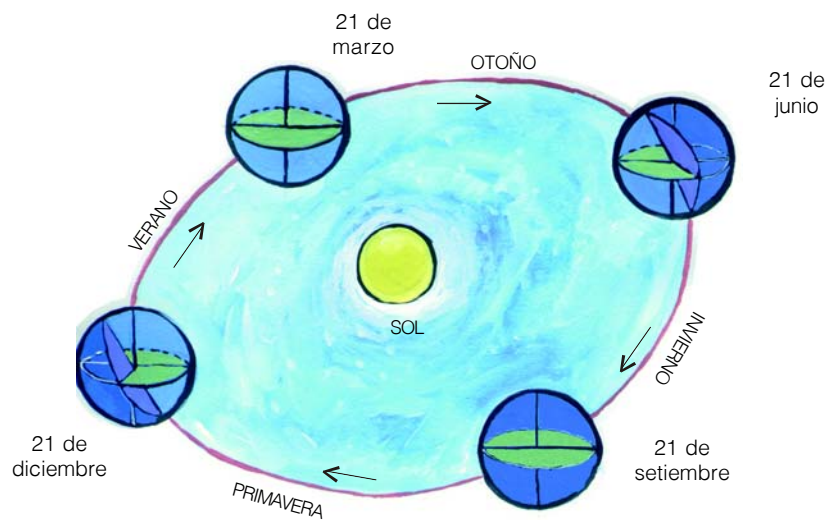


la distancia Tierra Sol, esto justifica: 1. aproximar la eclíptica a una circunferencia y 2. inferir que el acercamiento o alejamiento de la Tierra al Sol no causa las estaciones ya que entonces la cantidad de luz solar que nos llega es la misma durante todo el año.

La explicación de las causas del cambio de clima en las estaciones debe buscarse en que el eje del mundo está inclinado respecto al plano de la eclíptica; los astrónomos hallamos que el ángulo de inclinación, llamado *oblicuidad de la eclíptica*, es de veintitrés grados y medio, $23,5^\circ$, y se considera *invariable* (tampoco cambia significativamente año tras año). A continuación, mencionamos tres consecuencias:

1. Los rayos solares alcanzan la superficie terrestre formando diferentes ángulos en distintos lugares: cuanto menos inclinados lleguen esos rayos, tanto más cálido será el clima del lugar.
2. Dada la esfericidad de la Tierra, cuando en una región los rayos llegan muy oblicuos, en la respectiva región simétrica, los rayos llegan, simultáneamente, menos inclinados; la situación se repite cada seis meses. Esto explica por qué es Primavera en zonas por encima del ecuador, mientras es Otoño en las regiones debajo del mismo, por ejemplo: cuando es Invierno en Buenos Aires, en Roma es Verano.
3. Los polos terrestres se muestran al Sol alternativamente; es decir, durante seis meses, un polo es continuamente iluminado, el otro está en una noche de seis meses. El 21 de junio, el Polo Norte se inclina hacia el Sol,

Movimiento de la Tierra en su órbita a lo largo de un año, diseñado en perspectiva; el eje se mantiene siempre en la misma posición.





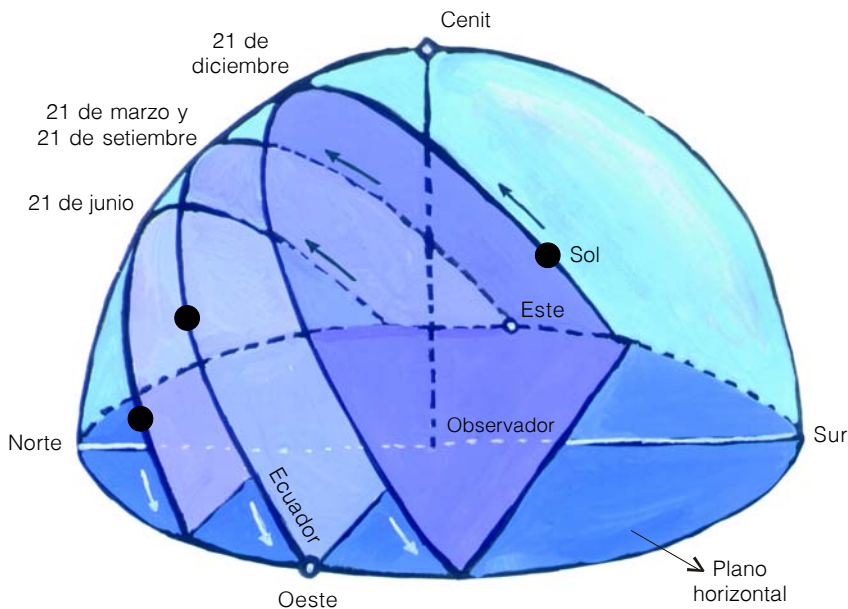
Horacio Tignanelli

23,5°, y recibe luz continuamente, aunque la Tierra no cesa de girar, allí no hay noche, mientras que el Polo Sur se halla en sombras. El 21 de diciembre, estas condiciones se invierten y es el Polo Sur donde comienza un día de luz perpetua durante seis meses. El 21 de marzo y el 21 de setiembre, la duración del día y de la noche es idéntica para todo sitio del planeta.

La duración del día y de la noche

La duración de las horas de luz y oscuridad se vinculan con las fechas de inicio de las estaciones (Cuadro I); duración que se relaciona directamente con la longitud del arco solar. En ambos hemisferios, en la fecha de comienzo del Verano se produce la máxima duración del día, mínima noche; en el inicio del Invierno es máxima la duración de la noche, mínimo día. En esas fechas el

levante solar muestra su máximo desplazamiento desde el Este, ya sea hacia el Sur o hacia el Norte. En el comienzo del Otoño y la Primavera el día dura lo mismo que la noche, 12 horas cada uno y, como dijimos, son las fechas cuando el Sol sale exactamente por el Este y se pone por el Oeste. En el Cuadro III se muestra la variación de la duración del día y de la noche en las diferentes estaciones, para cualquier sitio del hemisferio sur. *¿Puede construir uno similar para el hemisferio norte?*





Cuadro III

	La duración del Día	La duración de la Noche
21 de diciembre <i>Durante el verano</i>	máxima duración se acortan	mínima duración se alargan
21 de marzo <i>Durante el otoño</i>	igual a la noche se acortan	igual al día se alargan
21 de junio <i>Durante el invierno</i>	mínima duración se alargan	máxima duración se acortan
21 de setiembre <i>Durante la primavera</i>	igual a la noche se alargan	igual al día se acortan

El clima

El clima en un cierto sitio de la superficie terrestre es una combinación de diversos fenómenos, entre los que destacamos: **1.** la duración del día en el lugar, **2.** la altura máxima que alcanza el Sol sobre su horizonte, **3.** la ausencia o presencia de agua, líquida, vapor o hielo, **4.** varios factores atmosféricos, por ejemplo: los vientos, y, **5.** cuánto elevado está ese sitio respecto al nivel del mar. Así como en un viejo cuento ocurren mil y una noches diferentes, lo que asegura igual cantidad de días distintos, a lo largo del año y en los diversos lugares de la Tierra se suceden mil y un climas distintos.

