



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Filosofía y Letras
Colegio de Geografía

APORTACIONES DE LA INVESTIGACION ESPACIAL
AL CONOCIMIENTO DEL SISTEMA SOLAR

T E S I S

para obtener el Título de:
LICENCIADA EN GEOGRAFIA

presenta: LIGIA KAMSS PANIAGUA



Miembros del Jurado:

- PRESIDENTE: Mtro. Francisco Hernández Hernández
- VOCAL: Mtro. Teófilo Rodríguez Palma
- SECRETARIO: Mtro. José Enrique Zapata Zepeda
* asesor **
- SUPLENTE: Mtra. Ma. Eugenia Villagómez Hernández
- SUPLENTE: Mtro. Ricardo Rubalcava Ayala

México, D. F.

1994



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A MIS PADRES:
con infinito agradecimiento

A MIS HERMANOS ODETTE, GLADYS Y
ALEJANDRO
con mucho cariño

A MIS TIAS HILDA, BELGICA
A MI ABUELITA LILIA
por su apoyo y afecto

A MIS MAESTROS:
por su apreciable labor.

A MI JURADO:
*por sus valiosas observaciones y
sugerencias realizadas para
mejorar el presente trabajo.*

A MIS AMIGOS:
por su ayuda desinteresada.

A SERGIO

A MIS HIJOS DAVID Y DIANA

*por su comprensión y confianza
todo mi amor.*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	7
2.	ANTECEDENTES HISTORICOS	9
3.	NUESTRA GALAXIA	20
4.	EL SISTEMA SOLAR	22
	4.1 ORIGEN DEL SISTEMA SOLAR	23
	4.2 COMPONENTES DEL SISTEMA SOLAR	26
5.	EL SOL	28
	5.1 ESTRUCTURA DEL SOL	30
	5.2 MOVIMIENTOS DEL SOL	37
	5.3 LOS ESTUDIOS DEL SOL	39
6.	PLANETAS INTERIORES DEL SISTEMA SOLAR	44
	6.1 MERCURIO	45
	6.1.1 PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE MERCURIO	48
	6.2 VENUS	50
	6.2.1 PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE VENUS	53
	6.3 TIERRA	60
	6.3.1 PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE LA TIERRA	64
	6.4 LA LUNA	73
	6.4.1 PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE LA LUNA	75
	6.5 MARTE	81
	6.5.1 LA INVESTIGACION EN MARTE	88
	6.5.2 PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE MARTE	89
7.	ASTEROIDES O PLANETAS MENORES	100
8.	PLANETAS EXTERIORES DEL SISTEMA SOLAR	103
	8.1 JUPITER	104
	8.1.1 PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE JUPITER	110
	8.2 SATURNO	120
	8.2.1 PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE SATURNO	122
	8.3 URANO	126
	8.3.1 PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE URANO	128
	8.4 NEPTUNO	130
	8.4.1 PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE NEPTUNO	132

8.5	PLUTON	135
8.6	PLANETA X	138
9.	METEORITOS O ASTROLITOS	140
10.	COMETAS	143
10.1	LA INVESTIGACION DE LOS COMETAS	146
10.2	SONDAS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DEL COMETA HALLEY	148
11.	ANEXOS	150
12.	CONCLUSIONES	161
13.	BIBLIOGRAFIA	163

1. INTRODUCCION

La idea de conocer, explorar y viajar a través del espacio no es nueva, data desde la antigüedad, cuando se escribieron novelas increíbles sobre viajes interplanetarios, producto más de la imaginación que de la ciencia de la época.

En las últimas décadas han sido posible desarrollar los métodos de investigación espacial, así como una verdadera tecnología sobre proyectos espaciales, mismos que han hecho realidad, los sueños de muchos observadores del cielo.

El primer hombre que vió la posibilidad de utilizar un cohete, fué el inventor alemán *HERMANN GANSWINDT*, en la última década del siglo XIX.

En 1902, el maestro ruso *KONSTANTIN EDUARDOVICH ZIOLKOVSKI*, a quién se le conoce como "el padre de la investigación espacial", publicó un escrito en el que estudiaba los problemas generales que planteaba un viaje en cohete (probablemente en 1895). *ZIOLKOVSKI* demostró que los cohetes ordinarios propulsados por combustible sólido no podían emplearse para viajar por el espacio; y en su lugar propuso emplear propulsores líquidos; y trató el principio del cohete de varias etapas o fases.

ZIOLKOVSKI sentó las bases y principios científicos en que se apoya la Astronáutica.

ROBERT H. GODDARD investigador norteamericano fue el primero que realizó investigaciones fundamentales serias para el desarrollo de los cohetes. En 1919 presentó su informe "Un método para alcanzar altitudes extremas". El 16 de marzo de 1926 logró que uno de sus cohetes de combustible líquido realizara un corto vuelo en Auburn, Massachussetts (el primero en la historia). Sin embargo no se mostró muy inclinado a divulgar los resultados obtenidos.

En 1923, *HERMANN OBERTH* publicó en Alemania un libro titulado: "El cohete al espacio interplanetario" (*Die Rakete zu den*

Planetenraum), que lo llevó a la formación de la Sociedad de Viajes Espaciales en 1927, con la finalidad de construirlos.

A partir de 1931 se iniciaron trabajos en Alemania, principalmente de un grupo de científicos en el que intervenía WERNHER VON BRAUN, quienes crearon los famosos bombarderos V2, de la Segunda Guerra Mundial, mismos que en la posguerra fueron trasladados a América con fines científicos. Uno de ellos fue empleado como primera etapa de un cohete compuesto en 1949. Posteriormente se creó un cohete americano tipo WAC-Corporal, que alcanzó 403 Km. de altura. Más tarde se instaló un campo de pruebas en White Sands (Nuevo México), luego otro en Cabo Cañaveral, después conocido como Cabo Kennedy y actualmente Cabo Cañaveral (Florida).

Actualmente los cohetes se han perfeccionado y han permitido la exploración del espacio. Cada vuelo espacial se inicia con el lanzamiento de cohetes. Se han puesto en órbita, miles de satélites artificiales, cuya información es invaluable, así también se han enviado Sondas Espaciales no tripuladas a Mercurio, Venus, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y a Cometas; y tripulados a La Luna.

¿POR QUE ELEGIR ESTE TEMA? La razón fundamental es que existen grandes incógnitas en el estudio del Sistema Solar, y sólo algunas de éstas, se han podido responder con las aportaciones de la Tecnología Espacial.

Debido a la importancia que tiene el conocimiento de los componentes del Sistema Solar dentro del campo geográfico, he decidido realizar mi tesis para actualizar dichos conocimientos, incrementar el material de apoyo al plan de estudios de Geografía General y Cosmografía en el Bachillerato, y sobre todo despertar interés y valorar el gran esfuerzo de miles de hombres y mujeres que han intervenido en cada uno de los proyectos espaciales.

2. ANTECEDENTES HISTORICOS

Desde la antigüedad la observación del cielo y de la Tierra ha sido una de las mayores preocupaciones del hombre, quien empezó a estudiar y a realizar teorías sobre su existencia y sus mecanismos.

En Babilonia, China, Egipto e India, aparecieron los primeros conocimientos del Universo y de la Tierra.

De Babilonia se tiene el mito de la creación más antiguo que se conoce, el "Enuma elis" (Cuando arriba), escrito quince siglos antes de Cristo, donde relata el nacimiento del mundo a partir de un caos primordial. Para ellos el mundo era como una bolsa llena de aire, cuyo piso era la Tierra y el techo la Bóveda Celeste. Arriba y abajo se encontraban las aguas primordiales, que a veces se filtraban, produciendo la lluvia y los ríos; su cosmogonía estaba basada en fenómenos naturales extrapolados a dimensiones fabulosas.

La concepción del Universo en la China antigua se encuentra expuesta en el "Chou pi suan ching", un tratado del siglo IV a.C., donde hablaba de la teoría del Kai t'ien (cielo con cubierta), el cielo y la Tierra son planos y están separados por 80 000 li (1) donde el Sol se mueve circularmente en el plano del cielo. Posteriormente trataron el cielo y la Tierra como semiesferas concéntricas, pero se sustituyó por otra teoría del hun t'ien (del cielo envolvente). Le asignaron un valor a la circunferencia de la Esfera Celeste.

El Observatorio de Pekín fue utilizado durante siglos y mucho antes de conocerse el telescopio en China.

Para los Egipcios la Tierra era plana a manera de un disco, limitado por un río infranqueable, y del otro lado existían cuatro columnas que sostenían la Bóveda Celeste. El Universo era una caja, alargada de norte a sur.

(1) un li equivale a 500 m.

En la cosmogonía egipcia, *Atum* el dios Sol, engendró a *Chu* el aire, y a *Tefnut* la humedad, éstos engendraron a *Nut* la diosa del cielo y a *Geb* el dios de la Tierra, quienes a su vez engendraron los demás dioses del panteón egipcio.

En el principio, el cielo y la Tierra estaban unidos, pero *Chu*, el aire los separó, formando así el mundo habitable. Los Egipcios adoraban al dios *Chu*, sostén del cielo, y lo representaban erguido entre sus dos hijos: *Geb* dios de la Tierra y *Nut* diosa del cielo, cuyo cuerpo estrellado constituía la Bóveda Celeste. A sus extremos colocaban dos barcas, una representaba el Sol naciente, y la otra, el Sol poniente.

En el *Veda* de los antiguos Hindúes hay varias versiones de la creación del Universo, su idea común es que nació de un estado primordial indefinible; después de pasar por varias etapas, habrá que morir cuando el tiempo llegue a su fin, entonces se iniciará un nuevo ciclo de creación, evolución y destrucción, y así sucesivamente. Según los mitos hindúes el Universo era una superposición de tres mundos: el cielo, el aire y la tierra.

La Tierra en su mitología, semejaba un escudo, sostenido por cuatro elefantes que reposaban en una gigantesca tortuga (símbolo de fuerza y del poder que conservaban), y ésta sobre el océano.

Posteriormente a la conquista de *Alejandro Magno* (siglo IV a.C.), las ideas cosmológicas cambiaron, en los libros: *Siddharta*, se dice que la Tierra es esférica y no está sostenida en el espacio, y que el Sol y los planetas giran alrededor de ella. Le daban un tamaño mayor al de cualquier otro cuerpo que veían en el espacio. Además intentaban descubrir relaciones entre el destino humano y los astros, lo que hizo se perdiera credibilidad e interés en el estudio del espacio.

Los griegos fueron quienes iniciaron el pensamiento científico así como los primeros cálculos astronómicos. La auténtica ciencia astronómica nace cuando el hombre deja de dar crédito a mitos y conjeturas y trata de conocer los hechos.

Los astrónomos e importantes hombres de ciencia, que dieron verdaderas aportaciones al conocimiento fueron los siguientes:

TALES DE MILETO

Tales nacido en Mileto en el año 640 a. C (?), lo consideraban el "genio distraído" (una vez cayó a un pozo por caminar observando las estrellas). El hecho más famoso que se le atribuye fue el de predecir un Eclipse Total de Sol, que ocurrió en el año 584 a.C., sin embargo éste requiere del conocimiento de los mecanismos de los astros, de los que carecían en esa época. Tales consideraba a la Tierra, como un disco flotando en el agua.

PITAGORAS

Pitágoras natural de la Isla de Samos (580 a.C.), durante más de 30 años se dedicó a viajar y estudiar. Buscó sin cesar la armonía y el orden en el Cosmos (a él se le atribuye el llamar *Cosmos* a los cielos), y creyó encontrarlos en el "número", al cual le adjudicó un sentido casi mágico. Fue el primero en sostener la Esfericidad de la Tierra, aunque no era con bases científicas, sino belleza geométrica. Además utilizó la frase: "*Armonía de las Esferas*", como una interrelación entre todos los componentes del Universo, o sea un orden cósmico.

PLATON

Platón filósofo originario de Atenas (año 427 A.C.?), fue discípulo de Sócrates, quién ejerció gran influencia sobre él. Para Platón, la Astronomía era solamente útil para proporcionarle al agricultor, al navegante y a los viajeros, un conocimiento sobre el tiempo y las estaciones. En el "*Timeo*" uno de sus diálogos, llama a la Tierra "guardián y artesano del día y la noche", lo que demuestra para algunos, que conocía su movimiento de rotación, pero no habla de él en ninguno de sus escritos.

Platón opinaba al igual que Pitágoras, que las órbitas planetarias deberían ser circulares, puesto que el círculo era la figura perfecta, por desgracia esta aportación astronómica, es falsa; también argumentó que la forma de la Tierra tenía que ser redonda, como lo indicaba su sombra circular proyectada sobre la Luna durante los eclipses lunares.

ARISTOTELES

Aristóteles el estagirita, (384 a.C.), fue discípulo y fiel seguidor de Platón, fundó su propia escuela y contribuyó en casi todas las ramas del saber. En Astronomía fue un recopilador mas que un innovador. Aceptó el modelo de las esferas para las órbitas planetarias. Dió varios argumentos para la redondez de la tierra; explicó correctamente las fases de la Luna y, en su *''Tratado del Cielo''* dió 400 000 estadios α de circunferencia a nuestro planeta.

ARISTARCO

Aristarco, propio de la Isla de Samos (310 A.C.), fue el último astrónomo de la Escuela Pitagórica. En su obra *''La Pequeña Composición''* que consta de 9 textos astronómicos, el titulado *''Sobre las dimensiones y las distancias del Sol y de la Luna''*, describe y aplica un método geométrico para determinar las distancias Tierra- Sol y Tierra- Luna.

Aristarco también expuso otro método para determinar el tamaño de nuestro satélite, utilizando un Eclipse Lunar. El valor que obtuvo, un tercio del terrestre, es excelente para su época (la luna mide como la cuarta parte de la Tierra).

Lo más importante que realizó fue su modelo de Sistema Solar. Las hipótesis de Aristarco, son de que las estrellas fijas y el Sol permanecen inmóviles y, que la Tierra gira alrededor del Sol en la circunferencia de un círculo, con él en el centro de la órbita. Fue acusado de impiedad por suponer que *''el cielo permanece en reposo y que la Tierra se desplaza en un círculo oblicuo rotando, al mismo tiempo sobre su propio eje''*, por lo cual se le conoce como el Copérnico Griego. Sus ideas son impugnadas y terminaron en el olvido.

HIPARCO

Hiparco de Nicea (Bitinia) Grecia (siglo II a.C.) es el inventor de la Trigonometría, elaboró el primer catálogo de estrellas (del que

(1) Tomando 157 metros por cada estadio, resulta casi el doble del valor real de la circunferencia terrestre.

se tiene noticia) e inventó la escala de *magnitudes* para medir el brillo de las estrellas. Descubrió la Precesión de los Equinoccios; determinó la distancia a la Luna por el método de Aristarco, obtuvo un valor de 59 radios terrestres (el real es de 60), y desarrolló una construcción geométrica para reproducir los movimientos del Sol y de la Luna, por medio de *excéntricas* y *epíclicos* (curvas engendradas por combinaciones de movimientos circulares).

CLAUDIUS PTOLEMAEUS (CLAUDIO TOLOMEO)

Claudio Tolomeo, astrónomo, matemático y geógrafo griego originario de Cánope (90 a.C. ?), recopiló en un extenso tratado todos los conocimientos astronómicos de su época, al que llamó "*Magiste Sintaxis o Gran Colección*" (1) que consta de 13 libros. Los primeros seis tratan de temas como el movimiento de la Bóveda Celeste, la duración del año, del mes, el funcionamiento de un pequeño aparato llamado *Astrolabio* y los eclipses; los dos siguientes contienen un catálogo de estrellas, y los cinco últimos contienen la contribución astronómica más importante de Tolomeo, su teoría de los movimientos planetarios. Declaró que "*la Tierra era una esfera inmóvil situada en el centro del Universo y que el Sol, la Luna y los planetas giraban a su alrededor*". Esta teoría que parecía situar al hombre en el centro de todas las cosas, se convirtió en base del pensamiento cristiano.

LEONARDO DA VINCI

Leonardo nacido en Vinci, cerca de Florencia, Italia y muerto en Francia (1452- 1519), tuvo gran talento y curiosidad por lo que fue llamado *Genio Universal*. Es más conocido como artista, pero fue distinguido ingeniero, arquitecto y físico. Se interesó por la perspectiva y descubrió el funcionamiento del ojo humano; al ver como pulían las lentes elaboró las suyas para observar mejor el firmamento.

(1) Obra también llamada **ALMAGESTO**, porque fue más conocida la copia en árabe "**AL MAGISTRI**".

NICOLAUS COPERNICUS (O KOPPERNIGKO)

Nicolás Copérnico natural de Torun, Polonia (19 de febrero de 1473), fue un ilustre astrónomo, artista, médico, soldado, economista, eclesiástico, hombre de estado y de ciencia. Hasta 1521, Copérnico pudo dedicarse por completo a la Astronomía, en 1528 publicó su primer tratado astronómico: "el *Commentariolus*" o Pequeño Comentario y en 1539 decidió ante la insistencia del joven astrónomo Georg Joachim (Rheticus), publicar su obra magna: "*De Revolutionibus Orbium Coelestium*" (Sobre las revoluciones de las órbitas celestes), cuyo primer ejemplar lo recibió en su lecho de muerte el 24 de mayo de 1543. Dicha obra consta de seis libros, de los cuales los más importantes son los últimos dos, dedicados a los movimientos aparentes de los planetas, sus distancias al Sol y sus tiempos de revolución, además de un prólogo no autorizado por Copérnico, escrito por Andreas Osiander, donde se explica que la obra es una hipótesis, que no debe tomarse en serio (hecho para evitar fricciones con la iglesia).

Su idea fundamental fue la de sustituir a la Tierra por el Sol, como centro del Universo "El Sistema Heliocéntrico". No pretendió originar una revolución, buscaba una disposición geométrica del Sistema Solar, en la que se explicaran los movimientos circulares puros o epíclidos observados en los planetas.

Copérnico argumentó, que la paralaje estelar no puede percibirse porque las estrellas se encuentran muy distantes (distancias fabulosas para la época, pero inferiores a las reales), y siguió colocándolas en una bóveda finita.

Rehizo y aceptó casi sin modificaciones los cálculos de Claudio Tolomeo de la distancia Tierra-Sol (valor 20 veces menor al real), y sus dimensiones del universo no diferían de las de los antiguos griegos.

Copérnico sabía que la iglesia no aprobaría sus ideas, y relegar a la Tierra a un simple planeta, equivaldría a ser considerado como un hereje, así fue que consideró publicar su obra muchos años después de hacerla. Sus temores, desgraciadamente fueron pagados por los adeptos, quienes como Giordano Bruno, terminaron quemados vivos por la Santa Inquisición.

La gran obra de Copérnico fue inscrita en el índice de libros prohibidos, donde figuró hasta 1835. Su verdadero valor astronómico y filosófico sería comprendido tiempo después por Galileo y Képler.

TYCHO BRAHE

Tycho Brahe astrónomo danés (1546- 1601), fue todo un personaje fatuo, codicioso y pendenciero. Realizó las mejores, precisas y detalladas observaciones. Fue el más ilustre de los tiempos anteriores al telescopio.

Con el apoyo del rey Federico II de Dinamarca, construyó en la isla de Hveen su propio observatorio astronómico *Uraniborg*, que tenía los mejores instrumentos y servicios de la época.

Entre 1575 y 1595 compiló un catálogo de estrellas que superaba los existentes. Observó la *Supernova* de 1572 (llamada de Tycho), y demostró que el brillante cometa de 1577 se hallaba más lejos que la Luna.

Tycho Brahe efectuó mediciones muy precisas de la posición de los planetas, particularmente de Marte. Rehusó aceptar que la Tierra era un astro como los demás. Demostró desde otro punto de vista, que el Sistema de Tolomeo podía ser erróneo, pero rehusó aceptar la Teoría Copernicana, y enseñó que mientras los planetas se mueven alrededor del Sol, éste lo hace a su vez en torno a la Tierra.

Fallecido su benefactor y debido a sus problemas económicos, viajó a Praga en 1599. A fines de 1600, se le unió para colaborar científicamente J. Képler, quien a su muerte, hereda las copiosas y excelentes observaciones de Tycho Brahe.

JOHANNES KEPLER

Képler, astrónomo y físico nacido el 27 de diciembre de 1571 en Weil der Stadt, Alemania, dedicó largos y penosos años a estudiar los datos observados y recopilados por su maestro, con la esperanza de encontrar leyes simples que rigieran con toda precisión el curso de los planetas.

Continuó el trabajo iniciado por Tycho de la determinación de la órbita de Marte.

En 1597 publicó su libro "*Mysterium Cosmographicum o Prodromus*" que contiene una idea falsa sobre las distancias de los planetas.

Képler encontró, que la trayectoria seguida por Marte no coincidía con una órbita circular, y por fin en 1609, dió con la solución: era elíptica. A partir de entonces todo se simplificó, y

poco después descubrió otra particularidad en ella: la línea que lo unía al Sol barría áreas iguales en tiempos iguales. Los dos resultados: la órbita elíptica y la regla de áreas, fueron publicados en su obra "*Astronomía Nova o Comentarios sobre los movimientos de Marte*" (en 1609), en donde Képler muestra que ambos principios son válidos y se aplican para todos los planetas.

Otro descubrimiento, apareció en su libro: "*Harmonices Mundi*" (La armonía del mundo o ley armónica), donde expresa que, al dividir el cuadrado del tiempo que emplea un planeta en dar una vuelta completa alrededor del Sol entre el cubo de su distancia media al mismo, se obtiene siempre el mismo número, independientemente de cual sea el planeta.

Con estos resultados Képler, formuló las famosas leyes que llevan su nombre, que son fundamento de la Astronomía y dicen lo siguiente:

- 1a. "Los planetas se mueven en elipses con el Sol en un foco".
- 2a. "El radio vector del Sol a un planeta barre áreas iguales en tiempos iguales".
- 3a. "El cuadrado del periodo orbital de los planetas, es proporcional al cubo de sus radios orbitales".

Creó el primer modelo moderno del Sistema Solar, aunque la brillantez y audacia de su contenido matemático, no se compara con el físico, lleno de misticismo; pues consideraba que los planetas emitían notas musicales "*La Música de las Esferas*", y estaba persuadido de que unían sus órbitas enlazándose como cinco sólidos regulares.

Képler trabajó en la teoría óptica del telescopio, en 1604 publicó su obra: "*Astronomía pars optica*" y en 1610 en "*La Dioptrice*", que ayudaron al posterior desarrollo de los telescopios, pero nunca construyó uno.

Le desagradaba la idea de un Universo infinito, lo consideraba un aspecto ajeno a la experiencia del hombre.

Képler demostró que si las estrellas estaban tan distantes (según el sistema de Copérnico), sus diámetros deberían ser mayores a la órbita terrestre; y el cielo visto desde una estrella, sería diferente al observable desde la Tierra. Las estrellas se verían como grandes bolas de luz y no, como puntos luminosos.

Le interesó también el magnetismo de los planetas e intentó localizar el *polo magnético terrestre*.

Képler no fue perseguido por sus ideas, pero conoció la desdicha en muchos momentos de su vida. A su muerte el 15 de noviembre de 1630, nos legó su último libro "*Epitome*", que contiene una visión del Sistema Solar idéntica a la actual.

GALILEO GALILEI

Galileo Galilei, matemático, físico y astrónomo italiano, nacido en Pisa en 1564, fue el último científico que sufrió la persecución por defender el movimiento de la Tierra y la Teoría Heliocéntrica de Copérnico.

En 1609, cuando supo que Jan Lippershey, un fabricante de lentes, había construido un maravilloso instrumento capaz de acercar los objetos, Galileo, logró fabricarse uno con las indicaciones de Képler.

Fue el primero en realizar observaciones sistemáticas, en interpretarlas, divulgar sus descubrimientos y hacerlos accesibles a un círculo más amplio que el de los grandes eruditos.

Descubrió que la *Vía Láctea* está compuesta por infinitud de pequeñas estrellas, que solo pueden ser distinguidas con el telescopio.

Galileo encontró las cuatro lunas mayores de Júpiter, llamadas *Lunas Mediceas* o *de Galileo*, descubrió las fases de Venus; observó las Manchas Solares, verificó que son oscuras y su situación en la faja ecuatorial; calculó los períodos de rotación del Sol; vió la superficie de La Luna, sus cráteres, valles, montañas y calculó su altura. Tales descubrimientos fueron escritos en un librito "*Sidereus Nuncius*" (*Mensajero de las estrellas*), en marzo de 1610 y tuvo un gran éxito.

Descubrió las leyes de la caída de los cuerpos, enunció el Principio de la Inercia, inventó la balanza hidrostática y el termómetro.

En 1616, la iglesia incluyó en el *Índice de libros prohibidos*, "*De Revolutionibus Orbium Coelestium*" de Copérnico y "*Epitome*" de Képler y Galileo fue amonestado y advertido de que no debía enseñar que la Tierra se mueve.

Se propuso convencer con pruebas objetivas a los altos prelados de la iglesia, que Copérnico tenía razón, pero después de insistir varios años, lo que obtuvo fue una prohibición oficial de enseñar el Sistema Helioentrónico. Durante 7 años guardó silencio, pero en 1632 publicó "*Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo*", en donde confrontaba las doctrinas de Aristóteles y Copérnico, al año siguiente, fue sometido a un segundo proceso ante la Inquisición, declarado culpable de desobedecer las órdenes de la iglesia, fue obligado a abjurar lo que exponía en su obra, (1) bajo amenaza de tortura, el 22 de junio de 1633, cuando casi cumplía 70 años.

A partir de entonces permaneció bajo vigilancia de la Inquisición, abandonado y enfermo pasó el resto de su vida, quedó ciego en 1637 y murió el 8 de enero de 1642, en Arcetri, cerca de Florencia. (2)

ISAAC NEWTON

Isaac Newton, originario de Woolsthorpe, Inglaterra (1643- 1727), ilustre matemático, físico, astrónomo y filósofo. Entre 1665 y 1666, realizó descubrimientos fundamentales en distintos campos de la ciencia, creó las bases de la física clásica, del cálculo infinitesimal y de la espectroscopía, la naturaleza de la luz blanca, los colores de los cuerpos, la gravitación universal y los movimientos de los fluidos y de las mareas.

Le preocupaba el movimiento de los astros. Demostró que la segunda ley de Képler era una consecuencia de la gravitación. Resolvió el problema de qué fuerza (F) mueve a un planeta (m_1) a una distancia r alrededor del Sol (m_2) y demostró que la constante K de su ley de gravitación tiene un carácter universal,

$$F = K \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

describe tanto la caída de un cuerpo sobre la Tierra, como el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra, o de ésta alrededor del Sol.

- (1) Se dice que después de emitir el juramento murmuró en tono bajo "EPPUR SI MUOVE" (Sin embargo se mueve).
- (2) En 1981 la Iglesia Católica preparó una reanudación del proceso contra GALILEO como una rehabilitación tardía y su absolución.

Newton también demostró que la tercera ley de Képler era relativamente válida, ya que la dirección de la fuerza tenía que ser radial, no tangencial como Képler decía. Y por último, dado que nuestro planeta es una esfera achatada por los polos, la gravitación del Sol y la Luna, influye sobre la Tierra en rotación y ejerce sobre ella un momento de giro que determina un movimiento de precesión en el eje, cuyo período casi calculó correctamente. En su libro *Principia* o "*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*", que apareció hasta 1687 publica sus investigaciones.

LA EPOCA MODERNA

Después de Newton se abrió un largo período donde la astronomía del Sistema Solar apenas se desarrolló.

Entre los descubrimientos importantes destacan: Giovanni Domenico Cassini y Jean Richter (1672), midieron exactamente la distancia de Marte; Olef Romer (1676) calculó por primera vez la velocidad de la luz; Pierre Simon Laplace observó la rotación perihelial de Mercurio; James Bradley descubrió la aberración de la luz y el ciclo de 18.6 años de la nutación del eje terrestre; Edmund Halley (1761) observó el paso de Venus ante el disco solar, que le permitió determinar la magnitud absoluta de la órbita venusina; Johann Elert Bode (1772) dió a conocer la regla basada en las ideas de Képler, que Johann Daniel Titus formuló en 1766; Giuseppe Piazzi (1801), localizó al asteroide Ceres; William Herschel (1781) descubrió el planeta Urano.

En el siglo XIX los físicos y astrónomos disponían ya de instrumentos muy perfeccionados y recursos matemáticos importantes.

En 1823 J. Herchel conoció los espectros de las estrellas, y que a partir de su estudio se podía determinar la composición química de los astros.

En 1846 Johann Gottfried Galle descubrió Neptuno. Se manifestó un gran interés por el origen del Sistema Solar, Kant y Laplace creían que debía haber surgido de una nube de gas por un colapso gravitacional.

Hermann von Helmholtz (1857) se ocupó del origen de la energía solar. En 1930 se descubrió Plutón.

La verdadera exploración del Sistema Solar comenzó con los viajes espaciales (especialmente a partir de 1970). Son muchos los científicos de diversos países que han participado y participan en los programas de investigación, que resulta imposible incluir sus nombres.

3. NUESTRA GALAXIA

Durante mucho tiempo se creyó que el cielo era una gigantesca esfera a la que estaban adheridas las estrellas. Muchos astrónomos fueron cambiando este concepto y elaboraron modelos que intentaban explicar la estructura del Universo. Nuestra Galaxia es una pequeña parte de él.

Los distintos pueblos de la Antigüedad le han dado diferentes interpretaciones. Los griegos llamaron *Galactos* a los grupos de estrellas en el cielo, a Nuestra Galaxia la imaginaron como leche derramada por la Diosa Hera al amamantar al pequeño Hércules; los romanos la denominaron *Vía Láctea* («camino de leche»); para los egipcios era el trigo desparramado por la Diosa Isis; para los Incas, polvo dorado de estrellas; para los nahuas, una serpiente de nubes; para los bosquimanos, cenizas luminosas desprendidas de las hogueras; para los esquimales, una banda de nieve.

Actualmente llamamos *Galaxia* a un conjunto de millones de estrellas, gas y polvo cósmico unidos entre sí. La nuestra, está formada por más de 200 000 millones de estrellas, grandes cantidades de gas y polvo cósmico. Se calcula que su edad es de unos diez mil millones de años. No es de un tamaño excepcional, pero sobrepasa al promedio y figura entre las más importantes del llamado *Grupo Local*, al cual pertenece junto a más de 20 galaxias que guardan cierta relación dentro del Universo. Tiene un diámetro entre los 100 000 a 150 000 años luz, y un ancho entre 15 000 a 20 000 años luz.

Nuestra Galaxia está animada por un movimiento de rotación, alrededor de un eje que es perpendicular al plano ecuatorial galáctico, y que realiza en aproximadamente 200 millones de años (el Sol tarda 255 millones de años en efectuar una revolución completa, ya que aumenta en relación a su distancia del centro galáctico).

(4) El término *Vía Láctea* se asocia a la banda brillante que marca el plano central de la Galaxia.

En 1917, *Harlow Shapley* basado en la distribución de las aglomeraciones más densas de estrellas, los cúmulos globulares, llegó a la conclusión de que tiene forma de una lente delgada y que el Sistema Solar se encuentra muy cerca del borde a gran distancia del centro.

En 1925, el astrónomo *Edwin Hubble* la clasificó como una galaxia Espiral Normal (abierto) tipo Sb, debido a que la mayoría de las estrellas y, sobre todo, las grandes nubes de gas y polvo interestelar de que está hecha Nuestra galaxia, no están distribuidas de manera homogénea a lo largo del disco aplanado, sino que delimitan brazos espirales alrededor de un bulbo central.

El Sistema Solar se encuentra muy cerca del plano galáctico, aproximadamente a 33 000 años luz del centro de Nuestra Galaxia, sobre uno de los Brazos de la espiral. Con el desarrollo de la Astronomía óptica, el empleo de la Radioastronomía y la Astronomía infrarroja, hoy se sabe que el Sol se encuentra, no en el "Brazo de Orión", como se pensaba, sino en una ramificación denominada: "el ramal de Orión".

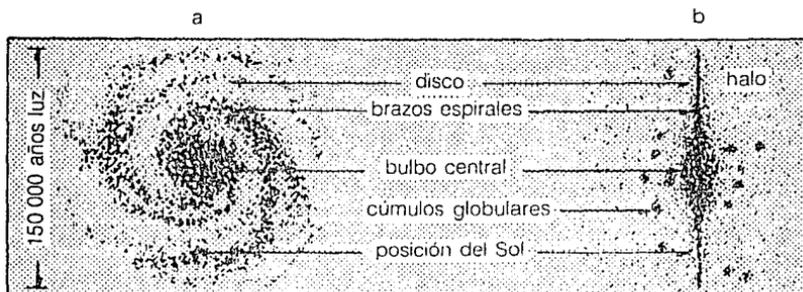


Fig. 1 CONCEPCION MODERNA DE NUESTRA GALAXIA Y LA POSICION DEL SOL, VISTA DE FRENTE (a) Y DE PERFIL (b)
LA CONCENTRACION DE LOS CUMULOS GLOBULARES AUMENTA CERCA DEL BULBO CENTRAL.

4. EL SISTEMA SOLAR

INTRODUCCION

El Sistema Solar al que pertenece nuestro planeta, la Tierra, ha sido observado y estudiado desde la antigüedad por muchos hombres, que pensaron que la razón de nuestra existencia estaba en el cielo.

Su estudio comenzó cuando los primeros hombres observaron el Sol y la Luna y se preguntaron: ¿qué eran? percatándose de la periodicidad de sus movimientos. Se sabe de cuidadosas observaciones realizadas desde el tiempo de Galileo por grandes científicos (ver capítulo 2), que intentaron dar respuesta a las numerosas interrogantes sobre el origen, características y movimientos de nuestro planeta (¿de dónde venimos? ¿qué somos? ¿cómo nos formamos? ¿qué posición ocupamos en el Universo?) y de los demás astros del Sistema Solar.

Como ellos, cientos de personas han aportado sus ideas para acrecentar el conocimiento del Sistema Solar. En los últimos años, gracias a la exploración espacial y los adelantos tecnológicos, se han realizado descubrimientos importantes, pero también han surgido nuevas incógnitas.

