



MINISTERIO DE EDUCACIÓN

DINFOCAD/UCAD

DINESST/UDCREES

PLANCAD
SECUNDARIA 2000

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y AMBIENTE



Fascículo Autoinstructivo **2.7**

LOS VIAJES ESPACIALES Y LA NUEVA IMAGEN DEL UNIVERSO

Producción y Publicación:
MINISTERIO DE EDUCACIÓN
DINFOCAD/UCAD/PLANCAD
Van de Velde 160 San Borja
Lima.

Autoría:
UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA
Facultad de Educación

Equipo de Trabajo:
Alina Gómez Loarte
Luis Huamán Mesía
Carmen Lauro Guzmán
César Quiróz Peralta
Daniel Quineche Meza
César Serra Guerra

**Corrección de Estilo y
Diagramación:**
Miguel Incio Barandiarán

Revisión de textos:
PLANCAD:
Jorge Jhoncon Kooyip
UDCREES:
Elizabeth Quinteros Hajar

Índice

Presentación

I. El hombre y el espacio	1
1.1 El hombre y la exploración del espacio	2
1.2 La carrera espacial	2
1.3 La presencia peruana en este campo	4
II. La ciencia de la navegación espacial	6
2.1 Los conceptos fundamentales	7
2.2 Los aparatos astronáuticos	10
2.3 El astronauta y su salud	13
2.4 La astronavegación	15
2.5 En ruta hacia un objeto del sistema solar: el viaje a la luna	17
III. La nueva imagen del universo	19
3.1 La Tierra y el Sistema Solar	19
3.2 Las estrellas	23
3.3 Las galaxias	24
3.4 Los agujeros negros	26
3.5 El Universo se expande y la gran explosión	29
Glosario	30
Bibliografía	31

INTRODUCCIÓN A LOS MODULOS PLANCAD

En la actualidad, los docentes de educación secundaria, del área de ciencia, tecnología y ambiente, tienen que enfrentar muchas dificultades para acceder a información especializada reciente que les permita profundizar en contenido científico actualizado; y, en forma paralela, familiarizarse y manejar estrategias metodológicas dinámicas para facilitar a sus alumnos el aprendizaje del área.

Por ello, el Ministerio de Educación, a través del programa de Mejoramiento de la Calidad de la Educación Peruana y del Plan Nacional de Capacitación Docente 2000 (PLANCAD-MECEP), con la colaboración de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, a través de la Dirección de Educación Continua, de su Facultad de Educación, ha elaborado cuatro módulos autoinstructivos para satisfacer esta necesidad y así contribuir al mejoramiento de la calidad de la educación nacional, vía el enriquecimiento personal y profesional del potencial humano que existe en el cuerpo docente del país.

Cada módulo consiste en ocho (8) fascículos monotemáticos¹, con contenidos seleccionados de entre aquellos que conforman la estructura curricular básica para educación secundaria, en el área de ciencia, tecnología y ambiente.

Cada fascículo, a su vez, ha sido desarrollado para cubrir dos aspectos fundamentales de la actividad educativa. Por un lado, contiene información científica actualizada, trabajada de manera accesible para ser asimilada con facilidad y, al mismo tiempo, adecuarla a las necesidades y posibilidades de acción en el aula. Por otro lado, y aunque este no es su objetivo central, ofrece algunas estrategias metodológicas dinámicas que promueven la participación activa en el análisis de los temas y materiales presentados en una situación de aprendizaje para facilitar, en los alumnos, la construcción de sus propios conocimientos.

La estructura del fascículo está diseñada para ser desarrollado a través de tres momentos de actividad en su manejo.

- Actividades iniciales o de entrada.
- Actividades de proceso, incluyendo acciones de investigación-experimentación
- Actividades de salida o finales

Al final de cada fascículo, se presenta una síntesis de los contenidos tratados, seguida de una autoevaluación final. Se incluye, también, un glosario básico que explica o define aquellos términos que son nuevos, o que aún siendo conocidos, son a menudo utilizados erróneamente. El fascículo se completa con unas referencias bibliográficas acerca de los materiales consultados o que pudieran servir para una mayor profundización en función del interés del docente usuario de este material.

Ahora, apreciado amigo y colega te invitamos a conocer este fascículo que ponemos en tus manos y a disfrutar con él, tratando de redescubrir y entender como funciona el universo y el mundo en que vivimos y enriquecerte, personal y profesionalmente, para cuidarlo mejor.

¹ *Esto es, elegidos en un campo temático especial o referidos a un tema específico (de allí lo de monotemático) del saber humano, pero analizados desde varios de sus diferentes aspectos constitutivos, con el auxilio de instrumentos cognoscitivos y metodológicos de diferentes disciplinas curriculares.*

I. EL HOMBRE Y EL ESPACIO

Esta unidad tiene el propósito de hacernos reflexionar acerca de por qué el hombre quiere explorar el espacio, señalando los pasos dados en ese sentido y apreciando sus implicancias en el desarrollo humano.

Un día cualquiera al leer una noticia en el diario o al verla en la televisión, nos encontramos que tiene que ver con un hecho ocurrido en el espacio.

Escribe brevemente la noticia más reciente que hayas conocido:

Estas noticias nos indican que el hombre está constantemente observando el espacio, ya sea desde la superficie de la Tierra o desde el propio espacio, directamente con sus sentidos o a través de instrumentos que cada vez más extienden la capacidad de los sentidos humanos.

Seguramente, alguna vez habrán acudido a nuestras mentes preguntas como las que se citan a continuación. Intenta responderlas.

¿Por qué queremos explorar el espacio?

¿De qué manera nos hemos involucrado en la carrera por explorar el espacio?

¿Qué participación tenemos los peruanos en este campo?

1.1 EL HOMBRE Y LA EXPLORACIÓN DEL ESPACIO

El hombre desde siempre ha sido un explorador. Desde los tiempos más remotos se tiene evidencias de su afán por saber más acerca de lo que existía en su entorno. Más aún, su mirada siempre estuvo dirigida al espacio con la convicción de que su vida estaba regida de alguna manera por los acontecimientos celestiales.

Sin embargo, es en los últimos cinco lustros que el hombre ha intensificado su investigación del espacio gracias a los satélites y las naves espaciales. Dentro de estos artefactos, una diversidad de instrumentos miden, registran e informan acerca de sus hallazgos en el espacio. Un astronauta puede describir cosas nunca vistas antes.

Los científicos esperan que estas nuevas observaciones sirvan para hallar respuestas a preguntas tales como:

¿La Tierra siempre ha existido?; ¿De no ser así, cuándo, cómo y por qué se creó la Tierra?; ¿Y si tiene un principio, entonces, tendrá un final?; ¿En caso de ser afirmativo, cómo será?

¿La Luna, fue alguna vez parte de la Tierra?, ¿O fue antes un planeta?, ¿O comenzó a existir al mismo tiempo que la Tierra?

¿Las estrellas, el sol y los otros planetas, también comenzaron a existir al mismo tiempo que la Tierra?

¿Existirán otros mundos como el nuestro?

¿La vida es un fenómeno propio de la Tierra?, ¿O también, existe vida en otros escenarios del universo?

En la búsqueda de estas respuestas, los hombres de ciencia analizan minuciosamente cada registro o muestras físicas que provienen del espacio como los meteoritos.

“Algún día estas respuestas podrán parecernos tan obvias como el que la Tierra gire alrededor del Sol, o, quizás, tan ridículas como ... que la Tierra es una plataforma plana sustentada por ... una torre de tortugas. Sólo el tiempo (cualquiera que sea su significado) lo dirá” (Hawking, 1989).

1.2 LA CARRERA ESPACIAL

Tanto la idea del viaje espacial como la tecnología que nos ha permitido movilizarnos en el espacio, tienen precedentes muy antiguos.

En la literatura se registra la “Vera Historia”, escrita por Luciano de Samosata (160 d.C.) y “De la Tierra a la Luna” (1865), por Julio Verne, donde se relatan viajes de ficción científica a la Luna.

En el año 850, los chinos empezaron a usar la pólvora negra para fabricar fuegos artificiales (pequeños cohetes) que emplearon en sus celebraciones y que más adelante (1232) sus ejércitos utilizaron como “flechas de fuego”.

Los primeros experimentos para hacer volar un objeto se efectuaron en el siglo IV a.C. Con el transcurrir del tiempo se han ido planteando y dejando de lado muchos conceptos y dispositivos como el de fuerzas centrífugas y cuerpos antigravedad. Sólo la idea de

Newton sobre el principio de acción y reacción (1687) ofreció un sólido fundamento para la construcción del cohete, dispositivo que reunía lo que se requería: una gran potencia y capacidad para transportar en su interior todo lo necesario para un viaje espacial.

Investigadores como el francés Robert Esnault-Peltiere, el estadounidense Robert Goddard, el alemán Hermann Oberth en Alemania, el soviético Konstantin Tsiolkovsky, el peruano Pedro E. Paulet e incluso otros en Austria y Gran Bretaña emprendieron la tarea de definir cómo sería posible el viaje espacial y lograron definir correctamente la teoría de los cohetes y pasar de ella a la práctica.

En las primeras décadas del siglo XX se desarrollaron los primeros motores y las primeras máquinas volantes y se formaron empresas como la American Rocket Society (EEUU) y la VfR (Alemania). Estas proporcionaron el clima propicio para la preparación de los ingenieros que dominarían la industria aeroespacial de las próximas décadas.

La VfR construyó el primer cohete de nombre A-4, conocido más luego como V-2 (Arma de la Venganza-2). Este cohete no sólo fue una poderosa arma de guerra sino también la esperanza de hombres que pensaban viajar algún día al espacio. Entre estos, seguramente estuvo Wernher von Braun.

Terminada la guerra, americanos y soviéticos se dedicaron a perfeccionar la tecnología de los cohetes. En cada intento, nuevos récords de altitud, velocidad y carga útil transportada fueron sistemáticamente superados hasta que, en la URSS, Sergei Korolev y su equipo pusieron en órbita el Sputnik-1 (4 de octubre de 1957) y luego, el Sputnik-2, con la perra Laika a bordo, dando a entender que el próximo objetivo sería el envío de hombres al espacio. Por su parte, EEUU decidió crear la NASA (Agencia Nacional para la Aeronáutica y el Espacio, 1958) como agencia exclusiva para la exploración espacial. Había empezado la carrera espacial, planteándose dos metas: alcanzar la Luna y enviar un hombre al espacio.

La URSS asumió el liderazgo: El Luna-1 pasó cerca de nuestro satélite, el Luna-2 impactó con ella y el Luna-3 consiguió tomar fotografías de su cara oculta (1959). Dos años después, anunciaba que un ciudadano soviético, Yuri Gagarin, había dado una vuelta a la Tierra y regresado sano y salvo a casa. Pero eso no sería todo, la Vostok-2, en agosto de 1961, colocaba a Titov en órbita durante 24 horas.

En su caso, la NASA organizó un programa para llevar un hombre a la Luna, lo que logró el 20 de julio de 1969, cuando Armstrong y Aldrin la pisaron por primera vez. Este éxito levantó grandes expectativas y se empezó a pensar en una estación espacial, una colonia lunar, un transbordador recuperable (shuttle) e incluso en el viaje hacia Marte. Sólo se dio luz verde al desarrollo del vehículo reutilizable y a la estación espacial.