Las condiciones climáticas de un Invierno de Colombia no son iguales que las del de Dinamarca; las Primaveras de Ushuaia no son parecidas a las de El Cairo o Toronto. Similarmente, un Verano en Mar de Ajó no es igual que en San Martín de los Andes y aún menos se parece un Otoño en las cataratas del Iguazú al de la base Marambio, en la Antártida. Nos animamos a decir entonces que *si las estaciones del año se definieran por el clima que en ellas se produce, habría entonces mil y una estaciones diferentes.*





Horacio Tignanelli

Actividades propuestas

IV.1 El movimiento de rotación terrestre

Materiales

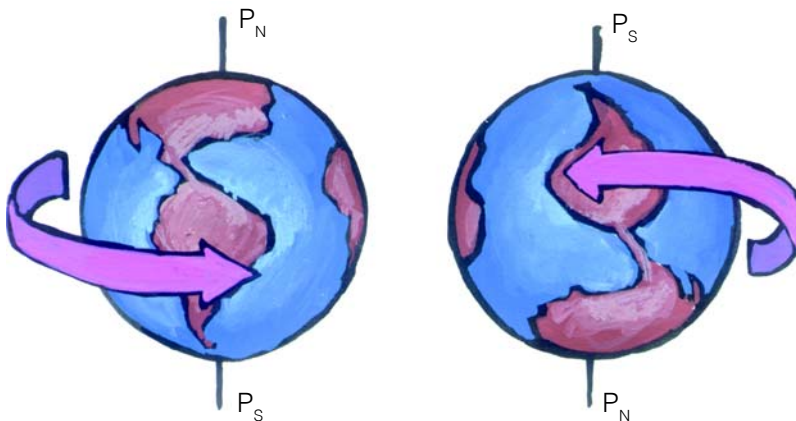
Teatro del Cielo (Apéndice III). Esfera que simula la superficie terrestre, donde pueden identificarse continentes y polos. Esfera blanca. Rotor. Panoramas. Lápices.

Desarrollo

Simulación: Se suspende un objeto que represente a la Tierra en el rotor y se echa éste a andar, simulando su movimiento de rotación; ubicar en la parte posterior un panorama oscuro con fondo estelar. Dada su construcción, en cualquiera de las disposiciones que se coloque la esfera terrestre, quedará un polo *arriba* y otro *abajo*, respecto de la visión de los espectadores. Si se invierte la posición de los polos, entonces...

¿debe mantenerse el sentido de rotación que ven los espectadores? ¿En qué disposición, la Tierra modelada en el teatrino coincide con la del globo terráqueo de la escuela? ¿Cuál debe ser el sentido de rotación que debe escogerse para coincidir con el real?

Direcciones a favor y en contra de la rotación: Con un objeto representando a la Tierra rotando en el teatrino,





identificar desplazamientos en el sentido a favor de la rotación de la Tierra y en el contrario. Por ejemplo: el viaje de Cristóbal Colón desde Europa hasta América... *¿se hizo a favor o en contra del movimiento de rotación de la Tierra?*

Por último, se puede reemplazar el modelo terrestre por una esfera blanca sobre la cual se puedan hacer anotaciones con un marcador y dibujos que faciliten la comprensión de los conceptos simulados.

IV.2 La sucesión de los días y las noches de la Tierra

Materiales

Teatro del Cielo (Apéndice III). Esfera terrestre, transparente y blanca. Cuerpos irregulares y regulares. Rotor. Spot. Panoramas. Hojas blancas. Lápices.

Desarrollo

Se suspende una esfera que represente a la Tierra en el rotor. Oscureciendo sólo un poco la habitación e iluminando la esfera terrestre con el spot, se puede simular la sucesión de días y las noches terrestres echando andar el motor del teatrino. La luz del spot representa la luz solar, llega hasta la esfera desde la parte inferior o superior del teatrino, desde uno de sus laterales. Entre otras cosas, señalar:

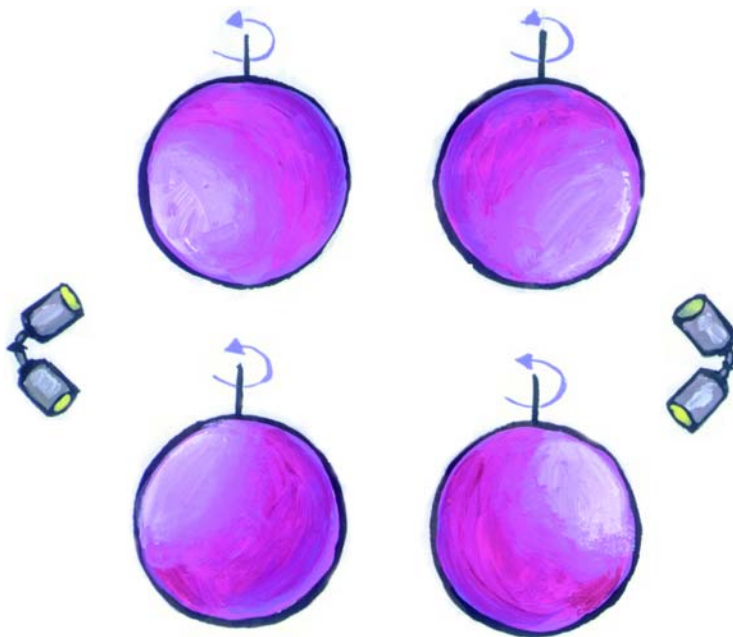
1. *La aparición del terminator terrestre.* Es la línea que separa el día y la noche. Tal línea no coincide con ningún meridiano. Si en el rotor del teatrino colocamos una esfera que no tiene dibujados los polos, blanca, podemos preguntar





Horacio Tignanelli

- a los espectadores justamente dónde se hallan los polos de ese astro y revisar su definición cinemática, esto es, como puntos que no participan de su rotación. Por último podemos realizar experiencias semejantes con diferentes astros, es decir, distintos cuerpos, algunos de formas no regulares.
2. *Visualización de los crepúsculos.* La esfera terrestre está suspendida del rotor y gira iluminada por el spot. Deteniendo el movimiento en cualquier punto, señalar qué zonas del modelo, por ejemplo: los continentes, están iluminadas y cuáles no, es decir, en qué partes es de día y dónde es de noche. La idea es identificar aquellos sitios donde se producen crepúsculos, es interesante preguntar cuál es la línea de crepúsculos matutinos y cuál la de vespertinos. *Preguntas:* ¿En qué lugares del modelo amanecerá al reiniciarse el movimiento? ¿En cuáles se hará de noche? ¿En los polos hay crepúsculos?



3. *Aparición de las sombras:* Colocando un papel blanco detrás del astro colocado en el rotor, por ejemplo: la Tierra, verificar la formación de su sombra y deducir algunas de sus características, forma, tamaño, etc.

Preguntas: ¿Qué forma tiene la sombra del astro? ¿Si no se coloca el papel detrás del cuerpo, se ve su sombra? ¿Y en el espacio, qué debe suceder para que se pueda ver la sombra de la Tierra? Esta actividad resulta una interesante introducción al tema de los eclipses.

4. *Los días de tiempo*

- a) La esfera terrestre está suspendida del rotor y gira iluminada por el spot.





Contabilizar cuántos días de tiempo, rotaciones completas de la esfera, pasan desde que se enciende el motor del teatrino. Si se utiliza la esfera transparente, puede hacerse una marca sobre ella y mediante su aparición y ocultamiento respecto de alguna referencia externa, por ejemplo: los espectadores, determinar el número de vueltas y su velocidad, por ejemplo: en giros por minuto. Preguntas: *¿Cuántas vueltas debe dar el motor para representar un mes, una semana, un año, en términos terrestres? ¿Cuántos minutos habrán pasado cuando el modelo complete una semana, un mes, un año?*

- b) Variando la posición del spot, se pueden verificar cuántos días y noches hay en un punto cualquiera de la superficie del modelo. Ubicando el spot en lugares simétricos y manteniendo suspendida la esfera de la Tierra en el rotor, uno de sus polos y una pequeña zona vecina al mismo, quedan permanentemente en sombras (noche polar) mientras que el otro polo y sus zonas aledañas, simultáneamente, quedan siempre iluminadas, día polar. En el caso terrestre, esa situación se invierte cada seis meses; en el Teatro del Cielo, esa nueva posición, simétrica de la primera, puede simularse colocando el spot en la posición opuesta, por ejemplo: superior cobre.