La Tierra es un astro que forma parte del Sistema Solar y es necesario conocerlo para explicarnos muchos fenómenos que ocurren y alteran las características del medio geográfico circundante.

Los descubrimientos realizados, transmitidos de generación en generación y entre varias culturas, permitieron relacionar fenómenos astronómicos con algunos que alteraban el paisaje terrestre, por ejemplo, los cambios estacionales (inundaciones, escasez de lluvias, heladas, aumento de temperaturas), los ciclos de la agricultura, y en algunas civilizaciones, permitió realizar calendarios en base a la observación de los movimientos del Sol, la Luna y otros astros, entre otros. Su estudio es importante para la humanidad porque es lo que tiene cerca, está a su alcance, y puede obtener beneficios.

4.1 ORIGEN DEL SISTEMA SOLAR

Numerosas teorías han tratado de explicar el origen de nuestro Sistema Solar, pero ninguna se ha dado como definitiva, sin embargo las más aceptadas son las siguientes:

Se piensa que el Sol se formó de la misma manera que el resto de las estrellas, es decir, a partir de la contracción gravitacional de una nube interestelar.

La materia que formó el Sistema Solar estaba diseminada en una región de varios años luz, compuesta de materia original de la formación del Universo, más materia que estuvo en el interior de otras estrellas y que éstas arrojaron durante las últimas etapas de su vida. La nube permanecía en equilibrio, ya que la fuerza de presión, de rotación y el campo magnético impedían el colapso debido a la fuerza gravitacional. Cerca de esta nube ocurrió la explosión de una *supernova*; ésta produjo una onda de choque que inició la contracción de esta nube interestelar. La *supernova* rompió el equilibrio de la nube. Una pequeña fracción de la nube (cuya masa era de casi de dos masas solares), y que iba a convertirse posteriormente en el Sistema Solar, inició su contracción; la rotación hizo que se contrajera en un plano. La mayor parte de su masa se concentró en el centro, en lo que fue el *protosol*. Los gases que lo formaron se calentaron al contraerse, de tal suerte, que cuando el interior llegó a tener una temperatura de millones de grados, se iniciaron las reacciones nucleares y nació una estrella: el Sol.

Mientras tanto, los granos de polvo que rotaban alrededor del *protosol* en el plano del Sistema Solar se empezaron a reunir; éstas partículas se adhirieron unas con otras, volviéndose cada vez más grandes, hasta formar los planetas. Cada planeta tenía un disco de desechos que lo rodeaba, como una versión en miniatura del Sistema Solar, estos anillos también se aglutinaron y formaron satélites. Todo este proceso duró unos 100 millones de años. No toda la materia se concentró en el Sol, los satélites y los planetas; quedaron los asteroides, los cometas y varios anillos de polvo que rodean al Sistema Solar.

Los granos de polvo que se adhirieron para formar planetas eran de dos tipos: unos refractarios ricos en silicio, hierro y carbono, y otros de hielos y compuestos volátiles; los segundos eran mucho más abundantes. Cuando se formó el *protosol*, los polvos de hielos que estaban en la vecindad del Sol se fundieron, y sólo los refractarios lograron vivir a la primera radiación solar. Esta es la razón, por la que los planetas terrestres son pobres en elementos químicos ligeros y son mucho menores que los planetas jovianos, además tienen menor cantidad de lunas y carecen de anillos, porque tenían menor cantidad de materia disponible para su formación.

Otra hipótesis propone el origen de los asteroides y la craterización de Mercurio, Venus, Tierra, la Luna, Marte y sus satélites. Afirma que hace 4 600 millones de años, una nube rotaba y se colapsaba en una orilla de la galaxia. Una estrella comenzó a formarse y a su alrededor se condensaron pequeños cuerpos que fueron agregándose al chocar (1). En pocos millones de años el material sólido, formó *planetesimales* de cientos de kilómetros que al chocar con otro a baja velocidad se unían en un cuerpo mayor, pero las colisiones a grandes velocidades fragmentaron y esparcieron el material.

Cerca del *protosol* que se calentaba rápidamente algunos *planetesimales* crecieron y absorbieron a sus pequeños vecinos hasta formar los planetas interiores.

Muy lejos, un *planetesimal* atrajo material sólido y gaseoso, creció hasta centenares de veces del tamaño de los interiores y su acción gravitatoria comenzó a influir en todo la nebulosa, más tarde sería Júpiter.

Los planetas se unieron influenciados por el Sol y por Júpiter; sus órbitas casi circulares se transformaron en elípticas y adquirieron mayor inclinación.

(1) Esta teoría contempla al SOL como una estrella de segunda generación originada a partir del material que dejó la explosión de una estrella supernova.

En estas nuevas órbitas las velocidades relativas durante las colisiones eran mayores y los encuentros eran catastróficos y en vez de unirse, se rompieron y esparcieron por todo el Sistema Solar, aumentando su número por fragmentación y disminuyendo su tamaño que aumentaría las masas o quedando como satélites. Los dos satélites de Marte posiblemente tuvieron este origen y fueron capturados por el planeta. En otros astros actualmente se observan las cicatrices de esta lluvia de rocas, como cráteres de impacto.

La formación de otro planeta entre Marte y Júpiter fue impedida antes de empezar el proceso de agregación.

Lo que ocurrió hace 4 600 millones de años, la condensación, calentamiento, fundido y erupción no se ha repetido con la misma intensidad.

Ambas teorías toman aspectos nombrados ya por los científicos E. M. Burbidge, G. R. Burbidge, W. A. Fowler y F. Hoyle (1957), al estudiar los procesos en los que se sintetizan los elementos, y que permiten conocer las reacciones dentro de las estrellas, y se complementan con las explicaciones sobre el colapso gravitacional.

Hemos visto que la "nube de gas" es el principio más plausible y correcto para explicar el origen del Sistema Solar.

En los últimos años se han identificado en muchos casos las ondas de choque provocadas por explosiones estelares, así como zonas en las que el medio interestelar ha sido comprimido y calentado.

En Nuestra Galaxia, se observa una supernova aproximadamente cada 50 años, y sus efectos sobre el medio interestelar del entorno son muy notables (1). En consecuencia, la onda de choque provocada es responsable del comienzo de la condensación de la nube de gas presolar.

(1) Los restos de la explosión de una supernova pueden observarse durante más de 100 000 años (al principio se lanza el material a velocidades en torno a 10 000 Km/seg).

4.2 COMPONENTES DEL SISTEMA SOLAR

El SISTEMA SOLAR es un grupo ordenado de astros, compuesto por una estrella, nueve planetas conocidos, más de 60 satélites naturales o lunas, miles de pequeños planetoides o asteroides, miles de millones de meteoritos y cometas gas y polvo cósmico.

Su tamaño es muy pequeño si lo comparamos con Nuestra Galaxia, y muchísimo más, si lo hacemos con el Universo.

El Sol es la estrella del Sistema y los nueve planetas son los siguientes: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón. Se les conocía desde la antigüedad, excepto a los últimos tres, que fueron descubiertos entre 1781 y 1930.

En 1773 el astrónomo alemán *Bode*, dió a conocer una regla (formulada por *Wolf* en 1741 y enunciada anteriormente por *Titius* en 1772), para determinar las distancias de los planetas, la cual se obtiene:

- realizando duplicaciones consecutivas: 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192 ... (a partir del segundo)
- se agrega 4 a cada número: 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196...
- se divide después entre 10 cada cifra:
0.4, 0.7, 1.0, 1.6, 2.8, 5.2, 10.0, 19.6, etc.

La cual comparándola con las distancias de los planetas al Sol, expresadas en unidades astronómicas, se encuentra que hay concordancia, incluyendo a Urano que se descubrió en 1781, después de dar a conocer la '*Ley de Bode*'. Pero se encontró que a un elemento de la serie, el 2.8, no le correspondía ningún planeta sino una serie de pequeños cuerpos: los asteroides, que forman un cinturón entre las órbitas de Marte y Júpiter. Este sirve para separar a los planetas en dos grupos: INTERIORES O TERRESTRES (pequeños y de estructura sólida) y EXTERIORES O GIGANTES (de composición gaseosa).

Actualmente sabemos que los planetas, son cuerpos opacos que giran alrededor del Sol en órbitas elípticas y que cada uno tiene características propias.

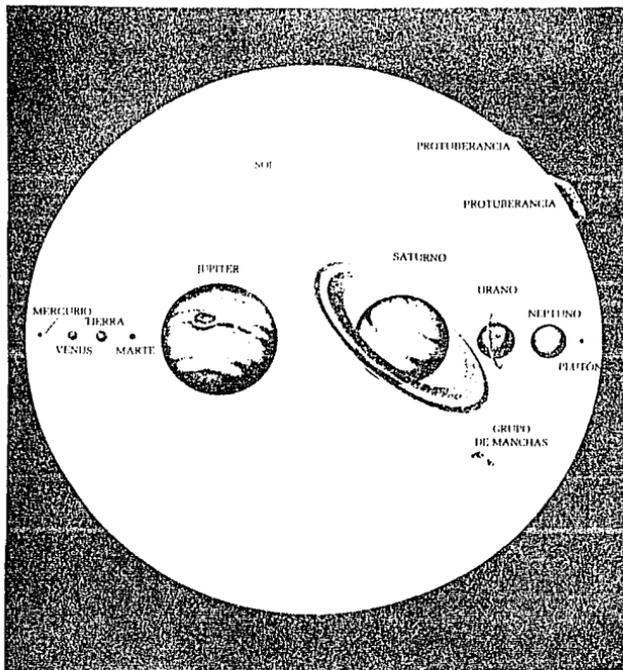


Fig. 2 ILUSTRACION DE LOS TAMAÑOS RELATIVOS DE LOS NUEVE PLANETAS CONOCIDOS DEL SISTEMA SOLAR CON RESPECTO AL SOL, ASÍ COMO ALGUNOS RASGOS SOLARES NOTABLES (LAS MANCHAS SOLARES Y LAS PROTUBERANCIAS).

5. EL SOL

El Sol es una estrella común, ya que de cada 100 estrellas una se le parece en masa y brillo.

El Sol es el astro principal y centro del Sistema Solar. Contiene el 99.8% de la materia total de los cuerpos que lo integran.

Sus principales características son:

LOCALIZACION: Se encuentra aproximadamente a 32 000 años luz del centro de la galaxia.

EDAD: Aproximadamente 4 600 millones de años.

DIAMETRO: 1 392 000 Km

RADIO: 696 000 Km

COLOR: Amarillo intenso.

TIPO ESPECTRAL: G, su espectro presenta líneas metálicas y líneas de absorción más intensas de calcio, fierro e hidrógeno.

TEMPERATURA: De 6 000 (en la superficie) a 20 000 000 de grados centígrados (en el interior).

COMPOSICION: 70 % hidrógeno, 27% helio, y el 3% formado por 15 elementos químicos, principalmente carbono, nitrógeno y oxígeno.

ENERGIA QUE EMITE: 400 cuatrillones de watts.

MASA: 2 000 cuatrillones de toneladas (300 000 veces la masa terrestre).

DENSIDAD MEDIA: 1.4 gr/cms

MOVIMIENTO DE TRASLACION: Tarda 225 millones de años en completar una vuelta alrededor de su centro (año cósmico).

MOVIMIENTO DE ROTACION: Tarda 25 días en el ecuador y 33 días en los polos.

DISTANCIA MEDIA A LA TIERRA: 150 000 000 Km. (una Unidad Astronómica).

La vida del Sol, dentro del Diagrama Herzprung- Russell de evolución estelar, nos indica que se encuentra en la Etapa de "Secuencia Principal" o de *Vida Media*, que está relacionado directamente a su masa.

Cada segundo, el Sol transforma 4.5 millones de toneladas de su masa en energía, y según la cantidad que posee, aún se encuentra a la mitad de su existencia.

En el futuro, nuestra estrella permanecerá en equilibrio gran parte de su vida (donde libera una cantidad moderada de energía); posteriormente saldrá de ahí, aumentará su volumen y se convertirá en una *Estrella Gigante Roja* (su radio será mayor a la distancia Tierra-Sol), volviéndose más brillante pero más fría. La Tierra habrá desaparecido. Después el Sol se contraerá de nuevo pasando rápidamente por una etapa de *Estrella Variable*, y atravesará la "Secuencia Principal", seguirá contrayéndose hasta dejar en su entorno un cascarón de gas frío una *Nebulosa Planetaria*. Finalmente se convertirá en una *Estrella Enana Blanca* (con un diámetro aproximado de 8 000 Km y con una temperatura superficial de más de 10 000°C), que continuará disminuyendo su luminosidad hasta apagarse, será un cuerpo helado, sin luz propia, una *Estrella Enana Negra*.

El Sol es la fuente de vida de nuestro planeta. Los rayos de luz y calor que emite, son producto de las explosiones termoeléctricas y fusiones nucleares que suceden en su interior, especialmente cuando el hidrógeno se transforma en helio.

El calor mantiene una temperatura adecuada y la luz entre otras cosas, sirve como fuente de energía para la flora, quienes con el proceso de la fotosíntesis, transforman la energía solar para convertir agua, bióxido de carbono y minerales, en compuestos orgánicos utilizables por el metabolismo de las células, y liberan oxígeno a la atmósfera, que es vital para muchos organismos.

5.1 ESTRUCTURA DEL SOL

El Sol es una esfera de gas incandescente, formado por capas concéntricas, que en orden de adentro hacia afuera son las siguientes:

NUCLEO

El Núcleo del Sol, es una capa invisible para nosotros, sometida a altísimas presiones y temperaturas del orden de los 15 000 000°a los 20 000 000 °C.

El Núcleo tiene un espesor de aproximadamente 700 000 Km.

Se le divide en tres zonas:

- a) La Esfera Central
- b) La Zona Radiactiva y
- c) La Zona Convectiva.

En la Esfera Central se genera la energía que se transporta hacia el exterior, primero por la Zona Radiactiva y después por la Zona Convectiva.

FOTOSFERA

La Fotósfera o Superficie del Sol, es una capa superficial de gas que emite la energía hacia el espacio, y forma junto con las demás capas la Atmósfera Solar.

Su temperatura es de 6 000°C, y su espesor es de unos 300 Km.

La Fotósfera es la capa visible del Sol, su apariencia es moteada o granulada. En ella tienen lugar la formación de los *Fotones* de energía luminosa, por lo cual también se le denomina *Esfera de luz*.

En la Fotósfera se puede observar la presencia de algunas estructuras como son:

AD MANCHAS SOLARES

Son zonas oscuras, transitorias, que pueden alcanzar inmensa extensión, hasta 200 000 Km. Tienen temperaturas que oscilan entre los 2 000 °C. Son las estructuras más sobresalientes, normalmente se presentan en grupos complejos y con variedad de formas. Se forman de dos partes: un núcleo oscuro y una zona de penumbra muy delgada que lo rodea. El tiempo máximo que duran es de dos meses, gradualmente disminuyen su tamaño y comienzan a desaparecer.

El Sol tiene un ciclo regular de actividad de 22 años, cada 11 años aproximadamente (*periodo undecenal*), se presenta un máximo, durante el cual aumentan la formación de las Manchas Solares y los fenómenos asociados con ellas (alteraciones en las telecomunicaciones, mareas, cambios climáticos, etc.).

El estudio de las manchas Solares proporcionan información valiosa sobre la Rotación del Sol y de la variación periódica de su actividad.

BD GRANULOS

Son formaciones que dan la apariencia moteada o granulada a la Fotósfera. Tienen un diámetro promedio de 800 Km, existen unos cuatro millones de ellos en la superficie solar, y están en continua formación.

Cada gránulo es la parte superior de una gruesa columna de materia caliente, que procede del interior, donde se transmite el calor por convección. Emite energía, se enfría y desciende rápidamente. La granulación de la Fotósfera es una manifestación de la zona convectiva, situada abajo de ella.

CD FACULAS

Son regiones blanquecinas muy brillantes que sobresalen de la superficie solar, y que se sitúan en la parte superior de la Fotósfera.

CROMOSFERA

La Cromósfera o Esfera de Color es la zona de casi 14 000 Km de espesor, que rodea a la Fotósfera.

Su brillo es ciento de veces menor que el de la capa anterior, por lo cual para observarla es indispensable usar métodos especiales, tales como, el uso del *coronógrafo* (1), o bien verla durante los eclipses totales de Sol, cuando la Luna cubre el disco solar.

En la Cromósfera, la temperatura desciende a 4 500° C, (temperatura más baja de la Atmósfera Solar), pero posteriormente al ascender vuelve a aumentar.

(1) Telescopio con un disco negro que oculta la fotósfera.

También en la Cromósfera se pueden observar estructuras como son:

A) ESPIGAS

Se denominan *Espigas* a las salientes alargadas que integran la Cromósfera. Llegan a medir miles de kilómetros de largo y cerca de mil kilómetros de ancho. Su materia viaja a velocidades de miles de Km/h. Cada *Espiga* se forma y desaparece en menos de diez minutos. Son el vehículo de intercambio de materia entre la baja y la alta atmósfera del Sol.

B) FLAMAS CROMOSFERICAS O LLAMARADAS

En las regiones situadas entre las Manchas Solares, se presentan las manifestaciones más potentes, violentas y rápidas de la actividad solar: las *Flamas Cromosféricas* o *Llamaradas Solares*.

En menos de un minuto una *Llamarada* comienza a propagarse por una región, y se extiende rápidamente por cientos de miles de kilómetros; pueden durar desde minutos hasta varias horas, además ocurren varias veces por día y más de una enorme por mes.

Las *Llamaradas* solo se pueden observar con luz de hidrógeno, y tienen gran importancia por la enorme cantidad de energía que liberan, así como los efectos que producen en la Tierra. Contribuyen al aumento de intensidad del espectro de emisión del Sol, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio; también aceleran la salida de las partículas atómicas, principalmente protones y núcleos de átomos de helio.

C) PROTUBERANCIAS O PROMINENCIAS SOLARES

También en la Cromósfera se inicia el espectacular intercambio de materia con la siguiente capa, la Corona, por medio de las *Prominencias* o *Protuberancias Solares* (ver Fig. 5).

Estas son las mayores formaciones de la atmósfera solar. Son nubes gigantes, alargadas y planas, de gases incandescentes. Por su forma particular, parecen enormes chorros de gas planos, o bien, filamentos finos y alargados, proyectados en los bordes del Sol.

Algunas veces son emitidos y se difunden en la Corona, hasta desaparecer, o en otras ascienden y se curvan dirigiéndose nuevamente a la Cromósfera, esto depende de la violencia de la *Protuberancia*.

Son fenómenos menos violentos, pero más espectaculares que las *Llamaradas o Flamas Cromosféricas*.

En general, las *protuberancias Solares* alcanzan alturas de 50 000 Km pero han llegado a medirse algunas de más de un millón de Km (casi el tamaño del disco solar).

CORONA

La Corona es la última y más extensa capa componente de la atmósfera solar. Alcanza a medir varios millones de kilómetros, sin embargo, sus límites no son precisos. Para algunos científicos, se extiende por encima de la *Fotósfera* hasta varias Unidades Astronómicas, cubriendo el Sistema Solar, y quizá hasta encontrarse con el campo magnético interestelar, zona denominada: *Heliósfera*.

Durante un eclipse total de Sol, se le puede ver como un halo luminoso de color blanco-perlado o ligeramente azulado, con un brillo tenue comparado con el disco solar, un poco superior al de la Luna, también llamado: *Halo Coronal*, o bien utilizando los *coronógrafos* e instrumentos similares.

La Corona tiene forma irregular, se observa como un resplandor que circunda al Sol, formado por rayos de diferentes longitudes. Durante el máximo de actividad solar, la Corona presenta forma esférica, con rayos en todas direcciones; cuando la actividad está en un mínimo, los rayos son cortos y rectos cerca de los polos y muy largos al Ecuador (ver Fig. 3).

Su característica más interesante es su temperatura, que alcanza el millón de grados, mientras la *Cromósfera*, tiene menores a los 5 000 grados. El cambio tan drástico se conoce como la *zona de inversión de temperatura*.

La Corona está en expansión constante como consecuencia de este misterioso cambio de temperaturas, ya que se presenta un reducido pero regular flujo de partículas de baja energía emitidas en todas direcciones, que llegan a alcanzar velocidades de varios cientos de kilómetros por segundo, conocido como: *Viento Solar*.

El viento solar está constituido por gases muy ionizados, que viajan largas distancias por el espacio, llevando no sólo energía para el Sistema Solar, sino que se propaga hacia el espacio exterior.

El viento solar, es relativamente débil. Cuando hay convulsiones internas del Sol, que suceden al final de un ciclo de once años, éste duplica su fuerza; es capaz de provocar interrupciones en las comunicaciones radiofónicas terrestres durante varios días. Quizá una de las manifestaciones más espectaculares de su presencia, es la desviación de la cauda de los cometas, en dirección contraria al Sol.

De la inmensa cantidad de energía que el Sol emite al espacio, solo una pequeña porción llega a la Tierra (más de 1 000 watts en cada centímetro cuadrado) cantidad que se conoce como *Constante Solar*.

La atmósfera terrestre interacciona con la radiación solar e impide la entrada a la superficie de la radiación de alta energía (rayos gamma, X y ultravioleta), que resultaría mortal para cualquier forma de vida.

Además de la atmósfera, la Tierra posee un campo magnético que al chocar con las partículas atómicas del viento solar, produce uno de los fenómenos naturales más espectaculares y majestuosos: las *Auroras Polares*. Tienen el aspecto de gigantescas cortinas de tenue luz de colores que se despliegan silenciosamente en los cielos cercanos a los polos después de la medianoche. Su intensidad y frecuencia están relacionadas con las ráfagas o *llamaradas*, y por tanto con su actividad solar y sus ciclos.

La Corona presenta una superposición de estructuras, que son las siguientes:

1. *Hoyos Coronales* son regiones extendidas en donde la temperatura y densidad son bajas en relación a las regiones cercanas (de un millón de grados). Están asociados a líneas abiertas del campo magnético, que divergen radialmente en forma de plumas arqueadas llamadas: *plumas polares*, que se observan durante los eclipses.

Los *Hoyos Coronales* están siempre presentes en los polos pero a veces se les ve en otras latitudes del Sol. Además hay asociación directa entre las tormentas geomagnéticas recurrentes, producidas por el viento solar con los hoyos coronales.

2. *Torrentes o Chorros Coronales* son chorros arqueados que tienen su base en campos magnéticos del Sol, y que se van abriendo gradualmente con la altura.

3. *Puntos brillantes en rayos X* asociados también con la actividad magnética solar.

4. *Prominencias o Protuberancias Solares Tranquilas* son extensiones nebulosas de la Cromósfera dentro de la Corona, y están relacionados en gran escala a los campos magnéticos solares.

5. *Prominencias Activas o Eruptivas* son las que se expulsan violentamente hacia el exterior, con velocidades de 400 a 1 00 Km/seg y alcanzan alturas de hasta 2 radios solares, en 20 minutos.

6. *Bucles Coronales* tienen formas arqueadas de 30'' de diámetro que se agrupan para formar centros de actividad de estructuras bipolares de campo magnético.

7. *Transientes Coronales* son eventos violentos de tamaño colosal parecidos a los bucles arqueados, que se mueven a grandes velocidades a distancias que sobrepasan la órbita terrestre. El 75% de ellas se originan en los centros activos del Sol (el 70% se inician en las *Prominencias activas* y el 5% en las *Fulguraciones Solares*).

(ver fig. 4 y 5).

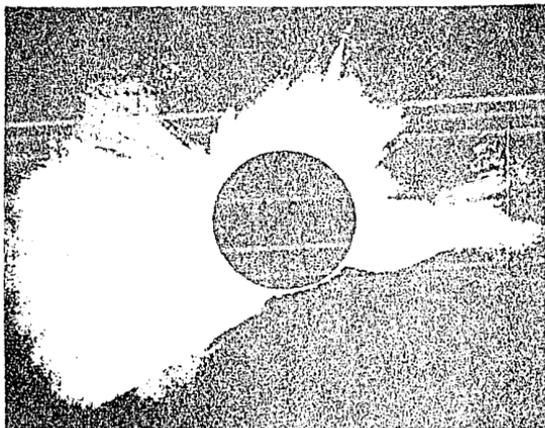


Fig. 3 ASPECTO DE LA CORONA SOLAR DURANTE UN ECLIPSE TOTAL DE SOL.

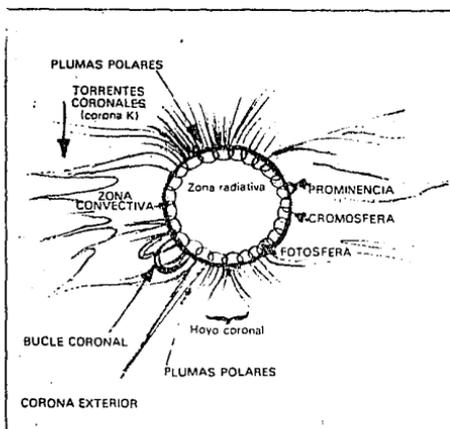


Fig. 4 CORTE TRANSVERSAL DEL SOL, IDENTIFICANDO ESTRUCTURAS ATMOSFERICAS.



Fig. 5 PROTUBERANCIA O PROMINENCIA SOLAR. La mayor observada en la última década (fotografía en ultravioleta con colores computarizados: rojo intenso, que en blanco y negro registra gris y amarillo brillante, aquí blanco).

5.2 MOVIMIENTOS DEL SOL

ROTACION

El Sol tiene un movimiento de rotación que realiza sobre su propio eje, como los demás astros del Sistema Solar. Sin embargo por ser una masa gaseosa, tiene una mayor velocidad de desplazamiento en el ecuador que en las regiones polares.

La región ecuatorial completa una vuelta en 25 días, que ha podido observarse al seguir el movimiento de las *manchas solares*; mientras en las regiones polares, o mejor dicho, zonas más alejadas del ecuador, pueden tardar hasta 30 días en completar un giro.

El Sol gira en sentido de las manecillas del reloj, llamado: *movimiento directo*.

TRASLACION

Desde 1783, el astrónomo William Herschel detectó que el Sol no permanece estático, sino que posee un movimiento de traslación, con el que nuestra estrella se mueve y arrastra con él, a los demás astros del Sistema Solar, en dirección a la estrella Vega de la constelación de la Lira, a una velocidad de 20 Km/seg, en relación a otras estrellas cercanas, lo que indica que recorreremos casi dos millones de kilómetros por día.

MOVIMIENTO DE CAMPANA

En 1960 se descubrió que el Sol se balancea en el espacio, tiene un movimiento cada 5 minutos en que éste se mueve hacia nosotros a una velocidad de 300 m/seg, para luego retroceder a su sitio.

Cada 5 minutos se produce una conjunción armónica de 100 millones de ondas acústicas diferentes que son imperceptibles al oído humano, pero si son captadas por los aparatos llamados: *escuchadores solares*.

MOVIMIENTO VIBRATORIO

El profesor Ludwig Deubner de la Universidad de Würzburgo, demostró que el Sol tiene vibraciones que se deben a ondas acústicas que giran como un gigantesco cuerpo de resonancia. Así nació la Sismología Solar, la cual hoy se estudia para obtener información sobre su interior.

MOVIMIENTO DE CONTRACCION Y DILATACION

En 1976, científicos soviéticos encontraron que cada 2 horas y 40 minutos, el Sol se contrae y se dilata, en una distancia de 3 Km en cada movimiento, como si fuera un gigantesco corazón que late.

No fue aceptado inmediatamente, sino después de una serie de estudios que lo confirmaron, realizados por un grupo de científicos franceses en 1979.

5.3 LOS ESTUDIOS DEL SOL

ANTECEDENTES

Galileo Galilei fue el primer astrónomo que realizó un estudio científico del Sol, quién según dijo, se volvió ciego por observarlo durante los eclipses.

En 1752 el astrónomo francés *Nicolas Louis de Lacaille*, obtuvo el primer cálculo bastante exacto de la distancia al Sol.

La investigación sistemática del Sol empezó en la Edad Moderna, en Europa. El alemán *Joseph Fraunhofer*, descubrió en 1814, mientras descomponía en un prisma la luz solar en sus diferentes colores, que en su espectro, aparecían unas líneas oscuras distribuidas irregularmente (mas tarde denominadas *Líneas de Fraunhofer*), las cuales hoy sabemos sirven para conocer algunas características físicas de los astros. El descubrimiento de la *Espectroscopia* y del *Espectroscopio* (4), abrieron nuevas perspectivas para el conocimiento del Sol.

Muchos hombres de ciencia han dedicado parte de su vida al estudio del Sol, entre ellos destacan:

El padre *Angelo Secchi*, se interesó por conocer la constitución, la naturaleza de sus manchas, sus protuberancias, etc.

El holandés *Pieter Zeeman* y el norteamericano *George Ellery Hale*, aclararon desde la Tierra, que las manchas solares se producen por el magnetismo ahí existente.

Niels Bohr y *Werner Heisenberg*, desarrollaron la *mecánica de los cuantos*, doctrina de los fantásticos procesos en el campo subatómico.

Hans Bethe y *Carl Friedrich von Weizsacker* idearon la forma de producir energía partiendo de la materia en el núcleo del Sol, la cual se comprobó al hacer estallar la primera bomba de hidrógeno, en 1951.

Así también *Young*, *Schmidt*, *Jansen*, *Deslandres*, *Moreaux*, *Abbot* y tantos otros han contribuido a conocer más a nuestra estrella.

(4) Instrumento óptico usado para estudiar el espectro de los cuerpos luminosos.

En los años cincuentas ya se conocían algunas características del Sol, como:

- su composición gaseosa
- la temperatura elevada de la Corona
- los campos magnéticos en la actividad solar

y

- el ciclo de actividad solar de 22 años.

Sin embargo lo más relevante han sido las aportaciones logradas utilizando adelantos espaciales, principalmente las Sondas Solares, que al poder acercarse al Sol, han resuelto grandes incógnitas, pero a la vez, crean otras para continuar así las investigaciones.

INVESTIGACION DEL SOL EN LUZ ULTRAVIOLETA

El ojo humano no puede detectar la radiación electromagnética fuera de la visible, por eso ha tenido que recurrir a instrumentos para captar con alta precisión la que emite el Sol. Estos han sido instalados tanto en telescopios terrestres como en las Sondas Solares.

La luz que proviene de la Fotósfera del Sol, tiene un ligero porcentaje de luz ultravioleta, pero su atmósfera superior, por ser más tenue y caliente, la produce en grandes cantidades. Es por ello la importancia del estudio de la radiación ultravioleta del Sol, la cual permite analizar las llamaradas y otras regiones solares activas, así como los procesos físicos que mandan en su estructura externa.

En luz ultravioleta, el Sol no se ve como un círculo con algunas manchas; se ve como una nube con arcos que brotan violentamente. Se le ven olas y chorros sobre todo durante sus máximos de actividad.

Su estudio permitió saber, que el calentamiento de la Corona se debe a su gran actividad magnética.

INVESTIGACION DEL SOL EN RAYOS X

Los rayos X o Röntgen, es la radiación de cortísima longitud de onda de 10 a .001 nm ⁽¹⁾ ó 100 a .01 Angstroms (\AA), que prolonga el espectro electromagnético más allá de los rayos ultravioletas y hasta los rayos gamma. La longitud de onda de los rayos ultravioleta es

(1) 1 nm equivale a la milmillonésima parte del metro.

de 400 a 10 nm ó 4 000 a 100 Angstroms (Å). La de los rayos gamma es de muy pequeña longitud y de frecuencia y energía muy altas, del orden de centésimos de Angstroms (Å).

El estudio del Sol en rayos X, es muy útil ya que estos solo se producen en regiones de muy alta temperatura, como en la Corona Solar.

Los primeros detectores de rayos X, se enviaron al espacio en cohetes en 1948, pero las primeras fotografías de gran resolución se obtuvieron hasta 1968.

En rayos X, el disco solar se ve negro, ya que está a 6 000°C y no radia en esas frecuencias, sino en luz visible. En cambio la Corona se ve brillante y heterogénea, pues tiene zonas luminosas que cambian su tamaño e intensidad de acuerdo a la actividad solar. También existen los hoyos coronales o zonas sin emisión de energía, pero sí de un campo magnético.

LAS SONDAS SOLARES

Las primeras mediciones de la radiación solar se hicieron desde globos, en el siglo pasado, y continuaron en ellos, en aviones y dirigibles a principios de siglo. Esto se hacía para evitar al máximo la absorción de la atmósfera terrestre, ya que el polvo y el gas atmosférico absorben y dispersan la luz.

En 1914 C. Abbot envió un globo lleno de hidrógeno a una altitud de 24.4 Km, con un detector para medir la *Constante Solar*.

En 1935, fue lanzado el Explorador II, un globo con dos hombres y varios aparatos, que alcanzó la misma altitud, pero no logró captar radiación solar que no fuera visible, debido a la absorción atmosférica.

En 1946, un cohete V-2, con fines militares subió a 55 Km; llevaba un espectrógrafo solar en la cola. Fotografió el Sol en longitudes de onda menores de los 2 400 Å (en ultravioleta).

En 1948 se pudo fotografiar al Sol en rayos X utilizando cohetes. En 1956 captaron ráfagas solares, durante un máximo de actividad.

En 1960 se lanzó la primera sonda solar: Solrad, cuya misión fue monitorear al Sol en rayos X y ultravioleta, especialmente la longitud de onda 1 216 Å (*Línea Lyman Alfa*), donde hay una emisión muy importante de hidrógeno.

Posteriormente se lanzaron alrededor de la Tierra: ocho Observatorios Solares Orbitales "OSO", en 1962 el OSO I fue una de las primeras sondas en apuntar continuamente hacia el Sol. Lo monitorearon durante 17 años, y en ellos se experimentó con la nueva técnica de transmisión fotográfica.

Durante nueve meses entre 1973 y 1974, estuvo en órbita el mayor observatorio solar norteamericano el Skylab. Llevaba tripulación y ocho telescopios solares. Observó al Sol en rayos X, ultravioleta, gamma y luz visible, tomó 15 000 fotografías; obtuvo la mayor cantidad de datos.