Por su parte, la URSS decidió que el futuro estaba en el campo de las estaciones espaciales. El programa se inició con la construcción y el lanzamiento de la Salyut-1 (1971) hasta que en 1986 puso en órbita la estación Mir.



Figura 1.- Wernher von Braun perfeccionó la tecnología de los cohetes lo que permitió que el hombre llegara a la Luna y Yuri Gagarin fue el primer hombre en orbitar la Tierra.

En los setenta EEUU priorizó el programa espacial no tripulado llevando a cabo algunas misiones notables, como los sistemas de teledetección Landsat, que permitieron observar la superficie de la Tierra para aplicaciones científicas y comerciales y las sondas para la exploración de los planetas interiores Mercurio (Mariner-10), Marte (Mariner-9 y Viking-1 y 2) y de los exteriores (Pionner-10 y 11, Voyager-1 y 2)

En los ochenta EEUU dio inicio a la era de los transbordadores. El Columbia, fue el primero y posteriormente se pusieron a punto otros como Challenger, Discovery, Atlantis y últimamente, Endeavour.

En los noventa, las sucesivas tripulaciones realizaron paseos espaciales, colocaron diversos satélites en órbita (incluyendo algunos tan importantes como el telescopio espacial Hubble, o las sondas Galileo, Magellan y Ulysses), capturaron y repararon otros, trabajaron en el interior de sofisticados laboratorios (Spacelab, Spacehab), etc.

El futuro, bajo la dirección de la NASA, se enrumba en tres caminos:

- 1) La estación espacial internacional (ISS). En el periodo 1998-2000 ya se han colocado en órbita tres módulos (*Zaria*, *Unity* y *Zvezda*). Durante los próximos años, la flota de transbordadores estará prácticamente dedicada en exclusiva al montaje de la ISS.
- 2) El viaje a Marte. Para que ello sea posible se están realizando pasos estratégicos como el envío de las sondas Mars Pathfinder, Mars Global Surveyor y las recientes Mars Surveyor 98 para estudiar si hubo o no vida en Marte.
- 3) La colonia lunar. El descubrimiento de agua bajo su superficie facilitaría la instalación de una colonia científica, quizá mucho antes que la aventura marciana.

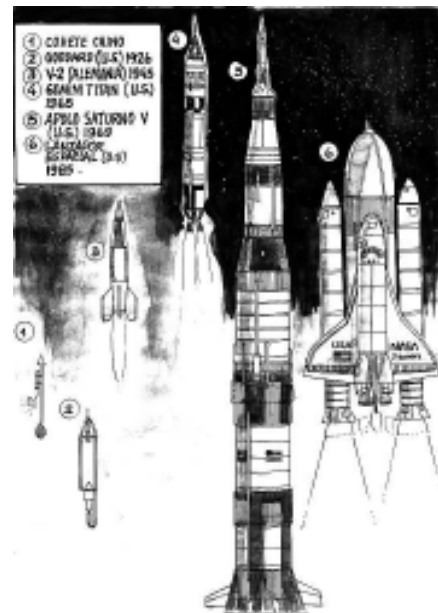


Figura 2.- Aunque la conquista del espacio por el hombre sea un acontecimiento de las últimas décadas, la tecnología que la ha hecho posible se ha desarrollado desde varios siglos atrás. Casi 13 siglos separan al cohete chino del moderno transbordador.

1.3 PRESENCIA PERUANA EN ESTE CAMPO

En Tiabaya, Arequipa, nació en 1874, uno de los cuatro pioneros de la Era Espacial: *Pedro E. Paulet Mostajo*. Le obsesionaba la tercera ley de Newton, lo que lo llevó a inventar un primer dispositivo basado en cohetes que permitía hacer girar a velocidad una rueda con fines industriales. Luego, describió su motor a reacción experimental. En Amberes, 1902, siendo Cónsul del Perú, concluyó el diseño del “avión-torpedo”: vehículo «destinado –escribe el propio Paulet- a navegar en el espacio sideral donde no hay aire: no necesita por tanto ni de hélice ni de planeadores». También diseñó el ala delta de los actuales Mirage, Concorde y transbordadores.

En tiempos más recientes, el mayor de Infantería de Marina de los EE.UU., Carlos Noriega Jiménez, (nacido en Lima, 1959), se ha convertido en el primer astronauta de origen peruano en el espacio. Formó parte de la tripulación de especialistas del Transbordador Espacial STS-84 *Atlantis* (15 de mayo de 1997), cuya misión fue acoplarse con la estación espacial rusa *Mir*, para reemplazar a un miembro de la tripulación estadounidense y transferir equipos científicos y otros abastecimientos.

Hace poco otro peruano, David Sánchez Aylas (nacido en Cerro de Pasco, 1960), ha sido llamado por la NASA para intervenir en la construcción de una nave que viajará a Marte. David es un ingeniero muy destacado, especialista en robótica y neurocomputación que forma parte del *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) de Alemania. Como miembro de este instituto ha participado en el diseño de un brazo mecánico con inteligencia artificial que manipula objetos y cubre los riesgos que pueden presentarse durante los viajes del transbordador. También se utiliza para el mantenimiento de plantas nucleares y submarinos y en el futuro será capaz de reparar satélites en el espacio. Este robot se

llama *Rotex* por *Robotic Technology Experiment*, mide 1,40 m de largo, pesa 35 kilogramos y se mueve a una velocidad de 5 cm/s con una precisión de 0,5 mm/ojo y formó parte del equipo científico del transbordador *Columbia*.



Figura 3.- Tres peruanos, Pedro E. Paulet, Carlos Noriega y David Sánchez, uno destacable por su inventiva, el otro por su destreza y el tercero por su creatividad, son hitos de la ciencia moderna cuyas huellas los jóvenes no deberíamos borrar sino seguirlos.

AUTOEVALUACIÓN Nº 1

1. ¿Por qué el hombre a decidido explorar el espacio?

2. ¿Por qué los EE.UU. y la URSS se lanzaron en la carrera por conquistar el espacio?

3. Terminada la tensión EE.UU-URSS, ¿por qué se insiste en viajar a Marte, involucrando en ese objetivo a un buen numero de países?

4. Averigua los datos biográficos de Pedro Paulet, Carlos Noriega y David Sánchez. Elabora un cuadro comparativo de sus vidas y establece sus semejanzas y diferencias más importantes.

5. ¿Por qué los jóvenes peruanos deberían inspirar sus proyectos de vida en la vida de Pedro Paulet o de Carlos Noriega o de David Sánchez?

II. LA CIENCIA DE LA NAVEGACIÓN ESPACIAL

Esta unidad tiene el propósito de ayudarnos a la comprensión de los conceptos fundamentales de la astronáutica, la estructura y funcionamiento de los principales aparatos astronáuticos, la astronavegación y la llegada del hombre a la Luna, valorando sus implicancias en el desarrollo humano.

Para todos nosotros una manifestación cotidiana del desarrollo de lo vivo y lo no vivo es el movimiento. Desde los albores de la civilización el hombre viene intentando comprenderlo y controlarlo. En ese intento ha ido reconociendo y conceptualizando diversos factores ligados al movimiento como: espacio, tiempo, velocidad, trayectoria, aceleración, fuerza, masa, etc. Y le ha llamado la atención tanto el movimiento de los objetos cercanos, aquí en la Tierra, como de los objetos más lejanos: los cuerpos celestes.

En esa búsqueda el hombre se ha planteado una serie de preguntas. Intenta también responderlas.

¿Por qué se mueve un cuerpo?

¿Qué se requiere para que un cuerpo pueda moverse hacia el espacio extraterrestre?

¿Cómo se movería un cuerpo en el espacio extraterrestre?

¿Qué se requiere para que el hombre pueda viajar hacia el espacio extraterrestre?

2.1 LOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Como habrás advertido en la primera unidad, el cohete se convirtió en la herramienta adecuada para intentar la conquista del espacio. Pero, ¿qué es un cohete y cómo funciona? Casi todos los conceptos fundamentales que lo definen fueron descritos hace aproximadamente un siglo por un maestro de escuela soviético llamado *Konstantin Tsiolkovsky*. Veamos cuáles son.

2.1.1 Masa y peso de un cuerpo

La masa de un cuerpo se refiere a la cantidad de materia que lo conforma como, por ejemplo, la cantidad de electrones, protones y neutrones y la energía que los mantiene unidos.

El peso de un cuerpo depende de la acción del campo gravitatorio sobre él y del lugar donde se halle. Por ejemplo: en la superficie terrestre, una persona puede pesar 70 kg; cuando se halla en órbita, en estado de ingravidez, su peso se reduce a cero; en la superficie lunar, su peso sería equivalente a tan solo un sexto del que tiene en la Tierra; mientras que en la superficie de Júpiter, el cuerpo se aplastaría bajo su propio peso debido a la enorme magnitud de su gravedad.

El peso, también está en función de la distancia que lo separa del campo gravitatorio. Por ejemplo: el peso de un hombre de 70 kg a nivel del mar disminuye cuando se encuentra en lo alto de una montaña y mucho más cuando se halla a 100 Km de altitud.

Viajar en el espacio siempre implica el cambio de sitio de una masa determinada y la variación de su peso, por acción de la gravedad. Por tanto, nuestros movimientos en el espacio siempre dependerán de la manera como podamos controlar la acción de la gravedad.

2.1.2 La aceleración

Se produce aceleración cuando un cuerpo que estaba detenido empieza a moverse o cuando uno que ya se movía lo hace más rápidamente o cambia de dirección.

La sensación que experimentamos cuando aceleramos es que estamos variando nuestro peso. Por ejemplo, dentro de un ascensor que se pone en marcha, cuando sube nos sentiremos más pesados de forma momentánea, mientras que si baja la sensación será de pérdida de peso.

Un cohete (y sus ocupantes) estarán sometidos a aceleraciones en determinados momentos del viaje y, por tanto, hay que tener en cuenta cómo ello afectará a nuestro cuerpo o a los elementos mecánicos de la nave.

2.1.3 La fuerza

Para definir una fuerza podemos pensar en la acción de empujar a un cuerpo o de tirar de él. Esto provocará una aceleración sobre él, siempre y cuando no haya otras fuerzas que se opongan como, por ejemplo, el rozamiento.

Cuando nos encontramos de pie sobre el suelo, estamos ejerciendo una fuerza sobre él. La única razón por la que no aceleramos hacia el centro de la Tierra se debe a que el propio suelo, gracias a la consistencia de su estructura, ejerce una fuerza idéntica sobre nosotros, equilibrando nuestra acción.

La situación de un cuerpo en el espacio depende de las fuerzas que actúen sobre él.

2.1.4 Las leyes de Newton

Isaac Newton, científico británico, en 1687, dio a conocer tres leyes fundamentales sobre el movimiento:

La primera, llamada **ley de la inercia**, señala que un cuerpo en reposo, permanecerá en ese estado mientras que una fuerza neta exterior no equilibrada actúe sobre él acelerándolo. De la misma manera, un cuerpo en movimiento permanecerá avanzando a menos que una fuerza neta externa no equilibrada actúe sobre él desacelerándolo. Por ejemplo, antes del despegue, el cohete permanece sobre el suelo porque todas las fuerza que actúan sobre él están en equilibrio. Para moverse deberá tomar una fuerza en desequilibrio. Por el contrario, si el cohete ya está en movimiento, entonces tomará una fuerza desequilibrada para parar o cambiar su dirección o su velocidad.