IV.3 Simulación sobre la base del movimiento de traslación

Materiales

Teatro del Cielo (Apéndice III). Esfera terrestre, transparente y blanca. Rotor. Spot. Panoramas. Hojas blancas. Lápices.

Desarrollo

Aquí se presentan algunas situaciones vinculadas con el movimiento anual de la Tierra alrededor del Sol. Debe colocarse en el rotor central a la esfera que





Horacio Tignanelli

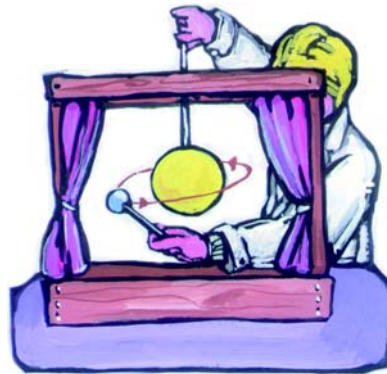
representa el Sol, en varillas se lleva a la Tierra y, cuando sea necesario, la Luna. Durante esta actividad es importante resaltar qué parámetros no se están respetando durante las simulaciones en el teatrino: distancias mutuas, tamaños relativos, proporciones generales, tiempos de revolución y giro sobre sí mismos, etc. Es importante señalar las ventajas y desventajas del modelo, y de su utilidad para la simulación de lo que sucede en la realidad.

1. *La traslación de la Tierra.* El manipulador hace girar a la Tierra en torno al Sol central.
 - a) ¿Cuál es la forma que tiene la trayectoria terrestre? ¿Es una circunferencia? ¿Es una elipse? ¿Puede apreciarse desde la ubicación de los espectadores, es decir fuera del Teatro del Cielo?
 - b) *¿En qué sentido debe girar el modelo terrestre alrededor de la esfera solar? ¿Qué sentidos de rotación pueden usarse para definirlo y con cuál coincide?* Pueden usarse colores como referencia o bien incorporar otro sistema (por ejemplo: el sentido de las agujas de un reloj, el de rotación de la Tierra sobre sí mismo, Oeste a Este. Una vez definido el sentido de la traslación terrestre, tratar de identificar qué disposición de los polos se está usando. Al respecto: *¿si se cambia y se invierten los polos terrestres, para los espectadores del Teatro del Cielo, cambia el sentido de rotación o se mantiene igual?*
 - c) Si ahora se quita el Sol del rotor central y se lo sostiene con una varilla, colocándola apuntando a los niños espectadores, y se hace girar a su alrededor nuevamente al modelo terrestre. ¿Puede apreciarse mejor la trayectoria de la Tierra? Repetir similares cuestiones a las realizadas cuando se trabajó la traslación de la Luna en torno de la Tierra. Además, aquí aparece la inquietante pregunta: *¿las figuras de los libros de texto que representan a la órbita terrestre, se pueden asociar a esta disposición, o bien a alguna de las la anteriores?*
2. *Eclíptica, la órbita terrestre:* Dado que la forma de la órbita terrestre puede ser dibujada como una curva abierta o cerrada, de acuerdo al punto de referencia que se tome, la idea es que los alumnos la diseñen considerando:





1. El movimiento del Sol, y
2. no teniendo en cuenta el desplazamiento solar. De la misma manera, es interesante que se dibuje la órbita de la Luna en torno a la Tierra teniendo en cuenta:
1. el movimiento de traslación terrestre y, por último,
2. que la Tierra está inmóvil en el espacio. Preguntas: 1. ¿Dónde se halla



ubicado el Sol en una trayectoria elíptica? ¿Cómo se puede identificar?
2. La Tierra ocupa una posición de máximo acercamiento y otra de máximo alejamiento del Sol. Identificar esas posiciones en el Teatro del Cielo. 3. La velocidad de la Tierra en el espacio, durante su traslación alrededor del Sol, no es constante, sino que varía. ¿Cómo puede representarse en el simulador? 4. Señalar y simular el hecho que la Tierra alcanza una velocidad máxima, en el perihelio, y otra mínima, en el afelio. Esta representación resulta útil para introducir la idea de velocidad promedio o velocidad media, (ver Tabla N° 4, Apéndice I). 5. Finalmente, que los niños espectadores determinen cuántos años pasaron en la simulación presentada, considerando que esa unidad de tiempo se fija por la demora de la Tierra en completar una vuelta alrededor del Sol.

3. *El Sol junto al sistema Tierra Luna:* Al modelo formado por la esfera terrestre y la solar, se incorpora ahora la esfera lunar correspondiente, buscando sostener mínimamente las dimensiones relativas entre estos astros. 1. ¿Cómo será el desplazamiento conjunto de la esfera lunar y la terrestre? Conviene detenerse en este punto ya que seguramente exigirá diferentes simulaciones. 2. ¿Cuánto demora la Luna en dar una vuelta alrededor del Sol? 3. Reproducir la configuración inicial y mostrar la forma que toma la órbita lunar alrededor de la Tierra y alrededor del Sol.



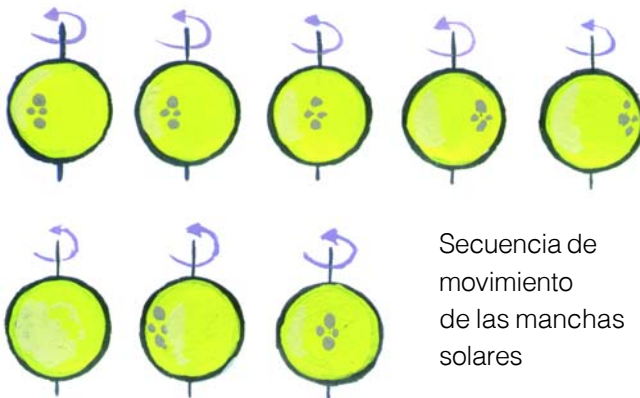


Horacio Tignanelli

IV.4 Simulación del movimiento solar

Materiales

Teatro del Cielo (Apéndice III). Esfera que simula el Sol. Rotor. Varillas y panoramas.



Desarrollo

1. La rotación solar

Con la esfera solar colocada en el rotor central. ¿El Sol gira sobre sí mismo? ¿Si fuese así, cómo podríamos darnos cuenta?

Esta actividad puede ser útil para introducir el tema de las manchas solares, ya que dibujando pequeñas manchas sobre el modelo solar, la observación de su movimiento puede ser interpretado como una pista para determinar la rotación solar. A comienzos del siglo XVII, el astrónomo italiano Galileo Galilei realizó una estimación de la velocidad de rotación del Sol justamente registrando el movimiento de sus manchas.

2. El desplazamiento espacial del Sol

Con el Sol colocado en la varilla de manipulación libre.