En 1974 y 1976, las sondas solares Helios A y B, se acercaron al Sol, más allá de Mercurio, para medir las condiciones del viento solar, aunque no llevaron cámaras.

En 1980 se lanzó la sonda Solar Max, con el fin de estudiar al Sol en uno de sus máximos de actividad. Tuvo una descompostura que fue reparada por los astronautas del Transbordador Columbia.

La Agencia Espacial Europea puso en órbita en 1990 la sonda Ulises, oficialmente llamada: *Misión Internacional de los Polos Solares*. Estudiará la Corona y el viento solar. Dará a los científicos la oportunidad de estudiar al Sol fuera de la eclíptica.

La misión Ulises durará 5 años, enriquecerá significativamente el conocimiento de los procesos en desarrollo de nuestra estrella; el Sol y su heliósfera (zona de influencia donde actúa el viento solar), representan un enorme laboratorio astrofísico a nuestra disposición.

La trayectoria inicial de Ulises lo llevó a Júpiter en 1992, al que estudió durante dos semanas y posteriormente se dirigió hacia el Sol. En junio de 1994 alcanzó su destino. La nave sobrevolará el polo sur solar hasta septiembre de este año, a una distancia de 300 millones de Km. En febrero de 1995 cruzará el ecuador solar, para en mayo alcanzar la región polar norte. Al encontrarse sobre los polos, estudiará el complejo fenómeno de intercambio de corrientes o penachos, que son desde ahí expulsados.

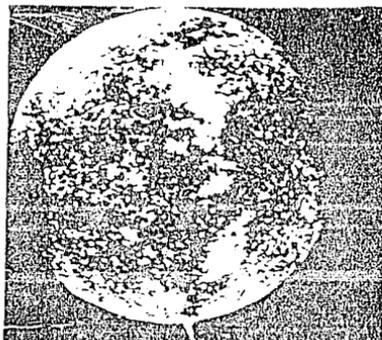
La Sonda Ulises alcanzará una velocidad récord de 55 400 Km/h.

Entre los objetivos secundarios de la sonda Ulises están: la búsqueda de ondas gravitacionales u olas de gravedad durante su viaje a Júpiter, y en él medirá su gigantesco campo magnético y los cinturones de radiación.

Fig. 6 **ULISES.** Sonda lanzada el 6 de octubre de 1990.
Explorará las regiones polares solares.
Es la nave más rápida, alcanzará 55 400 Km/h.



ULISES
EUROPA



Durante los años 90's, el transbordador espacial transportará el SOT (Solar Optical Telescope), que realizará fotografías de la superficie del Sol que mejorarán 10 veces más las imágenes ya obtenidas. Hasta hoy es posible observar detalles de un tamaño de 700 Km, las nuevas serán tan nítidas que podrán verlos de hasta 70 Km.

La sonda Starprobe, será la primera que penetrará el Sol y enviará valiosa información. Tiene como propósito atravesar la corona solar incandescente y emitir por radio sus mediciones. Se lanzó en 1988, a mediados de 1994 atravesará la Corona solar, con 2 millones de grados a una velocidad de 1 millón de Km/h.

Las altas temperaturas no son un problema insoluble, se tomó en cuenta que el gas de la Corona es demasiado tenue para transmitirle a la sonda Starprobe una cantidad de calor peligroso. Con esta misión la investigación solar entra en una nueva era.

Además de las sondas solares mencionadas, el Sol ha sido observado por otras, soviéticas y norteamericanas, aunque sus objetivos específicos van hacia otros astros del Sistema Solar, como Vela, Apolo, Mariner, etc.

6. PLANETAS INTERIORES DEL SISTEMA SOLAR

Los planetas interiores del Sistema Solar, también llamados Terrestres, son los más cercanos al Sol. Pertenecen a este grupo: Mercurio, Venus, Tierra y Marte.

Como su nombre lo indica, se parecen a la Tierra, tienen pocas lunas o satélites naturales, son ricos en elementos pesados, y su temperatura promedio es de 200°C.

Cuando se originó el Sistema Solar, en las proximidades del Sol, donde las temperaturas eran mucho más elevadas, los elementos ligeros se vaporizaron de los núcleos de condensación y fueron expulsados hacia el exterior por la presión solar. Sólo quedaron varios elementos pesados, que caracterizan a los planetas Mercurio, Venus, Tierra y Marte, en relación a los demás del Sistema Solar.

Cuando el protosol se hubo contraído hasta tener el diámetro actual, se formaron núcleos de materia en las órbitas de los planetas interiores, ricos en hierro, recubiertos por cortezas de silicatos y mantos de silicatos ferromagnéticos. Estos procesos han cesado en los planetas pequeños, en algunas lunas y en los asteroides, pero se desarrollan todavía en la Tierra y probablemente también en Venus y Marte. Han formado la estructura superficial pero también su estructura interna.

Las sondas espaciales nos han proporcionado en los últimos años fascinantes imágenes de la Luna y los planetas interiores.

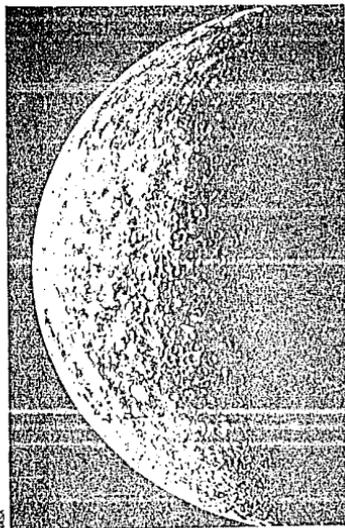
En el cuadro 1. Los Planetas, se muestran algunos parámetros planetarios, en donde se pueden analizar ciertas semejanzas entre los planetas interiores o terrestres, y a continuación hago una recopilación de las principales características de cada uno de ellos.

6.1

M E R C U R I O

Fig. 7

IMAGEN DE MERCURIO
captada por la Sonda
Norteamericana MARINER X.



6.1 MERCURIO

Es el primer planeta del Sistema Solar y el más cercano al Sol, debido a ello es muy difícil observarlo, además de que se localiza a muy baja altitud respecto al horizonte visual; Schiaparelli (Astrónomo italiano del siglo XIX), pudo verlo en pleno día, cuando Mercurio se encuentra alto sobre el horizonte, y así realizó el primer mapa de él.

Su exploración está principiando, ya que solo se conoce uno de sus hemisferios. Sin embargo las valiosas informaciones enviadas por la sonda Mariner X, a la que me referiré mas adelante, ha cambiado por completo la imagen del planeta.

Según las investigaciones del Mariner X, dan a pensar que al principio, sufrió un intenso bombardeo de meteoritos, que formaron miles de cráteres, acantilados y cordilleras muy accidentadas. Después le siguió un periodo de vulcanismo, que conformó las zonas llenas de Mercurio. Al cesar la actividad volcánica, se empezó a enfriar su interior. Actualmente no hay procesos internos o externos, es un planeta físicamente muerto e incapaz de mantener alguna especie de vida.

Algunas de sus principales características son:

Distancia al Sol: 64 500 000 Km (0.39 Unidades Astronómicas)

Diámetro: 4 878 Km

Temperatura: 427°C (máxima) -173°C (mínima)

Periodo sidéreo o Traslación: 87.97 días

Periodo de Rotación: 58.646 días

(Ver cuadro 1. LOS PLANETAS)

Mercurio presenta fases como las de la Luna. Durante su mayor aproximación con la Tierra, el planeta nos muestra su *fase nueva* o *cara oscura*, no es visible para nosotros, y sigue su movimiento, cuando se encuentra en el lado opuesto del Sol, presenta su *fase llena* o *cara iluminada*, pero tampoco podemos verlo.

Mercurio es de color gris blanquizco y a veces ligeramente rosado.

Sobre su superficie se pueden observar estructuras parecidas a las lunares, como: *cráteres*, *acantilados curvos*, *relieves escarpados*, y pocas áreas planas o *llanuras*.

Los *cráteres*, son de diversos tamaños y en gran número. Se les han puesto nombres de escritores, compositores y artistas famosos, como: Brahms, Beethoven, Tolstoi, etc. Uno de ellos se usa para medir posiciones sobre la superficie (es el *Greenwich* de Mercurio), el *Hun Kal*, que en maya significa número 20, y mide 1.5 Km de diámetro. Se pueden observar miles de *cráteres*, sobrepuestos unos a otros, formados por impactos de meteoritos.

Los *relieves escarpados* reciben nombres de las naves que intervinieron en los grandes descubrimientos históricos, como: *Endeavour*, *Santa María*, *Vostok*, etc.

Algunas *Llanuras* se denominan con el nombre de Mercurio en diferentes lenguas: *Tir*, *Odin*, *Suisei*, etc. Entre ellas sobresale la *Bahía de Colores* que ocupa una extensión plana de 1 300 Km.

En Mercurio no hay evidencia de actividad volcánica, pero existen campos de lava muy viejos, que se cree rellenaron gran parte de la superficie accidentada.

Posee una atmósfera tenue, que proviene del Sol, ya que las partículas del *viento solar*, inciden sobre su superficie, donde las rocas lo absorben y posteriormente se desgasifican produciéndola.

Las temperaturas son extremosas, llegan a -173°C en las noches, y 427°C en lugares con mediodía, capaz de fundir el plomo y otros metales. Por este motivo no se ha posado ninguna nave sobre el planeta.

PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE MERCURIO
PROYECTO MARINER X

La sonda espacial Mariner X, fue realizada por los Estados Unidos de Norteamérica con el propósito de llevar a cabo un reconocimiento de Mercurio. Se requirió de un acercamiento a Venus para que la atracción gravitatoria lo impulsara hacia su objetivo.

El lanzamiento tuvo lugar el 3 de noviembre de 1973. La sonda alcanzó Venus el 5 de febrero de 1974 y llegó a Mercurio el 25 de marzo del mismo año; entró en órbita estable alrededor del Sol, la cual se cruza cada 176 días con Mercurio.

Realizó tres encuentros con Mercurio: el 29 de marzo de 1974, el 21 de septiembre de 1974 y el 16 de marzo de 1975. Después de ellos los transmisores del Mariner X dejaron de funcionar, pero continuará indefinidamente en su órbita.

Las observaciones efectuadas cambiaron los conocimientos que se tenían sobre Mercurio, y son las siguientes:

1. Cinco meses después del Lanzamiento del Mariner X se obtuvieron las primeras fotografías de Mercurio desde el espacio, las cuales se tomaron a intervalos de un día, la última se tomó a 900 000 Km de distancia.

2. Equipada con 2 cámaras de televisión, en su primer acercamiento, la sonda espacial envió 3 000 fotografías, que mostraron que la superficie de Mercurio es muy parecida a la lunar. Posee escarpadas montañas, valles y cráteres, los cuales parecen ser formados por impactos de meteoritos sobre la superficie, ya que los mayores están rodeados por cráteres menores secundarios. Algunos presentan una estructura radial, otros se hallan inundados por un material posiblemente lava.

3. La sonda midió parámetros orbitales, la masa del planeta, su emisión infrarroja y confirmó la ausencia de satélites.

4. Uno de los aspectos más importantes de su superficie, es la presencia de acantilados de centenares de kilómetros de longitud, que son más notables en el hemisferio sur. Se cree son el resultado de una adaptación de la corteza a un cambio de forma del núcleo, ya sea por contracción al enfriarse, o bien, por un cambio drástico en su velocidad de giro, que al frenarse produjo el achatamiento del planeta.

5. La estructura más impresionante de Mercurio es *Caloris* o *Bahía de los Colores*, que es una región circular de 1 300 Km de diámetro, rodeada por un anillo de montañas de 2 Km de altura. Su interior está formado por llanuras onduladas y fracturadas. Se cree se formó por un gran impacto, ya que en el lado opuesto se encuentran cadenas de colinas de 5 a 10 Km de ancho y de 100 a 1 800 m de altura, tal vez originadas por ondas sísmicas generadas por el choque.

6. Detectó la presencia de una tenue atmósfera (mil millones menos densa que la terrestre), compuesta de helio, oxígeno, carbono, argón, nitrógeno, hidrógeno y xenón. El helio por ser muy ligero, debería escapar de Mercurio, es por esto que se piensa que existe una fuente que lo origina, la desintegración del uranio y del torio.

7. Mercurio muestra fases como la Luna de las cuales la *fase creciente* es la más brillante.

8. El máximo descubrimiento del *Mariner X* fue el campo magnético, más débil que el terrestre (una centésima parte), pero muy intenso en comparación con la velocidad del planeta.

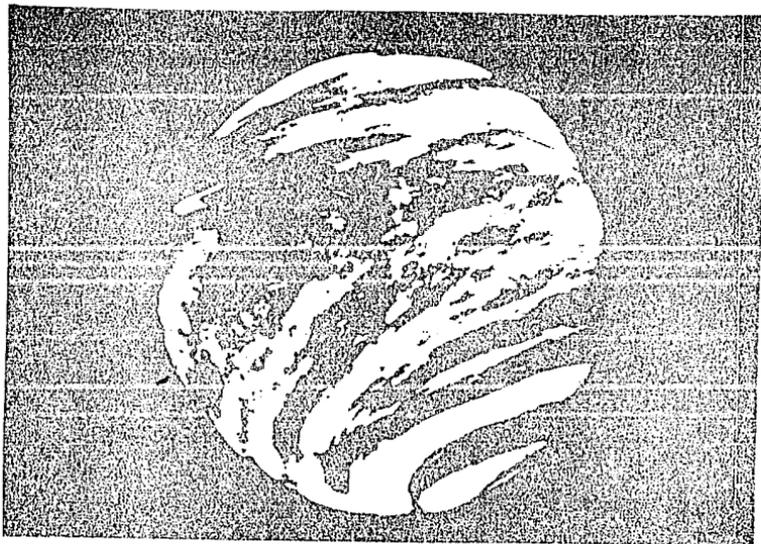
Este campo junto con la densidad de Mercurio (5.4 respecto al agua), indican la existencia de un gran núcleo de hierro de 3 000 Km, o sea, un 42% de su volumen total.

6.2 V E N U S

Fig. 8

IMAGEN DE V E N U S

captada por la sonda norteamericana MARINER X (febrero 1974).



6.2 VENUS

Es el segundo planeta del Sistema Solar, se encuentra a una distancia media de 108 200 000 Km del Sol. Su órbita es casi circular, en el *perihelio* está a 107 400 000 Km y en el *Afelio* a 108 800 000 Km.

Es el cuerpo celeste más próximo a la tierra. llega a estar a 38.5 millones de Km. (más cerca que Marte).

Antes de 1962, VENUS era un planeta misterioso y desconocido, a pesar de encontrarse tan cerca y ésto se debió a algunas de sus características, como:

1. Su atmósfera nebulosa densa, que gira rápidamente en forma de bandas y que oculta su superficie.

2. Su distancia al Sol y sus fases. Venus puede acercarse más a la tierra que Marte, pero por desgracia, cuando sucede el mayor acercamiento, está en "fase nueva" y no es visible para nosotros, solo en raras ocasiones en que transita frente al disco solar.

3. Su extraordinario brillo o *albedo*. Después del Sol y la Luna, es el objeto más brillante, (produce sombra perceptible). En buenas condiciones es observable en pleno día, pero adquiere su mayor brillo en el Oeste, tras la puesta del Sol. Sin embargo las mejores observaciones telescópicas, se hacen con luz diurna, porque se encuentra más alto en el cielo y su capa de nubes brilla menos.

VENUS es muy parecido a la Tierra, su tamaño, masa, volumen y densidad son similares.

La masa de Venus es 0.81 respecto a la terrestre, mientras su volumen es 0.88.

Su densidad de 5.24 g. por cm^3 . (la de la tierra es 5.5, tomando la del agua como unidad), pero como recibe mayor radiación solar, Venus ha tenido una evolución distinta respecto a nuestro planeta.

Tiene temperaturas de casi 500°C en pleno día, (si la tierra se encontrara en la misma posición tendría 100°C), que se deben a la composición química de su atmósfera.

Su atmósfera está compuesta por: 96% de bióxido de Carbono (CO_2), 3.5% de nitrógeno (N_2) y el restante 0.5% de: oxígeno (O_2), vapor de agua, anhídrido sulfuroso (SO_2), argón (Ar), monóxido de carbono (CO), neón (Ne), ácido clorhídrico (HCl), ácido fluorhídrico (HF), etc.

La composición atmosférica se caracteriza por ser transparente a la radiación visible y opaca a la infrarroja. La luz del Sol, penetra hasta la superficie de Venus, donde su suelo la absorbe y la reemite en forma de fotones infrarrojos; los cuales no logran escapar debido al alto contenido de bióxido de carbono, provocando así el aumento de la temperatura, (a 475°C durante el día), fenómeno denominado "Efecto de invernadero".

Es una atmósfera hostil, en donde además de la composición venenosa, caen rayos continuamente, lluvias esporádicas de ácido sulfúrico (altamente corrosivas), vientos a grandes velocidades (de 2 a 200 m/seg), y se soportan presiones de 90 atmósferas (90 Kg por centímetro cuadrado) a nivel del suelo, (para reproducir esta presión en la tierra, deberíamos descender unos 900 m en el océano).

Gracias a los descubrimientos de las sondas espaciales enviadas a Venus hoy sabemos además que: Sus nubes, el cielo y la superficie del planeta son de color naranja. Se conoce la composición química de algunas rocas superficiales (recogidas por las Venera XIII y XIV), en las que predominan el SiO_2 (cuarzo), Al_2O_3 , MgO, CaO y FeO. Del análisis de algunas fotografías, se piensa que ciertas planicies tienen origen volcánico y hay cráteres volcánicos y meteoríticos. Se midió su campo magnético y determinaron la intensidad del viento solar. Además comprobaron que no tiene satélites.

(ver cuadro 1. LOS PLANETAS)

PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE VENUS

ANTECEDENTES

Galileo Galilei fue el primer hombre que realizó observaciones de VENUS con un telescopio; encontró que es un cuerpo esférico que presenta fases como la Luna.

El físico y químico sueco, Svante Arrhenius, creía que VENUS era un mundo que se encontraba en la "Era carbonífera" (que vivió la tierra hace 300 millones de años), con mares, ciénagas, abundante vegetación antigua, anfibios, reptiles, ya que según él, las nubes protegían al planeta y facilitaban que el clima fuera agradable.

Sin embargo en 1932, dos astrónomos norteamericanos Adams y Dunham demostraron espectroscópicamente que el principal componente de su atmósfera era: dióxido de carbono.

Estas ideas llegaron hasta los años 60's. Los científicos norteamericanos F. L. Whipple y D. H. Menzel, pensaban que las nubes altas eran de vapor de agua, que cubría la superficie, que al disolverse producían en VENUS mares de agua carbónica y que en ellos existía vida del tipo del Precámbrico terrestre.

MARINER II

El proyecto norteamericano MARINER II fue enviado al espacio en 1962. Fue la primera sonda interplanetaria enviada a su destino con éxito, pasó a 300 000 Km de VENUS.

SONDAS VENERA

VENERA IV, V, y VI.

Las sondas espaciales soviéticas Venera IV, V, y VI, no pudieron resistir las enormes temperaturas y presiones combinadas con la insólita composición química de la atmósfera de Venus (contiene nubes de ácido sulfúrico que unido al fluoruro de hidrógeno, forma el ácido inorgánico más corrosivo que se conoce: el ácido fluorosulfúrico).

VENERA VII y VIII

En 1970 y 1972 fueron lanzadas las sondas soviéticas Venera VII y VIII respectivamente, las cuales llegaron a posarse suavemente sobre la superficie de Venus. La Venera VII sobrevivió 23 minutos y la Venera VIII, 50 minutos.

VENERA IX y X.

En 1975 llegaron a Venus, las Venera IX y X, que sobrevivieron un poco más de tiempo que las anteriores. Venciendo la atmósfera, transmitieron las dos primeras y unicas fotografías que se poseen del suelo del planeta.

La primera fotografía tomada por la Venera IX, el 22 de octubre de 1975, mostraba un suelo lleno de rocas rugosas y bordes afilados, de un tamaño de 12 cm., lo cual constituyó una sorpresa para los que esperaban un terreno fuertemente erosionado por la atmósfera citérea. Aparentemente se posó sobre un terreno joven, salpicado de muestras tal vez volcánicas.

La segunda fotografía del Venera X, fue tomada a 2000 Km de distancia del lugar del aterrizaje de la Venera IX, en un terreno más antiguo y erosionado, formado por rocas de perfiles suaves, rodeadas por lo que aparenta ser lava enfriada, o bien, rocas meteorizadas.

La velocidad del viento medido por las sondas, era de 1 a 4 Km/hr, por lo cual, y a pesar de la densidad atmosférica, la erosión se debe a cambios de temperatura y a la acción química de su atmósfera.

VENERA XI y XII.

Posteriormente fueron enviadas las sondas Venera XI y XII, por los soviéticos, quienes se interesaban en relizar un mapa de Venus.

Analizaron su atmósfera y levantaron un mapa radar de la superficie del planeta.

Los mapas construidos en virtud de la observación terrestre han permitido identificar diversos accidentes: como cráteres poco profundos de origen meteórico, mesetas, cordilleras tectónicas y volcánicas, una enorme grieta de 1 500 km de longitud en el ecuador del planeta y una serie de picos agrupados de forma similar a los volcanes terrestres. Aparece un gran volcán de 300 Km de diámetro, con una caldera de 80 Km de diámetro en su cumbre.

VENERA XIII y XIV.

Las sondas soviéticas VENERA XIII y XIV, han permitido conocer los cambios de temperatura y de presión de Venus. La temperatura en la alta atmósfera (entre 100 y 65 Km de altura) es bastante baja, unos 70 grados centígrados bajo cero; hacia el suelo la temperatura va aumentando hasta alcanzar unos 475°C en la superficie.

La VENERA XIII, se posó sobre la región 'Phoebe', cerca del ecuador del planeta, y tomó varias fotografías.

El cielo, las nubes y la superficie de Venus son de color naranja.

Las rocas tienen aristas agudas, que indican que las cubrieron flujos de lava sobrepuestos y luego fueron erosionadas por el viento (los vientos en Venus se mueven entre los 2 m/seg, cerca de la superficie y 200 m/seg, en la parte alta). Son rocas y partículas pequeñas.

La VENERA XIV, se posó en otro lugar donde las rocas parecen planchas.

Las naves contaban con un brazo dotado de un taladro y de una aspiradora. El taladro, que no sabía con que tipos de rocas se iba a encontrar, taladró la roca dura y la aspiró para llevarla al interior. Fue necesario bajar la presión de las muestras, ya que tenían una presión cien veces mayor, que la de la nave. Se analizaron las rocas y se enviaron los resultados en forma de ondas de radio a la Tierra.

A continuación aparece un cuadro con la COMPOSICION QUIMICA, del suelo de Venus, obtenidas por las sondas VENERA XIII y XIV.

M I N E R A L	VENERA XIII	VENERA XIV
MgO	10% +- 6	8% +- 4
Al ₂ O ₃	16% +- 0.6	18% +- 4
SiO ₂ (cuarzo)	45% +- 3	49% +- 4
K ₂ O	4% +- 3	0.2% +- 0.1
CaO	7% +- 1.5	10% +- 1.5
TiO ₂	1.5% +- 0.6	1.2% +- 0.4
MnO	0.2% +- 0.1	0.16% +- 0.08
FeO	9% +- 3	9% +- 2

Fig. 9

CORTE TRANSVERSAL DE LA ATMÓSFERA DE VENUS.

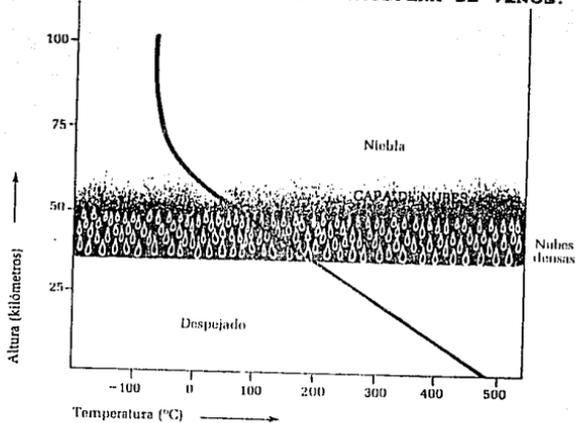


Fig. 10

Imagen de la estructura superior de la atmósfera de Venus, captada el 6 de febrero de 1974 por la sonda MARINER X, a 700 000 Km.

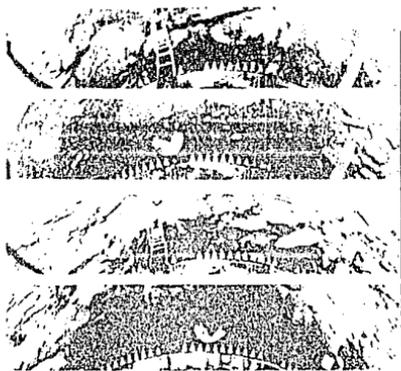


Fig. 11

Panoramas de la superficie de Venus, obtenidas por las naves soviéticas VENERA 13 (las dos superiores, donde hay rocas y partículas pequeñas) y VENERA 14 (las dos inferiores, donde hay planchones de roca). Se puede ver parte de la estructura de la nave en cada fotografía.

PROYECTO PIONEER VENUS

La misión norteamericana del Pioneer Venus, tiene como objetivo analizar mediante el radar los accidentes previamente vistos desde la tierra.

Las observaciones del Pioneer Venus están de acuerdo con las captadas e interpretadas en los laboratorios terrestres para lo que se han unido, el radar incorporado en la sonda, con los radiotelescopios de Arecibo, Massachusetts y Goldstone.

El Pioneer Venus, ha revelado la existencia de grandes continentes, y formaciones que parecen ser volcanes, quizá todavía en erupción; algunas llanuras entre las montañas, (parecidas a las tierras bajas de la luna), cubiertas por mantos de lava con ondulaciones.

El análisis realizado de la famosa "Región Maxwell", de Venus, nos indica que es una mancha blanca vista en el radar, pero que en realidad se trata de una cordillera de unos 6 km de altura, situada sobre una meseta que a su vez se eleva entre 3 y 5 Km, en relación al terreno circundante. Y aparece una zona oscura a su lado, que es una meseta rodeada por zonas claras que son otras cordilleras de 2 km de altura aproximadamente.

Sin embargo a pesar de los adelantos obtenidos, se está muy lejos de construir e interpretar un mapa de la superficie de Venus.

MARINER X

El Proyecto Mariner X fue enviado por los Estados Unidos para fotografiar Venus.

En febrero de 1974, se obtuvieron las primeras fotografías tomadas con "luz ultravioleta", a una distancia de 700 000 Km. En ellas se aprecia la estructura en bandas de las nubes que rodean al planeta, lo que nos indica que gira rápidamente.

Otras más fueron tomadas en la región ecuatorial de Venus, cuando se hallaba a una distancia de casi 1 000 000 de Km, en donde aparecen zonas oscuras que forman parte de las bandas que lo rodean. Además observó las formaciones nubosas de la región polar, que son muy diferentes a las ecuatoriales.

Sobre la naturaleza de las nubes, reina la incertidumbre, los científicos solo saben de sus características corrosivas. De sus movimientos, se comienza a deducir la circulación general de la atmósfera de Venus. Existen dos bandas paralelas al ecuador, en las cuales el movimiento es muy rápido: 360 Km/h. En esas bandas convergen otras dos oblicuas, que le dan al conjunto la forma de 'Y' horizontal, de carácter permanente.

También se observan una células de convección en las regiones subsolares, calentadas por el Sol.

La circulación general se efectúa tan rápido que los cambios de calor son muy activos y así, la diferencia de temperatura entre el día y la noche es moderada. Las nubes se elevan a mayor altura que en el Tierra, hasta los 65 Km.

SONDA MAGALLANES

Esta misión fue realizada por la NASA de los Estados Unidos en colaboración con: Australia, Francia y la Gran Bretaña.

La sonda Magellan o Magallanes, fue lanzada el 4 de mayo de 1989, a bordo del transbordador espacial *Atlantis*, para iniciar su viaje de 15 meses hacia Venus (unos 1 290 millones de Km), y conducir la más extensa observación de las características topográficas y gravitacionales que jamás se hayan llevado a cabo.

La sonda Magallanes, estaba destinada a elaborar mapas de por lo menos el 90 % de la superficie de Venus.

La nave pesa más de 3.5 toneladas, y sus dimensiones son de 6 por 9 m. Sus circuitos se activan por medio de 2 paneles solares de 2.5 m cada uno, así como 2 baterías de níquel-cadmio. Posee además reflectores solares que la protegen de las altas temperaturas, impidiendo que superen los 115 C.

Un subsistema de radiofrecuencia de la sonda Magallanes, recibe toda la información de control y navegación procedente de la Tierra, misma que convierte en información digital para uso de la computadora de la nave; éste subsistema transmite de vuelta hasta nosotros todos sus hallazgos científicos, los cuales son captados por las estaciones terrestres.

Su principal objetivo es proporcionar una visión global de las características geológicas de Venus, con tal resolución que permitirá determinar la edad del planeta.

La Sonda Magallanes, tendrá una aproximación a la superficie de entre 2 097 Km sobre el polo norte hasta los 249 m en su punto mas cercano. Usará el instrumento llamado **"Radar de Apertura Sintética"** el cual le permitirá penetrar la capa de nubes que le rodea, y recopilar información referente a las propiedades eléctricas y térmicas de las rocas que forman la superficie de Venus, sus características gravitacionales, así como radioemisiones naturales.

La Sonda Magallanes, llegó a Venus en 1990, y de sus informes conocemos que posee una intensa actividad volcanica.

Los mapas alcanzan una resolución de 1 000 m. (diez veces superiores a las imágenes obtenidas por las Sondas Venera XV y XVII), y por consiguiente se están descubriendo miles de estructuras nuevas: crateres, conos volcánicos, montañas, valles, terrenos erosionados, etc.

La Agencia Geológica de los Estados Unidos, esta buscando nombres que por acuerdo internacional, deberán ser de mujeres (reales o imaginarias) o sus atributos, para bautizar las nuevas estructuras, y se espera que se requieran unos 4 000 nombres. Existen tres nombres que ya se pusieron antes del acuerdo: Maxwell, Alfa y Beta.



Fig. 12 SONDA MAGALLANES. Nave estadounidense lanzada el 4 de mayo de 1989 para estudiar Venus.



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

6.3 TIERRA



Fig. 13 LA TIERRA VISTA DESDE EL ESPACIO.

T I E R R A

La TIERRA pertenece y caracteriza a la familia de los planetas interiores del Sistema Solar.

La TIERRA es un planeta pequeño comparado con los planetas exteriores, ocupa el quinto lugar por su tamaño.

Debido a su movimiento de rotación, su forma no es de una esfera perfecta, sino de "Geoide", ensanchada en el ecuador y achatada en los polos.

(ver cuadro 1. LOS PLANETAS)

Desde su origen, hace unos 4 600 millones de años, la TIERRA se enfrió y consolidó, sus elementos se distribuyeron de acuerdo a su densidad, en capas concéntricas; quedando en su interior los elementos más pesados y en exterior los más ligeros.

Del análisis de las ondas sísmicas principalmente, se ha podido establecer tres zonas en el interior de La TIERRA: un Núcleo formado de hierro y níquel, un Manto de elementos ricos en silicatos de hierro y magnesio; y una Corteza, formada de silicatos de magnesio y aluminio, que es la delgada capa donde vivimos. Y rodeando a las anteriores, la *Atmósfera* o esfera gaseosa que envuelve a la TIERRA.

Están ocurriendo procesos físicos, químicos y biológicos desde hace más de 3 000 millones de años, mismos que han cambiado significativamente su estructura y composición.

Las tres cuartas partes de la superficie de la TIERRA están cubiertas por agua. Esto permitió la aparición de la vida en el planeta, y transformó la atmósfera proporcionándole oxígeno.

La superficie terrestre es dinámica, la *Corteza* se mueve continuamente a través de las "placas tectónicas", en el fenómeno de la "Deriva Continental", estudiado desde 1912 por el geofísico alemán Alfred Wegener, quien además dedujo que hace 40

millones de años los continentes actuales formaban una sola masa, a la que llamó *PANGEA*, que estaba rodeada por un océano gigantesco.

La *ATMOSFERA* de la Tierra, está compuesta por 78% de nitrógeno, 20% de oxígeno, 2.1% de bióxido de carbono y cantidades variables de vapor de agua y otros elementos. Está dividida en subcapas: *Troposfera*, *Estratosfera*, *Mesosfera*, *Ionosfera* y *Exosfera*. En ésta última se localizan los cinturones de *Van Allen*, que poseen partículas cargadas eléctricamente que emiten radiación (también llamada *Magnetosfera*). Sus características únicas en el Sistema Solar, han creado las condiciones necesarias para la existencia de la vida sobre el planeta.

La Tierra cuenta con un satélite que es *La Luna*.

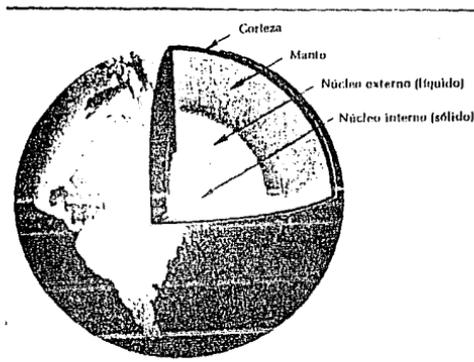


Fig. 14 ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA. Una delgada corteza envuelve al Manto, que a su vez rodea al Núcleo.

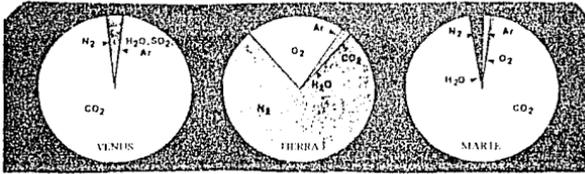


Fig. 15 COMPARACION DE LA COMPOSICION QUIMICA ATMOSFERICA DE VENUS Y MARTE CON LA TIERRA.