La segunda, llamada **ley de la aceleración**, señala que cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo, produce una aceleración en la dirección de la fuerza que es directamente proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa del cuerpo. Por ejemplo, cuando el motor de un cohete se enciende y éste es capaz de ejercer una fuerza hacia arriba mayor que el peso de sus estructuras, el vehículo se moverá, iniciando el ascenso.

La tercera, llamada **ley de acción y reacción**, señala que cuando un cuerpo A ejerce una fuerza sobre otro cuerpo B, éste ejerce sobre el cuerpo A, una fuerza igual pero de sentido contrario. Por ejemplo, cuando se realiza la combustión en el interior del motor de un cohete, se produce una fuerza que es ejercida sobre las paredes de la cámara. Si dicha cámara estuviera cerrada la fuerza quedaría equilibrada debido a la fuerza que desarrollan las paredes. El motor cohete, sin embargo, ha sido diseñado con una abertura en uno de sus extremos, de modo que permita la aparición de una fuerza no equilibrada en dirección contraria a la localización de la salida de los gases. Mientras éstos salen a gran velocidad, la fuerza “empuja” contra la pared superior de la cámara, pugnando por vencer el peso del vehículo al que está unida. Si lo consigue, el cohete acelerará. El movimiento del cohete moderno es posible gracias a este “motor a reacción”.

Hazlo, ahora:

Con un clavo (o una lezna) perfora una lata vacía de gaseosa, haciendo 4 orificios equidistantes alrededor de su parte inferior. Luego, antes de remover cada orificio, empujar el punzón hacia la derecha (paralelo a la orilla) de tal manera que el orificio esté inclinado en esa dirección. Atar una cuerda a la lata y sumergirla en agua hasta que se llene. Sacar la lata tirando de la cuerda.

¿Qué ocurre? ¿Cómo explicarías lo que ha ocurrido? ¿Si Newton hubiera estado a tu lado qué le habrías dicho?

2.1.5 El sistema energético

Un vehículo espacial es un aparato que tiene que funcionar en un medio donde no hay oxígeno. Así el cohete es el único vehículo que no depende del exterior para llevar a cabo su trabajo. Transporta consigo mismo tanto el combustible como el oxidante o comburente, los motores que proporcionarán el empuje, el sistema de guiado, etc.

Los cohetes más ampliamente utilizados hasta ahora son los llamados cohetes químicos. En sus motores, se produce una combustión en la que el combustible se oxida produciendo una reacción que libera energía y gases a gran velocidad. El motor de un cohete químico puede usar propelentes sólidos o líquidos.

El propelente sólido en forma de grano contiene tanto la materia combustible como la oxidante. Por ejemplo, en la pólvora, el carbón, el nitrato de potasio y el azufre se queman sin necesidad de aire porque el oxígeno lo proporciona el nitrato de potasio. Sin embargo, su manipulación implica resolver el problema de controlar el apagado y la velocidad de la combustión del grano para que no explote y que produzca energía durante el mayor tiempo posible. Como su almacenamiento no presenta complicaciones, se usan en misiles militares que deben permanecer mucho tiempo inactivos. Además, como puede ser reutilizado, se le usa en los aceleradores de la lanzadera.

Los propelentes líquidos se almacenan en sendos tanques. De allí pasan por un inyector a presión hasta que alcanzan la cámara de combustión donde una chispa provocará su ignición. Un sistema eléctrico puede encargarse de ello, pero en algunos casos puede prescindirse de este sistema ya que los propelentes pueden entrar automáticamente en ignición por contacto. Los propelentes líquidos más empleados son el queroseno o el hidrógeno, ambos junto al oxígeno. Como el hidrógeno y el oxígeno son gases en estado natural, se les enfría hasta convertirlos en líquidos (estado criogénico). Se utiliza sobre todo en los cohetes espaciales, ya que permite una gran flexibilidad, como la variabilidad del empuje (a base de controlar la alimentación), el apagado a voluntad de los motores (cerrando el paso de los propelentes), etc.

2.1.6 La trayectoria orbital

Además del encendido de los motores para alcanzar la velocidad requerida, el cohete y su carga deben tener una dirección hacia dónde dirigirse; es decir, se debe conocer la trayectoria a seguir.

Para ello se debe tener presente que los motores de uno de estos vehículos sólo pueden funcionar durante un período limitado: los propelentes que los alimentan no son inagotables.

¿Qué ocurre cuándo un cohete apaga sus motores?

La respuesta es bastante sencilla. Si se quiere que el cohete no vuelva a la Tierra deberá alcanzar la llamada *velocidad orbital*, o, aún más allá, la mítica *velocidad de escape*.

En el **primer caso**: las fuerzas que actúan sobre la nave espacial (incluyendo la gravedad) están en equilibrio y es posible que el cohete permanezca girando alrededor de la Tierra de forma más o menos indefinida.

En el **segundo caso**: la velocidad final será tan elevada que el cohete conseguirá escapar del campo gravitatorio terrestre, permitiendo que se dirija hacia otro cuerpo del Sistema Solar o hacia las estrellas, gracias a la simple inercia (sin la participación de motores y según la primera ley de Newton).

Por tanto, los motores del cohete tienen siempre una simple misión: acelerar al vehículo espacial lo más rápido posible hasta alcanzar la velocidad deseada que permita apagarlos sin que exista peligro de regresar prematuramente a la Tierra.

2.1.7 El ambiente espacial

El ambiente que se extiende más allá de la Tierra es un paraje donde no encontraremos sitio en el que apoyarnos, ni agua, ni alimentos, y tampoco aire para respirar.

Este espacio es calificado a menudo como “vacío” debido a las grandes distancias que separan los cuerpos que en él se encuentran. Aún en nuestro sistema solar, estas distancias son grandes. Sin embargo, no podemos decir que el espacio esté absolutamente vacío. Nuestra posición cercana a una estrella como el Sol, nos coloca en medio de un torrente incesante de partículas (meteoritos de todos los tamaños, polvo, partículas de hielo pertenecientes a cometas, etc.), radiación electromagnética (rayos ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, pequeñas cantidades de rayos X, microondas y ondas de radio) y de rayos cósmicos y galácticos.

Todo lo anterior tiene el poder, en mayor o menor medida, de afectarnos en nuestro viaje espacial, y en algunos casos, incluso de destruirnos. Aunque nuestras máquinas son algo más resistentes que nosotros, también deben ser diseñadas de manera adecuada para evitar el riesgo de no funcionar bien. Las astronaves y sus sistemas de transporte deben ser capaces de afrontar este medio sin sufrir un fallo técnico terminal.

Además, como cada año se lanzan decenas de satélites de comunicaciones geoestacionarios y de vehículos espaciales, el arco ecuatorial empieza a estar bastante superpoblado, con lo que empieza a desencadenarse una cierta saturación.

En el futuro, habrá que buscar fórmulas para retirar de la circulación a los satélites que dejen de ser operativos y así permitir la llegada de otros que tomen su lugar. Asimismo también habrá que empezar a eliminar la basura y chatarra espacial (restos de explosiones, etapas superiores de cohetes, etc.) que se viene acumulando.

2.2 LOS APARATOS ASTRONAÚTICOS

2.2.1 El cohete

- Es una máquina que se utiliza para transportar a un satélite o a una nave espacial hacia el espacio.
- Su diseño responde a la aplicación de la tercera ley de Newton. Funciona con un tipo especial de combustible, el que por combustión produce gases candentes. Estos gases llenan su interior y presionan contra las sólidas paredes, salvo en la cola donde presenta pequeñas aberturas. Allí se produce el escape de los gases, por lo que no existe una fuerza en la cola que equilibre el empuje de los gases contra la nariz del cohete. En tanto la fuerza de los gases presionando contra la nariz es mayor que la de los gases que escapan por la cola, ella es el impulso o empuje que lleva al cohete moverse en dirección opuesta a la fuerza de los gases que escapan.
- Puede tardar sólo 5 minutos en llegar al espacio. Cuando arranca lo hace lentamente y a medida que asciende aumenta su velocidad. Por lo general, alcanza una velocidad de 28.900 Km/h, lo que le permite entrar en órbita alrededor de la Tierra.

Hazlo ahora:

Infla un globo grande y luego deja que el aire salga repentinamente. ¿Qué observas?

Dibuja el fenómeno observado y señala las fuerzas que han estado actuando.

2.2.2 El satélite

Los astrónomos llaman a la Luna satélite de la Tierra, porque la palabra significa acompañante, que sigue o acompaña a algo o a alguien. La Luna se desplaza en una órbita alrededor de la Tierra, es nuestro acompañante. La Tierra, a su vez, también es un satélite con respecto al Sol. Por tanto, las máquinas que enviamos a colocarse en órbita a nuestro alrededor en el espacio, también se llaman satélites.

Ahora:

Toma una cuerda y ata en su extremo una tapa de botella. Hazla girar, dando más y más vueltas sobre tu cabeza. ¿Qué sientes?, ¿Qué papel juega tu mano?

¿Por qué un satélite no cae a Tierra?

El equilibrio entre la gravedad y la fuerza que impulsa al satélite a escapar, lo mantiene en órbita. Por ello, el satélite siempre se moverá a una velocidad constante para evitar que se dispare fuera de la órbita terrestre. Si la Tierra fuera perfectamente redonda y uniforme, la gravedad atraería con una fuerza constante a un satélite en órbita, y éste se movería describiendo un círculo perfecto. Pero la Tierra no es perfectamente redonda ni uniforme. A medida que el satélite gira alrededor de la Tierra, la gravedad lo atrae con diversa fuerza. Por ello, el satélite gira en una trayectoria ovalada o elíptica. Un satélite puede mantenerse en órbita hasta que algo lo detenga. Si esto sucede, la gravedad lo saca de órbita, atrayéndolo hacia la Tierra.

Los satélites cumplen la misión de exploradores y de investigadores del espacio. Actúan como si fueran nuestros ojos y oídos. Hay satélites que cumplen tareas especiales como los de comunicación, de navegación, meteorológicos y las sondas interplanetarias.

2.2.3 La astronave

La astronave es un dispositivo concebido para permitir la vida y el trabajo de seres humanos en su interior durante el viaje espacial y, sobre todo, de devolverlos a la Tierra con vida. Hasta el presente se han desarrollado dos generaciones de astronaves.

Las **primeras** ejecutaban el retorno mediante caída libre en la atmósfera, con frenado aerodinámico en la alta atmósfera primero y luego con paracaídas hasta conseguir el contacto suave con la superficie terrestre, ya sea en tierra firme o en el mar. A esta generación pertenecen las astronaves soviéticas *Vostok*, *Vosjod* y *Soyuz*, así como las estadounidenses *Mercury*, *Gemini* y *Apolo*. Estas naves eran de un solo uso.

Las **segundas** se basan en los conceptos de vehículo reutilizable y de avión-cohete. Se trata del *Shuttle* o transbordador. Consisten en grandes vehículos dotados de alas en delta y capaz de regresar a la Tierra mediante planeo y aterrizaje en pista, como los aviones. Los principales prototipos de esta generación son el *Enterprise*, el *Columbia*, el *Atlantis*, el *Challenger* y el *Endevaur*.

2.2.3.1 La nave espacial

La nave espacial de la primera generación está conformada por dos secciones: La cápsula y la sección para el equipo.

La **cápsula** es la parte donde se encuentra la tripulación y el instrumental. También se le llama **módulo de comando**. Allí los astronautas trabajan, comen, duermen y viven hasta que regresan del espacio a la Tierra.