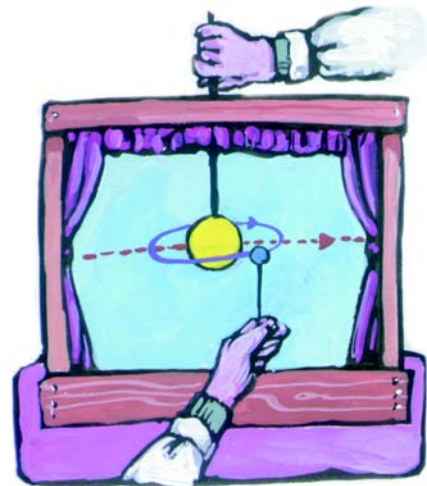
a) ¿El Sol se desplaza en el espacio? ¿Cómo es su movimiento? ¿Cómo puede caracterizarse: sentido, dirección, velocidad, etc.? ¿Gira alrededor de algún punto en especial? ¿Si así fuese, de cuál se trata?





Este punto resulta importante para diferenciar el movimiento aparente del Sol, tal como lo vemos desde la Tierra, a simple vista, es decir, como reflejo de la rotación terrestre, del movimiento absoluto del Sol, entre las estrellas, en la galaxia, alrededor de su centro.

- b) Identificados los movimientos de rotación y traslación del Sol, indicar qué sucede con la Tierra durante los mismos. *¿Cómo es el desplazamiento de la esfera terrestre considerando el movimiento solar? ¿Qué semejanzas pueden encontrarse con el hallado para la traslación de la Luna en torno de la Tierra, en cualquiera de las configuraciones posibles?*
- c) Incorpora la esfera lunar a la situación anterior y plantear las dificultades de su representación.



IV.5 Simulación considerando el movimiento planetario

Materiales

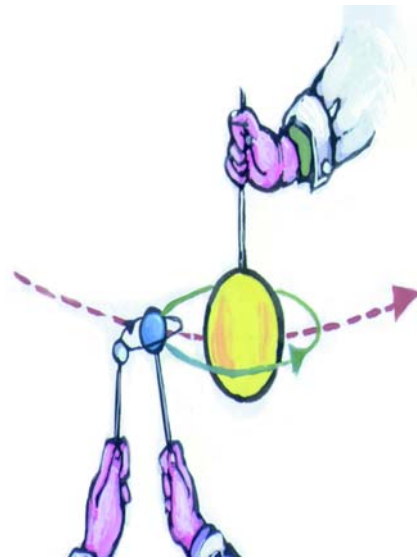
Teatro del Cielo (Apéndice III). Esferas que simulan la Tierra, el Sol y los planetas. Rotor. Spot. Varillas y panoramas.

Desarrollo

1. Comparaciones generales

Los movimientos de los planetas del Sistema Solar son similares a los de la Tierra y pueden reproducirse siguiendo los mismos pasos presentados antes, es decir:

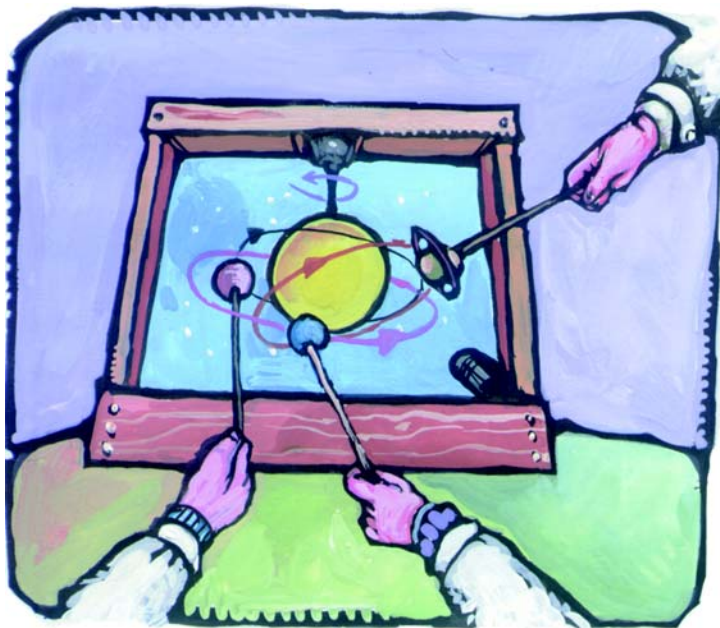
- a) *Rotación sobre sí mismo.* Con la ubicación de diferentes esferas representando distintos planetas en el eje del rotor del Teatro del Cielo, simular diferentes rotaciones o bien manipulando planetas con sus varillas directamente con





Horacio Tignanelli

- las manos para seguirse un esquema de velocidades proporcional al real mostrado en la Tabla N°3 (Apéndice I).
- b) *Traslación alrededor del Sol.* Las órbitas de todos los planetas, satélites y asteroides del Sistema Solar son de forma elíptica, con el Sol ubicado en una posición algo desplazada del centro de esa figura, en uno de sus focos. Con diferentes cuerpos que representen a los diferentes astros del Sistema Solar, se representan sus correspondientes órbitas. Con las Tablas del Apéndice I a mano, pueden simularse diferencias y similitudes entre algunas de sus principales características, por ejemplo: distancia al Sol (Tabla N°1) o bien mayor o menor velocidad orbital (Tabla N°4) y distinguir las duraciones en sus respectivos períodos sidéreos. El período sidéreo o año sideral es el tiempo que demora un planeta en completar una vuelta alrededor del Sol (ver la Tabla N°2). El mismo tratamiento que mostramos



para la Luna se puede extender a lunas de los planetas principales; en el Apéndice I, aparecen datos útiles para comparar fundamentalmente tiempos de traslación alrededor del Sol, considerando el del planeta en torno al cual giran, rotación sobre sí mismas y distancias relativas a su planeta principal (Tablas N°7 y N°9).

c) Desplazamiento en el espacio, acompañando al Sol por el interior de la galaxia. Los planetas giran alrededor del Sol y lo siguen en su camino espacial por el interior de la galaxia. Puede realizarse esta representación con diferentes planetas; para poder cubrir una amplia extensión, la simulación puede hacerse fuera del teatrino si es necesario.





2. La inclinación de las órbitas planetarias

Un aspecto que dejamos deliberadamente hacia el final de estas actividades es el de las diferentes inclinaciones que tienen los planos que contienen las órbitas planetarias. En el Teatro del Cielo, mediante la manipulación de las esferas que representan a los planetas y cuidando de inclinar en cada caso el plano orbital de los mismos, puede darse una idea de los diferentes ángulos que presentan todas y cada una de las órbitas planetarias. En primer término hay que *echar andar* a la Tierra y definir el plano por donde se mueve nuestro planeta, llamado *eclíptica*; a posteriori, tomar cualquiera de los planetas y orbitar al Sol en un plano inclinado respecto a la eclíptica.