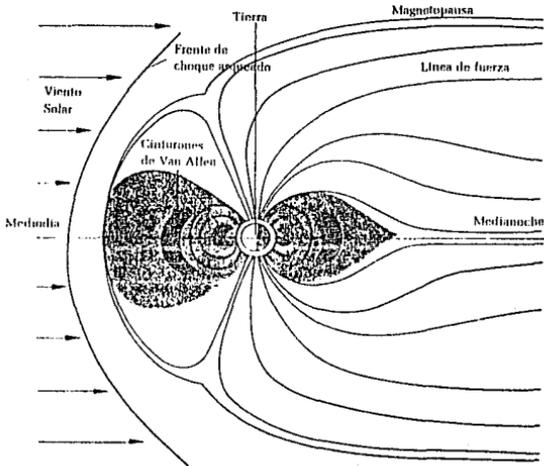


Fig. 16 Diagrama donde se observa la relación entre el viento solar y la magnetósfera terrestre.

PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE LA TIERRA

SATELITES ARTIFICIALES

Los SATELITES ARTIFICIALES son instrumentos creados por el ingenio del hombre y puestos en órbita alrededor de la Tierra, y que gravitan en su entorno, con la finalidad de estudiarla, vigilarla, protegerla y comunicarla.

Cada SATELITE ARTIFICIAL recibe una asignación de órbita, la cual es la ubicación orbital expresada en grados de longitud, dada por instituciones internacionales. Se colocan en órbita a bordo de un vehículo de lanzamiento (un transbordador o un cohete de varias etapas).

Todo satélite tiene una vida útil, la cual dependerá del agotamiento gradual del combustible, que se empleará cada vez que el presente alguna desviación de su posición respecto a la Tierra (órbita geostacionaria), la cual puede ser de años, lustros y siglos.

Un SATELITE ARTIFICIAL no permanece indefinidamente en un espacio. el aire frena el aparato y utiliza gran parte de su energía al finalizar una vuelta alrededor de la Tierra. Su trayectoria es una espiral que inevitablemente provocará su destrucción (por desintegración en las capas densas atmosféricas).

APLICACIONES DE LOS SATELITES ARTIFICIALES

Los SATELITES ARTIFICIALES brindan variados servicios, sean del tipo: *Pasivo*, como los enormes Globos de plástico sin instrumentos internos, que permiten hacer estudios geodésicos; o bien, del tipo: *Activo*, al que pertenecen todos aquellos que poseen un equipo más o menos complejo propio, para realizar medidas u observaciones, tomar fotografías, etc., y de instalaciones que permiten registrar datos de sus investigaciones y luego transmitirlos a las estaciones terrestres.

Entre los Satélites Activos podemos mencionar:

a. SATELITES METEOROLOGICOS, permiten tener una constante visión de todas las variantes atmosféricas. Mantienen una vigilancia de la Tierra, fotografiando nubes, midiendo temperaturas, velocidad y dirección del viento. Algunos tienen órbita polar, otros son geostacionarios. Observan en diferentes partes del espectro desde la luz visible hasta el infrarrojo. Las primeras muestran el desarrollo de las nubes y la velocidad de los vientos, en cambio las infrarrojas, observables las 24 horas revelan la temperatura de la superficie, de los océanos y de la atmósfera. También pueden captar la humedad atmosférica. Los datos se envían a ordenadores que están programados para dar predicciones meteorológicas de hasta cinco días de antelación, que vemos en los medios de difusión. Ejemplos: NOAA, Meteor, Meteosat.

b. SATELITES MILITARES, realizan observaciones de las instalaciones terrestres y de detección, por células infrarrojas, de los disparos de cohetes, explosiones nucleares, arsenales, etc. Son satélites espías, que captan informes con gran poder de resolución, luego codifican las imágenes y las transmiten a la Tierra. Algunos registran imágenes electrónicamente en una serie de células fotosensibles, en vez de utilizar película. Ejemplos: Discover, Big Bird, KH-11.

c. SATELITES DE TELECOMUNICACIONES, transmiten en todo el mundo, programas de televisión, gran número de comunicaciones telefónicas, y telegráficas. Son básicamente estaciones repetidoras en el cielo. La mayoría están en órbitas Geostacionarias, a 36 000 Km. de altura sobre el ecuador, en donde orbitan la Tierra en 24 horas, (mismo tiempo que tarda en girar sobre su propio eje, por eso vistos desde la tierra, parecen estáticos en el cielo). Ejemplos: Intelsat, Olympus, Eutelsat, PAN AMERICAN SATELLITE, ARABSAT.

d. SATELITES DE SALVAMENTO, están previstos para captar los S.O.S. emitidos en cualquier punto de los mares y continentes.



Fig. 17 DIFERENTES TIPOS DE SATÉLITES ARTIFICIALES COLOCADOS EN ORBITA GEOESTACIONARIA ALREDEDOR DE LA TIERRA

e. SATELITES DE RECURSOS TERRESTRES, son capaces de prospectar las riquezas minerales y forestales, apreciar el estado de los cultivos día tras día, observar el avance o retroceso de los mantos de hielo, etc. Examinan el globo de polo a polo, repasando cada lugar con un intervalo de 16 días. Examinan la Tierra en tres colores además de infrarrojo. Los datos se reconstruyen por ordenadores para producir imágenes de gran importancia. Ejemplos: el Landsat, el SPOT el Seasat.

f. SATELITES BIOLÓGICOS, con los que se realizan estudios sobre el comportamiento de los seres vivos sometidos a ingravidez y otras particularidades del vuelo espacial.

g. SATELITES GEOFÍSICOS, que miden el campo magnético, la radiación infrarroja de la superficie terrestre.

h. SATELITES GEODÉSICOS, que determinan con precisión medidas cartográficas y de navegación.

i. SATELITES ASTRONÓMICOS, que son de gran utilidad porque permiten efectuar observaciones por encima de la Atmósfera, que es un obstáculo para conocer realmente el Universo.

SATELITES TRIPULADOS.

A diferencia de los anteriores, los SATELITES ARTIFICIALES TRIPULADOS tienen una cabina provista de atmósfera condicionada, así como medios para gobierno del Satélite y que sus ocupantes puedan volver al suelo. También poseen una esclusa o portillo que permite la salida de sus ocupantes en el espacio o su transbordo a otros satélites.

Entre este tipo de Satélites se encuentran:

Las Estaciones Orbitales y

Los Transbordadores Espaciales.

ESTACIONES ORBITALES

Las *Estaciones Orbitales*, son satélites de grandes dimensiones a bordo de los cuales llevan tripulaciones que efectúan en el espacio, a veces durante muchos meses, trabajos diversos: investigación tecnológica, metalurgia en estado de ingravidez, biología, astronomía, estudios científicos de la Tierra, meteorología, observación militar, etc.

La *Estación Orbital*, está provisto de múltiples aparatos, en donde un equipo de científicos realizan investigaciones, observaciones y experimentos conjuntos. Dispositivos de atraque, permiten la llegada y salida de naves espaciales para relevar a la tripulación y suministrarle el material necesario para proseguir sus misiones. Las *estaciones* son mucho más espaciales que las naves espaciales, dentro de ellas se trabaja en condiciones muy favorables. El contacto permanente que tienen con las bases terrestres, permite armonizar los trabajos, cambiar los planes, proseguir un experimento más allá de lo previsto, etc.

Algunas de las *Estaciones Orbitales* más conocidas son las soviéticas: *Salyut*, donde se fue incrementando el tiempo de permanencia de tripulaciones en el espacio. En 1971 fué de 23 días; en 1977 de 96 días; de 139 días en 1978 y de 184 días en 1980. En 1982 los cosmonautas del *Salyut 7* permanecieron 211 días.

Y la *Estación Orbital Mir*, donde en 1987 el cosmonauta Yuri Romanenko permaneció en el espacio 326 días; y los cosmonautas Vladimir Titov y Musa Manarov vivieron durante todo el año 1988. Durante ese tiempo dieron 5 750 vueltas a la Tierra, recorriendo 240 millones de kilómetros.

Actualmente se preparan tripulaciones que permanecerán a bordo de la *Estación Mir*, durante 2 años o más. Proporcionarán a los médicos una información esencial para garantizar que los seres humanos puedan estar en el espacio el tiempo suficiente para completar una expedición tripulada a Marte. Se están preparando nuevos módulos para acoplarlos a la *Estación Mir*, uno, para que puedan salir a pasear por el espacio y trabajar en el exterior; otros estarán provistos de cámaras que observarán de cerca a la Tierra y estudiarán el medio ambiente; otro, médico, con quirófano en donde se estudiarán los efectos de la ingravidez en los seres vivos.

TRANSBORDADOR ESPACIAL

Los Transbordadores Espaciales, son naves originalmente norteamericanas con función de *Taxi interplanetario*. Son vehículos científicos y de usos civiles, cuya principal aplicación es el lanzamiento, recuperación y reparación de satélites artificiales, así como medios para la investigación fuera del planeta.

Su longitud total es de 37.19 m., una envergadura de 23.79 m. y una altura total de 17.27 m. Su peso sin carga es de 68 040 Kg. y con carga hasta de 2 000 000 Kg. Alcanzan una velocidad en órbita de 28 160 Km/h. y en el aterrizaje de 335 Km/h. Pueden llevar hasta 8 personas.

Desde 1969, los ingenieros de la NASA propusieron reemplazar el cohete gigante que había llevado al hombre a la Luna, por una astronave recuperable capaz de ser lanzada una y otra vez.

Estaría formada por dos vehículos, el mayor de los cuales, transportaría en su lomo a la nave orbital más pequeña, hasta el borde de la atmósfera, donde realizaría su trabajo, para volver después y aterrizar en una pista normal. El Congreso de los Estados Unidos autorizó 5 500 millones de dólares para el 'PROYECTO SHUTTLE' o de TRANSBORDADORES ESPACIALES.

En 1972 el presidente norteamericano *Richard Nixon* anunció el nuevo reto espacial y en 1976 se presentó el 'primer Transbordador Orbital' el *Enterprise* (iba a llamarse *Constitution*), que fue un vehículo espacial de pruebas lanzado desde un *Boeing 747* especialmente adaptado, el 12 de agosto de 1977 efectuó su primer planeo y aterrizaje en la base militar *Edwards* de California.

Problemas técnicos y financieros (1) retrazaron el primer vuelo de pruebas hasta los años ochenta. El 12 de abril de 1981 fue lanzado al espacio el *COLUMBIA* el primer transbordador, impulsado por tres motores y dos cohetes auxiliares de combustible líquido, con *John Young* y *Bob Crippen* como tripulantes.

(1) Los principales problemas técnicos se centraban en los motores que eran los más potentes, y en las placas protectoras resistentes al calor; así como un lamentable accidente que no produce víctimas pero sí daña las instalaciones.

Efectuó 35 revoluciones alrededor de la tierra, todos los sistemas y subsistemas funcionaron perfectamente. Durante dos días se probó con éxito la nave y 48 horas más tarde, el COLUMBIA aterrizó sobre el Desierto de Mohave.

Ademas del COLUMBIA, se construyeron otros transbordadores norteamericanos: el CHALLENGER, el DISCOVERY, el ATLANTIS, el ENDEAVOUR y el ENTERPRISE.

U.S. NEWS & WORLD REPORT, Feb. 23, 1981

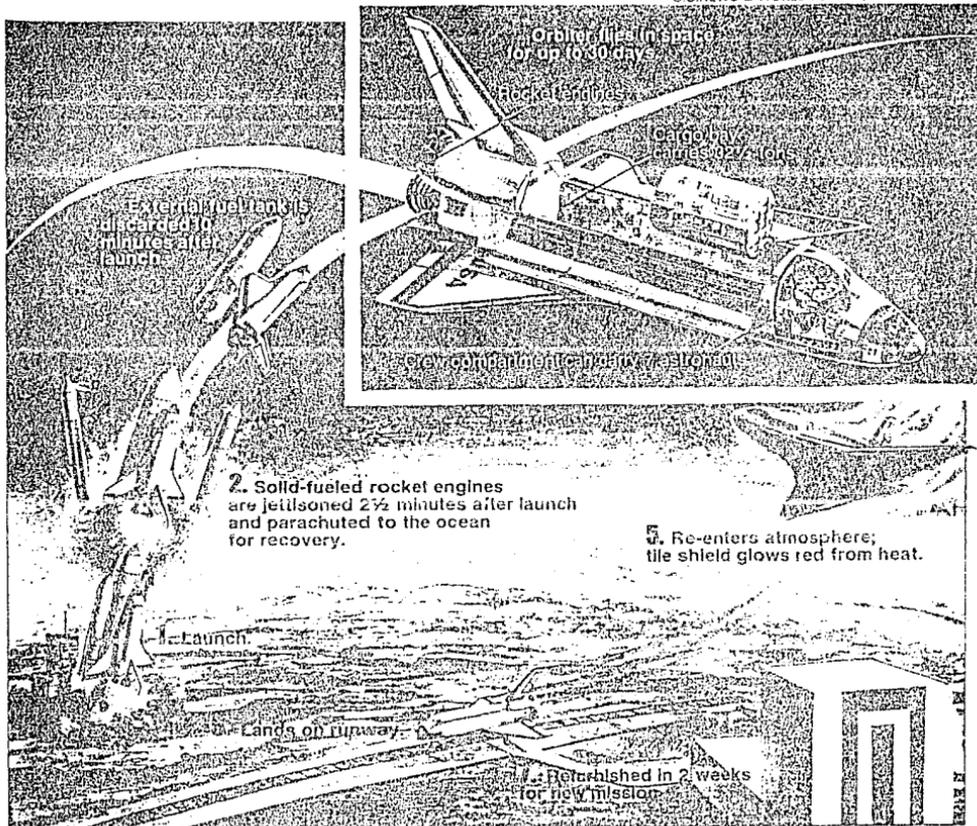


Fig. 18

TRANSBORDADOR ESPACIAL. En el esquema se muestran las diferentes fases desde el lanzamiento hasta el aterrizaje de los transbordadores: en el recuadro, partes de su interior.

El vuelo inaugural del CHALLENGER en abril de 1983, tuvo menos suerte. Al no funcionar correctamente los cohetes de posicionamiento se colocó en una órbita equivocada un satélite de comunicaciones, lo que dió una mala imagen al PROYECTO SHUTTLE como lanzador de satélites. Al mismo tiempo inició el trabajo del TRANSBORDADOR EUROPEO ARIANE.

Durante 1983 y 1984 se cosecharon algunos éxitos. En octubre de 1983 se transportó en la bodega de carga, el Laboratorio Espacial 'Spacelab' de construcción europea. En febrero de 1984, Bruce McCandless, se convirtió en el primer satélite humano, al probar la unidad de maniobra tripulada MMU, que en abril les permitió a George Nelson y James Van Hoften, capturar un satélite de investigación solar 'Solar Max' y repararlo. El costo de cada vuelo oscilaba entre 15 y 20 millones de dólares, precio que no podía competir con los 3 a 4 millones y un lanzamiento doble de 5 a 8 millones que ofrecían los europeos en los ARIANE. Además hubo errores y fracasos, de 12 vuelos programados sólo se llevaron a cabo 5. En agosto de 1984 se lanzó el DISCOVERY, y en septiembre de 1985 el ATLANTIS.

En 1985 aumentó la presión política y como consecuencia, la NASA se había convertido en una lujosa agencia de viajes para altas personalidades.

El 28 de enero de 1986, el Transbordador CHALLENGER debía transportar un satélite de comunicaciones de gran tamaño, y llevar al primer ciudadano normal al espacio (1). Paralelamente a ésta operación política, la NASA ignoró y archivó informes sobre problemas en los cohetes de combustible líquido. Y sucedió la tragedia, el CHALLENGER explotó en mil pedazos, formando una bola de fuego y varias columnas de humo a solo 63 segundos del lanzamiento.

Inmediatamente se suspendieron todos los vuelos. Esto sirvió para recordar que viajar al espacio era una actividad difícil y peligrosa, y de uso científico y militar.

(1) Christa McAuliffe una maestra de escuela, elegida entre 11 000 solicitudes era uno de los siete tripulantes; ella daría clases televisadas para estudiantes de educación media desde su exclusiva aula en el cielo.

En septiembre de 1988, el transbordador DISCOVERY reiniciaba el transporte de astronautas norteamericanos. Para entonces también se había aprobado un sustituto del CHALLENGER, que fue denominado: Vehículo Orbital OV- 105, con más de 200 mejoras en su fabricación a raíz del accidente, y se le bautizó con el nombre de ENDEAVOUR, que era el último transbordador.

ULTIMAS MISIONES IMPORTANTES

DISCOVERY	13-marzo- 1989. Misión STS- 29. Lanzamiento del satélite Tracking and Data Realy Satellite.
ATLANTIS	4-mayo- 1989. Misión STS- 30. Propulsión de la Sonda Magallanes, con destino a Venus.
ATLANTIS	18-octubre- 1989. Misión STS- 34. Lanzamiento de la Sonda Galileo, para explorar Júpiter y sus satélites.
DISCOVERY	22-noviembre- 1989. Misión STS- 33. Lanzamiento del satélite secreto de reconocimiento ''Magnum''.
DISCOVERY	24-abril- 1990. Misión STS- 31. Transporta al telescopio espacial <i>Hubble</i> . Durante este año, la NASA situó en órbita el observatorio de rayos gamma (5 de abril), y llevó a cabo tres misiones del <i>Spacelab</i> .
ENDEAVOUR	7-mayo- 1992. Misión STS- 49. Reparación en el espacio del motor de perigeo y piezas deterioradas del satélite <i>Intelsat IV</i> .
COLUMBIA	25-julio- 1992. Misión STS- 50. Investigación del crecimiento de cristales de proteínas asociadas al virus del Sida y estudio de la adaptación del cuerpo al espacio.

6.4 L A L U N A

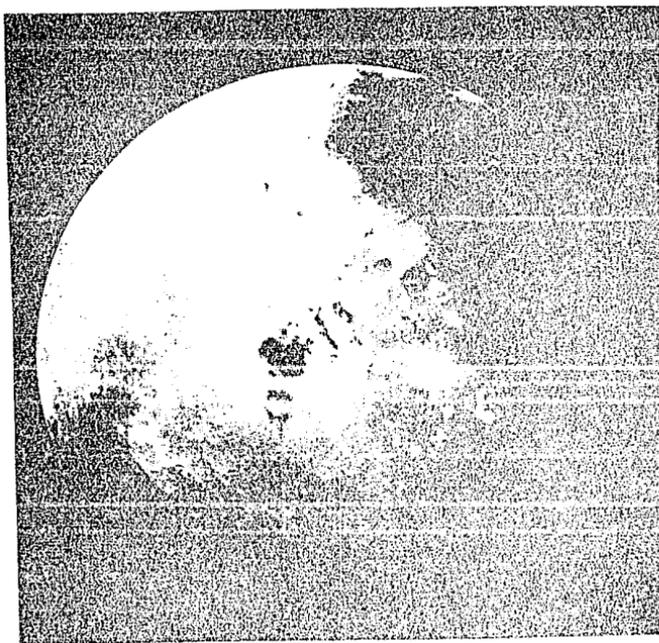


Fig. 19 LA LUNA VISTA DESDE EL ESPACIO

L A L U N A

La LUNA es el satélite natural de la Tierra y el único en donde el hombre ha podido alunizar y realizar múltiples estudios. Se localiza a 384 403 Km de distancia, y representa casi la cuarta parte de nuestro planeta. Gira a su alrededor en una órbita elíptica en 27 días, 7 horas y 43 minutos, mismo tiempo en que realiza su rotación, por lo cual nos presenta siempre el mismo hemisferio. En realidad, los balanceos o 'libraciones' de la LUNA nos permiten ver más de la mitad de su superficie.

Su edad (al igual que la Tierra) se estima en 4 600 millones de años.

(ver cuadro 2. Los Satélites).

Ha sido observada desde la antigüedad, (a simple vista y utilizando telescopios), así se descubrieron los principales aspectos de su superficie: *cráteres, montañas, mares, fisuras y grietas.*

Los *cráteres* son accidentes producidos por los constantes impactos meteóricos, son más de 300 000, de grandes y pequeñas dimensiones. Las *montañas*, son elevaciones muy parecidas a las terrestres; los *mares*, son amplias extensiones planas con algunos desniveles que ocupan casi un 40% del relieve, en donde no existe agua.

En los días que dura la revolución sinódica, ocurre el fenómeno de las '*FASES LUNARES*' (Luna Nueva, Cuarto Creciente, Luna Llena y Cuarto Menguante).

También por su cercanía a la Tierra, ocasiona los '*ECLIPSES*' de Sol y de Luna, así como las '*MAREAS*'.

Los adelantos científicos en la investigación lunar, así como los viajes tripulados hasta el satélite, han permitido realizar mapas topográficos, recolectar y analizar muestras del suelo, realizar estudios sísmicos, conocer la cara oculta, etc. y llegar a la conclusión que es un astro muerto, sin agua, sin atmósfera ¹ que experimenta grandes variaciones de temperatura ².

¹ La atmósfera lunar tiene una densidad de una milmillonésima parte de la terrestre

² La temperatura varía de 120 °C en el día y de -180 °C en la noche, (debido a la ausencia de Atmósfera y de agua).

PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE LA LUNA

La exploración de la LUNA fue realizada principalmente por el Proyecto Apollo, sin embargo a éste le precedieron varios programas espaciales rusos como: Sputnik, Lunik, Vostok, Voshkod y los norteamericanos: Mercury y Gemini, y tres series de vehículos no tripulados: Ranger, Surveyor, Pioneer y Luna Orbiter.

C R O N O L O G I A

El 4 de octubre de 1957 se lanzó al espacio el Sputnik I, primer satélite artificial ruso, que dió inicio a la carrera espacial.

El 11 de octubre de 1958, Estados Unidos lanzó el Pioneer I de exploración lunar, alcanzó los 115 000 Km. de altura.

El 2 de enero de 1959, los soviéticos enviaron el Lunik I, que pasa a 5 000 Km. de la Luna.

El 3 de marzo de 1959, se envió al Pioneer IV de exploración lunar y pasó a 60 000 Km. de la Luna.

El 12 de septiembre de 1959, el Lunik II se estrelló en el Mar de la Serenidad.

El 4 de octubre de 1959, se envió el Lunik III, que rodeó la Luna y fotografió su cara oculta.

El 12 de abril de 1961, el piloto ruso Yuri Gagarin, se convirtió en el primer hombre en el espacio, al dar una vuelta alrededor de la Tierra a 320 Km. de altura a 27 200 km/h, en el Vostok 1. Y el 6 de agosto el Vostok 2 pudo permanecer 25 horas y realizar 17 órbitas alrededor de la Tierra.

En 1961 la NASA comenzó su proyecto de exploración lunar con las sondas Ranger, también envió un astronauta en las cápsulas Mercury, mismas que pusieron a prueba la capacidad del hombre para soportar la tensión de la aceleración y para desenvolverse en el espacio. El 20 de febrero de 1962, John Glenn, realizó el primer vuelo orbital.

El 23 de abril de 1962 se lanzó desde Cabo Cañaveral el Ranger IV, que fue el primer vehículo norteamericano que llegó a la Luna.

En 1964 a bordo del Voshkod los rusos realizaron el primer paseo espacial transmitido; y los vehículos Ranger VII, VIII y IX, enviaron miles de fotografías de la Luna, antes de estrellarse en ella.

Fig. 20

SPUTNIK 1 primer satélite artificial soviético,
lanzado el 4 de octubre de 1957.

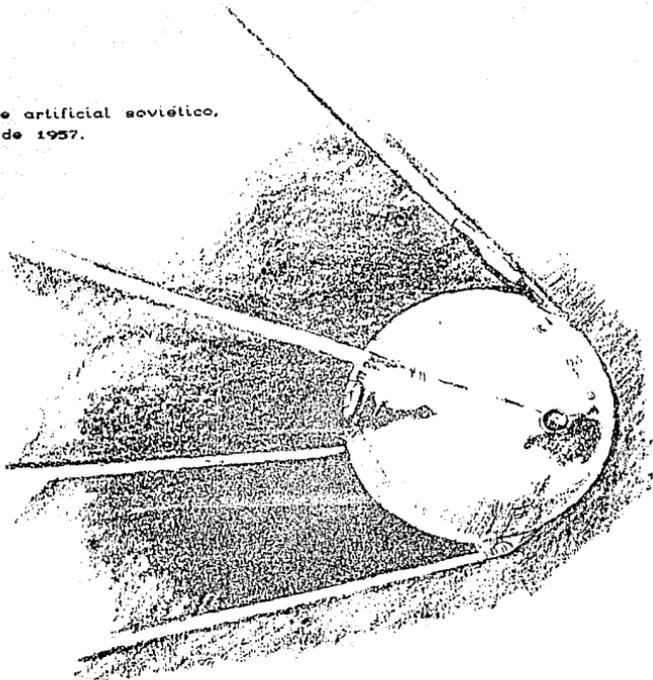


Fig. 21

YURI GAGARIN primer astronauta en el espacio.
Dió una vuelta alrededor de la Tierra a 320 Km
de altura, el 12 de abril de 1961, a bordo del
VOSTOK 1.



En 1965 a bordo del cohete Titan los norteamericanos iniciaron los lanzamientos de 12 vehículos Gemini, que llevaban dos tripulantes y obtuvieron valiosos datos sobre control y cambio de órbitas, condiciones de vida en la ingravidez, etc.

En 1966, se logran dos alunizajes: el 31 de enero la nave rusa Lunik 9, y el 30 de mayo la norteamericana Surveyor 1, en el Mar de las Tempestades, enviando imágenes televisivas.

El 10 de agosto de 1966 la NASA envió la Lunar Orbiter 1, que se situó en órbita alrededor de la Luna (el 14 de agosto).

El 21 de diciembre de 1966 los soviéticos lanzaron el Lunik 13 que el día 24 se posó en el Mar de las Tempestades, mandó información de la densidad del suelo lunar y la de los rayos gamma.

El 24 de abril de 1967 los rusos lanzaron la nave Soyuz 1, pero muere su cosmonauta en la primera prueba tripulada.

El 8 de septiembre de 1967 el Surveyor V, alunizó en el mar de la Tranquilidad, analizando muestras de suelo.

El 7 de noviembre de 1967 el Surveyor VI, después de una semana de haber alunizado se elevó a casi 3 m. del suelo lunar y transmitió más de 11 000 fotografías.

El 6 de enero de 1968 el Surveyor VII (último) alunizó cerca del cráter Tycho y transmitió más de 3 000 fotos.

El 4 de abril de 1968 el segundo vuelo del Saturno V no tripulado, puso en órbita terrestre al Apollo 6.

El 7 de abril de 1968 el Lunik 14 entró en órbita lunar.

Del 21 al 27 de diciembre de 1968 la NASA lanzó el Apollo 8, módulo de mando y servicio para el primer vuelo tripulado a la Luna, dieron 10 órbitas en torno a la Luna en 20 horas a 112.6 Km de altura.

Del 3 al 13 de marzo de 1969, la nave Apollo 9 se colocó en órbita terrestre en el primer vuelo de la nave completa (módulo de mando y lunar).

Del 18 al 26 de mayo se lanzó el Apollo 10 con la misión de realizar un ensayo general del alunizaje; descendieron a 15 km. de la superficie lunar; el módulo lunar describió cuatro órbitas lunares y se acopló al módulo de mando.

El 13 de julio el Lunik 15 llegó y descendió en la Luna.

APOLLO 11.

La misión norteamericana Apollo 11, fue la primera tripulada que logró posarse en la Luna. Sus tripulantes fueron los astronautas: Neil A. Armstrong (38 años), comandante de la nave Michael Collins (38 años), piloto del módulo de mando 'Columbia' y Edwin E. Aldrin, piloto del módulo lunar 'Eagle'.

El 16 de julio de 1969 se lanzó el Apollo 11, compuesto por ocho millones de piezas, 91 motores que cargada con combustible pesaba unas 3 100 toneladas. Les tomó tres días lograr la hazaña; mientras el módulo de mando quedó en órbita lunar, el 20 de julio de 1969, el módulo 'Eagle' logró alunizar en el Mar de la Tranquilidad a las 16 horas 17 minutos y 43 segundos. A las 20:56 hrs. Neil Armstrong bajó la escalerilla, y se convirtió en el primer hombre en poner los pies en nuestro satélite, pronunciando las siguientes palabras: '*Esto es un paso pequeño para el hombre y un gran salto para la humanidad*'. Edwin Aldrin hizo lo mismo 15 minutos más tarde. Una cámara de TV ubicada bajo el módulo, transmitió a la Tierra, mientras 600 millones de personas de todo del mundo presenciaban este hecho histórico. Mientras M. Collins recorría la órbita lunar 11 veces. Realizaron algunos experimentos, dejaron la bandera de los Estados Unidos, una declaración de paz y una placa conmemorativa; y trajeron los primeros 23 Kg. de muestras del suelo lunar.

La tripulación del Apollo 11 amarizó en el Pacífico el 24 de julio de 1969.

Le siguieron los proyectos Apollo 12 y 14, (el Apollo 13 tuvo fallas técnicas), que realizaron la adaptación del hombre a las condiciones del ambiente lunar; los Apollo 15, 16 y 17 tuvieron éxito considerable.

Los astronautas de los proyectos Apollo estaban protegidos con trajes espaciales y equipo de más de 300 Kg. (50 Kg. en la Luna). En resumen las misiones lograron estar varios días, colocar varios instrumentos: para medir el viento solar, un sismógrafo para explorar el interior de la Luna, un reflector especial de prismas para reflejar rayos láser a la Tierra, cámaras de televisión, etc.

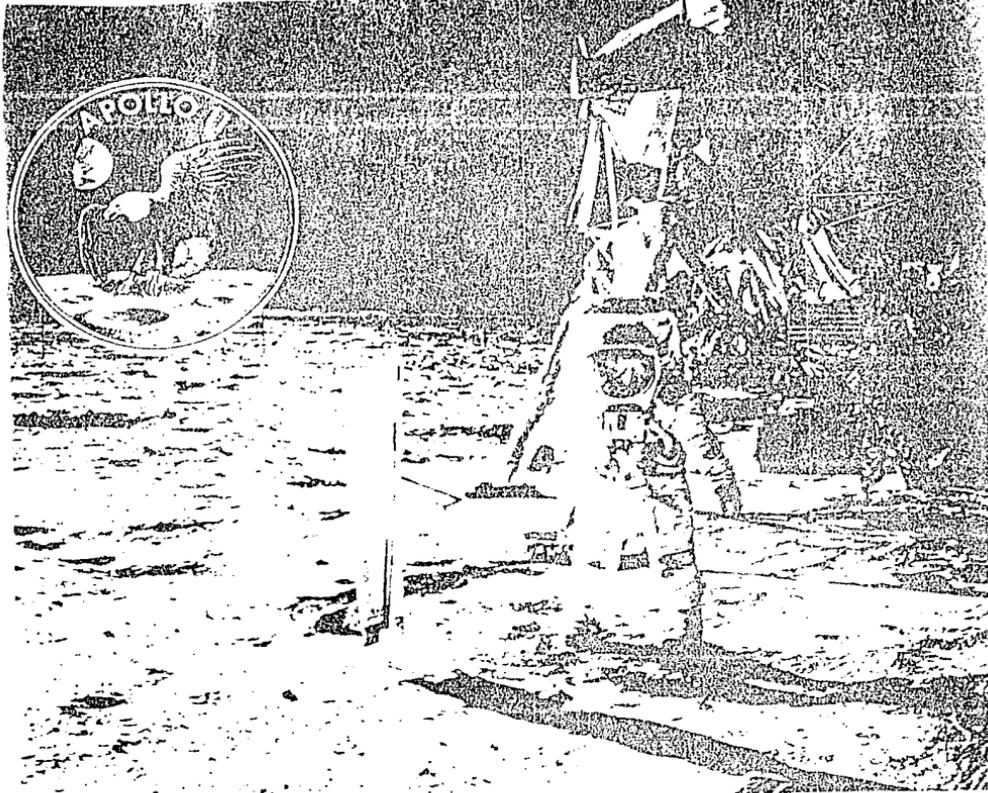


Fig. 22

**ESTA TESIS
NO DEBE
SALIR DE LA
BIBLIOTECA**



Fig. 23 Armstrong, Collins y Aldrin



PROYECTO APOLLO

Misión	Alunizaje	Actividades
Apollo 11: Neil Armstrong, Michael Collins, Edwin Aldrin	Mar de la tranquilidad, el 20 de julio de 1969.	Del 16 al 24 de julio 1969 realizaron experimentos y recogieron 23 kg. de rocas lunares.
Apollo 12: Charles Conrad Jr., Alan Bean, Richard Gordon Jr.	Océano de las tormentas	Del 14 al 24 de noviembre 1969 recolectaron muestras, colocaron sismómetros, magnetómetro, espectrómetro y detectores de atmósfera
Apollo 13: James A. Lowell Jr., Fred Haise Jr., John Swigert Jr.		Se lanzó el 11 de abril de 1970, pero una explosión en el tanque de oxígeno los obligó a regresar.
Apollo 14: Alan Shepard Jr., Stuart A. Roosa, Edgar Mitchell,	Región montañosa de Fra Mauro	Del 31 de enero al 9 de febrero de 1971, realizaron experimentos y recogieron 44 Kg. de rocas.
Apollo 15: David R. Scotts, James E. Irwin, Alfred Worden	Alpie de las Montañas Apeninas, cerca del Halley Rill	Del 26 de julio al 7 de agosto de 1971, exploraron en el vehículo lunar IRV, realizaron experimentos y trajeron 77 Kg. de rocas
Apollo 16: John W. Young, Charles Duke Jr., Thomas Mattingly	En una región montañosa cerca del cráter Descartes.	del 16 al 27 de abril de 1972, hicieron excursiones en un IRV y recolectaron 97 kg. de rocas.
Apollo 17 : Eugene Cernan, Harrison Schmitt, Ronald E. Evan.	En el valle Taurus-Littrow	Del 7 al 19 de diciembre de 1972, realizaron tres viajes en IRV y recolectaron 113 kg. de rocas y polvo.