La **sección para el equipo o módulo auxiliar** sirve para transportar un equipo extra para la energía eléctrica y tanques de oxígeno para respirar. Cuando el vuelo termina, esta sección queda atrás y sólo la cápsula vuelve a Tierra.

Durante la mayor parte del tiempo, el astronauta no maneja la nave espacial. Sólo cuando llega el momento de una cita (*rendez vous*) en el espacio o cuando hay que acoplarse o descender a Tierra, tiene que manejarla con mucha precisión.

Las naves espaciales están equipadas con aparatos llamados **controles de posición a chorro** que facilitan su cambio de dirección. Función similar cumplen los **cohetes de impulsión**, mientras que los **cohetes de retroceso** ayudan a disminuir la marcha de la nave. Esta última maniobra permite sacar a la nave de su órbita y volver a la Tierra.

2.2.3.2 El transbordador

Este vehículo está dotado de un fuselaje delantero, medio y trasero.

El fuselaje delantero: incluye la cabina presurizada para la tripulación, el tren de aterrizaje del morro junto a los subsistemas hidráulicos y un grupo de propulsión. La «nariz» del orbitador también se halla en esta zona, siendo una de las partes del vehículo más protegidas contra el rozamiento atmosférico.

El fuselaje medio: contiene la bodega de carga donde se ubica un brazo robótico (RMS, *Remote Manipulator System*), destinado a mover cargas pesadas dentro y fuera de la bodega. A esta parte también corresponden las alas, en forma de delta, los dos trenes de aterrizaje posteriores y las superficies aerodinámicas de control.

El fuselaje trasero: contiene el sistema de propulsión principal que consta de tres motores, que aportan una potencia de 2.090 kilonewtons, algo así como 37 millones de caballos de fuerza y un auxiliar, la cola de la nave (estabilizador vertical) y un alerón.

Estos vehículos poseen una serie de sistemas fundamentales para su supervivencia en el espacio. Entre ellos destacan:

El **sistema de provisión eléctrica**, que se encarga de proveer agua y electricidad como subproductos.

El **sistema de control ambiental**, con el que se mantiene las condiciones adecuadas en la atmósfera de la nave para la tripulación (respiración, humedad, temperatura, presión...), así como para la delicada electrónica de a bordo.

El **sistema de protección térmica (TPS)**, que se encarga de resguardar a la nave de las altas temperaturas durante la reentrada. En ese crítico momento, la temperatura exterior puede alcanzar entre 600 y 3.000 grados centígrados.

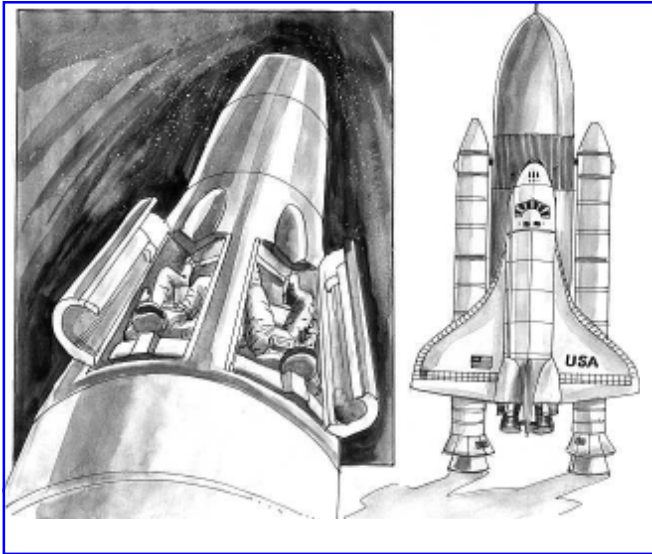


Figura 4.- La conquista del espacio se volvió viable cuando el hombre pudo construir naves con capacidad de garantizar la vida del hombre en su viaje por el espacio y su retorno a la Tierra. Primero fue la nave espacial y luego el transbordador.

2.2.4 La estación espacial

La estación espacial es un satélite tripulado concebida para permanecer en órbita permanente y, por tanto, carece de sistemas de retorno a la Tierra. Es de gran tamaño y, en órbita espacial, se convierte en un paradero para los viajeros espaciales y en una residencia para los investigadores del espacio. Eventualmente, será una estación de servicio, donde se hallarán repuestos y aprovisionamiento de combustible para las naves espaciales. Será también plataforma de lanzamiento. Desde aquí podrán emprender viaje los satélites dirigidos a los planetas más distantes. Y, también podrán ser campos de construcción de naves espaciales, donde se armarán las partes prefabricadas de los satélites enviadas desde la Tierra.

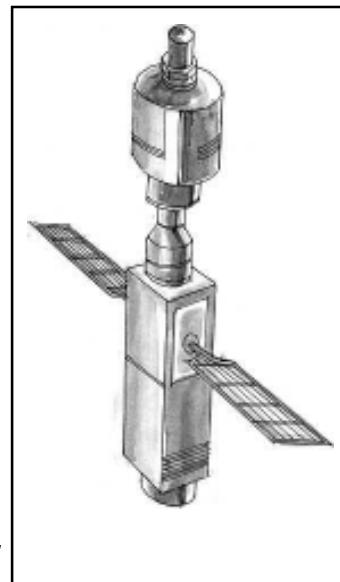


Figura 5.- La Estación Espacial internacional

2.3 EL ASTRONAUTA Y SU SALUD

2.3.1 El astronauta

Muchos hombres y mujeres desearían convertirse en astronautas. Pero sólo son elegidos aquellos que superan distintas pruebas especiales.

En la actualidad se necesitan dos tipos de astronautas: **astronautas-piloto** para conducir las naves espaciales, y **astronautas-científicos** para realizar investigaciones durante la estadía en el espacio.

Se prefiere a personas que no midan más de 1.83 m de altura. Deben ser graduados universitarios. Los pilotos deben haber estudiado ingeniería o alguna otra ciencia y tener por lo menos 1 000 horas de vuelo en jets. Los científicos, ingeniería o medicina. Todos deben disfrutar de excelente estado de salud. Se requieren que pasen por una escuela de graduados y demostrar una capacitación sobresaliente en su trabajo.

En la escuela, los astronautas aprenden el funcionamiento de cohetes y naves espaciales, cómo controlar e interpretar los diversos instrumentos de investigación, a mantenerse en contacto con las estaciones de comunicación y a habituarse a las poco comunes sensaciones que van a experimentar durante su vuelo como la reacción de su cuerpo a la ingravidez. Los simuladores son máquinas especialmente diseñadas para proporcionar al astronauta una idea de lo que será su experiencia en el espacio.

El viaje al espacio significa ir a un lugar donde no hay aire y pasar sucesivamente a través de intenso frío y calor. Por esta razón, los astronautas usan un traje espacial que los protege y los rodea de una atmósfera saludable. El revestimiento ayuda a aislarlos del calor. Su hermetismo mantiene el aire, la temperatura y la presión en el interior del traje. Sobre la espalda lleva una valija, que actúa, a la vez, como provisor de oxígeno, sistema de comunicación y unidad refrigeradora. La cabeza está protegida por un casco, cuya visera dorada lo protege de los rayos del Sol. Los primeros trajes fueron pesados y muy abultados, los actuales son más livianos y pueden quitarse y guardarse durante el vuelo.



Figura 6.- El astronauta y su traje espacial.

2.3.2 La medicina espacial

Durante el viaje, la salud de los astronautas es constantemente monitoreada por el equipo médico de Tierra, a través de una serie de sensores sujetos a distintas partes del cuerpo del astronauta.

La medicina espacial es una ciencia que estudia cómo resolver las dificultades que afectan a nuestro cuerpo en condiciones de microgravedad, presión atmosférica distinta, alta radiación, grandes aceleraciones, etc.; todo lo cual lo podemos encontrar durante una visita a la órbita o más allá.

Se ocupa también de las necesidades fisiológicas del astronauta. Proporciona las guías necesarias para garantizar una alimentación equilibrada y una metodología para la evacuación (ambas no se ven afectadas por la ingravidez). Una dieta adecuada podría consistir en 2.000 calorías de hidratos de carbono, 1.000 de grasas y 600 de proteínas. No pueden faltar ni los minerales ni las vitaminas, cuya deficiencia causa trastornos de variada índole. Tampoco puede faltar una provisión suficiente de agua (la deshidratación moderada perjudica el rendimiento general y debilita la salud)

Las personas estamos acostumbrados a desenvolvemos en espacios amplios, con numerosos puntos de referencia y abiertos, la simple reclusión en una cabina cerrada puede desencadenar una serie de problemas. En dicha circunstancia, el aspecto psicológico es tan importante como el puramente médico. En ese sentido, se ocupa de aspectos tales como la elección del color de las paredes, el nivel de ruidos ambientales, la elección de tripulaciones compatibles, etc. Aunque los períodos de estancia en el espacio suelen ser cortos, para garantizar el máximo de eficiencia hay que cuidar todos los detalles. No debe estar ausente cierta atención a la recreación, para evitar el agotamiento psíquico y la fatiga, la definición de los períodos de sueño más aptos, el respeto al ritmo circadiano, etc.

2.4 LA ASTRONAVEGACIÓN

2.4.1 El centro de lanzamiento

El lanzamiento de un cohete espacial implica una serie de operaciones que, simplemente, no se pueden llevar a cabo en cualquier lugar. Se requiere una infraestructura para poner a punto el vehículo (montaje, propelentes...), controlarlo y hacer su seguimiento inicial, disponer de un corredor libre de gran extensión (ya sea en tierra o sobre el mar) sobre el que caerán las etapas propulsoras consumidas, una situación geográfica favorable para aprovechar al máximo la velocidad de rotación de la Tierra, etc.

El centro de lanzamiento es un nuevo tipo de ciudad, donde comienzan los viajes espaciales. En ella destacan los edificios dedicados al armado de las naves espaciales, los talleres dedicados al mantenimiento de equipos, los tanques de aprovisionamiento de combustible, el pabellón para el control del lanzamiento, la estación meteorológica para controlar las condiciones del tiempo, las estaciones de radio y radar, el centro de cómputo, el observatorio y las plataformas de lanzamiento. La plataforma de lanzamiento es una estación de servicio rodante para cohetes y naves espaciales. Los principales centros de lanzamiento son Tyuratam/Baikonur (Ucrania) y Cabo Cañaveral/Kennedy (EE.UU.)