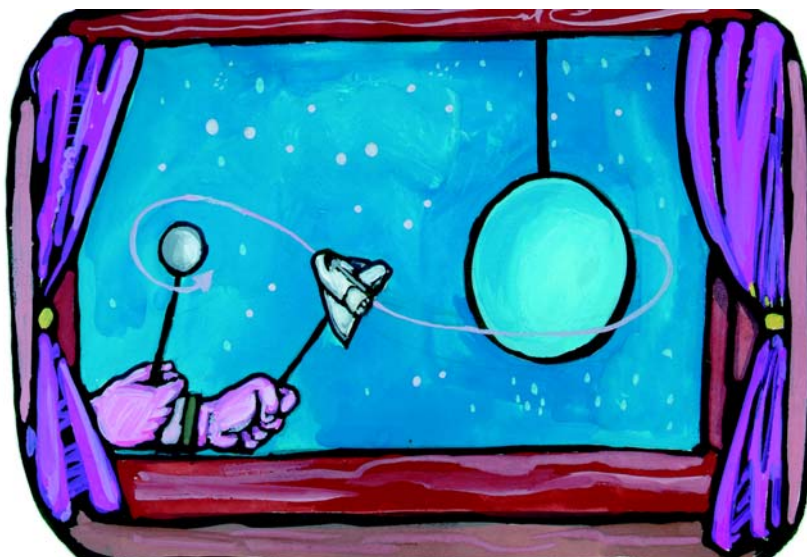
IV.6 Trayectorias artificiales

Materiales

Teatro del Cielo (Apéndice III). Esferas para la Tierra y la Luna, para suspender del teatrino. Panoramas. Varilla con un objeto que representa una nave espacial. Esfera terrestre, transparente y blanca. Rotor. Spot. Panoramas.

Desarrollo

Colocar un par de cuerpos que representen a la Tierra y a la Luna y luego simular cual sería una trayectoria artificial como, por





Horacio Tignanelli

ejemplo: el camino de una nave espacial que se conduce de la Tierra a la Luna, la trayectoria de un artefacto que gira alrededor de la Tierra, por ejemplo, un satélite de telecomunicaciones. Para realizar esta simulación, deberá usarse una varilla sin cuerpo en su punta, o bien construir el artefacto que se ilustrará.

Preguntas: *Si se mantiene la iluminación solar representada por el spot: ¿cómo serán iluminados esos aparatos? ¿Puede decirse que tendrán días y noches?*

IV.7 Sobre las órbitas

Dado que una órbita puede ser abierta o cerrada de acuerdo al punto de referencia que se tome, la idea es que los alumnos diseñen la estructura del Sistema Solar, con sus planetas principales girando alrededor del Sol, moviéndose cada uno en su respectiva órbita y considerando: 1. el movimiento del Sol, y 2. no teniendo en cuenta el desplazamiento solar. Del mismo modo, es interesante que se dibuje la órbita de la Luna entorno a la Tierra teniendo en cuenta: 1. el movimiento de traslación terrestre y, por último, 2. que la Tierra está inmóvil en el espacio.





APÉNDICES







Apéndice I: Sobre datos recogidos de algunos astros del Sistema Solar

Tabla N° 1: Los astrónomos tomamos como valor de distancia de un planeta al Sol, el promedio entre sus posiciones de mínima y máxima lejanía del mismo; se denomina *distancia media*. Aquí se dan las correspondientes a los planetas principales, en millones de kilómetros (multiplicar cada cifra por 1.000.000).

Tabla N° 2: Se llama *período sidéreo*, o bien *año sidéreo*, al tiempo que demora un planeta en completar un vuelta alrededor del Sol. Los de Mercurio, Venus, la Tierra y Marte se dan en *días terrestres*; como los períodos del resto son muy grandes se usan *años terrestres*. Notar que el año sidéreo terrestre (365,25) difiere del año calendario (365); esa diferencia, acumulada cada cuatro períodos sidéreos, completa un día de tiempo. Cada cuatro años, entonces, se computa un día más en el calendario (366) conformando lo que se ha llamado el *año bisiesto*.

Tabla N° 3: Se presenta el tiempo que demoran los planetas principales en dar una giro sobre sí mismos. Notar que el período de rotación terrestre es algo diferente al que se usa en los relojes. Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno dan una vuelta en menos tiempo que la Tierra y su período entonces se da en horas y fracción. Excepto Marte, los restantes planetas son bastante lentos y su período se da en días terrestres: cuando Mercurio recién da una vuelta sobre sí mismo, la Tierra ha dado casi cincuenta y nueve.

Tabla N° 4: Son las velocidades de los planetas alrededor del Sol, también llamadas *velocidades orbitales*, en kilómetros por segundo. Nótese que el orden es el inverso al dado al presentar las distancias al Sol (Tabla N° 1). Aquí aparecen velocidades *promedio*, llamadas *medias*, ya que la velocidad no es la misma durante toda su trayectoria. Adquieren mayor velocidad que la media cuando se hallan a su menor distancia del Sol; la menor velocidad orbital de cualquiera de los planetas se observa cuando se hallan a la máxima distancia del Sol.

Planeta	Distancia
Mercurio	57,9
Venus	108,2
Tierra	149,6
Marte	227,9
Júpiter	778,3
Saturno	1.429,0
Urano	2.875,0
Neptuno	4.504,0
Plutón	5.915,0

Planeta	Período sidéreo
Mercurio	88 días
Venus	224,70 días
Tierra	365,26 días
Marte	687,00 días
Júpiter	11,86 años
Saturno	29,42 años
Urano	83,75 años
Neptuno	163,73 años
Plutón	248,00 años

Planeta	Rotación
Júpiter	9 ^h 50 ^m 30 ^s
Saturno	10 ^h 39 ^m 24 ^s
Urano	16 ^h 48 ^m
Neptuno	18 ^h
Tierra	23 ^h 56 ^m 4 ^s
Marte	24 ^h 37 ^m 23 ^s
Plutón	6,39 días
Mercurio	58,646 días
Venus	243,16 días





Horacio Tignanelli

Planeta	Velocidad
Plutón	4,75
Neptuno	5,44
Urano	6,80
Saturno	9,65
Júpiter	13,03
Marte	24,15
Tierra	29,78
Venus	35,02
Mercurio	47,85

Planeta	Inclinación
Mercurio	2°
Venus	3°
Júpiter	3° 30'
Tierra	23° 27'
Marte	23° 59'
Saturno	26° 44'
Neptuno	28° 48'
Urano	82° 5'
Plutón	122° 25'

Planeta	Radio
Plutón	1.530
Mercurio	2.489
Marte	3.390
Venus	6.310
Tierra	6.378
Neptuno	25.225
Urano	26.200
Saturno	60.330
Júpiter	71.714

Tabla N° 5: Los planetas giran alrededor de un eje imaginario que pasa por su centro; tal eje no es perpendicular a su respectivo plano orbital terrestre. En esta Tabla se dan las inclinaciones de los planetas principales. Notar que Mercurio, el más cercano, es el que tiene menor inclinación y Plutón, el más lejano, el que presenta la mayor del grupo.

Tabla N° 6: Damos los radios de los planetas principales, en kilómetros. En realidad los planetas no son esferas; el radio medido desde su centro hacia el polo es diferente al radio medido entre el centro y su ecuador. Los radios dados aquí son un promedio entre el *radio polar* y el *radio ecuatorial*.

Tabla N° 7: La mayoría de los planetas principales mantiene uno o varios *satélites naturales* girando a su alrededor; en general, las características de esos satélites son similares a las de los planetas. Es común llamar *lunas* a esos satélites, por el nombre que le damos al satélite de la Tierra. Aquí mostramos el número de lunas de cada planeta principal.

Tabla N° 8: Presentamos datos de algunos pequeños planetas del Sistema Solar, también llamados *asteroides*. Damos su radio, en km, y su distancia al Sol, en millones de km, es decir. Resaltamos el planetita *Ceres* ya que es el más grande conocido. En la Tabla N° 10 hay más asteroides.