M A R T E

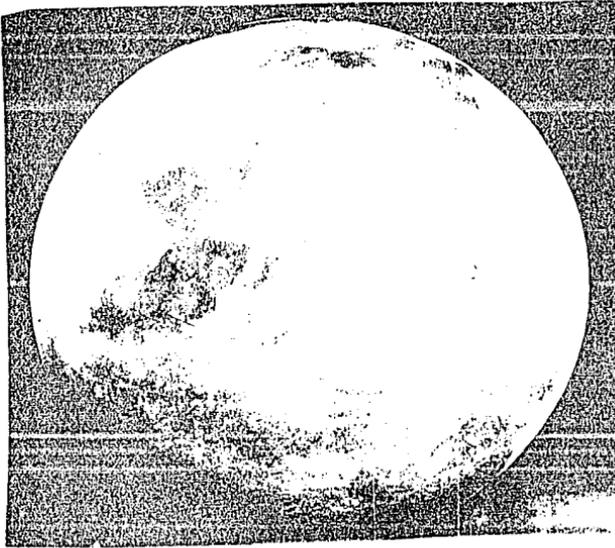


Fig. 24 MARTE DESDE EL ESPACIO

6.5 M A R T E

Es el siguiente planeta después de la Tierra, y cuarto del Sistema Solar. Los griegos por su aspecto y color lo asociaron con su dios de la guerra: *Ares*, posteriormente llamado por los romanos: *Marte*, hoy es también denominado "El planeta rojo".

Se encuentra en promedio a 55 millones de Km de la Tierra (más cerca a 41.6 millones de Km. y más lejos a 256 millones de Km); y a 227 900 000 Km del Sol (perihelio 208 400 000 Km y afelio 248 500 000 Km).

MARTE, es más fácil de observar que Venus y Mercurio, dado que su órbita es más elíptica que la terrestre, y durante la oposición respecto a la tierra está alto en el firmamento nocturno. Además de su brillo, y su atmósfera excepcionalmente transparente, que deja ver detalles de su superficie, observados con telescopios. Circunstancias que han permitido conocerlo mucho antes que a Mercurio y Venus.

Posee características parecidas a la Tierra. Su período de rotación es de 24 horas, 37 min, 22.6 seg., lo que significa que el día marciano (denominado "sol") es algo mayor que el terrestre. El año sideral marciano equivale a 687 días terrestres (casi dos años nuestros).

La inclinación de su eje es de 25° , con respecto a la órbita (la inclinación terrestre es de $23^{\circ} 27'$), por lo que también se presentan variaciones en la temperatura, y cuatro estaciones cada año marciano, (la primavera terrestre dura 91 días y la marciana dura 172 días).

Su densidad es de 3.9 g/cm^3 (mucho menor a la terrestre). El volumen y la masa de Marte son menos de la quinta parte de los terrestres.

MARTE posee una atmósfera muy tenue casi transparente, que remodela y erosiona constantemente la superficie. Esta compuesta por: 95% de bióxido de carbono, 2.7% de nitrógeno, 1.5% de argón y pequeñas cantidades de oxígeno, kripton, neón, helio y vapor de agua.

Tiene humedad, origina *nubes*, *nieblas* y presenta cambios diurnos y estacionales, también hay vientos que generan violentas *tempestades* o *tormentas de polvo*.

Debido a las bajas presiones y temperaturas de MARTE, el agua sólo se encuentra como hielo (en los casquetes polares), o vapor, formando "nubes de hielo". Las nubes, no solo están formadas por agua, también las hay de bióxido de carbono, que se forman cuando la temperatura es muy baja (se distinguen de las de hielo verdadero, porque sus bordes están bien definidos).

Los casquetes polares marcianos, están cubiertos de hielo. Aumentan o disminuyen de tamaño según las estaciones del año, durante el verano el polo sur cubre 82 000 Km², durante el invierno llega a 900 Km² (30% de la superficie del planeta). El polo norte es mayor que el sur; y sus inviernos son más crudos y duraderos (es cuando Marte se encuentra más lejos del Sol).

En ellos se observan pliegues concéntricos, como una espiral. Los pliegues están cubiertos de nieve y sus laderas tienen enormes y profundos precipicios.

La nieve y el hielo de los polos, además de agua, contiene bióxido de carbono, (conocido como "hielo seco"), y se forman por su total o parcial solidificación y sublimación.

Las nieblas matinales, fueron otro gran descubrimiento, se producen por el calentamiento de la escarcha depositada durante la noche en la superficie de MARTE.

Las grandes tormentas de polvo, llegan a cubrir todo el planeta, pueden durar hasta cuatro meses, y durante mucho tiempo, quedar suspendidas las partículas de polvo y arena. Alcanzan velocidades de hasta 300 km/hr. De los estudios fisicoquímicos del suelo marciano, realizados por las naves "Viking", sabemos que está constituido por arcillas y hierro en abundancia (principalmente el mineral de hierro: magnetita), lo que le dan su coloración rojiza.

Según los científicos, el polvo absorbe la luz visible del Sol y la reemite en forma de radiación infrarroja, que calienta su entorno.

Las temperaturas deben descender por las noches hasta los -80°C, y en el día pueden alcanzar los 20°C. A su superficie llega una cantidad menor de luz y calor que a la Tierra.

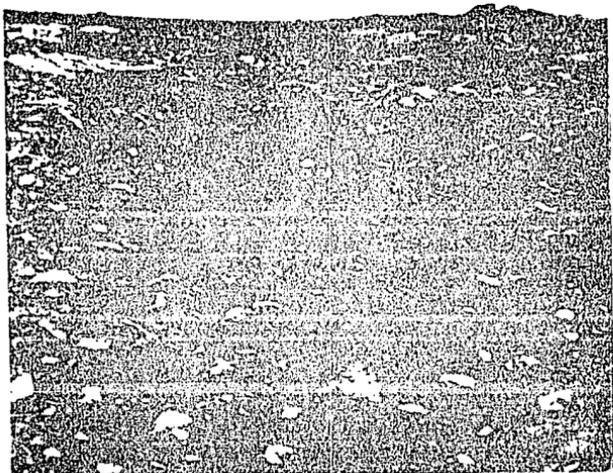


Fig. 25 **EL SUELO DE MARTE.** Tiene gran semejanza con los desiertos terrestres. Su coloración rojiza se debe a la presencia de limonita y magnetita.



Fig. 26 **CASQUETE POLAR MARCHIANO.** Fotografía obtenida por el MARINER IX, ambos casquetes experimentan cambios estacionales. Ambos casquetes tienen hielo verdadero.

Por sus características superficiales, se reconocen dos hemisferios: El hemisferio Norte, que es liso y lleno de volcanes, con pocos cráteres de impacto, ya que hace cientos millones de años, grandes coladas de lava inundaron el terreno bombardeado por los meteoritos.

El hemisferio Sur, que es escarpado, lleno de cráteres de origen meteórico y está atravesado por regiones acanaladas, su edad se estima entre 4 000 y 4 500 millones de años, o sea, desde que se originó el planeta.

MARTE posee grandes campos de dunas y terrenos sedimentarios estratificados en forma de escalera (debido a la acción erosiva del viento).

Pese a la aridez del paisaje, parecen existir amplios mantos de agua subterránea, que provocan las nubes tenues y el hielo de los polos. Es posible que parte del agua que transportaban los inmensos cauces, haya quedado en el subsuelo.

En las capas superficiales hay hielo atrapado en el regolito (material granulado que se encuentra en las rocas), que puede tener hasta 1 Km. de espesor.

En MARTE como en la Tierra hay Mesetas, Montañas y Volcanes, formados por la superposición de sucesivas coladas de lava muy fluida, que puede recorrer grandes distancias antes de solidificarse, aunque lo sorprendente es su tamaño.

El Olympus Mons o Nix Olimpica (Monte Olimpo), es el mayor del Sistema Solar y más joven volcán de MARTE. Tiene 25 Km de alto y un diámetro de 600 Km. Su superficie está cubierta de lava expulsada por el volcán en épocas pasadas, y en sus tres bocas es evidente el flujo igneo.

El volcán más extendido es el Alba Patera de solo 6 Km de altura y de 1 500 Km de extensión.

Otra característica de la superficie marciana son los abundantes y complejos sistemas de drenaje, los cauces de arroyos o de ríos completamente secos (pero alguna vez llevaron agua en grandes cantidades). (Fig. 31)

Hay verdaderos cañones geológicos como el valles Marineris situado entre los 45 y los 90 de longitud oeste, justo al sur del ecuador (llamado así en honor al Mariner IX), tiene 3 700 Km de longitud, 240 Km de ancho y 7Km de profundidad. (Fig. 32). En la región Chryse Planitia, hay canales bien definidos y sugieren inundación de aguas del oeste. En otras regiones aparecen canales entrelazados como en Mangala Vallis.

Marte posee dos lunas: Fobos (el terror) y Deimos (la fuga). Ambos son de reducidas dimensiones, de 27 y 12 Km respectivamente. Tienen forma elipsoidal pero irregular, y se piensa que son un par de asteroides atrapados por la gravedad del planeta. (Fig. 27 y 28)

Fobos es el más rápido de todos los satélites del Sistema Solar, completa una vuelta alrededor de Marte, en 7 h 40 m, y se oculta tres veces al día en el horizonte marciano. Ambos giran en sentido contrario (salen por el oeste y se ocultan por el este). Dentro de 100 millones de años Fobos se estrellará en su superficie, debido al frenado que experimenta por los efectos de marea que le provoca Marte.

Marte es el único planeta del Sistema Solar que ofrece al hombre posibilidades de sobrevivir; su atmósfera más o menos inerte, el vapor de agua, los posibles mantos acuíferos subterráneos y sus temperaturas no demasiado bajas, podrían plantearnos en el futuro la posibilidad de habitarlo, tomando las medidas necesarias para tan osado propósito.



Fig. 27 **FOBOS.** Fotografía obtenida por el **VIKING I**, a 9 700 Km. Satélite mayor de Marte con 27 Km de largo y 18 Km de ancho. Se puede observar el cráter **Stickney** (derecha) de 10 Km de diámetro, así como las estrías causadas por el impacto.

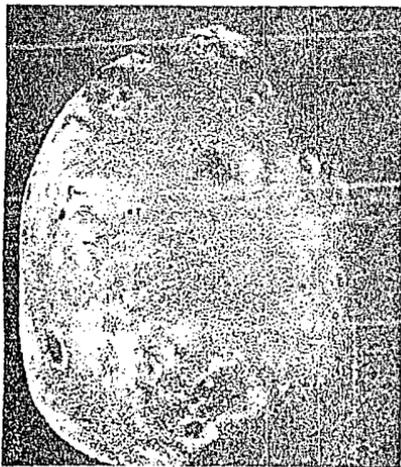


Fig. 28 **DEIMOS.** Fotografía del satélite menor de Marte, de 12 Km de largo y 8km de ancho, tomada por el **VIKING II** a 23 Km de distancia. Se aprecia su aspecto rugoso y lleno de cráteres meteoríticos.

6.5.1 LA INVESTIGACION DE MARTE

Desde 1659 el astrónomo holandés Christiaan Huygens, realizó los primeros dibujos que mostraban detalles de Marte. Uno de ellos, hecho el 28 de noviembre de ese año, muestra zonas oscuras, que identifica como accidentes de la superficie.

Durante el siglo pasado se hicieron otras observaciones importantes, en las que sobresalen las zonas oscuras, que parecían permanentes, regiones rojizas y ocre denominadas desiertos y zonas blanquecinas, los casquetes polares.

En 1877 se consideraba a Marte un planeta desértico, donde las zonas oscuras no eran mares (como los lunares), y en ese mismo año el astrónomo norteamericano Asaph Hall, descubrió sus dos satélites: Fobos y Deimos.*

El italiano Giovanni Schiaparelli, observó una red de líneas rectas que cruzaban los desiertos, a las que llamó "canali" (los que según eran canales artificiales construidos por una raza inteligente para conducir el agua), en 1892, cuando su vista ya fallaba renunció a seguir observando a Marte.

Desde 1895 hasta su fallecimiento en 1916, el astrónomo estadounidense Sir Percival Lowell, se dedicó a la observación de Marte, utilizando un telescopio refractor de 60 cm., en su laboratorio de Flagstaff, en Arizona. Lowell creía en los "canali" de Schiaparelli, y los cartografió con gran detalle, las consideraba como auténticas obras artificiales.

Tanto Lowell como Schiaparelli, realizaron sus observaciones visuales en condiciones de visibilidad dificultosa, y se equivocaron en parte en su predisposición a creer en la existencia de vida en Marte.

* Carl Sagan (astrónomo estadounidense) y J. S. Shklovsky (astrónomo soviético), creen que las lunas de Marte fueron construidas y puestas en órbita en el apogeo de una civilización existente, hace miles de años. (Se basan en las observaciones realizadas por W. Herschel en 1862, en las que observó detenidamente al planeta, pero no encontró satélites, mientras en 1877 Hall, las descubrió con un telescopio de menor alcance). Según Zigel, las lunas fueron lanzadas entre 1862 y 1877, y apoya la teoría de la existencia de una civilización altamente desarrollada, tal vez en el interior de Marte.

MARINER

El 14 de julio de 1965 el Mariner IV, mandó las primeras fotografías cercanas a Marte, a una distancia de 10 000 Km. Se afinó el análisis espectroscópico de la superficie, se llegó a la conclusión de que era un planeta sin agua, cubierto de polvo que no podía albergar vida. Su atmósfera estaba compuesta básicamente de CO_2 , con una presión 150 veces menor que la terrestre, y que posee una superficie con muchos cráteres.

En julio y agosto de 1969 los Mariner VI y VII, enviaron 200 fotografías a la tierra donde se inicia la configuración del planeta. Encontraron además de cráteres, terrenos montañosos y algunas llanuras. Revelaron un mundo árido con una delgada atmósfera rica de CO_2 y la presencia de los casquetes polares formados de 'hielo seco'.

El 14 de noviembre de 1971, el Mariner IX se convirtió en un satélite artificial de Marte. Al principio por una tormenta de arena no pudo ver detalles de la superficie, pero a comienzos de 1972, el polvo se asentó y pudo captar imágenes espectaculares, entre ellas: el Olympus Mons (el mayor volcán del Sistema Solar, de 25 Km de altitud), otros 3 volcanes de menor tamaño en la región de Tharsis, así como marcas lineales en la misma meseta, al norte del ecuador marciano; el gran Vallis Marineris, que son extraordinarios lechos secos de ríos (que pudieron conducir enormes cantidades de agua), donde las fotografías muestran las avalanchas que derrumbaron las paredes y ampliaron el valle, así como un gran campo de dunas gigantes de arena oscura; zonas enigmáticas como las pirámides de Elisio, etc.

También pudo descubrir que en épocas de vientos intensos, se producen cambios en los rayos brillantes y oscuros de Marte.

MARS O MARTE

En 1971 la nave soviética Mars 3 o Marte III, penetró en la atmósfera de Marte, durante una tormenta de arena. Según los datos enviados todo iba correctamente: los sistemas de aterrizaje a la entrada, su orientación hacia abajo, su escudo de ablación, desplegó su gran paracaídas y encendió sus retrocohetes para el descenso. Debió de



Fig. 29 SUPERFICIE DE MARTE captada por el VIKING I en Chryse Planitia. Rocas y arena dominan el paisaje.

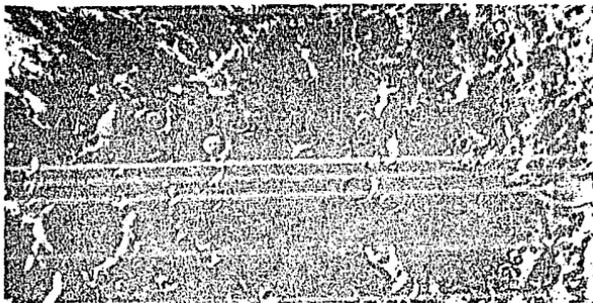


Fig. 30 Foto enviada por el VIKING I, en 1976, donde se aprecia el profundo proceso erosivo de los canales marcianos. Pueden verse también cráteres de formación reciente (A) junto a los más antiguos (B).



Fig. 31 Fotografía tomada por el MARINER IX, donde se observan cañones y desfiladeros mas anchos y profundos que los terrestres.

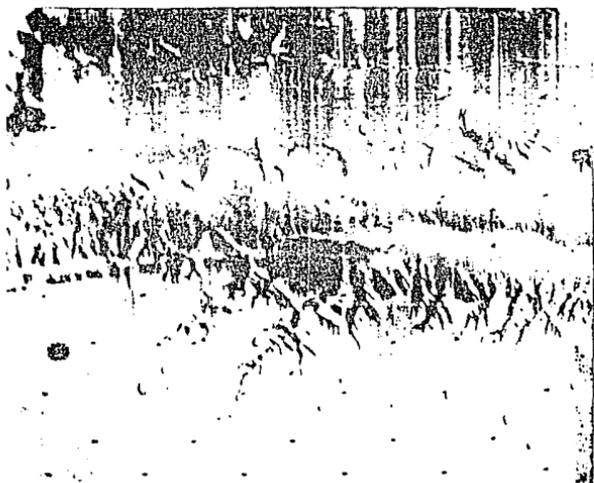


Fig. 32 Foto muestra 400 del VALLES MARINERIS (MARINER IX). Región compleja de grandes valles y cañones afluentes, de 3 700 km de largo, 240 km de ancho y 7 km de profundidad.

haber aterrizado con éxito, sin embargo envió a la Tierra un fragmento de 20 segundos de imagen televisiva en blanco y luego falló misteriosamente. Es posible que al amortizar, el Mars 3 diera unos botes, golpeará una roca u otro cosa del terreno, volcara, perdiera contacto y fallara.

Algo parecido, aunque más misterioso sucedió al Mars 6 o Marte VI, en marzo de 1974, porque ya se tenían las experiencias sufridas en otras sondas y se tomaron medidas preventivas, todo debería funcionar perfectamente y lograrse un amortizaje, pero fue fallido.

VIKING

La misión norteamericana Viking, está formada por dos naves robot no tripuladas, que lograron amortizar. Tuvieron un costo de 1 000 millones de dólares.

Los Viking I y II fueron lanzados al espacio en 1975. Después de un año y medio de viaje, un recorrido de 100 millones de Km., dando un rodeo alrededor del Sol, cada vehículo orbital/ vehículo de amortizaje, se puso en la órbita marciana, y así comenzó la extraordinaria hazaña:

Los vehículos orbitales estudiaron los lugares de amortizaje propuestos; los vehículos de amortizaje entraron en la atmósfera dirigidos por radio, orientaron correctamente sus escudos de ablación, desplegaron sus paracaídas, se despojaron de las cubiertas y encendieron los retrocohetes, y fue así como las sondas Viking tocaron Crise y Utopía en el planeta rojo, de modo suave y seguro.

El Viking I, logró amortizar el 20 de julio de 1976, (con un retraso de 16 días ya que se pretendía fuera el 4 de julio, coincidiendo con el bicentenario de los EE.UU.A.). El Viking II, en septiembre de 1976.

Los equipos científicos seleccionaron la latitud de 21 N, región llamada Crise (en griego: "tierra del oro") para el Viking I, y para el Viking II, primero la región de Cidonia, pero a último momento fue cambiado por la región de Utopía, ambas no eran paisajes idóneos para la investigación, pero ofrecían cierta seguridad para el amortizaje.

La primera imagen del Viking I fue uno de sus pies (se deseaba conocer el suelo en donde se había posado), la imagen se formó línea a línea, y se pudo ver que era terreno firme y sin agua.

Pronto aparecieron más imágenes, el horizonte marciano (parecido a los paisajes de Arizona, Colorado y Nevada), con dunas de arena, rocas cubiertas por polvo acarreado por el viento. El paisaje era rojo encantador. Fotografiaron deslizamientos de terrenos; zonas de suelo como barro; la acción erosiva del agua en terreno colapsado, etc.

Los Viking tienen 2 ojos que trabajan en el infrarrojo; un brazo de muestreo que puede empujar rocas, excavar y tomar muestras del suelo; una especie de dedo que saca para medir la velocidad y la dirección del viento; algo equivalente a una nariz y a unas papilas gustativas, que usa para captar la presencia de rastros de moléculas; un oído interior que puede escuchar los temblores marcianos y las vibraciones del viento en la nave espacial y sistemas para detectar microbios. Las naves tienen su propia fuente de energía radioactiva. Toda la información científica la radia a la Tierra, y desde aquí recibe instrucciones para realizarlas en Marte.

El brazo de muestreo lleva el material de la superficie hacia el interior de la nave, donde se estudian en 5 experimentos diferentes: uno sobre química inorgánica, otro para buscar moléculas orgánicas en el polvo y la arena, y tres para buscar vida microbiana. Los experimentos de microbiología dieron resultados positivos en 7 muestreos distintos. Se considera que hay ausencia de vida, pero puede haber un tipo de suelo que haga algunas de las cosas que hace la vida.

La exploración de Marte por los Viking constituye una misión de la mayor trascendencia histórica; es la primera búsqueda seria de otros posibles tipos de vida, la primera supervivencia de una nave espacial funcionando durante más de una hora en cualquier otro planeta (Viking I trabajo por varios años), el origen de datos de meteorología, geología, sismología, mineralogía y muchas más ciencias de otro mundo.

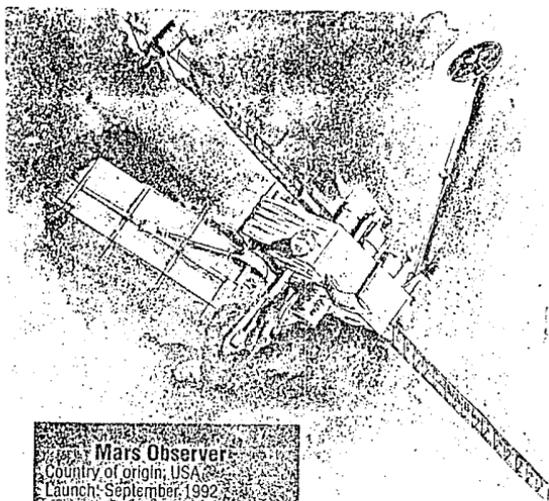
El Viking I fotografió a Fobos a 3 700 Km y el detalle más importante es el cráter Stickney de 10 Km de diámetro, así como estrias causadas por el impacto que originó el cráter; y otros menores como el Hall de 6 Km., como hoyos, tal vez causados por el escape de gases del calor que produjo el impacto. El Viking II, observó a Deimos, su aspecto es rugoso y está tan lleno de cráteres como Fobos, sólo que recubierto por material suelto.

MARS OBSERVER (El Observador de Marte).

El MAR OBSERVER era una compleja y costosa nave (980 millones de dólares), enviada por la NASA de los Estados Unidos, para revitalizar el programa de investigaciones hacia Marte. Fue lanzada el 25 de septiembre de 1992 y llegaría a su destino el 28 de octubre de 1993.

Llevaba cámaras fotográficas, altímetros, espectrómetros de rayos gamma y de radiación térmica, magnetómetro y reflectómetro de electrones, etc., que iniciarían su trabajo a mediados de diciembre de 1993. Sus objetivos eran: fotografiar el planeta varias veces durante 3 años (concluiría su misión en 1995), levantaría un mapa de polo a polo con detalles de gran resolución (1 m. de longitud); realizaría estudios detallados de la enigmáticas zonas de *Cydonia* y *Etiopia*, fotografiadas por las Viking, investigaciones topográficas, cartografía, geología, geofísica y climatología de Marte. Además actuaría como estación de relevo para las próximas misiones rusas MARS '94 Y '96.

Con la MARS OBSERVER son ya 13 las misiones que fracasan cuando están a punto de enviar reveladores informes sobre Marte, dejó de transmitir cuando fueron activados los sistemas para la entrada en órbita, el 21 de agosto de 1993. Fue absorbida por el espacio infinito. Deja gran número de interrogantes sin responder o aclarar, como el caso de la FOBOS 2 que dejó de transmitir cuando acababa de colocarse en órbita marciana y su termógrafo había enviado imágenes poco usuales (franjas alargadas que no respondían a la representación normal de temperaturas).



Mars Observer
 Country of origin: USA
 Launch: September 1992
 Arrival: August 1993
 Mission: Map the geology and climate of Mars from orbit, act as relay station for Russian Mars '94 and '96 missions

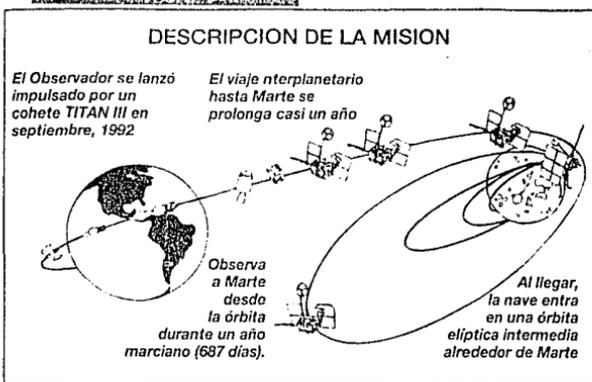


Fig. 33 MARS OBSERVER. El Observador de Marte tenía un segundo objetivo: preparar el camino para el envío de nuevas misiones.

SONDAS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE MARTE

MISION	PAIS DE ORIGEN	LANZAMIENTO	LLEGADA A MARTE	RESULTADOS
SPUTNIK 22	URSS.	OCT/24/1962	-----	NO LLEGO.
MARS 1	URSS.	NOV/01/1962	-----	NO LLEGO.
SPUTNIK 24	URSS.	NOV/04/1962	-----	NO LLEGO.
MARINER III	EE.UU.A.	NOV/05/1964	-----	NO LLEGO.
MARINER IV	EE.UU.A.	NOV/28/1964	JUL/14/1965	PRIMERAS IMAGENES.
ZOND 2	URSS.	NOV/30/1964	-----	NO LLEGO.
MARINER VI	EE.UU.A.	FEB/24/1969	JUL/31/1969	TOMO FOTOS DE GRAN CONTRASTE (ZONA ECUADOR).
MARINER VII	EE.UU.A.	MAR/27/1969	AGO/05/1969	FOTOS DE GRAN CONTRASTE (SUR).
MARINER VIII	EE.UU.A.	MAY/08/1971	-----	NO LLEGO.
COSMOS 419	URSS.	MAY/19/1971	-----	NO LLEGO.
MARS 2	URSS.	MAY/19/1971	NOV/27/1971	SOBREVOLO MARTE.
MARS 3	URSS.	MAY/20/1971	DIC/02/1971	AMARTIZAJE, Y TRANSMITE 20 SEGUNDOS.
MARINER IX	EE.UU.A.	MAY/30/1971	NOV/30/1971	FOTOS DE FOBOS Y DEIMOS.
MARS 4	URSS.	JUL/21/1973	FEB/10/1974	AMARTIZAJE.
MARS 5	URSS.	JUL/25/1973	FEB/12/1974	ENVIA FOTOS E INFORMACION.
MARS 6	URSS.	AGO/05/1973	MAR/12/1974	AMARTIZAJE FALLIDO.
MARS 7	URSS.	AGO/09/1973	MAR/09/1974	MODULO SE PASA DEL PLANETA.
VIKING I	E.U.A	AGO/20/1975	JUL/20/1976	PRIMER AMARTIZAJE SUAVE FOTOS E INFORMES.
VIKING II	E.U.A	SEP/09/1975	SEP/03/1976	AMARTIZAJE FOTOS E INFORMES.
PHOBOS 1	URSS.	JUL/07/1988	ENE/--/1989	DESTRUIDO POR ERROR DE CONTROL.
PHOBOS 2	URSS.	JUL/12/1988	ENE/--/1989	SE PIERDE SU CONTACTO.
OBSERVER MARS	EE.UU.A.	SEP/29/1992	AGO/21/1993	SE PIERDE SU CONTACTO.

PROYECTOS FUTUROS A MARTE

Con el gran fracaso sufrido con el MARS OBSERVER muchas de las misiones a Marte serán retrasadas o canceladas, sin embargo están en proyecto las siguientes:

MARS '94 LANDER

País de origen: Rusia

Lanzamiento: Septiembre de 1994

Llegada: Agosto de 1995

Misión: Medir la superficie marciana, sus propiedades y condiciones ambientales.

MARS '94 PENETRATOR

País de origen: Rusia

Lanzamiento: Septiembre de 1994

Llegada: Agosto de 1995

Misión: Analizar el subsuelo, registrar la actividad sísmica marciana, medir las condiciones ambientales.

MARS '96 BALLON

País de origen: Francia y los Estados Unidos de América

Lanzamiento: Octubre de 1996

Llegada: Septiembre de 1997

Misión: Analizar las capas bajo la superficie en varios sitios, medir las condiciones ambientales y tomar imágenes aéreas de la superficie.

EXPEDICION TRIPULADA

En el próximo siglo se pretende operar la "Misión a Marte", un ambicioso proyecto de ingeniería espacial que pondrá al hombre en ese planeta, uniendo esfuerzos soviéticos y norteamericanos.

Existen grandes problemas para llevarlo a cabo pues las condiciones son muy diferentes a las terrestres. Se tiene como objetivos primordiales obtener oxígeno, combustibles, agua y alimentos. Actualmente se investiga como interaccionar al hombre, con las mas avanzada tecnología robótica, en un ambiente similar a Marte, en la Antártida, dentro del programa *Antartic Space Analogy* de la NASA, con científicos del *National Science Foundation (NSF)*; ésto permitirá simular la exploración mediante robots y comprobar el equipo de supervivencia del hombre. Se ensaya un nuevo tipo de tecnología la "telepresencia", con el fin de usar los robots y reducir el numero de científicos que realicen experimentos en regiones hostiles y desconocidas.

El proyecto *Mars Underground*, de la Universidad de Colorado (EE.UU.A.), engloba el lanzamiento de tres transbordadores Shuttle con sus respectivas "cargas" para ensamblarlas en el espacio y formar una enorme nave de tres ejes, en forma de Y, de 60 m. de largo. La NASA supone que ésta girara sobre sus ejes para generar gravedad artificial (ya que nuestra salud, empieza a afectarse despues de tres meses sin ella).

Todavía están por decidirse los detalles concretos de la expedición tripulada a Marte, pero probablemente será montada en órbita alrededor de la tierra, usando componentes transportados en el Transbordador Espacial (americano o europeo) o el cohete soviético: Energía.

En el proyecto, la mayoría del equipo y suministros para la exploración, se harán llegar por adelantado en una "nave de carga", que

dara seguridad y permitirá reducir el tamaño, el peso, así como otras complicaciones al vehículo tripulado.

Al llegar a Marte, el vehículo tripulado se acopiará a la "nave de carga", entonces los tripulantes descenderán a la superficie en un módulo de amortizaje. Después de 2 o 3 semanas en la superficie de Marte, los astronautas despegarán hacia el vehículo en órbita para volver en el hacia la Tierra. El viaje completo durará alrededor de un año.

BASE EN MARTE

Posteriormente al primer amortizaje tripulado, se pretende instalar una "Base", seguramente subterránea, para proteger a los futuros exploradores durante varios meses de la radiación ultravioleta, las temperaturas (475 C a menos bajo cero), el riesgo constante de las tormentas de polvo, etc.

Tendrá que ser autosuficiente a la mayor brevedad, en combustible, agua, aire, alimentos y otros materiales imprescindibles que se tendrían que producir ahí mismo. Podría utilizar las reservas minerales de Marte, como hierro, aluminio, titanio y otros minerales. El agua, vital para cualquier asentamiento humano, podría obtenerla de los mantos acuíferos subterráneos. Se cree que sus lunas: *Fobos* y *Deimos*, tienen gran cantidad de agua y carbono, serían valiosas fuentes de abastecimiento para los exploradores del futuro.

Científicos de la NASA piensan en lugares como: *Candor Chasm* (región central del Gran Cañón *Valle Marineris*) o regiones cercanas al *Monte Olympus*, para asentar las primeras bases humanas, desde las cuales podrán explorar el terreno circundante usando los vehículos especialmente diseñados para desplazarse por la superficie rocosa marciana los *Mars Rover*.

7. ASTEROIDES O PLANETAS MENORES

Los asteroides son pequeños cuerpos celestes que giran formando un cinturón entre las órbitas de Marte y Júpiter, en un área de unos 500 millones de Km. Esta región fue descubierta en el siglo XVIII por cálculos matemáticos, por *J. D. Titius* y popularizada por *J. Bode*, donde indicaban la probable existencia de un planeta.

Los asteroides tienen un especial interés para los astrónomos, a través de ellos es posible conocer algo más de la evolución del Sistema Solar. Es probable que algunos asteroides sean residuos de planetoides, pero en primer lugar son restos de los procesos químicos y físicos, de donde los planetas se formaron a partir de la *nebulosa solar*; contienen material químicamente primitivo, característico de los productos de condensación de la *nebulosa solar*, pues probablemente los asteroides no quedaron expuestos a los cambios que afectaron a planetas y a sus satélites. (ver 4.1 Origen del Sistema Solar).

Los asteroides se mueven en órbitas muy elípticas alrededor del Sol, en sentido directo como los planetas; algunas muy excéntricas o elongada como las de *Hidalgo* e *Icaro*, otras muy inclinadas como la de *Palas*.

Se estima que su número aproximado es de 100 000, aunque sólo se han estudiado con detalle unos 2 000. Sus dimensiones van en promedio de 100 a 200 Km. El mayor, *Ceres*, es de 1 040 Km y posee el 30% de la masa de todos los asteroides conocidos. Ningún asteroide tiene una masa suficiente para retener una atmósfera.

Según sus formas pueden clasificarse en varias clases:

- a) los que permanecen casi inalterados, como *Ceres*;
- b) los que han sido descortezados por colisiones continuas; y
- c) los que son núcleos metálicos residuales.

La composición química de los asteroides es muy variada, compuestos de carbono, compuestos ricos en silicio, metales, etc.

Debido a los choques frecuentes de unos y otros, los asteroides se fragmentaron formando familias de asteroides más pequeños. El satélite infrarrojo IRAS, encontró tres anillos de polvo, entre las órbitas de Marte y Júpiter, tal vez formados de la fragmentación continua que resulta del impacto entre ellos.

Existen asteroides dobles, que giran uno alrededor de otro, o que tienen forma de mancuerna, como Héctor.