2.4.1 El lanzamiento

La puesta en órbita, alrededor de la Tierra, de un cuerpo depende de los siguientes factores:

- El lanzamiento de un cuerpo, con una velocidad inicial, describe una parábola, alcanza una altitud determinada donde se detiene y vuelve a acelerar hasta chocar con el suelo. Tanto la altitud alcanzada como la aceleración de descenso están limitadas por la gravedad terrestre. Por tanto, la distancia alcanzada dependerá de la velocidad inicial.
- Si la velocidad inicial fuera tan grande, tomando en cuenta la curvatura de la Tierra, el cuerpo lanzado (proyectil) llegaría tan lejos alcanzando una trayectoria paralela a la superficie de la Tierra y nunca llegaría a tocar el suelo. Es decir, un lanzamiento horizontal con una velocidad adecuada permitiría una revolución completa alrededor de nuestro planeta y una posterior llegada al punto de salida desde la dirección contraria. Los cálculos nos indican que la velocidad necesaria para orbitar la Tierra está cercana a los 8 km/s.
- Como la Tierra no tiene una superficie liza, si no queremos que nuestro proyectil choque con alguna montaña, por ejemplo, será conveniente lanzarlo desde un punto lo bastante alto.
- Como la Tierra tiene un movimiento de rotación, un punto de su superficie se mueve ya con una velocidad inicial. El lanzamiento debe realizarse en la misma dirección del giro para aprovechar esa velocidad. La mayoría de lanzamientos efectuados desde Cabo Cañaveral, por ejemplo, se efectúan con una inclinación de 28,5° (latitud del centro), para aprovechar al máximo el «empujón» adicional proporcionado por la rotación terrestre.
- Dado que la gravedad que experimentamos disminuye si incrementamos la distancia con respecto al centro de la Tierra, también disminuirá la velocidad necesaria para mantenernos en órbita. Ésta es la razón por la que un satélite tarda 90 minutos en dar

una vuelta a nuestro planeta a unos 300 km de altitud, y en cambio necesita 24 horas si se encuentra a unos 36.000 km.

- El cohete no es un proyectil convencional. Usa sus motores para adquirir velocidad de una forma gradual. Además como deberá situar a su carga fuera de la atmósfera terrestre, minimiza su estancia en su interior, reservando su mayor potencia para alcanzar rápidamente una altitud de al menos 100 km (ascenso casi vertical), para después centrarse en acelerar en una trayectoria paralela a la superficie terrestre.

2.4.2 El vuelo orbital

Las órbitas no son circulares. Kepler, a través de sus leyes las describe de la siguiente manera:

La **primera**, dice que las órbitas son elipses, en uno de cuyos focos se halla el Sol (En el caso de los satélites artificiales, podemos sustituir el papel que desempeña el Sol por la Tierra o por cualquier otro) El punto más alejado del Sol o de la Tierra o del astro, según el caso, se llama *apohelio, apogeo o apoastro*, mientras que el más cercano se denomina *perihelio, perigeo o periastro*.

La **segunda**, dice que el radio vector que une el centro de la estrella con el centro del satélite barre en tiempos y superficies iguales (explicando por qué un satélite se mueve más lentamente en el punto más alejado de la órbita, y más rápidamente en el más cercano).

La **tercera**, por último, dice que los cuadrados de los tiempos que emplean los satélites en recorrer sus órbitas son directamente proporcionales a los cubos de los semiejes mayores de éstas.

La forma de la órbita, que será más o menos elíptica, depende de la velocidad orbital: si se alcanzan los mínimos 8 km/s, la elipse será prácticamente un círculo, pero si la velocidad es superior, el apogeo quedará cada vez más alejado. Entonces, cuanto más alta sea la velocidad final, más excéntrica será la elipse.

La forma de la órbita dependerá además de la dirección y distancia con respecto a la Tierra en el momento de la parada de los motores del vehículo espacial. A partir de ese instante, el vehículo respetará las leyes de Kepler, moviéndose más despacio en el apogeo y más deprisa en el perigeo.

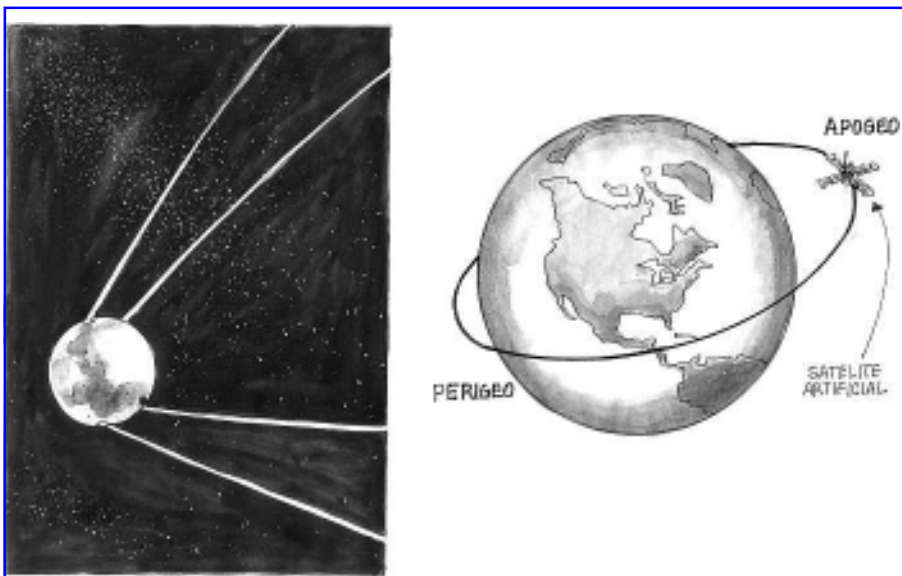


Figura 7,- Órbita de un satélite artificial terrestre. El punto de la órbita más cercano a la Tierra se llama perigeo. El más lejano de la Tierra, se llama apogeo.

Un vehículo espacial para alcanzar la órbita deseada puede realizar varias maniobras como:

- Modificar los parámetros de su órbita.
- Cambiar de una órbita baja a una órbita alta o viceversa.
- Dirigirse a un punto x para un encuentro espacial.
- Retornar a la Tierra.

2.5 EN RUTA HACIA UN OBJETO DEL SISTEMA SOLAR: EL VIAJE A LA LUNA

La Luna está más cerca de la Tierra que cualquier otro cuerpo celeste (356.000 – 406.000 km). Si nos fuera posible viajar a este satélite a la misma velocidad que un auto marcha por las rutas terrestres, tardaríamos aproximadamente cinco meses en alcanzarlo. Pero la primera cápsula espacial tripulada que orbitó la Luna (Apolo 8), llegó en tres días.

Desde que Galileo contempló por primera vez la Luna con un telescopio (1606) los investigadores han venido conociendo mucho de la Luna:

- Su diámetro es de 3.475 km.
- Su gravedad es 1/6 de la Tierra, por lo que no puede contener una atmósfera. Carece de aire, humedad y nubes.
- Necesita 27 días, 7 horas y 43 minutos para dar una vuelta a la Tierra. Un día lunar equivale a cerca de dos semanas terrestres y es extremadamente caluroso. La noche lunar también dura cerca de dos semanas y es sumamente helada.
- Su superficie está cubierta de un material aparentemente firme, oscuro, como si fuera arena mojada. En algunos lugares parece haber una delgada capa de polvo.

Sin embargo, el envío de astronautas al espacio respondió a una serie de circunstancias políticas y militares sin precedentes: el enfrentamiento entre dos potencias tecnológicas capaces de elegir el escenario del espacio para derimir su supremacía.

El primer programa espacial tripulado de los EEUU fue el proyecto *Mercury*. Su finalidad era poner un astronauta en órbita alrededor de la Tierra y ver si podía manejarse en el espacio. Después, el astronauta y su nave serían devueltos a la Tierra.

Más adelante vino el *Proyecto Géminis*, cuya misión fue de probar operaciones que conduzcan a acoplar o enganchar su nave con cualquier otra en órbita.

El paso final fue el *Proyecto Apolo*. Su meta: el descenso del hombre en la Luna asegurando su retorno a la Tierra con toda seguridad.

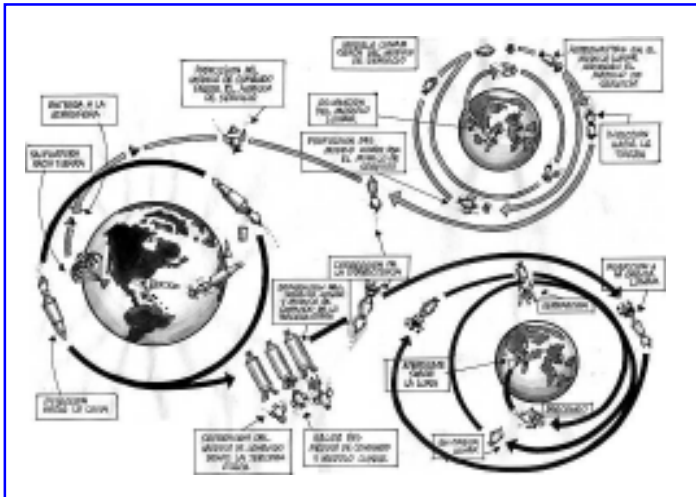
Después de muchas pruebas la NASA decidió usar el cohete *Saturno* para enviar la nave espacial *Apolo* que llevara además un aparato de alunizaje, el llamado LEM (*Lunar Excursión Module*), y ponerlo en órbita alrededor de la Luna. Para ello se dispuso de un adaptador entre la cápsula y la tercera etapa del cohete que contenía al LEM.

Una vez que la nave espacial deja su órbita terrestre, la cápsula se separa del adaptador y gira para acoplarse al LEM. Después de desprenderse definitivamente del adaptador

continúa el viaje hasta entrar en órbita lunar. Entonces, dos astronautas se deslizan dentro del LEM, lo separan de la nave espacial madre y conducen hasta descender en la Luna. Mientras tanto, la nave espacial madre, manejada por el tercer astronauta se mantendrá en órbita lunar.

El comandante de la misión *Apolo 11* (Neil Armstrong) fue el primer astronauta que puso pie en la Luna, mientras tanto, el astronauta Edwin A. Aldrin permanecía en el LEM *Aguila* para cualquier emergencia. Al cabo de 20 minutos, Aldrin fue el segundo hombre que se posaba sobre la superficie lunar (El descenso tuvo lugar el 20 de julio de 1969).

Los dos astronautas tomaron fotos y recogieron muestras del suelo lunar. Luego, de una hora volvieron al *Aguila*, y luego de descansar partieron para acoplarse a la nave madre, que conducía Michael Collins. Poco después del acoplamiento los dos astronautas se deslizaron dentro de la nave *Apolo*. En la circunvolución 31, el *Apolo* encendió su motor e inició el retorno a la Tierra.



hora volvieron al *Aguila*, y luego de descansar partieron para acoplarse a la nave madre, que conducía Michael Collins. Poco después del acoplamiento los dos astronautas se deslizaron dentro de la nave *Apolo*. En la circunvolución 31, el *Apolo* encendió su motor e inició el retorno a la Tierra.

Figura 8.- La ruta Tierra-Luna-Tierra que siguieron los tripulantes del *Apolo 11*.

AUTOEVALUACIÓN Nº 2

1. ¿Por qué se ha elegido al cohete como el principal aparato para emprender el viaje al espacio extraterrestre?

2. ¿Cuáles son los principales factores o variables que el hombre tiene que controlar para viajar por el espacio extraterrestre?

3. Cita dos ejemplos de cómo el hombre ha venido resolviendo los problemas para viajar en el espacio extraterrestre.

4. ¿Qué significado tiene para la humanidad el hecho de que el hombre haya pisado el suelo lunar?

III. LA NUEVA IMAGEN DEL UNIVERSO

Esta unidad tiene el propósito de ayudarnos a la actualización de nuestra imagen del universo a la luz de los aportes de los modernos medios que el hombre está utilizando para explorarlo, reflexionando sobre los pro y los contra de este esfuerzo de la humanidad.

La salida del hombre al espacio extraterrestre nos ha permitido ver y hasta fotografiar nuestro planeta desde el espacio sideral. Pero también ha posibilitado dirigir nuestra mirada más allá de él, liberados de las limitaciones que impone nuestra atmósfera.