Planeta	Lunas
Mercurio	no
Venus	no
Tierra	1
Plutón	1
Marte	2
Neptuno	8
Urano	15
Júpiter	16
Saturno	18

Nombre	Radio	Distancia
Gaspra	17	205,0
Ida	58	270,0
Vesta	250	353,4
Eunomia	136	395,5
Ceres	457	413,9
Pallas	261	414,5
Psyche	132	437,1
Interamnia	167	458,1
Europa	156	463,3
Hygiea	215	470,3
Davidia	168	475,4
Sylvia	136	521,5





Tabla N° 9: Ciertas lunas son mundos de mayores dimensiones que algunos de los planetas principales. Aquí se dan datos de algunas de ellas: diámetro en km. y el período de traslación alrededor de su respectivo planeta, en días y fracción.

Tabla N° 10: Se presentan sólo algunos de las decenas de planetitas descubiertos desde Argentina. Se da su número de orden en la lista de planetas del Sistema Solar, el año y la ciudad en que fue descubierto, y su nombre asignado. Hemos escogido una serie de planetitas que llevan el apellido de protagonistas sobresalientes de la investigación astronómica argentina. Como curiosidad, recuerden que el primer asteroide descubierto en Argentina lleva la denominación *Angélica*, ya que su descubridor, el astrónomo J. Hartmann, decidió llamarlo con el nombre de su esposa.

Nombre	Período	Diámetro	Planeta
Ganímedes	7,15	5.262	Júpiter
Titán	15,95	5.150,00	Saturno
Io	1,76	3.630,00	Júpiter
Luna	27,32	3.476,00	Tierra
Titania	8,71	1.590	Urano
Rea	4,52	1.530,00	Saturno
Caronte	6,39	1.500	Plutón
Tritón	141	1.303,00	Neptuno
Umbriel	4,14	1.190	Urano
Metis	0,29	40,00	Júpiter
Telesto	1,89	34	Saturno
Fobos	0,31	27,00	Marte
Deimos	1,26	15	Marte
Cordelia	0,33	15	Urano
Nereida	8643,10	170	Neptuno

Número	Año	Nombre	Observatorio
965	1921	Angélica	La Plata
1571	1950	Cesco	
1596	1951	Itzigsohn	
1608	1951	Muñoz	
1688	1951	Wilkens	
1769	1966	Torres	Córdoba
1800	1950	Aguilar	La Plata
1829	1967	Dawson	San Juan
2179	1965	Platzek	
2381	1976	Landi	
2605	1974	Sahade	
2691	1974	Sérsic	
2964	1974	Jaschek	
2997	1974	Cabrera	





Apéndice II: Sobre la ubicación de algunas ciudades de Argentina

A continuación se presenta una lista de localidades de diversas zonas del país, junto con sus correspondientes coordenadas geográficas latitud y longitud –expresadas en grados (°) y minutos (′) sexagesimales–; se han ubicado por orden alfabético de las provincias en las que se encuentran. Entre las seleccionadas, la ciudad más al oeste es Perito Moreno en Santa Cruz (mayor longitud), y la que se encuentra más al este, Puerto Iguazú (menor longitud); la más al norte es La Quincha (menor latitud), y la más austral, Ushuaia (mayor latitud). Las coordenadas geográficas de un cierto lugar pueden buscarse aproximadamente en un mapa de Argentina que tenga señalados paralelos y meridianos; para ubicarse, sugerimos usar esta lista para identificar la ciudad más cercana al lugar que se quiere hallar sus coordenadas. Recordar que todas las latitudes son Sur y que también pueden aparecer escritas con un signo menos adelante.

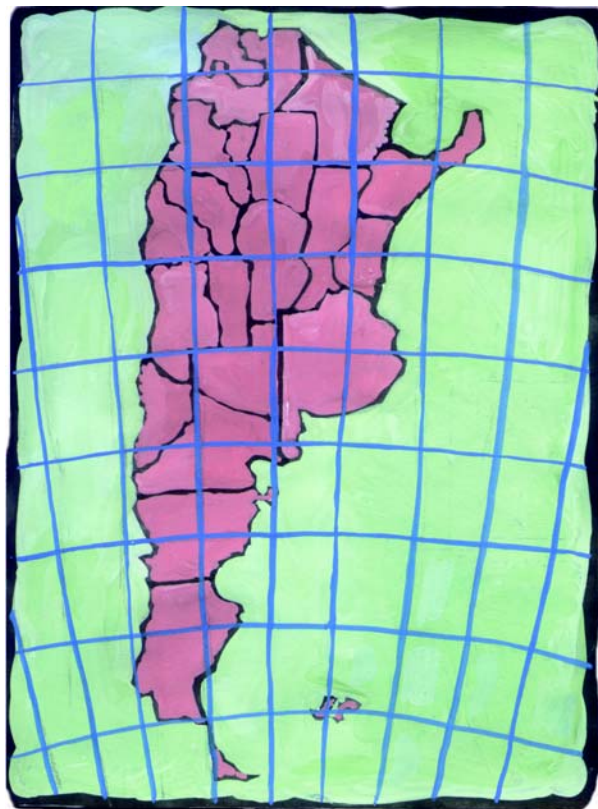
Ciudad	Provincia	Latitud	Longitud
Buenos Aires	Cap. Federal	34°38'	58°28'
La Plata	Buenos Aires	34°55'	57°57'
Olavarría	Buenos Aires	36°53'	60°20'
Mar del Plata	Buenos Aires	38°00'	57°33'
Bahía Blanca	Buenos Aires	38°41'	62°17'
Gral. Villegas	Buenos Aires	35°02'	63°02'
Catamarca	Catamarca	28°29'	65°47'
Antofagasta	Catamarca	26°04'	67°24'
Resistencia	Chaco	27°27'	58°59'
Sta. Sylvina	Chaco	27°49'	61°09'
Castelli	Chaco	25°57'	60°38'
Rawson	Chubut	43°18'	65°06'
Esquel	Chubut	42°55'	71°21'
C. Rivadavia	Chubut	45°52'	67°29'
Córdoba	Córdoba	31°25'	64°11'
Laboulaye	Córdoba	34°07'	63°23'





Astronomía en la escuela

V. María	Córdoba	29°54'	63°44'
Corrientes	Corrientes	27°28'	58°51'
Goya	Corrientes	29°08'	59°15'
Santo Tomé	Corrientes	28°33'	56°03'
Paraná	Entre Ríos	31°44'	60°32'
San José	Entre Ríos	30°23'	58°45'
Guauguaychú	Entre Ríos	33°01'	58°31'
Formosa	Formosa	26°11'	58°10'
Ing. Juárez	Formosa	23°54'	61°51'
Clorinda	Formosa	25°17'	57°43'
S. S. de Jujuy	Jujuy	24°12'	65°18'





Horacio Tignanelli

La Quiaca	Jujuy	22°06'	65°35'
Santa Rosa	La Pampa	36°37'	64°17'
Puelén	La Pampa	37°21'	67°37'
La Adela	La Pampa	38°59'	64°04'
La Rioja	La Rioja	29°25'	66°52'
Ulapés	La Rioja	31°35'	66°15'
Vinchina	La Rioja	28°45'	68°13'
Mendoza	Mendoza	32°53'	68°49'
Malargüe	Mendoza	35°28'	69°35'
Gral. Alvear	Mendoza	34°59'	67°42'
Posadas	Misiones	27°23'	55°54'
Bdo. de Irigoyen	Misiones	26°17'	53°39'
P. Iguazú	Misiones	25°36'	54°35'
Neuquén	Neuquén	38°58'	68°04'
Chos Malal	Neuquén	37°23'	70°16'
Viedma	Río Negro	40°50'	63°00'
Bariloche	Río Negro	41°08'	71°17'
S. Colorada	Río Negro	40°35'	67°46'
Salta	Salta	24°47'	65°24'
Tartagal	Salta	22°32'	63°49'
Caípe	Salta	24°43'	68°01'
San Juan	San Juan	31°32'	68°31'
Rodeo	San Juan	30°13'	69°07'
San Luis	San Luis	33°19'	66°21'
B. Esperanza	San Luis	34°45'	65°16'
Quines	San Luis	32°14'	65°48'
Río Gallegos	Santa Cruz	51°37'	69°15'
Gob. Gregores	Santa Cruz	48°45'	70°15'
Perito Moreno	Santa Cruz	46°35'	70°56'





Apéndice III

El Teatro del Cielo, datos para su construcción

Objetivos

Recrear y dramatizar configuraciones planetarias, modelizando disposiciones espaciales que representen algunos fenómenos astronómicos visibles y no visibles, esto es, como son vistos desde la superficie terrestre, aparentes, y como se verían desde afuera de la Tierra, reales.