Existen dos familias de asteroides: Griegos y Troyanos, (llamados así porque llevan los nombres de los héroes de la *Iliada*). Los Griegos se mueven delante de Júpiter y los Troyanos por detrás en los puntos lagrangianos (donde la atracción gravitacional de Júpiter es igual a la del Sol).

Los asteroides tienden a agruparse, pero hay regiones sin ellos, denominadas huecos de Kirkwood, debidas a la fuerza perturbadora de Júpiter.

Vesta es el asteroide más brillante, está más cerca del Sol que Ceres; su albedo es más elevado y llega a alcanzar una magnitud de 6.

Se numeran según el orden en que son descubiertos, y a este número se le añade un nombre que elige el descubridor (ej. 1 Ceres). En un principio se eligieron nombres femeninos de la mitología griega.

A continuación presento un cuadro con los principales asteroides y sus características. (Anexos. Cuadro 3)

FALTA PAGINA

No. 102

8. PLANETAS EXTERIORES DEL SISTEMA SOLAR

Los planetas exteriores o gigantes, se encuentran más allá del cinturón de asteroides. Son también llamados jovianos, y forman este grupo: Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón.

Los planetas gigantes son mucho mayores que los terrestres, excepto Plutón, y están constituidos por materia volátil. Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno son gaseosos salvo por un pequeño núcleo sólido; tienen muchas lunas y anillos. Su temperatura promedio es de -200 C, ya que a las distancias a las que se encuentran interceptan muy poca radiación solar.

Debido a la debilidad de la luz que reflejan, estos planetas son muy difíciles de estudiar. El primer contacto con los planetas gigantes fue en 1973 con la nave *Pioneer X*, que se acercó a Júpiter; en 1981 y 1982 las sondas *Voyager I* y *II*, continuaron y ampliaron el campo de la investigación hasta Neptuno.

A continuación menciono los principales hallazgos de los planetas exteriores del Sistema Solar.

8.1 J U P I T E R

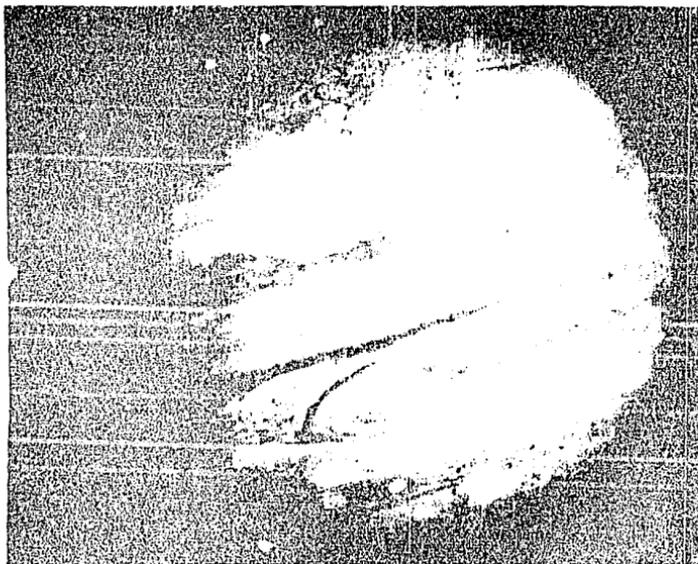


Fig. 34 IMAGEN DE JUPITER DESDE EL ESPACIO.

J U P I T E R

Es el mayor planeta del Sistema Solar, el quinto por su distancia al Sol y el primero de los planetas exteriores.

Para los científicos, constituye un inmenso laboratorio para estudiar como nacen las estrellas, el magnetismo, la circulación atmosférica, etc.

Es visible a simple vista desde la Tierra por su gran tamaño.

JUPITER es después del Sol, la Luna y Venus el astro más brillante del cielo nocturno. Su albedo es muy alto, es decir, su atmósfera es capaz de reflejar el 60% de la luz que recibe.

Está compuesto de hidrógeno (85%), helio (15%), amoníaco (1%) y metano. Se halla en cuatro estados diferentes: gaseoso, líquido, sólido y metálico; aunque casi es totalmente gaseoso, posee un núcleo interno rocoso (más o menos del tamaño de la Tierra, aunque 15 veces su masa).

La masa de JUPITER, es 2.5 veces superior a la del conjunto total de los planetas del Sistema Solar; y es 318 veces la terrestre. Si el Sol no existiera los astros quedarían girando a su alrededor, por su gran fuerza de gravedad. Esta es tan alta que los gases más ligeros no logran escapar de su superficie.

Constituye una radiofuente compleja que emite en muchas longitudes de onda, originada por su cinturón de radiaciones, el cual es muy intenso.

Gira a gran velocidad, aunque su movimiento de rotación, no es uniforme. La zona ecuatorial lo hace en 9 hr. 50 min., mientras las zonas templadas y polares lo realizan en 9hr. 55 min. 40 seg.

(ver cuadro 1. LOS PLANETAS)

Sus enormes fuerzas de convección y la rotación, contraen la atmósfera formando una estructura de bandas de nubes de colores y huracanes en su superficie.

Las bandas tienen tonalidades naranja, café, gris, amarillo, crema y azul.

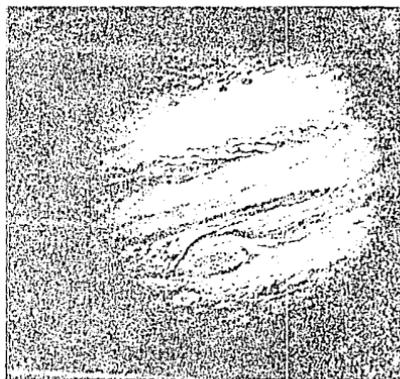
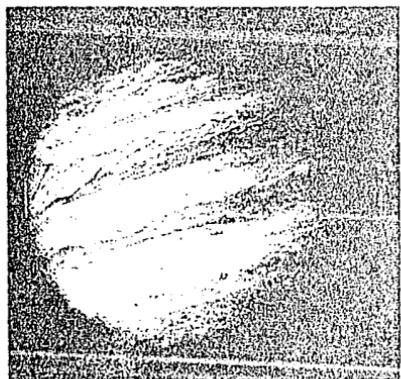


Fig. 35 a 38 FOTOGRAFÍAS QUE MUESTRAN ESTRUCTURAS ATMOSFERICAS.
Las zonas y cinturones destacan con nitidez, así
como la Gran Mancha Roja.



Fig. 39 y 40 FOTOGRAFÍAS DE LA GRAN MANCHA ROJA, a una distancia
de 1.8 Km, donde destacan diferentes estructuras.

Cada una está en continuo movimiento independiente y en ellas se pueden apreciar notables fluctuaciones. A las bandas claras, se les denominan zonas y a las oscuras, cinturones. Las zonas claras son masas de gases calientes y constan de cristales de amoníaco, mientras los cinturones oscuros son masas de aire frío descendente, formadas por sulfuro de amoníaco hidratado. Constituyen regiones de bajas y altas presiones que provocan la circulación atmosférica de Júpiter.

Presentan un sinnúmero de formaciones más o menos redondeadas (*White Oval Spots*), de torbellinos y penachos que cambian de aspecto, desaparecen, aparecen de nuevo y se desplazan.

Existen en el hemisferio Austral, dos importantes formaciones que tienen carácter permanente: La Gran Mancha Roja y la Gran perturbación austral.

La Gran Mancha Roja es un enorme huracán que se eleva 8 Km. por encima del material circundante. Tiene unos 40 000 Km. de largo por 13 000 Km. de ancho, donde cabrían tres planetas Tierra. Es una tormenta atmosférica con vientos de 360 Km/h., se mueve lentamente en forma lateral y a veces casi se borra, pero vuelve a aparecer. Se mueven óvalos blancos menores en su interior.

Casi a la misma latitud circula la Gran perturbación austral, que se mueve más lenta que aquella, respecto a la cual le gana de 10 a 20 seg. en cada vuelta al planeta.

La atmósfera de Júpiter parece estable, pero en realidad sus vientos son muy poderosos, provocan turbulencias a lo largo de las bandas de nubes y corrientes eléctricas que fluyen de la corteza para generar el intenso campo magnético.

Júpiter tiene temperaturas que van desde -120°C a 140°C , y se deben a que posee energía propia. Irradia al espacio 2.5 veces la que recibe del Sol. Lo que hace suponer, que el planeta se está enfriando y contrayendo, tal vez como el proceso de consolidación que debieron sufrir los planetas interiores hace millones de años.

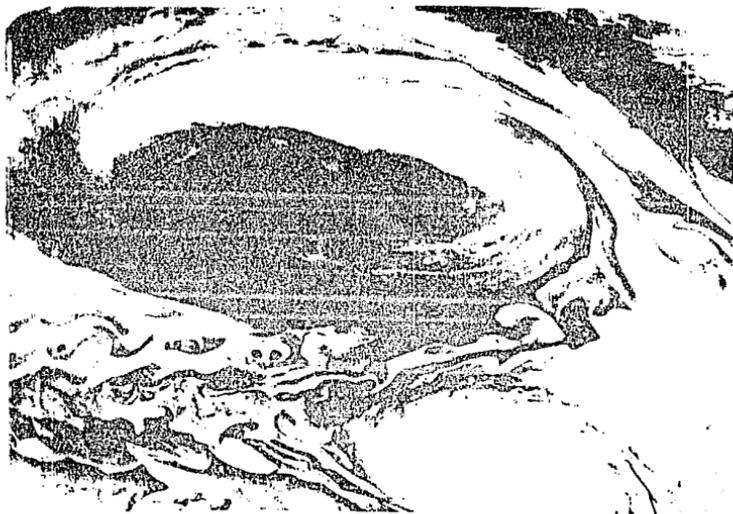


Fig. 41 FOTOGRAFIA ESPECTACULAR DE LA GRAN MANCHA ROJA. Tomada por el Voyager 2.

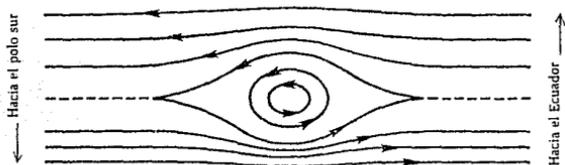


Fig. 42 Diagrama que muestra la circulación de vientos en la zona de la Gran Mancha Roja. Dentro de ella el viento tarda 12 días en completar una vuelta.

Muchos astrónomos piensan que al formarse el Sistema Solar, pudo haber sido una estrella que formara un sistema binario, pero la nubosidad que lo formó, tenía una masa insuficiente para generar la energía que provocara las reacciones termonucleares que las originan.

Tanto Júpiter como sus satélites han sido observados e investigados por importantes sondas espaciales, principalmente las Pioneer y los Voyager, que han hecho importantes descubrimientos y sobretodo incrementan las teorías sobre su origen y evolución.

JUPITER posee 16 satélites o lunas que en orden creciente de su distancia al planeta son:

Tebe, Metis, Amaltea, Adrastea, Io, Europa, Ganimedes, Calixto, Leda, Himalia, Lisitea, Elara, Ananke, Carme, Pasifae y Sinope.

La mitad de ellos son muy pequeños, se trata probablemente de asteroides capturados por el campo gravitacional del planeta.

Los satélites jovianos se asemejan a un minuscuro Sistema Solar. Giran en el mismo sentido de rotación del planeta. Se hallan separados por distancias que están dadas al factor 1.66 de uno al siguiente, y son más densos cuánto más cerca se hallan de Júpiter.

Los satélites más importantes y conocidos desde la antigüedad son los cuatro llamados: Galileanos, (por haber sido descubiertos por Galileo Galilei en 1610) que son: Io, Europa, Ganimedes y Calixto.

8.1.1 PROYECTOS ESPACIALES PARA ESTUDIAR JUPITER

PROYECTO PIONEER

El Proyecto Pioneer fue creado a finales de los años 70's, por los Estados Unidos de América, para explorar el medio interplanetario y preparar el camino a futuras naves.

Está integrado por dos naves: Pioneer 10 y Pioneer 11, cuya primera misión fue explorar de cerca, como nunca antes se había hecho, el espacio que rodea a Júpiter.

La PIONEER 10 fue lanzada desde Cabo Kennedy, el 3 de marzo de 1972, alcanzó la Luna en 11 horas; en junio de 1972, cruzó el cinturón de Asteroides; y en diciembre de 1973 llegó a Júpiter, pasó a 130 000 Km. de distancia. Llevando cámaras de televisión y equipo científico muy avanzado para el estudio de campos magnéticos, plasma, rayos X y el viento solar.

Las fotografías obtenidas y otras mediciones realizadas, revolucionaron el conocimiento que hasta entonces se tenía. Rebasó el límite del campo magnético solar, detectó el choque del viento solar con las brisas estelares, compuestos de rayos cósmicos y partículas subatómicas.

El 13 de junio de 1983 atravesó la órbita de Neptuno, entonces el planeta más alejado del Sol (a 56 U.A.).

La nave continúa trabajando, viaja a 48 000 Km·hr. y se dirige en dirección contraria al centro de la Galaxia, a un ritmo de 2.7 U.A. por año.

Una de las mayores sorpresas que ha aportado es la existencia de un posible décimo planeta en el Sistema Solar.

La Pioneer 11, despegó el 5 de abril de 1973 y alcanzó Júpiter el 3 de diciembre de 1974, pasando a 43 000 Km. de su atmósfera, y el 10. de septiembre de 1979, habiendo recorrido 3 200 millones de km. sobrevolaba Saturno a 20 800 Km., cuya atracción modificó su trayectoria enviándola en dirección opuesta a la seguida por la sonda Pioneer 10, hacia el exterior del Sistema Solar.



Fig. 43

PIONEER 10. Sonda norteamericana que captó por primera vez imágenes de Júpiter. Fue lanzada el 3 de marzo de 1972.

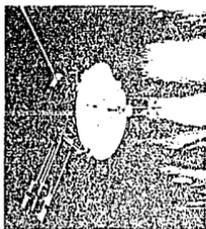
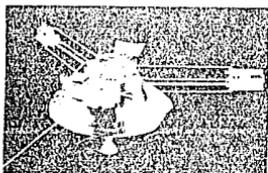
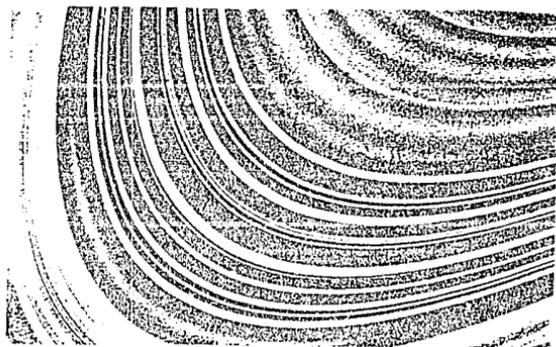


Fig. 44



PIONEER 11. Sonda norteamericana lanzada al espacio el 5 de abril de 1973, para continuar el estudio de las planetas exteriores. Observó con detalle los anillos de Saturno.

Como la anterior, la Pioneer 11 realizó un gran trabajo durante los encuentros, observando y descubriendo nuevos satélites, midiendo su entorno. Ahora se aleja del Sol a un ritmo de 2.48 U.A. por año, en dirección a la Constelación de Tauro (hacia el centro de la Galaxia).

Los transmisores de las Pioneer 10 y 11, habrán callado mucho antes de salir del Sistema Solar y están condenadas a vagar pasivamente en el espacio. Sin embargo, son nuestros primeros vehículos interestelares y llevan un mensaje.

(Ver diagrama de la placa de las Pioneer 10 y 11).

En uno de los puntales que sostienen la antena de cada nave, se puso una placa de aluminio anodizado en oro de 15 x 22 cm., en la que lleva grabado un dibujo con la representación de un hombre y una mujer, (los seres humanos que lanzamos las Pioneer); atrás de ellos está esquematizada la forma misma de la sonda Pioneer, (lo que permitirá a un ser extraterrestre inteligente deducir los tamaños reales de los humanos). Abajo, queda detallado nuestro Sistema Solar, con el Sol a la izquierda con los 9 planetas, y puede apreciarse la ruta inicial del Pioneer 10. El diagrama de 14 líneas que se unen en un solo punto representan una "flor de 14 pulsares", relacionados con la ubicación del Sistema planetario y de la Tierra. Los símbolos de arriba a la izquierda representan la transición hiperfina entre las órbitas paralelas y antiparalelas de los protones y electrones del átomo neutro de Hidrógeno. Abajo de estos símbolos está la representación del número binario 1. (Datos que permitirán dar a conocer la ubicación del Sistema Solar en la Galaxia, así como el cierto adelanto técnico alcanzado por el hombre en la Tierra).

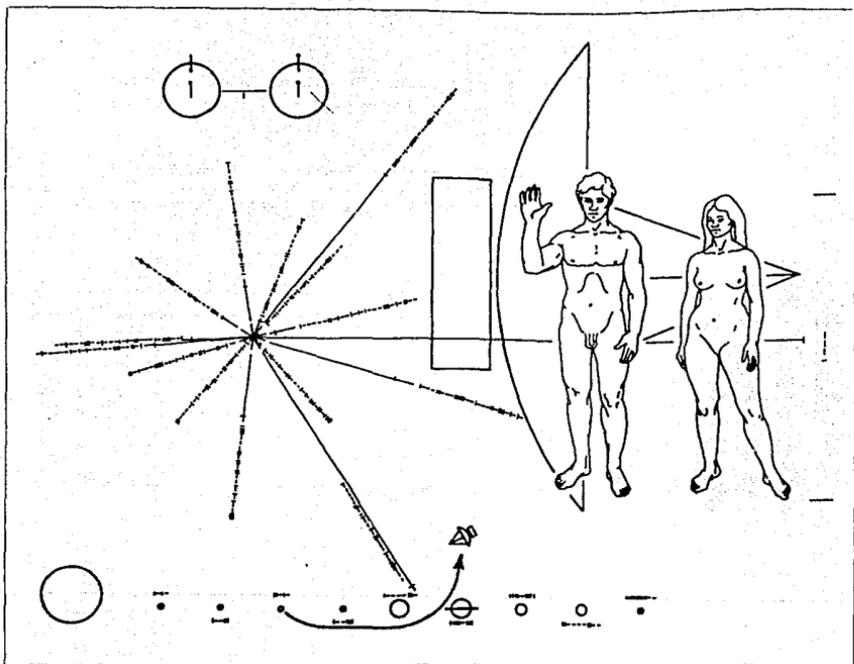


Fig. 45 **PLACAS DE LOS PIONEER 10 Y 11.** Esta imagen se grabó en una placa de aluminio anodizado en oro de veintitrés centímetros.

PROYECTO VOYAGER

Este proyecto fue creado por la NASA, de los Estados Unidos de América, y está formado de dos sondas gemelas: VOYAGER I y VOYAGER II.

Fue lanzado al espacio en 1977, el VOYAGER II el 20 de agosto y el VOYAGER I el 5 de septiembre, a bordo de los cohetes Lanzadera: TITAN-CENTAURO, desde el Centro Aeroespacial Kennedy, en Cabo Cañaberal, Florida.

Tenía como finalidad, la exploración de los planetas JUPITER y SATURNO, pero el éxito alcanzado permitió que se siguiera financiando su operación, logrando así la visita hasta NEPTUNO.

La configuración geométrica de las órbitas de los planetas exteriores del Sistema Solar en el espacio, que se produce cada 175 años aproximadamente, (se presentaría a finales de los 70's), permitió a los VOYAGER O VIAJEROS deslizarse de un planeta a otro aprovechando sus fuerzas gravitacionales para incrementar la velocidad y dirigirse al planeta siguiente.

Cada una de las naves VOYAGER, idénticas entre sí, fue equipada con instrumentos de avanzada tecnología, capaces de realizar al menos diez experimentos diferentes. Poseen un sensor solar para su orientación, generadores nucleares de plutonio 238 que permiten el funcionamiento de todo el conjunto. Sus maniobras están regidas por 16 microcomputadoras, así como tres antenas donde se alojan la mayor parte de los instrumentos: cámaras de video, espectrómetros, sensores y detectores de plasma, fotopolarímetros, etc. El Laboratorio de Propulsión por reacción de la NASA, trabaja desde hace muchos años en la recepción y procesamiento de los informes enviados por las sondas.

Cada una de ellas lleva un mensaje dentro de un DISCO FONOGRAFICO de larga duración, realizado en una matriz positiva de cobre recubierto de oro. Va dentro de una cubierta de aluminio plateado adosado en la pared exterior del compartimiento central de instrumentación, donde están grabadas instrucciones en lenguaje científico para tocar el DISCO, utilizando una aguja ilustrada en la cubierta, instalada en una cápsula cerca de la cubierta.

Fig. 46

VOYAGER. Diagrama que muestra los instrumentos con que cuentan las naves Voyager I y II.

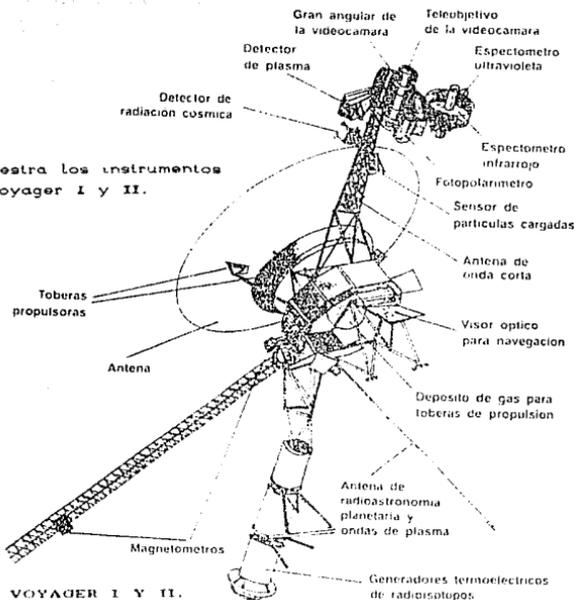
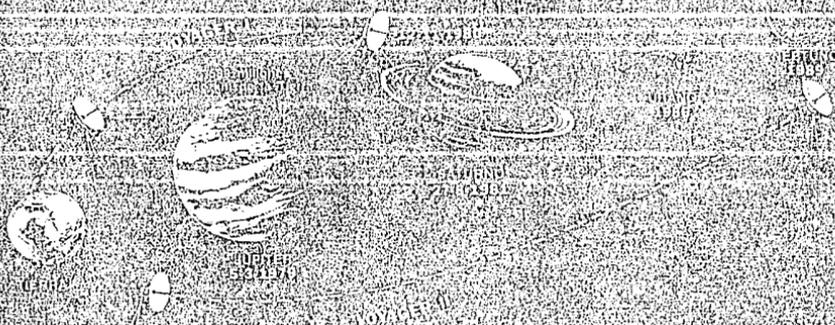


Fig. 47

ITINERARIOS DE LAS SONDAS VOYAGER I Y II.

LOS ITINERARIOS DE LAS SONDAS



Dentro de la información incluye 118 imágenes codificadas de nuestro planeta, de nosotros mismos y de nuestra civilización;

Casi 90 minutos de la mejor música del mundo;

Un ensayo evolucionario en Audio sobre los sonidos de la Tierra;

Saludos en casi 60 idiomas humanos y en un lenguaje de ballenas yubartas.

LA MISION EXTRAORDINARIA DE LAS SONDAS VOYAGER.

El proyecto VOYAGER fue enviado al espacio para realizar una exploración detallada y espectacular de los planetas exteriores del Sistema Solar, iniciada anteriormente por las SONDAS PIONEER 10 Y 11, en 1973. Esta se desarrolló desde Júpiter hasta Neptuno, entre 1979 a a 1989, para luego abandonarlo lentamente y convertirse en emisarios de la Tierra en el Universo.

PRINCIPALES DESCUBRIMIENTOS EN JUPITER.

El VOYAGER I, llegó a Júpiter el 5 de marzo de 1979; y el VOYAGER II el 9 de julio del mismo año. Realizaron importantes descubrimientos, como:

- La existencia de un sistema de anillos, diez veces más densos que los de Saturno, pero invisibles desde la Tierra.
- Características de los componentes atmosféricos, similares a los de Saturno, compuesta de helio e hidrógeno.
- Interesantes fotografías de su superficie, pero sobre todo de sus lunas: Europa, Calixto, Ganimedes e Io.

En Europa, pueden observarse (ca 241 000 Km.), estructuras filiformes, parecidas a canales, que son fracturas rellenas de hielo.

Calixto, el más oscuro de los satélites jovianos, presenta una corteza de roca y hielo, con miles de impactos de meteoritos, así como un sistema de anillos concéntricos.

Ganimedes, casi del tamaño del planeta Mercurio pero de densidad menor, presenta gran cantidad de cráteres meteóricos y estrías paralelas de 5 a 15 km. de ancho.

Io, es parecido en tamaño y densidad a nuestra Luna, presenta frecuentes e intensas erupciones volcánicas, como producto del calor que se genera en su interior, por las perturbaciones orbitales provocadas por los demás satélites jovianos. Sobre su superficie hay escarpas, fallas y cadenas volcánicas, rodeadas de coladas de lava que le dan su coloración rojiza. El *Voyager I* pudo tomar una de sus violentas erupciones, se observó un gran penacho como sombrilla, del volcán *Loki Patera* (primer volcán activo fuera de la Tierra), que se levantaba 200 Km sobre la superficie de Io, y proyectó partículas que quedaron en órbita alrededor de Júpiter. Conocemos 9 volcanes activos grandes y miles de volcanes extintos, y se cree que el material expulsado puede contribuir a la formación del sistema de anillos de Júpiter.

- Se descubrieron 4 Lunas más de las 12 ya conocidas, incrementando así a 16 el número de satélites jovianos.

(ver cuadro 2. LOS SATELITES)

- Otra importante aportación fue el estudio de la región conocida como la *Gran Mancha Roja*, estructura más sobresaliente del planeta. Observaron que es un sistema de formaciones nubosas que giran circularmente en periodos de 6 días, como un anticiclón, forma una burbuja de gases cuya presión es mayor de la zona circundante. Se localiza en el Hemisferio Sur, con una superficie de 13 000 Km de ancho por 40 000 Km de largo.

(ver Fig. 39, 40, 41 y 42)

LA SONDA GALILEO

GALILEO es la sonda interplanetaria más complicada técnicamente, perfeccionada y cara, construida por la NASA.

El objetivo principal es realizar estudios de *Júpiter* y sus 16 lunas. Sin embargo tiene misiones menores, como las visitas cercanas a dos asteroides *Gaspra* e *Ida*, una breve supervisión de *Venus* y la Tierra y la observación del lado oscuro y el polo sur de *La Luna*. El transbordador *Atlantis* fue el encargado de llevar la nave de tres toneladas a la órbita terrestre para luego ser enviada por un cohete hacia su destino, el 18 de octubre de 1989.

La NASA la envió al espacio con un complicado plan, haciendo uso de los campos gravitacionales de otros planetas y lunas, para acelerar y maniobrar hasta llegar a *Júpiter*. El viaje tomará seis años en lugar de los dos y medio originalmente planeados y costará más de 1 000 millones de dólares.

RUTA DE LA SONDA GALILEO

Primero fue enviado hacia Venus donde llegó el 9 de febrero de 1990 y con la aceleración suministrada regresó a la Tierra (8 diciembre de 1990), su gravedad la impulsó a dar una gigantesca vuelta al Sol hacia el Cinturón de Asteroides, pasando a 960 Km de *Gaspra*, el 29 de octubre de 1991, realizó observaciones y maniobras para nuevamente acercarse a la Tierra el 8 de diciembre de 1992, su órbita elíptica se alargará y aumentará su velocidad de 127 000 Km/h a 139 250 Km/h para llegar finalmente a *Júpiter* el 7 de diciembre de 1995.

GALILEO se dividirá en dos, por una lado el *Orbitador* que provisto de 16 instrumentos, girará en torno a *Júpiter* tomando imágenes mil veces más cercanas y de gran resolución que las enviadas anteriormente por las Sondas *Pioneer* y *Voyager*, a lo largo de 22 meses. Cinco meses después de alcanzar su objetivo, la sonda GALILEO, soltará una nave cónica de 337 Kg, que descenderá y penetrará su turbulenta atmósfera a 184 000 Km/h, usará un sistema de freno aerodinámico, arrojará escudos contra el calor y flotará bajando hasta 200 Km, antes de ser aplastado

por la presión atmosférica, solo soportará unos 75 minutos, que usará para enviar datos al *Orbitador GALILEO*, que retransmitirá a la Tierra.

Esta información se enviará mediante una antena parabólica de casi 5 m. de diámetro hasta los tres *Centros de Seguimiento: de California, Madrid y Australia.*

Después de ponerse en órbita alrededor de *Júpiter* con la ayuda de la gravedad del *Satélite Io*, *GALILEO* se pasará casi dos años estudiando el planeta y sus lunas. Realizará 10 largas órbitas que serán alteradas al pasar por cada uno de los mayores satélites jovianos, y la acelerarán más hacia las otras órbitas.

GALILEO ESTADOS UNIDOS

Lanzamiento: 18 de octubre de 1989.
Distancia recorrida: 17 millones de kilómetros.
Misión: Fotografía la Luna, Júpiter y el espacio de este año se acercará al planeta Júpiter. En diciembre de 1994 sobrevolará Júpiter y orbitará una década en su atmósfera. Después, durante dos años, se inspeccionará la órbita de los satélites más grandes del sistema solar para estudiar sus movimientos. Será el primer Cometa y Europa.

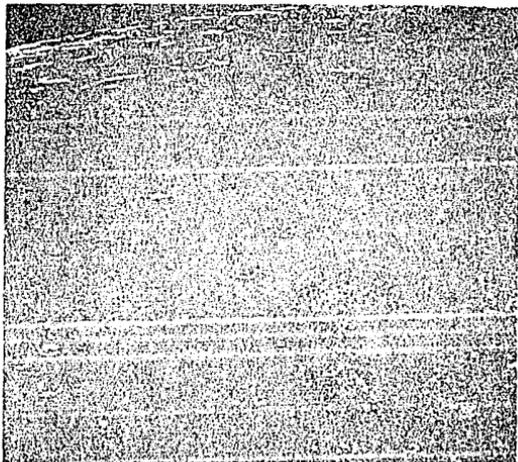
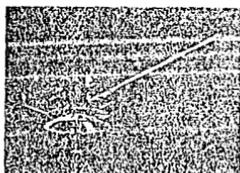


Fig. 48 SONDA GALILEO. Lanzada el 18 de octubre de 1989. Su misión es estudiar a Júpiter y sus lunas.

Información proporcionada por el Laboratorio de Propulsión a Chorro de Pasadena, California, indican que LA SONDA GALILEO Y LA VOYAGER II, permitirán ver la "Gigantesca colisión del Cometa Shoemaker-Levi 9 y JUPITER", en el mes de julio de 1994. Esta liberará energía equivalente a miles de bombas atómicas.

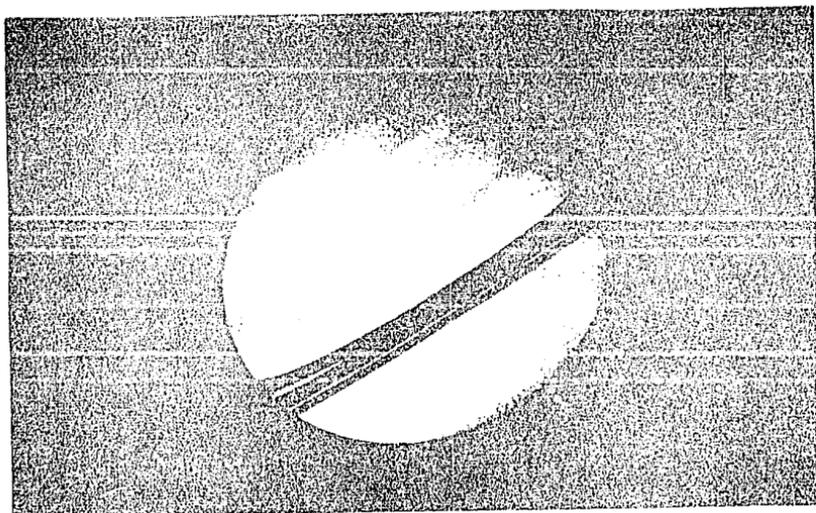
LA SONDA GALILEO tendrá una posición ventajosa para presenciar el impacto. Hace un año dicho Cometa, se aproximó más a Júpiter y sufrió fragmentaciones; el 21 de julio sus restos se precipitaron sobre la superficie del planeta durante casi 6 días.

8.2 S A T U R N O

Fig. 49

FOTOGRAFIA DE SATURNO

obtenida por el VOYAGER I, el 18 de octubre de 1980
a una distancia de 34 millones de kilómetros.



S A T U R N O

SATURNO es el segundo planeta más grande del Sistema Solar. Es observable a simple vista desde la Tierra como una estrella de 1a. magnitud. Fue conocido desde la antigüedad, Galileo Galilei hizo las primeras observaciones entre 1609- 1610, y lo confundió con un planeta triple; En 1956 Huyghens explicó su curioso aspecto, suponiendo a Saturno rodeado de anillos.

SATURNO es bastante similar a Júpiter; ambos son enormes planetas gaseosos, con atmósferas muy densas, gran número de satélites, sistemas de anillos, movimiento de rotación, composición química, y superficie formada por nubes agrupadas en bandas claras y oscuras. SATURNO se vé más amarillento y débil que Júpiter.

Su órbita alrededor del Sol es enorme, el año sideral equivale a más de 29 años terrestres, y por su distancia casi no recibe luz ni calor solar, al igual que Júpiter, Saturno devuelve al espacio más energía de la que recibe. Su rotación la realiza en 10 horas 14 minutos, lo que ha provocado que tenga un gran achatamiento polar y forma elipsoidal, que se acentúa por ser gaseoso.

El análisis espectroscópico de la luz que refleja ha permitido identificar en su gruesa atmósfera la presencia de metano, hidrógeno molecular, etano y otros compuestos orgánicos. En ella las franjas de nubes oscuras y claras se mueven a velocidades de 1 800 Km/h.

La detección de ondas de radiofrecuencia indicaron que el planeta poseía un campo magnético (más débil que el de Júpiter).