Estos logros alimentan la utopía de vivir algún día más allá de la Tierra. Aunque esta idea quizás encubre nuestra desesperanza de resolver los actuales problemas de sobrevivencia, también podría significar sólo un cambio de escenario; y allá habrá que seguir porfiando por sobrevivir.

Supongamos que hay la urgencia de cambiar de escenario, del terrícola al extraterrestre, ¿qué es lo que nos espera?. Intentemos respondernos siguiendo la pista de las siguientes preguntas:

¿La vida sólo es posible en el planeta donde vivimos? ¿Qué se requiere para que haya vida en los otros planetas del Sistema Solar? ¿Existirán esas condiciones?

¿Qué hay más allá de nuestra Vía Láctea?

¿Las estrellas siempre brillarán? ¿Sí algún día se apagan, qué será de ellas?

¿El Universo del cuál formamos parte siempre es y será el mismo? ¿Por qué?

3.1 LA TIERRA Y EL SISTEMA SOLAR

La Tierra, el lugar donde vivimos, es el tercer planeta, según su lejanía al Sol, que forma parte del Sistema Solar, el que constituye, en realidad, una pequeña fracción de la Vía Láctea. Está formado por el Sol, nueve planetas con sus respectivos satélites y por

asteroides, meteoritos, cometas y polvo cósmico. El uso de nuevas y más potentes tecnologías ha permitido descubrir también la presencia de rayos cósmicos solares y galácticos, campos magnéticos planetarios, interplanetarios y galácticos y viento solar.

3.1.1 El Sol

El Sol es la estrella de nuestro sistema. Está situado a unos 150 millones de kilómetros de la Tierra.

En apariencia puede verse como una esfera opaca, llamada *fotósfera*, y durante los eclipses totales aparece rodeada de una *corona*, de forma y dimensiones variadas. Pero, si nuestros ojos fueran sensibles a las ondas de radio, el Sol parecería de mayores dimensiones y no de forma circular sino elíptica.

Su temperatura es muy alta: en el interior pasa de los 15 millones de grados, en la superficie sólo son miles y en la corona vuelve a alcanzar varios millones de grados. El calor generado en el núcleo demora 170 mil años en llegar a la superficie.

La información obtenida a través de los nuevos instrumentos ha dado a los científicos una nueva imagen del Sol. A diferencia de la imagen clásica del horno homogéneo de hidrógeno, el Sol tiene tres regiones bien definidas:

- El *núcleo*, al centro, con altísimas presiones (del orden de los 100 mil millones de atmósferas), a 15.6 millones de grados. Tiene algo menos de 400 mil km de diámetro.
- La zona intermedia llamada *zona de radiación*, en la cual ya no se llevan a cabo reacciones nucleares, pero la temperatura se mantiene en el orden de los millones de grados. Es una capa esférica de aproximadamente 250 mil kilómetros de espesor, cuya presión y densidad bajan uniformemente.
- *Zona de convección*, es la capa exterior, más activa y compleja, es una "cáscara" de unos 250 mil kilómetros. En ella hay gran turbulencia, se producen burbujas similares a las del agua hirviendo y la temperatura baja abruptamente.

Uno de los fenómenos observados es que la velocidad de rotación del Sol no es uniforme en toda la superficie, con 25 días por vuelta en el Ecuador y 27.8 días a 40° de latitud.

La superficie presenta ondas sísmicas -llamadas *pulsaciones*- que la suben y bajan hasta 25 cm. Se han detectado hasta dos clases de ondas, comparables a ondas sonoras de muy baja frecuencia: Las de más baja frecuencia, llegan hasta el núcleo, y las de mayor frecuencia, son superficiales.

En la superficie están las *manchas solares y los grandes chorros de gas*, cuya actividad alcanza su pico cada 11 años. Se cree que estos eventos están ligados al campo magnético del Sol, a lo largo de cuyas líneas corren los chorros de gas, con temperaturas de 60 mil grados, y más de 100 mil kilómetros de longitud.

Del Sol emana también el llamado viento que se pierde en el espacio, llega hasta la atmósfera terrestre, y llena todo nuestro sistema solar. El viento solar es una emisión permanente de materia ionizada, que alcanza velocidades de entre 400 y 800 km/s.

3.1.2 Los planetas

Las estaciones automáticas instaladas en los satélites de exploración están permitiendo el estudio de los planetas desde sus cercanías. Ellas aportan a los científicos informa-

ción suficiente como para conocer las estructuras, características físicas y aspectos, tanto de los planetas como de sus satélites. Sin embargo, los fenómenos que se suceden en su alta atmósfera, puramente meteorológicos y a veces sorprendentes e imprevistos, sólo es posible estudiarlos en el transcurso del tiempo, mediante telescopios terrestres y aprovechando especialmente las ocasiones en que los planetas se hallan en favorables condiciones de observación, en oposición al Sol y a la mínima distancia de la Tierra.

Cuadro N° 2
Principales características de los planetas

Planeta	Atmósfera	Temperatura superficial	Superficie	Estructura interna
Mercurio	Insignificante	350° C (día) 180° C (noche)	Alternan cráteres con llanuras	Núcleo de Fe, rodeado por un manto de Si
Venus	CO ₂ (95%) y N ₂ (3,5%)	482° C	Gran llanura (70%). Montañas (Norte y Ecuador)	Núcleo líquido. Manto Corteza de rocas cristalinas
Tierra	N (77%), O ₂ (21%) otros (2%)	De -55° C a 70° C	2/3 cubiertos por agua líquida. Superficie continental surcada por cadenas de montañas.	Corteza (rocas silíceas) Manto (silíceas sólidas) Núcleo (roca sólida y Fe)
Marte	C (95,32%), N ₂ (2,7%), Ar (1,6%) O ₂ (0,13%) H ₂ O (0,03%)	T _{máx} : 17° C. T _{mín} : -140° C	Con muchos cráteres y canales en el hemisferio austral.	Corteza (rocas sólida y hierro) Manto (roca sólido) Núcleo (roca sólido y Fe)
Júpiter	H ₂ , 90%, He, NH ₃ , HSNH ₃	-150° C (nubes), -1.700° C (a 1.000 km. de la superficie visible)		Núcleo de Fe rodeado de H ₂ líquido e H ₂ gaseoso
Saturno	H ₂ (94%), He, NH ₃ , fosfino, CH ₄ , etano, metilacetileno, propano, H ₂ S, HSNH ₃ .	-150° C (nubes). -1.700° C (a 1.000 km)		Núcleo de Fe (d = 42.000 km), rodeado de H ₂ sólido (13.000 km), H ₂ líquido (24.000 km) e H ₂ gaseoso
Urano	H ₂ (90%), He (10%)	T _{med} -209° C (altas nubes)		Núcleo rocoso de metales y silicatos, un manto helado de CH ₄ , NH ₃ y H ₂ O y capa de H ₂ y He
Neptuno	H ₂ , He, CH ₄ , NH ₃ y Ar	-220° C		Núcleo casi sólido de metales y silicatos, sobre el cual hay un manto helado de CH ₄ , H ₂ O y NH ₃
Plutón	N ₂ (98%)	-230° C		Núcleo de rocas y hielo

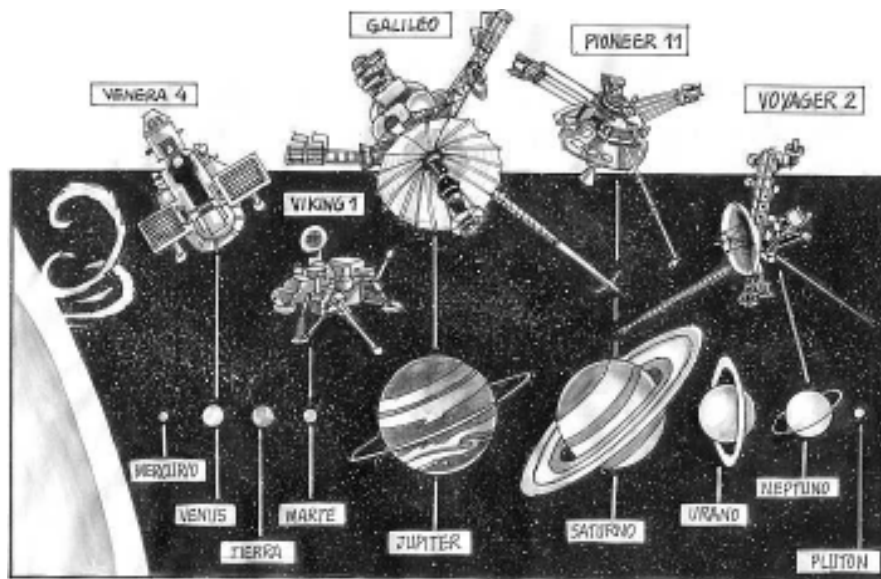


Figura 9.- Los planetas del Sistema Solar según sus tamaños y los satélites que los vienen observando.

Cuadro N° 3
Estadística de los planetas

	Mercurio	Venus	Tierra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno	Plutón
Diámetro km	4 878	12 100	12 756	6 796	142 800	120 600	51 200	49 500	2000
Diám/Tierra	0,38	0,95	1	0,53	11,3	9,5	4,01	3,92	0,2
Masa/Tierra	0,056	0,815	1	0,107	318	95,1	14,5	17,2	0,0021
Densidad	5,44	5,26	5,52	3,93	1,31	0,69	1,21	1,5	2,03
Gravedad/Tie	0,37	0,91	1	0,38	2,54	1,08	0,88	1,15	0,04
Velocidad de escape km/s					59,6	35,6	21,1		4,74
Inclinación Ecuador/órbita	0°	2°	23°30'	24°	3°	27°	98°	29°	1120°
Periodo de rotación	D	58	243						6
	H	15	3	23	24	9	10	17	16
	M			56	37	55	39	14	3
	S			4	23	30	24		
Dist. al Sol mill km	Min	46	107	147	207	741	1 347	2 735	4 456
	Máx	70	109	152	249	815	1 507	3 004	4 537
	Med	58	108	150	228	778	1 427	2 870	4 497
Inclinación orbital	7°	3°24'	0°	1°51'	1°19'	2°30'	0°46'	1°47'	17°10'
Periodo revolución	A				1	11	29	84	164
	D	87	224	365	321	314	167	7	280
	H	23	17	6	7	20	0	9	7
Satélites	0	0	1	2	16	23	15	8	1

3.2 LAS ESTRELLAS

Las estrellas son astros gaseosos e incandescentes como, por ejemplo, nuestro Sol. Se observan en el firmamento como simples puntos de luz a causa de su enorme lejanía. En una noche sin Luna y despejada se pueden observar a simple vista entre 2.500 y 3.000 estrellas en cada hemisferio.

Tolomeo catalogó 1.022 estrellas y las clasificó, de acuerdo a la magnitud de su brillantez, en seis clases: **Sirio** y **Vega** definen la primera magnitud hasta llegar a las más débiles, que corresponden a la sexta magnitud. En 1800 se descubrió que la intensidad de la radiación recibida de una estrella de primera magnitud es unas 100 veces mayor que la recibida de una estrella de sexta magnitud.

Además del brillo, las características físicas más importantes de una estrella son el color, el diámetro y la masa.

3.3 LAS GALAXIAS

El término galaxia designa los sistemas independientes de estrellas que se hallan situados fuera del nuestro, la Vía Láctea.

Las galaxias son agrupaciones del orden de 100.000 millones de estrellas polvo y gases unidos gravitatoriamente.