Descripción

Se trata de construir un escenario, un *teatrino*, donde puedan visualizarse los movimientos de los astros. Los objetos que representan los astros se sostienen con pequeñas varillas y la idea es que sean manipulados tanto por los niños como por el docente. Esos objetos tendrán formas bidimensionales, por ejemplo: discos, y tridimensionales, por ejemplo: esféricas, dependiendo de lo que se modelice. Los astros se mueven en el interior del teatrino simulando los desplazamientos previamente esquematizados en un papel o verbalizados en el aula, o interpretando los gráficos de los libros de texto. En el Teatro del Cielo también se pueden dramatizar situaciones en las que intervengan otros elementos (por ejemplo: *naves espaciales*) y personajes (por ejemplo: *astrónomos*), que narran historias reales, fantásticas, etc., o bien actuando en situaciones vinculadas tanto con el cielo terrestre como con el espacio sideral.





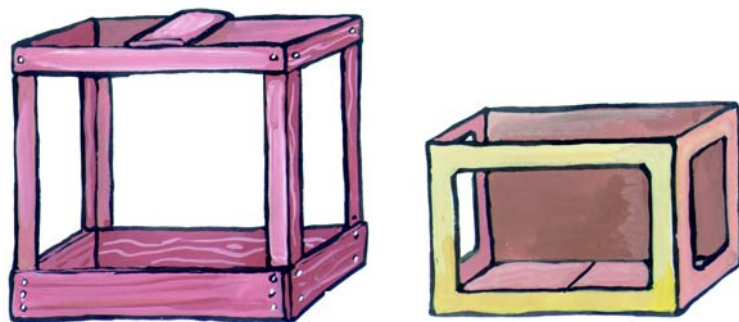
Horacio Tignanelli

Debe tenerse en cuenta que durante las diferentes simulaciones: 1. Se reemplazará la energía propia de los astros por la energía mecánica producida por los propios niños manipulando los objetos o bien por motores eléctricos. 2. En la mayoría de las situaciones no se respetarán las proporciones reales que tienen los astros, modificando sus dimensiones, tamaño, volumen, etc., en función de la visualización del fenómeno. 3. Resaltar la circunstancia de que los astros aparezcan *sostenidos* de varillas o hilos, es un recurso para favorecer la representación.

En las actividades damos las configuraciones iniciales, algunas de las premisas más importantes y una serie de preguntas, cuestiones y comentarios relativos al fenómeno simulado. Los niños que observan la simulación los llamaremos *espectadores*, aunque su participación no es pasiva: sus críticas y sugerencias modificarán y optimizarán la representación que llevan adelante sus compañeros *manipuladores* de los astros. También cabe destacar que las posibilidades de representación de este *simulador teatral* son numerosas; en el texto sólo mencionamos algunas de las sobresalientes para nuestros objetivos.

Detalles

Estructura: La construcción del teatrino se debe hacer con algún material resistente, como cartón armado, plástico o madera liviana, por ejemplo: con una caja de embalajes de dimensiones adecuadas. Las dimensiones mínimas





son unos 50 cm de alto, 40 cm de largo y alrededor de 30 cm de profundidad. La estructura está abierta por ambos laterales, su frente, fondo y parte superior, por esas aberturas se introducen los objetos. Se recomienda dejar un borde superior e inferior en la estructura, que disimulará la manipulación, ocultando parcialmente las manos. Es conveniente que el teatrino esté pintado de negro. En cada uno de los extremos superiores de su frente hay una elemento, por ejemplo: una torreta de diferente color, por ejemplo: cobre y plomo. Estos elementos servirán para referenciar las direcciones de movimiento dentro del teatrino, evitando así ambigüedades.

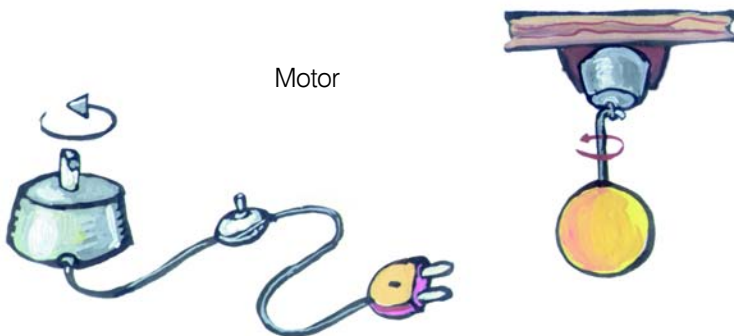
Iluminación: En el teatrino se incorpora un pequeño spot móvil con una lámpara de luz blanca (por ejemplo: 40 W) con pequeño haz de iluminación (por ejemplo: 10°). También se sugiere contar con un set de miniluces (leds) conectado directamente a una caja de pilas con interruptor de corriente.

Movimiento de rotación: El teatrino debe contar con un pequeño motor giratorio, por ejemplo: cinco vueltas por minuto, con interruptor para poder encender y apagar a voluntad. En el rotor de este motor se colocará una varilla solidaria con el astro seleccionado. El motor se prende, por ejemplo: con remaches, a un soporte, de modo de que pueda sostenerse en dos posiciones: 1. *rotor abajo*, ubicado superiormente en el teatrino y 2. *rotor arriba*, ubicado en el piso del teatrino. En caso de no conseguir un motorcito, el movimiento de rotación se puede realizar manualmente.

Spot



Motor





Horacio Tignanelli

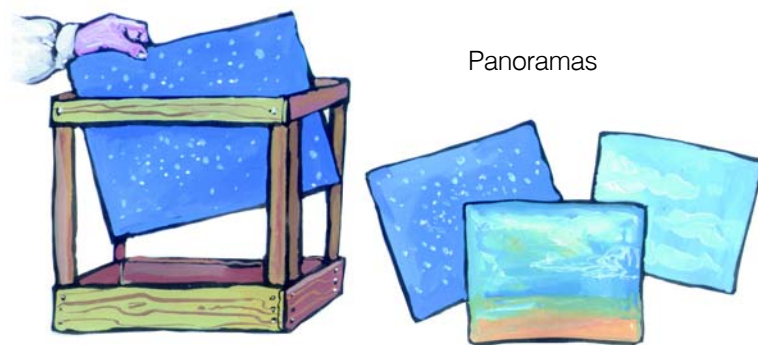
Soportes: Se precisa un soporte para el rotor del ancho del teatrino, con los extremos doblados para incrustar en su parte superior, y otro soporte multiuso, con dobleces para incrustar en la parte media y superior de la estructura.

Telones: Para dar la apariencia de un verdadero teatro, se sugiere contar con dos telones o cortinas para cubrir el frente y el foro del teatrino.