SATURNO se encuentra inclinado 27° respecto a la eclíptica, y sus anillos presentan diversos aspectos durante su traslación, debido a que reciben cierta cantidad de la luz reflejada por el planeta, nunca desaparecen por completo al ser observados telescópicamente. El sistema anular aunque es muy extenso mide 272 000 Km de diámetro es también muy fino su espesor no es mayor de 16 Km.

(Ver cuadro 1. LOS PLANETAS)

8.2.1 PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE SATURNO

PIONEER Y VOYAGER

El Pioneer 11, llegó a sus cercanías en septiembre de 1979 y en 1981, lo lograron las Voyager I y II. La información que proporcionaron permitió corroborar las semejanzas entre Júpiter y Saturno, y estudiar ampliamente las lunas saturnianas.

Entre los principales descubrimientos están los siguientes:

1. Saturno tiene un núcleo sólido (rocoso) de unos 20 000 Km de diámetro, compuesto de hierro, silicatos y hielo, rodeado de hidrógeno líquido metálico (8 000 Km) y posteriormente lo cubre una capa de hidrógeno molecular y helio.
2. La atmósfera de Saturno está constituida por densas nubes de hidrógeno y helio, con temperaturas inferiores a los 180° bajo cero (que se deben principalmente a las diferencias de los cambios estacionales tan largos).
3. Se presentan intensas tormentas ciclónicas, con fuertes vientos de cientos de Km de extensión.
4. Saturno posee una fuente interna de energía, ya que irradia más energía de la que recibe del Sol; así como un campo magnético que emite radiaciones muy fuertes.
5. Sus anillos están constituidos por fragmentos individuales de hielo y roca, que al desplazarse entre sí, dan la apariencia de ser muy compactos y sólidos. Viajan a diferentes velocidades, los más cercanos a la superficie van más rápido, que los situados en el exterior. Son muy brillantes y están bien diferenciados, se les han denominado con letras y su colocación es la siguiente: D, C, B, A, F, G y E, siendo el D el más cercano y el E el más alejado.

El anillo D ha sido observado desde la Tierra y también por la Voyager I, el anillo C está compuesto por cientos de minianillos de



Fig. 51 ESTRUCTURA DE LOS ANILLOS DE SATURNO. Las fotografías de alta resolución enviadas por las Voyager I y II, muestran la complejidad de los anillos que forman 7 grupos, puede observarse 95 subanillos, así como pequeños satélites.

Fig. 50

VOYAGER II EN SATURNO.

Verificó los datos obtenidos por la Voyager I como la existencia de miles de anillos, así como que Titán es la única luna que tiene atmósfera.

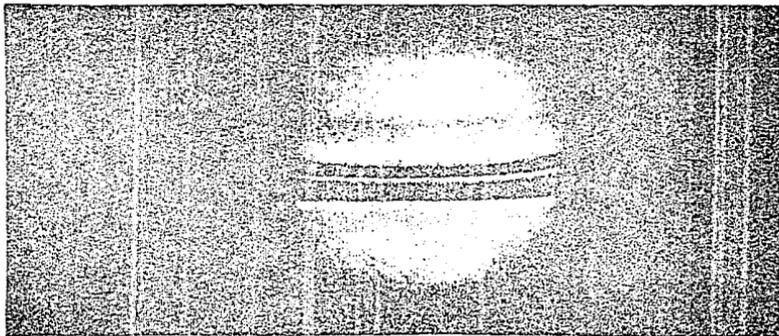


Fig. 52 Fotografía obtenida por el PIONEER 10, a 2 579 000 Km de Saturno, donde los anillos no se ven, ya que difunden la luz y su aspecto aparece negativo en las fotografías habituales.

fragmentos de hielo y roca de 1 m. de diámetro, es casi transparente; el anillo B muestra misteriosos rayos radiales que rotan en sincronía con Saturno. El anillo A es el más delgado (150 m. de espesor), visible desde la Tierra. Entre el A y el B está la "Division Cassini" formada por minianillos más densos. Separado del siguiente por la "Division Francesa". El anillo F presenta una extraña estructura trenzada, y el anillo G es estrecho y difuso tal vez formado por fuerzas gravitacionales de las lunas pequeñas. Los Voyager tomaron 18 500 fotografías de Saturno y sus anillos.

6. Los Voyager descubrieron un "Anticiclón" en el Hemisferio Norte, que es una zona de altas presiones, muy parecida a la Gran Mancha Roja de Júpiter.

7. Fotografiaron a sus 17 Satélites:

Atlas	Prometeo	Pandora	Janus	Titán
Epimeteo	Mimas	Encelado	Tetis	
Telesto	Calipso	Dione	Helene	
Rhea	Hyperion	Japeto	Phoebe	

Titán, que es el mayor de los satélites de Saturno y el segundo de los del Sistema Solar (el mayor es Ganimedes de Júpiter) y el único que posee atmósfera. El 12 de noviembre de 1980 el Voyager I pasó a 7 000 Km de él y pudo analizarla. Descubrió que es 4.6 veces más densa que la terrestre compuesta de nitrógeno, carbono, metano, argón, ácido cianhídrico y oxígeno, componentes que podrían dar origen a algunas moléculas orgánicas. Calcularon que tendría temperaturas de -180° C.

Es posible que Titán tenga grandes cantidades de metano líquido y posiblemente océanos, que lo convertiría en otro lugar fuera de la Tierra, con líquidos en su superficie. Se produce en su superficie un "Antiefecto invernadero" ya que la luminosidad solar se absorbe a nivel de la alta atmósfera en una capa de niebla muy densa (de 100 a 500 Km de altura), pero deja pasar las radiaciones térmicas infrarrojas, esto hace que se reduzcan las temperaturas.

Las Voyager vieron en Dione una superficie caracterizada por sinuosos valles, probablemente enormes fracturas en la costra helada de su superficie y cráteres.

Encelado, es un satélite que debe contener algunos volcanes, su superficie es relativamente suave.

Tetis, tiene un contraste de brillo de un hemisferio a otro.

Mimas, se encuentra densamente salpicado de cráteres, uno de ellos es enorme, donde se levanta una montaña de unos 6 Km de alto. Se cree que su superficie es muy antigua.

Rhea, está totalmente cubierto de cráteres meteóricos, tiene una estructura filamentososa, es muy similar a la Luna o a Mercurio.

LA SONDA CASSINI

En 1996 está previsto el lanzamiento de la Sonda Cassini, la cual llegará a Saturno en el año 2002. Esta misión será enviada por los Estados Unidos (NASA) con la finalidad de estudiar Saturno y principalmente a su satélite Titán.

La Sonda Cassini pasará junto a Júpiter antes de llegar a Saturno, lo que permitirá hacer otras observaciones de este planeta.

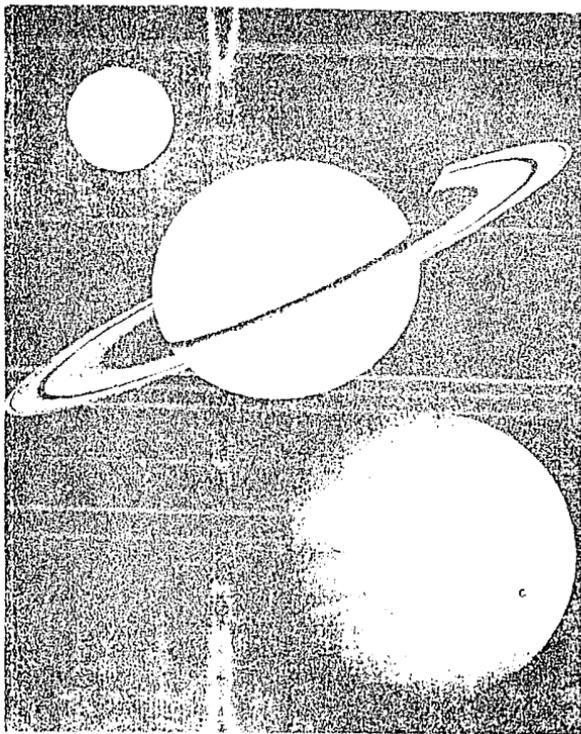
Entrará en órbita alrededor de Saturno, estudiará durante 4 años al planeta, sus anillos y sus lunas. Allí lanzará una sonda secundaria llamada Huygens, que se zambullirá en las nubes de Titán hasta llegar a su superficie.

Los nombres se les dieron en honor a los astrónomos del siglo XVII, *Giovanni Cassini* y *Christian Huygens* que dedicaron gran parte de sus vidas al estudio de Saturno.

8.3 URANO

Fig. 53

URANO en el extremo superior, se ve disminuido al ser comparado con Saturno (centro) y Júpiter .



8.3 URANO

Urano es el séptimo planeta del Sistema Solar y el primero descubierto con telescopio por William Herschel el 13 de marzo de 1781. Lo confundió con un pequeño cometa, poco tiempo después fue identificado como tal, al calcular su órbita. Su brillo aparente resulta tenue como el de una estrella de 5a. magnitud.

Se encuentra a una distancia media de 19.2 U. A. y recibe 368 veces menos energía que la Tierra.

Su órbita es casi circular y completa una vuelta alrededor del Sol en 84 años. Su rotación es muy rápida (11 horas) y retrógrada.

Una de las propiedades notables de Urano, es la inclinación de su eje de rotación más de 82 grados, lo que produce que sus cambios estacionales sean muy marcados.

(Ver tabla 1. Los Planetas)

Urano tiene hidrógeno, helio y en su interior, oxígeno, nitrógeno, carbono, silicio y hierro. Se piensa que el interior debe estar constituido por un núcleo de silicatos y de hielo de unos 16 Km. de diámetro, cubierto por hielo de 8 Km de espesor.

La superficie debe ser de hidrógeno líquido molecular, y se forman nubes densas en su parte superior. Urano tiene apariencia verdosa debido a las nubes atmosféricas constituidas de hidrógeno, helio y metano.

En mediciones realizadas en 1966 y 1977 se observó un aumento gradual de la temperatura de su superficie de -113° C en 1966 a -56° C en 1977, lo que indica un incremento significativo y sorprendente en el calentamiento, el cual no se sabe si es cíclico, o una situación especial.

El 10 de mayo de 1977 utilizando el *método de las ocultaciones*, se descubrió alrededor de Urano un sistema de 9 anillos (semejante al de Júpiter) y se estudió la curva de luz de la estrella SAO 158 687, para conocer la opacidad de su atmósfera.

8.3.1 PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE URANO

EL VOYAGER II.

La nave *Voyager II* (*Viajero 2*), utilizando el impulso de la fuerza gravitacional de Saturno, ha sido la única que llegó a Urano el 24 de enero de 1986.

Entre los principales descubrimientos están:

1. La observación de un sistema de 10 anillos, 9 de ellos muy delgados, oscuros, y bien definidos (ya conocidos por el método de las ocultaciones), y uno más débil (bautizado como 1986 U1R), que lo rodean en su zona ecuatorial, pero debido a la inclinación del planeta dan la apariencia de ser casi verticales. Utilizando ondas de radio que rebotan en los anillos descubrió que están constituidos por miles de rocas de casi 1 m. de diámetro que rotan más o menos cada 8 horas.

2. La presencia de un campo magnético que se extiende por millones de kilómetros a su alrededor, bastante intenso y con la particularidad de que no está alineado con los polos de rotación.

En Urano el polo sur magnético está a 55 del polo norte geográfico.

3. Confirmó temperaturas muy bajas en la zona visible de la atmósfera (-210°C), y curiosamente se observó muy poca diferencia entre el polo sur iluminado frontalmente por el Sol, y el ecuador en un continuo crepúsculo.

4. Su atmósfera tiene 8 500 Km de espesor y observó nubes que giraban más rápido en el interior del campo magnético (17 h 24 m), formadas de metano, amoníaco y agua; que las del exterior (16h 09 m), de hidrógeno y helio.

5. Encontró que Urano tiene vientos que se mueven a 375 Km/h.

6. Fotografió a las cinco lunas conocidas de Urano y descubrió otras diez, cuyos nombres son:

Cordelia	Ofelia	Bianca
Cressida	Desdemona	Julietta
Portia	Rosalinda	Belinda
Puck	Miranda	Ariel
Umbriel	Titania	Oberon

De ellas, Miranda es la más curiosa, tiene enormes cañones rocosos de hasta 20 Km. de profundidad, y se cree se formó por la fusión de varias lunas que se desintegraron en una colisión.

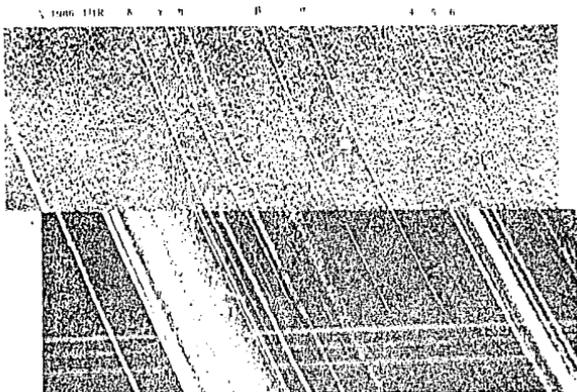


Fig. 54

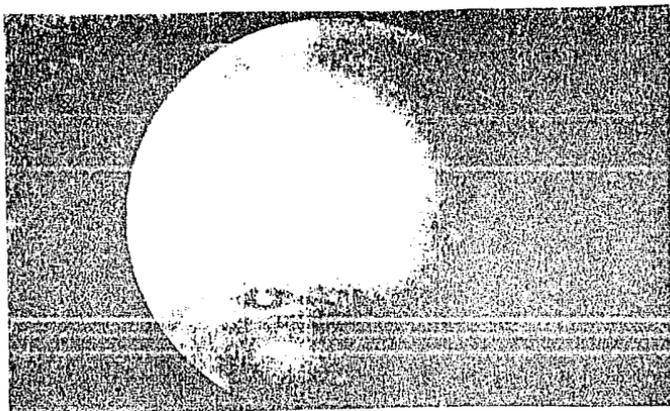
ANILLOS DE URANO. Un día antes de llegar el Voyager II a Urano se podían ver sus 9 anillos (foto superior), pero descubrió un décimo bautizado como 1986 UIR. La foto inferior muestra los anillos iluminados por detrás, cuando la nave se alejaba del planeta; nótese la diferencia entre las dos fotos pese a estar bien alineadas.

8.4 NEPTUNO

Fig. 55

IMAGEN DE NEPTUNO

obtenida por el VOYAGER II el 24 de agosto de 1989.



8.4 NEPTUNO

NEPTUNO octavo planeta del Sistema Solar y el cuarto de los gigantes gaseosos, era desconocido hasta que empezaron a observarse extrañas perturbaciones en el movimiento orbital de Urano. El inglés J. C. Adams y el francés Le Verrier, ambos por separado, calcularon la posición del planeta; en 1846 los cálculos de Le Verrier fueron enviados al Observatorio de Berlín, donde J. Galle y H. D' Arrest iniciaron la investigación y en septiembre de ese año lo encontraron.

La órbita de NEPTUNO es tan grande que no la a completado desde que fue descubierto (tarda más de 164 años), aún cuando se mueve a 19 800 Km/hr.

Es muy parecido a Urano, tiene diámetros, masas y atmósferas muy semejantes en densidad y composición.

En 1968, NEPTUNO ocultó una estrella la: BD- 17 4 388, y por el método de ocultación, observaciones hechas en Australia permitieron determinar el diámetro de 49 200 Km. para el planeta, mismo que sirve para calcular la densidad y composición química.

NEPTUNO tiene una apariencia verdosa por su atmósfera densa y abundante en metano, hidrógeno y helio. Debe poseer un núcleo rocoso cubierto de hielo, y en su superficie debe abundar el hidrógeno líquido molecular y el helio.

NEPTUNO radia tres veces más energía que la que recibe, así que debe tener una fuente interna de energía como Júpiter y Saturno; mientras que Urano no la tiene.

PROYECTOS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DE NEPTUNO

VOYAGER II.

El 5 de junio de 1989 inició la fase de Observación previa a su encuentro más cercano con Neptuno. El 24 de agosto de 1989 después de un viaje de 12 años de duración el *Voyager II* culminó exitosamente su misión de explorar los planetas exteriores del Sistema Solar (excepto a Plutón).

El *Voyager II* (*Viajero 2*), sobrevoló Neptuno a solo 500 Km de su superficie, acercamiento mucho mayor que el que tuvo con los demás planetas, y que contribuyó a obtener más conocimientos sobre este planeta. A continuación enumero lo más sobresaliente:

1. Pudo fotografiar su helada y gruesa capa atmosférica en la que se descubrió un *Ciclón* bautizado como "la gran mancha azul" (por su similitud a la Gran Mancha Roja de Júpiter), situada en el hemisferio sur. Esta turbulencia es producida por una fuente de calor interna.

2. También pudo captar enormes Tormentas en la Atmósfera, bandas horizontales, claras y oscuras, que se deben a los movimientos de las nubes que bajan a la superficie y que suben de ella, girando al mismo tiempo que Neptuno.

3. Descubrió cinco anillos (tres de los cuales ya habían sido detectados parcialmente desde la Tierra), que están formados por polvo de hielo y rocas opacas, muy tenues y difíciles de detectar.

4. También encontró seis nuevas lunas, se conocían sólo: *Tritón* y *Nereida*, todas de dimensiones muy pequeñas y cubiertas de hielo, sus nombres son:

Naiada	Talasa	Despoina
Galatea	Larisa	Proteo

El *Voyager II* centró gran parte de su atención sobre uno de sus satélites, *Tritón*.

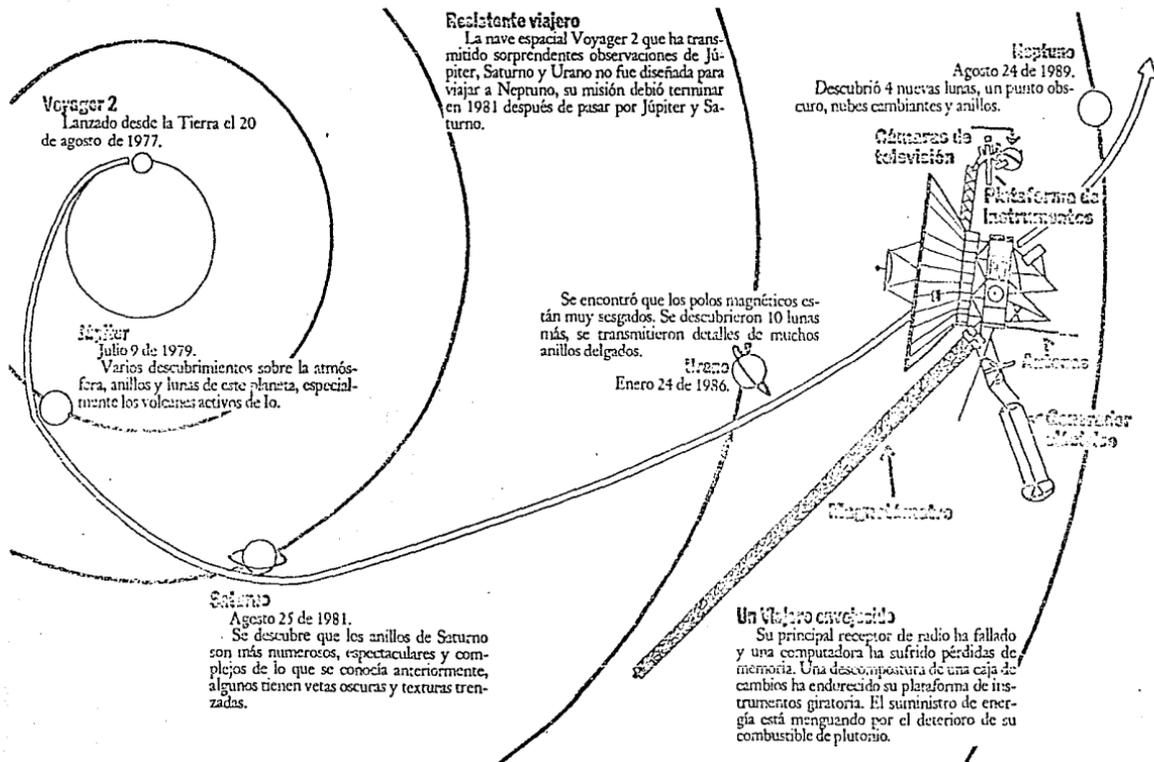


Fig. 56

TRAYECTORIA DE LA SONDA VOYAGER II, desde su lanzamiento (20 de agosto de 1977) hasta su última para en Neptuno (24 de agosto de 1989).

Entre sus descubrimientos están:

- Calculó la distancia que lo separa de Neptuno en 354 600 Km.
- Tritón posee una rotación retrógrada respecto al planeta, que lo llevará en el futuro a sumergirse en su superficie.
- Tritón resultó ser un satélite de colores: tiene mares de nitrógeno líquido, unos son de color rosa y otros de metano, de color azul agua, que caracteriza a Neptuno.
- En su superficie se descubrieron *Conos volcánicos apagados*, que se deben sumergir en ella, pues su suelo es de hielo.
- Lo más impresionante fue que al estudiar fotografías estereoscópicas de su superficie, encontraron un *Volcán Activo*, que arroja nubes de hidrógeno con cristales de carbono. La erupción alcanzó los 8 Km.
- Tritón presenta rasgaduras superficiales probablemente de glaciares.

El *Voyager II* pasó a 4 665 000 Km de la otra luna conocida, Nereida.

Después de haber visitado Neptuno, la sonda *Voyager II*, se alejó del planeta en dirección perpendicular al plano del Sistema Solar. Se cree que seguirá enviando señales durante 13 años más, principalmente de la composición química y condiciones del viento solar, sobre campos magnéticos y los trazos ultravioletas entre las estrellas.

8.5 PLUTON

8.5 PLUTÓN

Plutón es el planeta menos conocido del Sistema Solar, su diámetro no se puede medir directamente, sin embargo se le considera el menor de todos y el más distante del Sol; incluso fotografiado con los mejores telescopios, no presenta detalles.

Los astrónomos dedujeron su existencia por las alteraciones orbitales de Neptuno, el 21 de enero de 1930, C. W. Tombaugh lo descubrió indirectamente. Por su lejanía solo recibe 1/ 1667 veces la luz y el calor que la Tierra recibe del Sol.

En 1977 se logró detectar su atmósfera compuesta esencialmente de metano (CH₄) gaseoso y su superficie cubierta de metano congelado.

En 1978 fue descubierto un satélite, *Caronte*, que gravita a 19 000 Km de Plutón. Ese hallazgo ha permitido calcular con mayor aproximación su diámetro, masa y densidad; pero principalmente descartar la idea de que había sido un satélite de Neptuno.

El Dr. George Hull (del *Jet Propulsion Laboratory* de los Estados Unidos), calculó observando el Sistema *Plutón- Caronte* con el telescopio Hubble, que su masa es 460 veces menor que la terrestre y la de *Caronte*, 12 veces menor que la de Plutón. Su densidad se estima entre 1.8 y 2.1 gr/cms y la de *Caronte* 12 veces menor. (ver tabla 1. Los Planetas)

El período orbital de *Caronte* es de 6.39 días, igual al período de rotación de Plutón, y su órbita está inclinada 65° respecto a la órbita de Plutón. Aparentemente los movimientos de Rotación y Traslación de *Caronte* coinciden a causa de las enormes fuerzas de marea que ejerce el planeta sobre él y que lo ha ido frenando.

La órbita de Plutón es la más excéntrica de los 9 planetas y la más inclinada respecto a la eclíptica, por lo que puede acercarse más al Sol que Neptuno (observable desde 1978 hasta 1998), y nunca podría haber una colisión entre ellos, ya que por la inclinación orbital la mayor aproximación sería de 2 200 millones de Km.

Existen teorías como la del Dr. Alexander Tutukov de Rusia, que sugiere que el Sistema Plutón- Caronte todavía está en formación, y sigue capturando rocas cercanas. Tales rocas serían semejantes al "QB1", un fragmento de unos 200 Km de diámetro, compuesto principalmente por hielo, descubierto en 1992.

Hasta el presente y debido a su alejamiento, las incógnitas que plantea Plutón seguirán y ésta situación continuará por bastantes años, pues no se planea enviar ninguna nave exploradora a ese planeta y aunque viajara a 50 mil Km/hr , tardaría más de 10 años en acercarse a él.

8.6 PLANETA X

8.6 PLANETA X

Los astrónomos creen en la existencia de un décimo planeta denominado: PLANETA X, demasiado alejado y oscuro para ser detectado ópticamente, su descubrimiento sólo será posible mediante métodos indirectos.

La perturbación de las trayectorias de las Sondas Espaciales: *Pioneer* y *Voyager*, es el indicador de la presencia de un cuerpo masivo, sin embargo no se ha detectado.

Urano y Neptuno describen órbitas irregulares, que son atribuidas a la existencia de un planeta más allá de las fronteras de nuestro sistema planetario.

Cuando en 1930 se descubrió Plutón, se pensó que era el PLANETA X, pero se comprobó que su masa (250 veces menor que la terrestre), era demasiado pequeña para influenciar a sus planetas vecinos, y continuó la búsqueda del PLANETA X, quién debería tener una masa cuando menos seis o siete veces mayor que la de la Tierra.

El PLANETA X, podría estar a gran distancia o seguir una trayectoria más inclinada respecto a la eclíptica que el mismo Plutón. Si ésta inclinación fuera de casi 90 grados, el planeta sólo se acercaría una vez cada 1 000 años, haciendo muy difícil su localización.

En la búsqueda del PLANETA X, en los límites de nuestro Sistema Solar, a unos 6 000 millones de Km., los norteamericanos *David Jewitt* y *Jane Luu*, de la Universidad de Hawaii, descubrieron un planetoides de 200 km. de diámetro, al que denominaron: "Smiley", y en términos astronómicos es 1992 QB1.

9. METEORITOS O ASTROLITOS

La palabra METEORITO se emplea para designar objetos sólidos procedentes del espacio, que son atraídos hacia la superficie de los planetas y satélites sin haberse desintegrado.

Son tan pequeños que fuera de la atmósfera resultan invisibles; pero al atravesarla describen trayectorias rectilíneas que dejan estelas luminosas que desaparecen en cortos lapsos de tiempo.

El término ASTROLITO también se usa para denominarlos pero haciendo referencia a su composición.

Pertenecen al Sistema Solar y describen órbitas regulares alrededor del Sol. La mayoría avanzan con velocidades de 15 hasta 75 Km/seg.

Para algunos científicos, son polvo cósmico o masa remanente de cuando se originó nuestro Sistema planetario. Para otros proceden de la desintegración de planetas o cometas.

Cuando un METEORITO entra a la atmósfera de la Tierra se vuelve incandescente, debido al calor producido por la compresión de capas de aire que va empujando en su camino.

En forma general a los METEORITOS se les clasifica en tres grupos:

A. ESTRELLA FUGAZ

Son puntos luminosos que aparecen súbitamente en el firmamento y que después de recorrer una trayectoria más o menos amplia, desaparecen describiendo o no un trazo luminoso.

B. BOLIDO

Son los grandes pedazos de roca (de 3 ton o más) que caen lentamente atravesando la atmósfera, y por la resistencia del aire, hacen explosión dejando detrás, una estela luminosa producto de los vapores y cenizas desprendidas, pueden observarse durante algunos segundos o a veces minutos.

C. AEROLITO, SIDERITO, SIDEROLITO O METEORITO.

Se produce cuando los BOLIDOS, son de tamaño tan considerable, que no alcanzan a consumirse en su recorrido a través de la Atmósfera y caen a la superficie. En ocasiones estallan en el aire se desintegran y sus restos llegan al suelo. Sus diferentes nombres se deben a su composición metálica predominante. En los AEROLITOS predominan los silicatos; en los SIDERITOS, las aleaciones de ferroníquel; y en los SIDEROLITOS las aleaciones de ferroníquel y silicatos. Todos los elementos que los forman se encuentran en la Tierra.

Se han hallado y analizado numerosos METEORITOS, en algunos casos ha sido posible recuperarlos casi inmediatamente a su caída. Su tamaño varía desde milímetros hasta metros y así también su peso, que llega a ser de algunas toneladas. Algunos son capaces de formar profundos cañones y grandes CRATERES METEORICOS, o bien provocar grandes accidentes y problemas por lo cual se les denomina ASTROBLEMAS.

Los mejores ejemplos de ellos son: EL METEOR CRATER, en Arizona y el WOLF CREEK CRATER de Australia.

El mayor meteorito que se conoce es el de HOBA WEST, cerca de Grootfontein, en Suráfrica, pesa más de 60 toneladas, y se encuentra donde cayó en tiempos prehistóricos. Es rico en níquel (16%).

Le sigue en tamaño el meteorito de AHNIGHTO, descubierto por el norteamericano Peary en Groenlandia, y se exhibe en el Planetario Hayden de Nueva York; su peso es de 37 toneladas y es de ferroníquel.

Los podemos encontrar en todo el mundo, como el de BACUBIRITO, en Sonora de 27.5 Ton.; o el de BRASIL de 25 toneladas.; o el de WILLAMENTLE en EE.UU. A. de 15.5 ton. En el Colegio de Ingenieros, en esta ciudad, se conservan algunos, los tres mayores pesan 14. 6.7 y 3.3 toneladas.

El METEORITO más destructivo de la historia ha sido el de TUNGUSKA en Siberia, que en 1908 cayó en una región boscosa, destruyendo todo en un radio de varios kilómetros, sin embargo no hay restos de cráter y se escucha sobre su origen. Se piensa fue un pequeño cometa que se rompió antes de llegar a la superficie. Sin embargo la caída de grandes meteoritos es muy rara.

LLUVIAS METEORICAS O ENJAMBRES METEORICOS

En ciertas épocas del año, se pueden observar la caída de centenares o millares de meteoros en el transcurso de algunas horas, a éste espectáculo se le denomina de "Lluvias meteóricas, Lluvias de estrellas o Enjambres meteóricos".

Cuando la tierra realiza su movimiento de Traslación alrededor del Sol, y cruza con alguna acumulación de meteoritos, éstos penetran en gran número a la atmósfera y producen dicho fenómeno.

Estas acumulaciones de meteoritos forman anillos, cuyas órbitas tienen inclinaciones diversas, por lo cual no siempre coincide la Tierra a atravezarlas. Las lluvias meteóricas que se repiten anualmente podrían deberse al paso de nuestro planeta por zonas de restos cometarios o de pequeños asteroides.

Estas lluvias reciben el nombre de las constelaciones en donde se localiza el "radiante" o punto de radiación: los meteoritos parecen venir de un punto (por la perspectiva), pero en realidad cada uno dista muchos kilómetros de otro.

Los cometas constituyen una fuente de polvo interplanetario y en consecuencia de meteoritos. Es común que al comparar las órbitas de algunos cometas, coinciden con las de algunas lluvias meteóricas periódicas.

(ver cuadro 5. Lluvias Meteóricas más importantes)

10. COMETAS

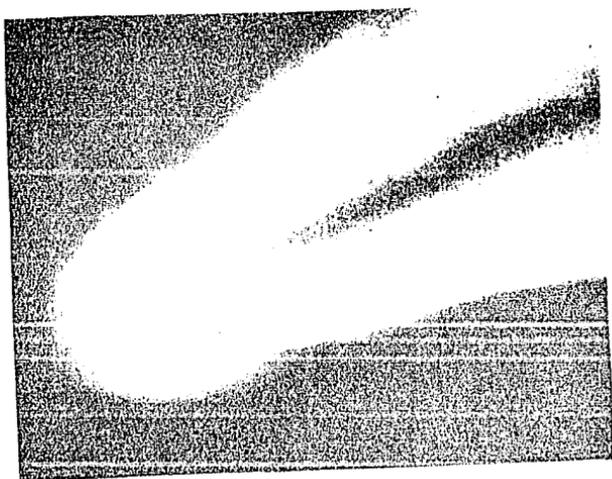


Fig. 57 IMAGEN DEL COMETA HALLEY.

10. COMETAS

Los COMETAS son pequeños cuerpos sólidos que giran alrededor del Sol, describiendo órbitas elípticas y parabólicas muy alargadas. Las primeras las describen los COMETAS que se acercan periódicamente al Sol, y las segundas, solo una vez y se alejan para siempre.

Los COMETAS no pueden observarse durante la mayor parte de su vida, sólo cuando reciben la radiación solar y toman su aspecto característico.

La teoría más aceptada del origen de los COMETAS, es la del astrónomo holandés J. H. Oort, en 1950, quien sostiene que existe una región situada a más de 10 000 millones de Km, llamada: NUBE DE OORT, que rodea a nuestro Sistema Solar que esta formada por remanentes de la nube de gas y polvo que le dió origen. Estos restos debieron solidificarse aisladamente hasta formar fragmentos cubiertos de hielo, amoníaco y metano. Ahí permanecen inactivos o congelados mas de 100 000 millones de núcleos cometarios, hasta que son perturbadas sus órbitas por el paso de una estrella y entran al campo gravitacional de alguno de los planetas exteriores o del Sol.

Los COMETAS poseen un Núcleo sólido cubierto por polvo cósmico congelado (con un diámetro de 5 a 50 Km), el cual al recibir la energía solar, volatiliza sus materiales formando una nube difusa que es la *Cabellera*; y la *Cauda* o *Cola*, que puede tener dimensiones de hasta mas de 300 000 millones de km, formas variadas (rectilínea, curva, doble, múltiple, en abanico) y baja densidad. Esta se extiende en sentido contrario a la dirección del *Viento Solar*, y crece a medida que el núcleo disminuye. Su brillo se debe a que los gases (metano y amoníaco), se ionizan provocando luminosidad tenue, además, la luz del Sol se refleja en las partículas sólidas de la *Cauda*. En ocasiones, puede verse la *Barba*, que precede al núcleo.

Debido a la gran distancia y a que su movimiento de traslación en la *Nube de Oort* es sólo de 0.1 Km/seg, éstos núcleos cometarios tardan 30 millones de años en dar una vuelta alrededor del Sol. Solo unos son los que llegan a rebasar la órbita de Plutón y se integran al

Sistema Solar. Con el tiempo, llegarán a desintegrarse, ya que en cada acercamiento al Sol pierden materiales que los forman; o bien se pueden dividir en dos o más cuerpos pequeños, por la tensión que provoca la fuerte atracción gravitatoria solar (como le sucedió al Cometa Biela). Los COMETAS al desintegrarse, dan origen a lluvias de meteoritos.