Las galaxias pueden clasificarse en tres grandes grupos: **Espirales** (S), **Elípticas** (E) o **Irregulares** (Irr).

Las galaxias espirales tiene forma de disco extremadamente fino; en términos relativos, su estructura está compuesta por una serie de brazos, que giran alrededor de un bulbo central. En función de lo desplegados que estén los brazos, se subdividen en: Sa, Sb, Sc. Los brazos están compuestos por gases, polvo interestelar y estrellas, en su mayoría jóvenes azules. Algunas presentan una barra central (espirales barradas) y en su clasificación se incluye la letra B, (SBa, SBb y SBc).

Nuestro Sol y las estrellas que vemos en las constelaciones pertenecen a una galaxia espiral típica, llamada **Vía Láctea**, tiene su centro en dirección a Sagitario. La Vía Láctea o Camino de Santiago, que podemos ver en una noche oscura, corresponde a la aglomeración de estrellas del disco.

Vía láctea

Edad: 13.000-15000 millones de años.

Nº de estrellas: 100.000 millones .

Diámetro del disco: 100.000 años-luz.

Grosor del disco en el Sol: 700 años luz.

Distancia del Sol al centro: 27.000 años luz.

Velocidad orbital del Sol: 210 Km. por segundo.

Periodo orbital del Sol: 250 millones de años.

Otra galaxia espiral próxima a la nuestra, visible a simple vista, es la galaxia de [Andrómeda](#) (M31) a unos 2.3 millones de años-luz.

Las galaxias elípticas son agrupaciones de estrellas mas viejas (amarillas o anaranjadas), carecen de polvo y gas. Tienen una estructura compacta que puede variar desde esférica E0 hasta un elipsoide muy achatado E7. Existen galaxias de transición entre elípticas o espirales con brazos sin desplegar que se clasifican como SO.

Las galaxias irregulares son aquellas que no presentan una forma especial. Las más próximas a nosotros son dos pequeñas galaxias satélites de la Vía Láctea llamadas las nubes de Magallanes, dado que fueron vistas por primera vez por la tripulación de Magallanes cuando se encontraban lo suficientemente al sur.

Algunas galaxias presentan características peculiares, por ejemplo un chorro de gas o una envoltura extra de polvo etc. a estas galaxias se le otorga la etiqueta (*pec*), otras radian especialmente en ciertas franjas del espectro, [Galaxias Seyfer](#) y otras los [Quasares](#) presentan un fuerte enrojecimiento debido al efecto Doppler.

Todas las galaxias suelen formar grupos, nuestra galaxia, la de Andrómeda, M33 y unas dos docenas mas constituyen el llamado Grupo local que a su vez es un miembro destacado de un cúmulo de galaxias grande que abarca la constelación de [Virgo](#) y por consiguiente se llama [Cúmulo de Virgo](#), existen otros de estos cúmulos en [Coma Berenices](#), [Hércules](#), etc., estos cúmulos están enlazados con otros formando supercúmulos. Entre los supercúmulos existen vacíos gigantes entre los que no cabe encontrar galaxias.

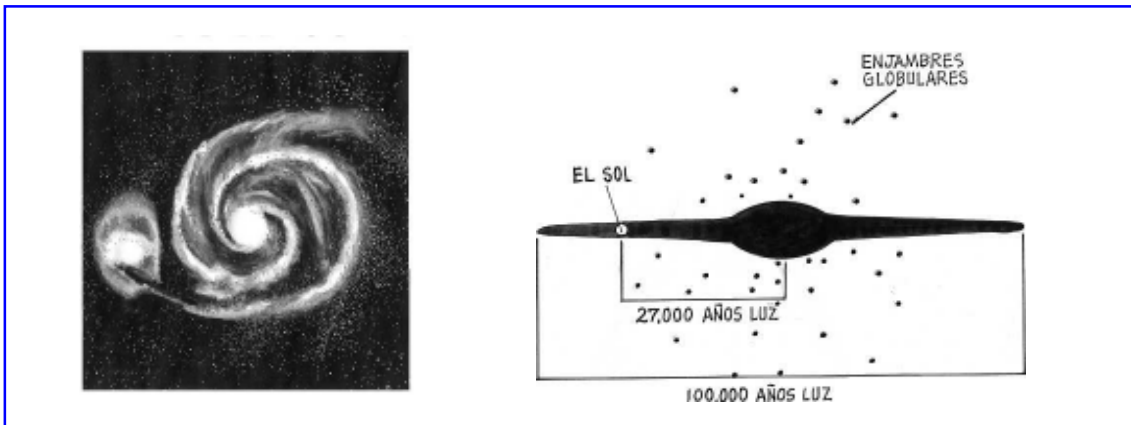


Figura 10.- Galaxia en espiral.

Figura 11.- La Vía Láctea.

3.4 LOS AGUJEROS NEGROS

El término agujero negro tiene un origen muy reciente. Fue acuñado en 1969 por el científico norteamericano John Wheeler como la descripción gráfica de una idea que se remonta unos doscientos años.

En un comienzo se pensaba que las partículas de luz viajaban con infinita rapidez, de manera que la gravedad no hubiera sido capaz de frenarlas. Pero, el descubrimiento de Roemer (Ver fascículo 3.4) de que la luz viaja a una velocidad finita, significó pensar que la gravedad pudiera tener un efecto importante sobre ella. Asumiendo este supuesto, John Michel, en 1783, planteó que una estrella con suficiente masa y compacta tendría un campo gravitatorio tan intenso que la luz que emite no podría escapar de ella: la luz

emitida desde su superficie sería arrastrada de vuelta al centro por su atracción gravitatoria antes de que pudiera llegar muy lejos. A pesar de que no seríamos capaces de ver estas estrellas, porque su luz no nos alcanzaría, sí notaríamos su atracción gravitatoria. Estos objetos son los que hoy se conocen como agujeros negros o huecos negros en el espacio.

Algunas evidencias:

- Los astrónomos han observado muchos sistemas en los que dos estrellas giran en órbita una alrededor de la otra, atraídas entre sí por la gravedad. Pero, también han observado sistemas en los que existe una estrella visible que está girando alrededor de alguna estrella invisible. Esta estrella invisible ¿será un agujero negro?
- En nuestra galaxia, se ha observado que el sistema Cignus X-1 es fuente intensa de rayos X. La mejor explicación de este fenómeno es que algo está quitando materia de la superficie de la estrella visible, de modo que cuando esta cae hacia la estrella invisible, desarrolla un movimiento espiral y adquiere una temperatura muy alta, emitiendo rayos X. Para que este mecanismo funcione, el objeto invisible tiene que ser pequeño, como una enana blanca, una estrella de neutrones o un agujero negro. Como la masa de la estrella invisible es de unas seis veces la masa del Sol, lo que indica que es demasiado grande para que sea una enana blanca o una estrella de neutrones, parece que se trata de un agujero negro.
- En la actualidad tenemos evidencias de otros agujeros negros en sistemas como el Cygnus X-1 en nuestra galaxia. Su número sería bastante grande pudiendo ser incluso mayor que el número de estrellas visibles. La atracción gravitatoria extra que ello implica podría explicar por qué nuestra galaxia gira a la velocidad con que lo hace: la masa de las estrellas visible es insuficiente para explicarlo.
- También tenemos alguna evidencia de que existe un agujero negro mucho mayor, con una masa de aproximadamente cien mil veces la del Sol, en el centro de nuestra galaxia. Su presencia podría ser una explicación de la fuente enormemente compacta de ondas de radio y de rayos infrarrojos que se observa en el centro de nuestra galaxia. Después de todo los agujeros negros no son realmente negros: irradian como un cuerpo caliente, y cuanto más pequeños son más irradian.
- Asimismo existen evidencias de agujeros negros en dos galaxias vecinas llamadas las Nubes de Magallanes.

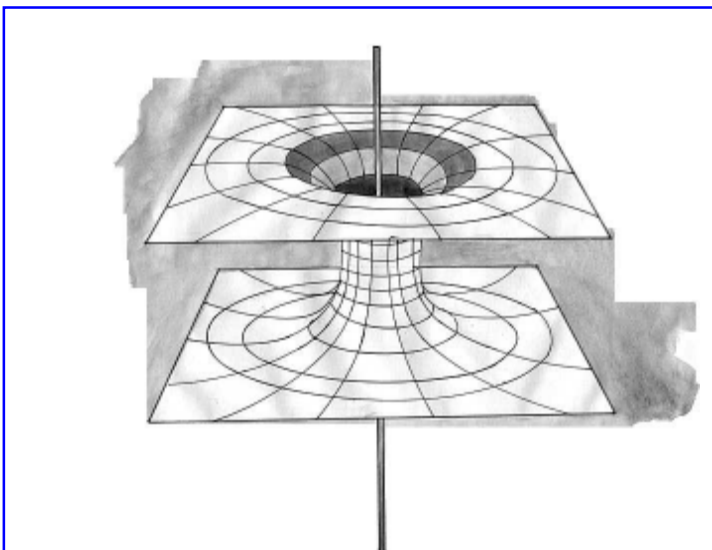


Figura 12.- Representación esquemática de un agujero negro.

3.5 EL UNIVERSO SE EXPANDE Y LA GRAN EXPLOSIÓN

La imagen moderna del universo se remonta tan sólo a 1924, cuando el norteamericano Edwin Hubble demostró que nuestra galaxia no era la única. Para probar esto, determinó las distancias que había hasta esas galaxias, tan lejanas, usando un método indirecto.

El brillo aparente de una estrella depende de dos factores: la cantidad de luz que irradia (su luminosidad) y lo lejos que está. Por tanto, si se conoce la luminosidad de las estrellas de otras galaxias, podríamos calcular sus distancias midiendo sus brillos aparentes. De esta manera Hubble calculó las distancias de nueve galaxias diferentes.

Las estrellas están tan lejos de la Tierra que nos parecen simples puntos luminosos no pudiendo apreciar ni su tamaño ni su forma; y que, al contrario de lo que ocurre con las estrellas cercanas, parecen estar verdaderamente fijas.

Cuando los astrónomos empezaron a estudiar los espectros de las luces de las estrellas de otras galaxias, encontraron un hecho extremadamente particular: siempre tenían el mismo patrón de espectro, pero desplazados hacia el extremo rojo del espectro (zona de menor frecuencia).

Según el efecto Doppler, cuando una fuente luminosa se aleja del observador, cada vez que emite la siguiente cresta de onda, estará más lejos del observador, por lo que el tiempo que cada nueva cresta tarda en alcanzarlo será mayor que cuando la fuente estaba estacionaria. Esto significa que el tiempo entre cada dos crestas que llegan al observador es más largo que antes y, por lo tanto, que el número de ondas que recibe por segundo (es decir, la frecuencia) es menor que cuando la fuente estaba estacionaria.

Por tanto, al encontrar que la mayoría de las galaxias presentaban un corrimiento hacia el rojo significaba que casi todas se están alejando de nosotros. Más aún, Hubble, en 1929 reportó su hallazgo que el corrimiento de las galaxias hacia el rojo no es aleatorio, sino que es directamente proporcional a la distancia que nos separa de ellas. Es decir, que cuanto más lejos está situada una galaxia, se aleja a mayor velocidad de nosotros. Entonces, la distancia entre las diferentes galaxias está aumentando continuamente. Esto significa que el universo no puede ser estático, sino que de hecho se está expandiendo.