Panoramas: Los astros se mueven sobre un *fondo de escena*, la parte posterior del teatrino, donde se simulan diferentes paisajes; en el cuadro siguiente se dan algunos ejemplos:

Paisajes	Características
<i>Espacial</i> (sin horizonte visible)	<i>Terrestre:</i> distintos paisaje según la zona del planeta, diversas condiciones atmosféricas: nubes, diafanidad, etc.
	<i>Extraterrestre:</i> desde la Luna, Marte, etc.
<i>Local</i> (con horizonte visible)	<i>Diurno:</i> vista iluminada, presencia de colores, etc.
	<i>Nocturno:</i> panorama oscuro, estrellado, etc.

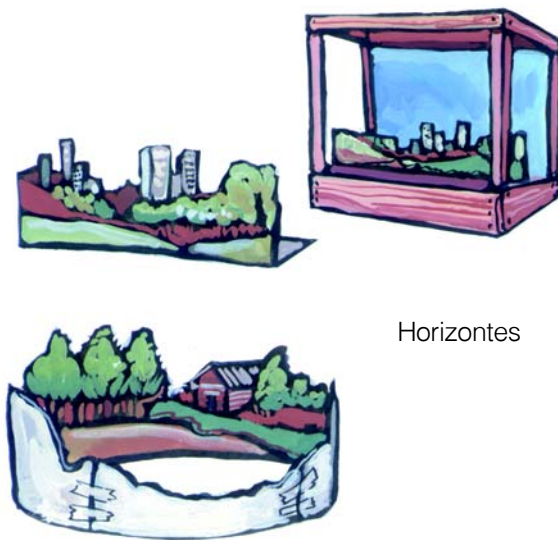
A estos telones los denominamos *panoramas* y sugerimos que sean producidos: a) Pintando paisajes sobre cartulina. b) Haciendo *collages* con diversos elementos, hasta conseguir la apariencia buscada, por ejemplo: un



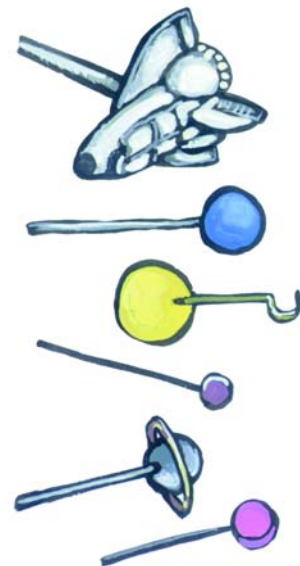


poco de algodón formando nubes, un arco iris de celofán, etc. c) Pegando imágenes extraídas de diarios y revistas. d) Utilizando fotografías y fotocopias de diseños útiles para la acción que se busca reproducir, planetas, cielos, etc. Una idea divertida es colocar como panorama el esquema de movimiento que se busca visualizar (a modo de plano celeste), y luego manipular los astros siguiéndolo estrictamente. Los espectadores ven los astros proyectados sobre el dibujo puesto de fondo. También es posible dar un movimiento al panorama, por ejemplo: al simular el desplazamiento del fondo estrellado se superpone a un panorama estrellado, un dibujo de constelaciones y se prende con ganchos que permitan su rotación.

Juego de astros: Como mencionamos, los astros pueden ser planos o volumétricos, sostenidos y movidos por varillas o bien directamente con la mano. Queda abierta la invitación a que niños y adultos construyan diversos



Elementos





Horacio Tignanelli

astros y otros elementos, naves espaciales, nubes, horizontes, etc. En el siguiente cuadro se muestra una lista de objetos esféricos, con un diámetro probable (en cm); otros astros tienen forma de discos con similares dimensiones. Algunas varillas tienen en su extremo un pequeño gancho para ser suspendidos del rotor.

Horizontes: Por otra parte, se utilizan pequeños horizontes planos verticales, que llamamos *frontales* y en forma de corona, que se pueden construir en goma o cartulina, preferentemente de color negro, estos elementos se colocan sobre una base para poder alcanzar una altura de visión óptima para los espectadores.

Arcos: Con trozos de alambre, convenientemente curvados, se pueden simular en el teatrino, diferentes arcos celestes; servirán para representar trayectorias, por ejemplo: el arco solar. Debe preverse que estos arcos puedan ajustarse en el interior del teatrino, por sus laterales.

Astro	Diámetro
Sol y Tierra	8 cm
Tierra, y una serie de planetas de diversos colores	5,5 cm
Sol, Tierra, Luna y una serie de planetas de colores, más uno transparente	4 cm
Tierra, Luna y una serie de planetas de colores; también un planeta mitad blanco y mitad negro, otro con anillos	2 cm





Bibliografía utilizada en el texto

- Bazo, R.H. & Madsen, J.J., 1993, *El Cielo 1: nuestro cielo próximo*, A-Z Editores, Buenos Aires, Argentina.
- Broman, L., Estalella, R. & Ros, R.M., 1993, *Experimentos de Astronomía*, Alhambra Editorial, Madrid, España.
- El rastro del Choike*, 1997/98, publicaciones periódicas del Complejo Plaza del Cielo, N° 1 a 5, Esquel, Argentina.
- Feinstein, A. & Tignanelli, H., 1994, *Una visita al universo conocido*, Editorial Colihue, Buenos Aires, Argentina.
- Feinstein, A. & Tignanelli, H., 1996, *Astronomía General: visión global del universo*, Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Feinstein, A. & Tignanelli, H., 1999, *Objetivo: Universo*, Editorial Colihue, Buenos Aires, Argentina.
- García Canalle, J.B., 1998, *Oficina de Astronomía*, Instituto de Física, Universidad de Río de Janeiro, UERJ, Río de Janeiro, Brasil.
- Lanciano, N., 1990, *Sopra l'orizzonte*, Laboratorio di Didattica delle Scienze, Università di Roma, Roma, Italia.
- Lorenzoni, F., 1991, *Con il cielo negli occhi (imparare a guardare lo spazio e il tempo)*, Marcon Gruppo Editoriale, Città di Castello, Italia.
- “Les cahiers Clairaut”, 1995, Comité de Liaison Enseignants & Astronomers, Laisne & Tryoen Ed., ST Cloud, Francia.
- Tignanelli, H., 1993, “Sobre la enseñanza de la Astronomía en la escuela primaria”, Cap. III de *Didáctica de las Ciencias Naturales* (H. Weismann, compiladora), Editorial Paidós, Buenos Aires, Argentina.
- Tignanelli, H., 1997, *Astronomía en Liliput: talleres de introducción a las ciencias del espacio*, Editorial Colihue, Buenos Aires, Argentina.





Horacio Tignanelli

Tignanelli, H., 1997, “Astronomía de pizarrón”, Suplemento “Novedades en la escuela” de la revista *Novedades Educativas*, N^{os} 77/78/79/80/81/82, Buenos Aires, Argentina.

Tignanelli, H., 1997, “La Tierra en el universo, el Sistema Solar”, 1^a Unidad, V^o Bloque, curso de Formación de Profesores de Ciencias *FORCIENCIAS*, Editado por el Ministerio de Educación y Cultura de España & Universidad Autónoma de Barcelona, Madrid, España.

Tignanelli, H., 1998, “La Tierra, el planeta en que vivimos” y “Patrulla del Cielo: Proyecto especial”, Capítulos de *Ciencias Naturales, 6^o año* (L. Fumagalli, coordinadora), Editorial Estrada, Buenos Aires, Argentina.