El movimiento de los COMETAS desconcertó por mucho tiempo a los astrónomos, quienes los han observado desde la antigüedad. No todos brillan, ni todos presentan cauda; la mayoría se presentan como borrosas manchas de luz.

Las órbitas cometarias pertenecen a tres tipos principales, de lo que los Cometas pueden ser:

de *Periodo Corto*: Recorren su órbita en unos años y su reaparición es predecible. Ej. *Encke* (cada 3.3 años).

de *Periodo largo*: Recorren su órbita en muchos años y es difícil predecir su regreso al Sistema Solar. Ej. *El Halley*

de *Periodo Intermedio* Recorren su órbita en tiempos más o menos cortos. Ej. *Cromwell* (cada 27 años).

Algunas órbitas se hallan muy inclinadas respecto a la eclíptica, y ciertos cometas como el *Halley*, (que regresa cada 76 años), tienen un movimiento retrogrado.

A los cometas se les atribuyeron fenómenos dañinos y calamidades, pues llegaban a coincidir con el paso de alguno de ellos. Actualmente se conoce que las escasas moléculas de gas venenoso (cianogeno y monóxido de carbono) de sus caudas, no podrían contaminar en gran forma la atmósfera terrestre; además la masa de un cometa por unidad de volumen, es muy pequeña.

10.1 LA INVESTIGACION DE LOS COMETAS

El número de COMETAS que aparecen cada año en el firmamento es, en promedio de 8 a 15, sin embargo su descubrimiento muchas veces, sucede por casualidad al observar una placa fotográfica expuesta con otro fin. De vez en cuando un COMETA es visible a simple vista y en pocas ocasiones alcanza dimensiones enormes. De ellos, un tercio son nuevos descubrimientos, y los restantes son reapariciones de cometas conocidos.

Al aparecer un cometa, se le asigna como nombre provisional el año del descubrimiento seguido por una letra que indica el orden en que fue identificado; luego adopta una nomenclatura permanente, una vez que se calculó el tiempo del perihelio, se designa al COMETA por el año del pasaje por el perihelio, más un número romano que indica su orden entre los cometas que lo alcanzaron en ese año. Ej. el Cometa Halley, en su aparición en 1909 se le llamó: '1909c' y luego 1910 II, esto significa que fue el tercer cometa descubierto en 1909, y el segundo en llegar al perihelio en 1910.

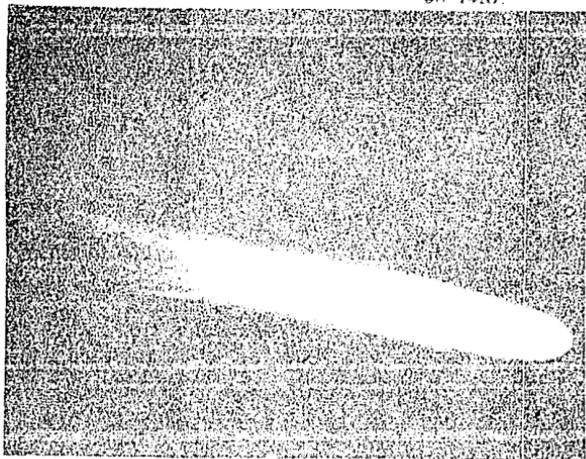
Algunos cometas llevan, mas tarde, el nombre del astrónomo que los estudió o del matemático que calculó su órbita.

EL COMETA HALLEY

En 1682 Edmund Halley (astrónomo inglés), descubrió el Cometa que hoy lleva su nombre, aplicó la Ley de la gravitación universal a su movimiento, y encontró que viajaba en el espacio de acuerdo a ella. También advirtió que los cometas observados en 1607, 1531 y 1456 seguían el mismo comportamiento. Halley predijo que regresaría en 1758. (76 años después), y así sucedió aunque alcanzó su mayor brillo en 1759.

El Cometa Halley ya fue visto en la antigüedad y ha reaparecido muchas veces. Su acercamiento sucedido en 1910 fue uno de los más espectaculares, pero el último de 1986 aunque no fue tan impresionante, fue importante para el mundo científico, ya que fue interceptado por varias sondas espaciales, que lo fotografiaron y estudiaron.

Fig. 58 EL COMETA HALLEY
en 1910.



El cometa Halley

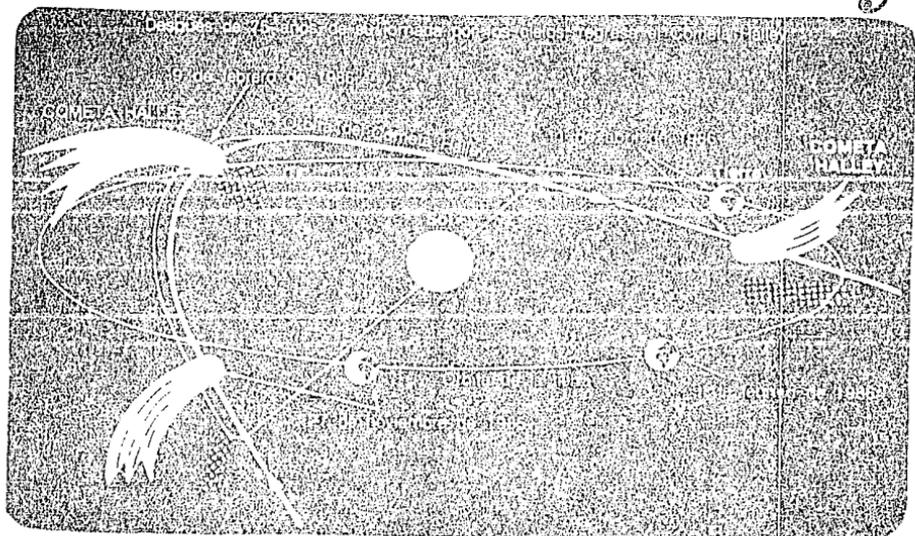


Fig. 59 TRAYECTORIA DEL COMETA HALLEY en su acercamiento
en 1985-1986.

10.2 SONDAS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO DEL COMETA HALLEY

Durante el mes de marzo de 1986, principalmente la noche del 13 al 14, el COMETA HALLEY en su paso 290. frente al Sol (periplo que realiza cada 76 años), tuvo el encuentro con Sondas Espaciales enviadas por: Japón, la entonces Unión Soviética, La Agencia Espacial Europea y los Estados Unidos.

Algunos de los objetivos comunes son los siguientes:

- a) Determinar la naturaleza del Núcleo y la cantidad de materia que lo compone.
- b) Calcular su contenido de polvo y el tamaño de las partículas
- y c) Estudiar ciertos procesos físicos como la interacción de la cauda con el *Viento Solar*.

La nave que envió la *Agencia Espacial Europea* se llamó "*Giotto*", en honor al pintor que inmortalizó la aparición del Cometa Halley en 1301 en el fresco *La Adoración de los Reyes Magos*. La "*Giotto*" pasó a solo 596 Km del núcleo, convirtiéndose en la primera en observar un núcleo cometario, el cual se reveló como una gigantesca roca de hielo en forma de papa, de más de 15 Km de largo por 6 Km de ancho, con un paisaje plagado de cráteres y colinas escabrosas y todo cubierto por una fina capa oscura. Se observó que salía gas y polvo a gran velocidad por las fisuras. Liberaba 60 toneladas de vapor de agua cada segundo durante su perihelio.

"*Giotto*" cruzó velozmente el gas y polvo expulsado a casi 250 000 Km/hr, (para lo que tiene un doble escudo protector para los instrumentos que lleva en su interior) y continuó funcionando. El 2 de abril del mismo año entró en *modo de hibernación* para consumir menos energía y poder trabajar al paso de otro cometa, lo cual sucedió en febrero de 1990 cuando casi todos sus instrumentos operaban perfectamente excepto, la cámara de fotografía. El 10 de julio de 1992 pasó a 2 000 Km del Cometa Grigg-Skjellerup, y aunque ciega la *Giotto* pudo enviar importante información sobre él.

Las naves soviéticas "Vega 1 y 2" atravesaron la coma del Cometa Halley en menos de dos horas, a una velocidad de 280 000 Km/hr ; Vega 1, fotografió y analizó los gases que rodean el núcleo; y la Vega 2, principalmente analizó la Coma. De sus observaciones se concluyó que los COMETAS, son pequeños cuerpos sólidos cubiertos de polvo congelado, que quedaron de la formación del Sistema Solar.

Las sondas japonesas: "Suisei" estudió las nubes de hidrógeno del cometa a una distancia de 200 000 Km , y la "Sakigake" no proporcionó conocimientos nuevos; así como la sonda estadounidense "Ice".

SONDAS ESPACIALES ENVIADAS HACIA EL COMETA HALLEY

PROYECTO	PAIS (Organizador)	LANZAMIENTO	LLEGADA	MAX. ACERCAMIENTO AL NUCLEO
VEGA 1	URSS	15-Dic-1984	6-Mar-1986	10 000 Km.
VEGA 2	URSS	21-Dic-1984	9-Mar-1986	3 000 Km.
SUISEI	JAPON	18-Ago-1985	8-mar-1986	200 000 Km.
SAKIGAKE	JAPON	7-Ene-1985	11-Mar-1986	7 000 000 Km.
GIOTTO	EUROPA OCC.	2-Jul-1985	13-Mar-1986	500 Km.
ICE	EE. UU. A.	12-Ago-1978	28-Mar-1986	32 000 000 Km.

FUENTE: Instituto del Espacio y Ciencia Aeronáutica.

Revista TIME diciembre 1985.

Existen futuras misiones hacia los cometas, como la "CRAF" y la "ROSETTA" que podrían volar al final de la década. Ambas necesitan modelar el ambiente de polvo en la coma, así como una mejor protección de sus instrumentos, ya que previenen orbitar e incluso posarse sobre los núcleos cometarios.

11. ANEXOS

PLANETA	DIST. AL SOL (MILL. DE KM)	DIAMETRO EQUATORIAL (KM)	TEMPERATURA MEDIA	MASA (1)	DENSIDAD (G/CM ³) (3)	PERIODO DE ROTACION	PERIODO DE TRASLACION O REVOLUCION	GRAVEDAD SUPERFICIAL (G)	INCLINACION DEL EJE DE ROTACION	INCLINACION DE LA ORBITA RESPECTO A LA ECLIPTICA	SATELITES (4)
MERCURIO	54.0 (0.39 U.A.) (2)	4 880	350 C	0.055	5.4	59 DIAS	88 DIAS	0.38	28	7	0
VENUS	108.2 (0.72 U.A.)	12 104	480 C	0.815	5.2	243 DIAS (*)	255.7 DIAS	0.90	3 24'	3.4	0
TIERRA	150.0 (1 U.A.)	12 756	22 C	1	5.5	23H 56M 4S	365.26 DIAS 365D 5H 48M 45S	1.00	23 27'	0	1
MARTE	227.9 (1.52 U.A.)	6 787	-23 C	0.108	3.9	24H 37M 23S	687 DIAS	0.38	23 59'	1.9	2
JUPITER	777.7 (5.20 U.A.)	142 800	-150 C	317.9	1.3	9H 50M 30S	11.86 AÑOS	2.64	3 05'	1.3	16 (17?)
SATURNO	1 427.0 (9.54 U.A.)	120 000	-180 C	91.2	0.7	10H 14M	29.46 AÑOS	1.13	26 44'	2.5	17 (23?)
URANO	2 870.0 (19.2 U.A.)	51 800	-210 C	14.6	1.2	16H 10M (*)	84.01 AÑOS	1.07	82 05'	0.8	15
NEPTUNO	4 496.6 (30.1 U.A.)	49 200	-220 C	17.2	1.7	18H 12M	164.8 AÑOS	1.08	28 45'	1.8	8
PLUTON	5 900.0 (39.4 U.A.)	3 000	-230 C	0.0019	0.5-0.8	6.39 DIAS	247.7 AÑOS	0.24 A 0.034	35	17.2	1

(*) ROTACION RETROGRADA

(1) LA MASA DE LA TIERRA ES DE $5.98 \times 10^6 = 1 M$

(2) UNA U.A. (UNIDAD ASTRONOMICA), O DISTANCIA MEDIA ENTRE LA TIERRA Y EL SOL, EQUIVALE A 150 MILLONES DE AÑOS

(3) LA DENSIDAD DEL AGUA ES $1 G/CM^3$

(4) VER CUADRO 2. "LOS SATELITES"

CUADRO - 2 "LOS SATELITES"

NOMBRE DEL SATELITE Y DEL PLANETA	RADIO	DISTANCIA AL PLANETA (KILOMETROS)	PERIODO ORBITAL (SIDERAL) (DIAS)	DESCUBRIDOR (Y AÑO)
<u>TIERRA</u>				
LUHA	1738	384 400	27.32	
<u>MARTE</u>				
FOBOS	20	9 380	0.32	ASAPH HALL (1877)
DEIMOS	12	23 500	1.26	ASAPH HALL (1877)
<u>JUPITER</u>				
IO	1816	422 000	1.77	GALILEO (1610)
EUROPA	1563	671 000	3.55	GALILEO (1610)
GANIMEDES	2638	1 070 000	7.16	GALILEO (1610)
CALISTO	2410	1 880 000	16.69	GALILEO (1610)
AMALTEA	175	181 000	0.49	BARNARD (1892)
HIMALIA	90	11 500 000	251.0	PERRINE (1904)
ELARA	40	11 740 000	260.1	PERRINE (1905)
PASIFAE	~20	23 300 000	735.0	MELLOTE (1908)
SINOPE	~15	23 700 000	758.0	NICHOLSON (1914)
LISITEA	~10	11 710 000	260.0	NICHOLSON (1938)
CARME	~15	22 350 000	692.0	NICHOLSON (1938)
ANANKE	~10	20 700 000	617.0	NICHOLSON (1951)
LEDA	~5	11 110 000	240.0	KOWAL (1974)
ADRASTEA	20	128 000	0.30	JEWITT ET AL. (1979)
TEBE	40	221 000	0.67	SYNNOTT (1979)
METIS	20	127 000	0.30	SYNNOTT (1979)

CUADRO - 2

"LOS SATELITES"

NOMBRE DEL SATELITE Y DEL PLANETA	R A D I O	DISTANCIA AL PLANETA (KILOMETROS)	P E R I O D O O R B I T A L (SIDERAL) (DIAS)	D E S C U B R I D O R (Y A N O)
SATURNO				
MIMAS	196	186 000	0.94	HERSCHEL (1789)
ENCELADO	255	238 000	1.37	HERSCHEL (1789)
TETIS	530	294 700	1.89	CASSINI (1684)
DIONE	560	377 400	2.74	CASSINI (1684)
RHEA	765	527 000	4.52	CASSINI (1672)
TITAN	2575	1 221 900	15.95	HUYGENS (1665)
HIPERION	267	1 481 000	21.28	BOND (1848)
JAPETO	730	3 560 800	79.33	CASSINI (1671)
FEBE	110	12 954 000	550.4	PICKERING (1898)
EPIMETEO	105	151 400	0.69	DOLLFUS (1966)
JANO	169	151 500	0.70	DOLLFUS (1966)
DIONE B	28	378 000	2.74	LAQUES (1980)
TELESTO	26	294 700	1.89	SMITH ET AL. (1980)
CALIPSO	23	294 700	1.89	SMITH ET AL. (1980)
F EXTERNO	79	141 700	0.63	COLLINS ET AL. (1980)
F INTERNO	95	139 350	0.61	COLLINS ET AL. (1980)
ATLAS	22	137 700	0.60	TERRILE (1980)

CUADRO - 2 "LOS SATELITES"

NOMBRE DEL SATELITE Y DEL PLANETA	RADIO	DISTANCIA AL PLANETA (KILOMETROS)	PERIODO ORBITAL (SIDERAL) (DIAS)	DESCUBRIDOR (Y AÑO)
URANO				
ARIEL	585	191 000	2.52	LASELL (1851)
UMBRIEL	595	266 000	4.14	LASELL (1851)
TITANIA	795	435 900	8.71	HERSCHEL (1787)
OBERON	775	583 500	13.46	HERSCHEL (1787)
MIRANDA	240	120 400	1.41	KUIPER (1948)
CORDELIA	10	49 000	0.33	VIAJERO 2 (1986)
OFELIA	15	53 300	0.37	VIAJERO 2 (1986)
BIANCA	25	59 100	0.43	VIAJERO 2 (1986)
CRESSIDA	40	61 750	0.46	VIAJERO 2 (1986)
DESDEMONA	25	62 700	0.47	VIAJERO 2 (1986)
JULIETA	40	64 350	0.49	VIAJERO 2 (1986)
PORTIA	50	66 090	0.51	VIAJERO 2 (1986)
ROSALINDA	25	69 920	0.55	VIAJERO 2 (1986)
BELINDA	25	75 100	0.62	VIAJERO 2 (1986)
PUCK	85	85 890	0.76	VIAJERO 2 (1986)

CUADRO - 2

"LOS SATELITES"

NOMBRE DEL SATELITE Y DEL PLANETA	R A D I O	DISTANCIA AL PLANETA (KILOMETROS)	P E R I O D O O R B I T A L (SIDERAL) (DIAS)	D E S C U B R I D O R (Y A N O)	
NEPTUNO					
TRITON	1600	354 000	5.87	LASELL	(1846)
NEREIDA	300	5 570 000	365.4	KUIPER	(1949)
NAIADA	---	---	.	VIAJERO 2	(1989)
TALASA	---	---	.	VIAJERO 2	(1989)
DESPOINA	---	---	.	VIAJERO 2	(1989)
GALATEA	---	---	.	VIAJERO 2	(1989)
LARISA	---	---	.	VIAJERO 2	(1989)
PROTEO	---	---	.	VIAJERO 2	(1989)
PLUTON					
CARONTE	1000	17 000	6.39	CHRISTY	(1978)

CUADRO 3. PRINCIPALES ASTEROIDES

NOMBRE	DESCUBRIDOR (AÑO)	DIAMETRO (en Km)	PERIODO SIDEREO (en años)	INCLINACION (en grados)	
1 CERES	PIAZZI	1801	1 040	4.60	10.6
2 PALAS	OLBERS	1802	568	4.61	34.8
3 JUNO	HARDING	1804	250	4.36	13.0
4 VESTA	OLBERS	1807	536	3.63	7.1
5 ASTREA	HENCKE	1847	130	4.14	5.3
6 HEBE	NENCKE	1847	221	3.78	14.8
7 IRIS	HIND	1847	208	3.69	5.6
8 FLORA	HIND	1847	170	3.27	5.9
9 METIS	GRAHAM	1848	208	3.69	5.6
10 HIGEA	DE GASPARIS	1849	418	5.60	3.8
11 PARTENOPE	DE GASPARIS	1850	120	3.84	4.6
12 VICTORIA	HIND	1850	150	3.56	8.4
15 EUNOMIA	DE GASPARIS	1851	269	4.30	11.8
16 PSIQUIS	DE GASPARIS	1852	269	4.99	3.1
22 CALIOPE	HIND	1852	250	4.96	13.7
433 EROS	WITT	1898	25	1.76	10.8
804 HISPANIA	COMAS SOLA	1915	80	2.84	15.4
944 HIDALGO	BAADE	1920	43	3.96	42.5
945 BARCELONA	COMAS SOLA	1921	40	2.63	32.8
1221 AMOR	DELPORTE	1932	3	2.67	11.9
1566 ICARO	BAADE	1949	2	1.12	23.0

C O M E T A	P E R I O D O (AÑOS)	I N C L I N A C I O N		D I S T A N C I A A L S O L (E N U . A .)		P R I M E R A A P A R I C I O N O B S E R V A D A
		O R B I T A L		P E R I H E L I O	A F E L I O	
ENCKE	3.3	12.5		0.3	4.1	1786
DE VICO-SWIFT	5.9	3.0		1.4	5.1	1678
TEMPEL 1	6.0	9.8		1.8	4.8	1667
PONS-WINNECKE	6.2	21.7		1.2	5.6	1819
FORBES	6.4	4.6		1.5	5.3	1929
BIELA (NUCLEO 1)	6.6	.		0.8	6.1	1772
BIELA (NUCLEO 2)	6.6	.		0.8	6.1	1772
GIACCOBINI-ZINNER	6.6	30.7		1.0	6.0	1900
D* ARREST	6.7	18.0		1.4	5.7	1896
HOLMES	6.9	20.8		2.1	5.1	1892
BROOKS 2	7.0	5.5		1.9	5.4	1889
WHIPPLE	7.5	10.2		2.5	5.2	1933
OTERMA 3	8.0	4.0		3.4	4.6	1942
GALE	11.0	11.7		1.2	8.7	1927
TUTTLE 1	13.6	54.7		1.0	10.3	1790
CROMMELIN	27.9	28.9		0.7	18.0	1457 (?)
PONS-BROOKS	71.0	.		0.8	33.5	1812
HALLEY	76.0	162.2		0.6	35.3	-466
HERSCHEL-BIGOLLET	156.0	64.0		0.7	57.2	1788
GRIGG-MELLISH	164.3	109.8		0.9	59.1	--

LLUVIA METEORICA	EPOCA DE OBSERVACION (TODOS LOS AÑOS)	PROMEDIO MAXIMO DE METEOROS OBSERVADOS	CARACTERISTICAS
CUADRAHTIDAS	1 AL 4 DE ENERO	25 A 75	MAXIMA EL 3 DE ENERO COMETA MADRE : (?) KOZEK-PELTIER (1939 I)
LIRIDAS	19 AL 22 DE ABRIL	5 A 60	METEOROS CON ESTELAS DE RAPIDO MOVIMIENTO COMETA MADRE : EL THACHER (1861 I)
ETA-ACUARIDAS	1 AL 13 DE MAYO	10 A 35	VISIBLE EN LATITUDES BAJAS. MAXIMA ENTRE EL 4 Y 6 DE MAYO COMETA MADRE : (?) HALLEY
DELTA-ACUARIDAS	25 AL 30 DE JULIO	2 A 15	METEOROS LENTOS, CON RECORRIDOS LARGOS.
PERSEIDAS	27/JUL AL 17/AGOSTO	35 A 70	MAXIMA ENTRE EL 10 Y 17 DE AGOSTO. LLUVIA DENSA, ESPECTACULAR CON MOVIMIENTO RAPIDO. COMETA MADRE : SWIFT-TUTTLE (1862 III)
GIACOBINIDAS O NU-DRACONIDAS	8 AL 10 DE OCTUBRE	DE MUY BAJO A 6000 O MAS	MAXIMA EL 9 DE OCTUBRE. METEOROS CON BRILLANTES ESTALLIDOS TERMINALES. COMETA MADRE : GIACCOBINI-ZINNER
ORIONIDAS	15 AL 20 DE OCTUBRE	5 A 20	METEOROS RAPIDOS COMETA MADRE : HALLEY (MUY PROBABLE)
TAURIDAS	1 AL 12 DE NOVIEMBRE	5 A 20	MAXIMA DEL 3 AL 10 DE NOVIEMBRE. METEOROS LENTOS COMETA MADRE : EL ENCKE
LEONIDAS	13 AL 15 DE NOVIEMBRE	DE MUY BAJO A 3000 O MAS	MAXIMA ENTRE EL 16 Y 17 DE NOVIEMBRE. METEOROS MUY RAPIDOS COMETA MADRE : TEMPEL-TUTTLE (1896 I)
BIELIDAS O ANDROMEDIDAS	26/NOV AL 04/DICIEMBRE	DE MUY BAJO A 100-400	LLUVIA ERRATICA. COMETA MADRE : BIELA
GEMINIDAS	9 AL 13 DE DICIEMBRE	40 A 60	LLUVIA DENSA Y ESPECTACULAR. METEOROS DE VELOCIDAD MEDIA.

SONDAS ESPACIALES PARA EL ESTUDIO
DEL SISTEMA SOLAR

PLANETA	OTROS ASTROS	LLEGADA	SONDA ESPACIAL
	S O L	1935 1960 1962 1973 1974 1976 1980 1994	Explorador II (1) Solrad (1) OSO 1 (8 observ. solares OSO que trabajaron 17 años). Skylab (1) Helios A (2) Helios B (2) Solar Max (1) Ulises (1) (4) Starprobe (1)
MERCURIO		1974	Mariner X (1)
VENUS		1961 1962 1964 1966 1967 1969 1970 1972 1974 1975 1978 1985 1988 1989 1990	Venera I (2) Mariner II (1) Zond 1 (2) Venera II y III (2) Venera IV (2) Mariner V (1) Venera V y VI (2) Venera VII (2) Venera VIII (2) Mariner X (1) Venera IX y X (2) Pioneer Venus 1 y 2 (1) Venera XV y XVI (2) Vega 1 y 2 (2) Venera XVII y XVIII (2) Sonda Magallanes (1) Sonda Galileo (1)
	LA LUNA	1957 1959	Luna 1 (2), la URSS envió 22 misiones exitosas desde ese año Pioneer 4 (1), EE. UU. A. envió 45 misiones desde entonces
MARTE		1963 1965 1969 1971 1974 1976 1989 1993	Marte 1 (2) Mariner IV (1); Zond 2 y 3 (2) Mariner VI y VII (1) Marte 2 y 3 (2); Mariner IX (1) Marte 4, 5, 6 y 7 (2) Viking I y II (1) Fobos 1 y 2 (2) Mars Observer (1)

PLANETA	OTROS ASTROS	LLEGADA	SONDA ESPACIAL
JUPITER		1973 1974 1979 1995	Pioneer 10 (1) Pioneer 11 (1) Voyager I y II (1) Sonda Galileo (1)
SATURNO		1979 1980 1981 2002	Pioneer 11 (1) Voyager I (1) Voyager II (1) Sonda Cassini y Huygens (1)
URANO		1986	Voyager II (1)
NEPTUNO		1989	Voyager II (1)
	COMETAS	1985 1986	ISSE 10 (1) (Giacobini-Zinner) Vega 1 y 2 (2) (Halley) Suisei y Sakigake (3) (Halley) Giotto (4) (Halley)
	ASTEROIDES	1991	Sonda Galileo (1) (Gaspera e Ida)

NOTA:

- (1) Misiones norteamericanas
- (2) Misiones soviéticas
- (3) Misiones japonesas
- (4) Misiones de la Agencia Espacial Europea

12. CONCLUSIONES

Las investigaciones realizadas con la ayuda de las Sondas Espaciales y el material captado por ellas, han modificado sustancialmente el conocimiento de nuestro Sistema Solar.

El uso de sistemas computarizados y la tecnología más avanzada, aunado al interés de algunas naciones con potencial económico lo suficientemente solvente, han facilitado el trabajo de decifrar incógnitas que hasta hace poco tiempo parecían difíciles de entender.

La mayoría de los países que han participado, actualmente tienen limitaciones en éstos trabajos científicos.

Muchas investigaciones han sufrido retrasos, como ocurre con el lanzamiento de *Satélites Artificiales*, que están condicionados a circunstancias que afectan a los *Transbordadores Espaciales*. El caso de la lamentable explosión del *Challenger* en 1986, ocasionó que se suspendieran viajes ya programados y se tomaran medidas de emergencia sobre todo de seguridad y revisión de la resistencia de materiales de construcción. Otras se han suspendido, como las misiones futuras hacia Marte, después del comentado fracaso de la *'Mar's Observer'*. Sin embargo otras continúan enviando señales, que serán de gran utilidad en el estudio del espacio interplanetario, como las Sondas *'Pioneer'* y *'Voyager'*. Estos últimos a pesar de que en un principio solo realizarían una visita a Júpiter y Saturno, lograron obtener extraordinaria información, no sólo de ellos, sino también de Urano, Neptuno y realizar grandes descubrimientos en sus lunas.

Probablemente las grandes potencias pudieran aún conservar en sus archivos, datos que podrían aumentar el conocimiento de nuestro sistema; mismos que por no ser del todo claros, o que por estar involucrados dentro de programas estratégicos o militares, no son dados a conocer más que en pequeñas noticias. Como sucede con información de algunos proyectos a La Luna y a Marte, que nos dejan preguntas, como si el hombre realmente aterrizó en nuestro satélite en

1969, si en realidad los informes ofrecidos a través de la prensa y la Televisión, fueron fieles a lo sucedido; o que si los canales y construcciones captadas por los 'Viking', son vestigios de una antigua civilización marciana.

Sin embargo, queda entendido que gracias a las decisiones y al esfuerzo de investigadores y de personas sin el menor interés científico, se ha enriquecido el conocimiento de los planetas y su entorno.

Por lo anteriormente citado y por el deseo personal de poder resumir, lo que se puede definir como una de las más actuales informaciones sobre el Sistema Solar, pongo a la disposición de los interesados en el tema, el presente trabajo en forma de tesis.

El conocimiento aún se puede mejorar y los datos que aquí se sustentan obligan a reflexionar sobre lo importante que es el mantener nuestra atención en el origen, características y los grandes misterios de lo que es nuestra casa, el Sistema Solar.

B I B L I O G R A F I A

L I B R O S

García de León, Loza Armando, El Sistema Solar, Consejo Nacional de Fomento Educativo, UNAM/SEP, México, 1986.

Fierro Julieta, Herrera Miguel Angel, La Familia del Sol, SEP, Fondo de Cultura Económica, CONACYT, No. 62, México, 1990.

Sagan Carl, Cosmos, Ed. Planeta S.A., Barcelona España 1985.

Sagan Carl, Murmullos de la Tierra, Ed. Planeta S.A., Barcelona España, Reimpresión en México, 1984.

Keppler Erhard, Sol, Lunas y Planetas, Biblioteca Científica Salvat, No. 17, Salvat Editores, S.A., Barcelona, España 1986.

González Javier, El Sol Imágenes de la Naturaleza, Consejo Nacional de Fomento Educativo SEP/ UNAM, México, D.F. 1987.

El Sistema Solar, Biblioteca Salvat de Grandes Temas, Salvat Editores S.A., Barcelona España 1974.

Cosmos, Gran Atlas Salvat (El Universo II), Salvat Editores, S.A., Barcelona España, 1981.

Quest, Aventuras en el Mundo de la Ciencia, (Planeta Tierra, Fronteras del Espacio y Mundo Futuro), Ediciones Rialp, S.A., Madrid, España 1991.

Libro del Año 1980, Curiosidades más notables de 1979, Ed. Cumbre, S.A., México, 1979.

NUEVA ENCICLOPEDIA TEMÁTICA, Tomo I, Editorial Cumbre, S.A., México D. F. 1982.

GRAN DICCIONARIO DE LAS CIENCIAS, (6 volúmenes) Ediciones Larousse, México, D.F. 1987.

REVISTAS

EL REGRESO DEL COMETA HALLEY 1986

(Guía completa del Observador), Fernández Editores S. A. C. V.
México, D. F., 1986.

INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

- octubre 1980 Vol.2 No.31
- junio 1981 Vol.3 No.47
- noviembre 1981 Vol.3 No.57
- diciembre 1981 Vol.3 No.58
- marzo 1984 Vol.6 No.90
- mayo 1984 Vol.6 No.92
- octubre 1987 Vol.9 No.133
- febrero 1993 Vol.14 No.197

REVISTA DE REVISTAS

Semanario de Excelsior

- No.4148 28 julio 1989
- No.4362 6 septiembre 1993

Boletín ORION en la Ciencia

Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia
Instituto de Astronomía Vol.III No.19 (4 feb 1993)

QUEST, EL ESPACIO LA ULTIMA FRONTERA

Ediciones Rialp, S. A., Madrid España, 1991.

LIFE EN ESPAÑOL

- 10 enero 1966 (Número Doble Especial 1965)
- 30 junio 1969 Vol.33 No.13

FUSION NUCLEAR

Revista trimestral Ed. Benengeli, S.A. EUA.
-Cuarto Trimestre de 1985 Vol.III No.1

NATIONAL GEOGRAPHIC

(THE NATIONAL SOCIETY), Washington, D. C.

- march 1981 Vol.159 No.3
- june 1985 Vol.7 No.105
- january 1986 Vol.8 No.112
- august 1990 Vol.178 No.2
- november 1991 Vol.17 No.101
- december 1991 Vol.18 No.102

ASTRONOMY

Kalmbach Publishing Co., Printed in U.S.A.

- october 1993 Vol.21 No.10

MAS ALLA de la Ciencia

Publicación de J.C. Ediciones S.A. Madrid, España.

- año V No.4
- año V No.5
- año V No.7

CONOZCA MAS

Provenemex, S.A. de C.V. México, D.F.

- año 1 No.2
- año 2 No.5
- año 3 No.1
- año 4 No.2
- año 4 No.8

UNIVERSO

Publicación de la Sociedad Astronómica de México A.C.

- Enero- Marzo 1990 No.1

MUY INTERESANTE

Provenemex, S.A. de C.V. México, D.F.

- año 1 No.7
- año 1 No.9
- año 1 No.12
- año 3 No.28
- año 5 No.7
- año 7 No.2



FAACULTAD DE GEOGRAFIA Y LINGÜAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

PERIODICOS

MUY INTERESANTE (PERIODICO CIENTIFICO SEMESTRAL)

Segundo semestre de 1992 "Se ha descubierto a Smiley..."

EXCELSIOR

- Miércoles 29 enero 1986 "Estalló el Challenger..."

NOVEDADES -Ciencia-

- Domingo 3 de septiembre de 1989 "¿Cómo llegaron las fotografías del Voyager 2?"
- Sábado 26 de agosto de 1989 Reportaje Especial sobre las fotografías de Tritón (Voyager 2)
- Domingo 27 de agosto de 1989 Reportaje Especial sobre los anillos de Neptuno y la Atmósfera de Tritón
- Domingo 5 de noviembre de 1989 "Itinerario de Galileo"
- Domingo 25 de marzo de 1990 "Del transbordador Espacial..."
- Domingo 10. de abril de 1990 "Los satélites cuestión de vida o muerte"
- Sábado 9 de junio de 1990 "Anillo completo de Neptuno"
- Sábado 8 de septiembre de 1990 "Los satélites vigilan..."