El descubrimiento de que el universo se está expandiendo ha sido una de las grandes revoluciones intelectuales del siglo XX.

Tanto Newton como Einstein concibieron que el universo era estático. Einstein, para hacer que ello fuera posible, introdujo en sus ecuaciones la llamada *constante cosmológica*, modificando su propia teoría general de la relatividad (1915). Según parece, sólo el ruso Alexander Friedmann estuvo dispuesto a aceptarla al pie de la letra.

Entonces, Friedmann hizo dos suposiciones muy simples sobre el universo: que el universo parece el mismo desde cualquier dirección desde la que se le observe, y que ello también sería cierto si se le observara desde cualquier otro lugar.

En 1965, Arno Penzias y Robert Wilson, probando un detector de microondas extremadamente sensible, se sorprendieron al captar más ruido del que esperaban. El ruido no parecía provenir de ninguna dirección en particular, era el mismo para cualquier dirección desde la que se observara, de forma que debía provenir de fuera de la atmósfera, de más allá del sistema solar, e incluso desde más allá de nuestra galaxia.

Por su parte, Bob Dicke y Jim Peebles, venían estudiando una sugerencia hecha por

George Gamov relativa a que el universo en sus primeros instantes debería haber sido muy caliente y denso, para acabar blanco incandescente. Ellos argumentaban que aún deberíamos ser capaces de ver el resplandor de los inicios del universo, porque la luz proveniente de lugares muy distantes recién estaría alcanzándonos ahora. Sin embargo, la expansión del universo implicaría que esta luz debería estar tan tremendamente desplazada hacia el rojo que nos llegaría hoy en día como radiación de microondas. Entonces empezaron a buscar esa radiación.

Cuando Penzias y Wilson se enteraron del objetivo de ese trabajo, comprendieron que ellos ya la habían encontrado, lo cual también era una confirmación muy precisa de la primera suposición de Friedmann.

Ahora:

Toma un globo grande, marca cuatro puntos con una separación de 1 cm entre ellos. Procede a inflarlo. Ahora mide la distancia de separación entre los puntos. ¿Qué observas?

Ínflalo un poco más y vuelve a medir.

¿Qué observas, ¿Cuál es el punto centro de la expansión?

En el modelo de Friedmann, todas las galaxias se están alejando entre sí unas de otras, en situación similar a la del globo. Conforme el globo se hincha, la distancia entre cada dos puntos aumenta, a pesar de lo cual no se puede decir que exista un punto que sea el centro de la expansión. Además, cuanto más lejos estén los puntos, se separarán con mayor velocidad. Similarmente, en el modelo de Friedmann la velocidad con la que dos galaxias cualesquiera se separan es proporcional a la distancia entre ellas. De esta forma, predecía que el corrimiento hacia el rojo de una galaxia debería ser directamente proporcional a su distancia a nosotros, exactamente lo que Hubble encontró.

Howard Robertson y Arthur Walker crearon modelos similares en respuesta al descubrimiento de Hubble de la expansión uniforme del universo. Aunque Friedmann encontró sólo uno, existen en realidad tres tipos de modelos que obedecen a sus dos suposiciones fundamentales.

Primer modelo: El universo se expande lo suficientemente lento como para que la atracción gravitatoria entre las diferentes galaxias sea capaz de frenar y finalmente detener la expansión. Las galaxias entonces se empiezan a acercar las unas a las otras y el universo se contrae. La figura muestra cómo cambia, conforme aumenta el tiempo, la distancia entre dos galaxias vecinas. Esta comienza siendo igual a cero, aumenta hasta llegar a un máximo y luego disminuye hasta hacerse cero de nuevo.

Segundo modelo: El universo se expande tan rápidamente que la atracción gravitatoria no puede pararlo, aunque sí que lo frena un poco. La figura muestra como la separación entre dos galaxias vecinas también empieza en cero y con el tiempo sigue aumentando, con una velocidad estacionaria.

Tercer modelo: El universo se expande con la velocidad justa para evitar colapsarse. La figura muestra que la separación parte de cero y continúa aumentando siempre. Sin embargo, la velocidad con la que las galaxias se están separando se hace cada vez más pequeña, aunque nunca llega a ser nula.

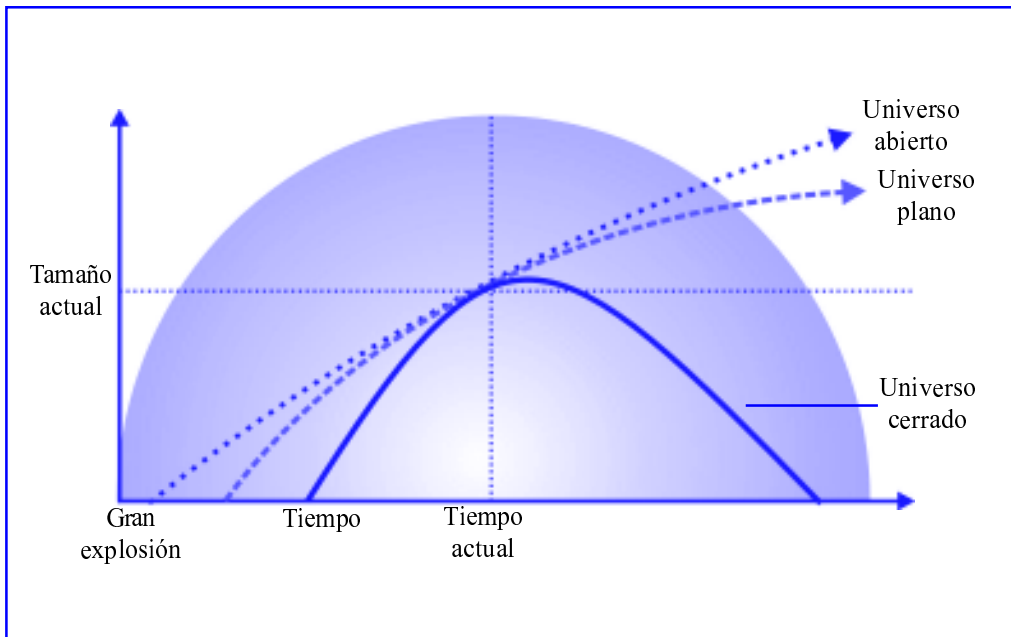


Figura13.- Modelos que intentan responder al descubrimiento por Hubble de la expansión uniforme del universo.

¿Cuál de estos modelos describe mejor a nuestro universo? Para responder a esta cuestión, necesitamos conocer el ritmo actual de expansión y la densidad media del universo. En el estado actual de la ciencia, todo lo que sabemos es que el universo se expande entre un cinco y diez por 100 cada mil millones de años. Sin embargo, nuestra incertidumbre con respecto a la densidad media actual del universo es aún muy grande. La evidencia presente sugiere, por lo tanto, que el universo se expandirá probablemente por siempre, pero que de lo único que podemos estar verdaderamente seguros es de que si el universo se fuera a colapsar, no lo haría como mínimo en otros diez mil millones de años, ya que se ha estado expandiendo por lo menos esa cantidad de tiempo.

Todas las soluciones de Friedmann comparten el hecho de que en algún tiempo pasado (entre diez y veinte mil millones de años) la distancia entre galaxias vecinas debe haber sido cero. En aquel instante, que llamamos *big bang*, la densidad del universo y la curvatura del espacio-tiempo habrían sido infinitas.

Hawking y Penrose, en 1970, probaron que debe haber habido una singularidad como la del *big bang*, con la única condición de que la relatividad general sea correcta y que el universo contenga tanta materia como observamos. Hoy día, casi todo el mundo ha aceptado esta tesis y suponen que el mundo empezó con una singularidad como la del *big bang*.

AUTOEVALUACIÓN Nº 3

1. Según la información de que se dispone hasta el momento, ¿en cuál de los planetas del Sistema Solar hay más probabilidades de que pueda existir alguna forma de vida tal como la conocemos?

2. ¿Por qué en el firmamento se observan tantísimas estrellas? ¿Tienen algún significado para nuestras vidas?

3. ¿Qué es un agujero negro y qué evidencias se tiene de su existencia?

4. ¿Cómo se ha llegado a establecer que el Universo se expande y qué evidencias se tiene de que el big bang es el punto de su origen?

5. ¿Cuál será el impacto de estos descubrimientos en la vida de la humanidad?

GLOSARIO

APOGEO: Punto en órbita más distante de la Tierra.

CONVECCIÓN: Circulación de un fluido provocada por gradientes de temperatura; la transferencia de calor mediante esta circulación automática

EFEECTO DOPPLER: Cambio aparente de la longitud de onda de un sonido o la luz producido por el movimiento de la fuente, del observador o de ambos.

ENANA BLANCA: Estrella de color blancuzco con una temperatura superficial elevada y un brillo intrínseco bajo, con una masa igual a la del Sol pero con una densidad mucho más grande.

EXCENTRICIDAD: Valor que define la forma de una elipse u órbita planetaria; razón entre la distancia focal y el eje mayor.

EXCÉNTRICO: No circular, elíptico (aplicado a una órbita).

GRAVEDAD: Fuerza física que atrae mutuamente a dos cuerpos.

METEORITO: Parte de un meteoroide que sobrevive a su paso por la atmósfera terrestre

ÓRBITA: Recorrido de un objeto que se mueve alrededor de un segundo objeto o punto

PERIGEO: Punto en órbita más cercano a la Tierra.

RAYO CÓSMICO: Rayos electromagnéticos de extremada alta frecuencia y energía; los rayos cósmica interactúan usualmente con los átomos de la atmósfera antes de alcanzar la superficie terrestre. Algunos rayos cósmico proceden del exterior del sistema solar mientras que otros son emitidos por el Sol y pasan a través de agujeros que se forman en la corona.

RAYOS CÓSMICOS SOLARES: son protones generados durante las erupciones (protuberancias o manchas) solares.

RAYOS CÓSMICOS GALÁCTICOS: que provienen del exterior del sistema solar. Son núcleos desposeídos de sus electrones (sobretudo protones, pero también partículas alfa.

RAYO X: Radiación electromagnética con longitudes de onda muy cortas y muy energéticas; los rayos X tienen longitudes de onda más cortas que la luz ultravioleta pero más largas que los rayos cósmicos.

SILICATO: Roca o mineral cuya estructura esta dominada por los enlaces entre los átomos de silicio y oxígeno (por ejemplo, olivino)

UNIDAD ASTRONÓMICA (UA): Es la distancia media desde la Tierra al Sol; 1 UA es 149,597,870 kilómetros.

VIENTO SOLAR: Débil corriente de gas y partículas cargadas energéticamente, en su mayor parte protones y electrones — plasma — que fluye desde el Sol; la velocidad del viento solar alcanza velocidades de 350 kilómetros por segundo.

BIBLIOGRAFÍA

- HAMILTON, CALVIN. 1997-1999: *Vistas del Sistema Solar*. www.solarviews.com/span.
- HAWKING, STEPHEN. 1989: *Historia del tiempo*. Ed. Grijalbo. Bogotá.
- MONTES, MANUEL. 2000: *Curso online de Astronáutica*. www.terra.es/ciencia/articulo.
- NASA en español – Ciencias naturales*. www.contenidos.com/nasa
- SONNEBORN, RUTH A. 1971: *Preguntas y respuestas sobre el espacio*. Ed. Sigmar. Buenos Aires.
- TIME-LIFE. 1991: *In space (How things work)*. Time-Life Books Inc. U.S.A.