

# Horizonte

## DE LAS FANTASIAS ASTRONAUTICAS A LA ERA ESPACIAL

Por JOSE BALTA ELIAS,

Catedrático de Electricidad y Electrónica en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid. Académico de la de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

En el título que encabeza este artículo se compendia el asombroso avance experimentado en poco más de tres años por la novísima *Ciencia del espacio* desde aquella memorable madrugada del 4 de octubre de 1957, en la que los centíficos rusos lanzaron el primer satélite artificial (*Sputnik I*) de la Tierra.

Ello constituye, indudablemente, el primer paso para convertir en realidad la innata ambición, el *sueño dorado* que la humanidad viene acariciando desde las primitivas civilizaciones: alcanzar otros astros..., sondear los abismos del espacio cósmico. Este maravilloso afán ha estado siempre latente en el alma humana. Basta recordar las bellas leyendas de la tentativa de Icaro, el viaje de Mahoma al paraíso, las águilas que levantaron el vuelo llevando a Alejandro Magno. Y, en nuestra religión, el profeta Elías arrebatado hasta los cielos en un carro de fuego, la majestuosa Ascensión del Señor y la inefable Asunción de la Virgen María.

### LOS PRECURSORES

Pueden considerarse como tales, aunque simplemente bajo el aspecto literario, las numerosas publicaciones sobre astronáutica aparecidas desde el Renacimiento, tales como el *Somnium*, del gran Kepler; los *Cien relatos del viaje a la Luna*, de autor anónimo en la época de Galileo; ciertos pasajes de *La divina comedia*, *Cyrano de Bergerac*, etc. El progreso científico durante los dos últimos siglos hizo que fuera desapareciendo gradualmente lo novelesco en la mente de los inventores, cuyos proyectos de ingenios para la conquista del espacio adquirían cada vez mayor verosimilitud. Pero es en la primera mitad del siglo actual cuando aparecen ya precursores verdaderamente científicos en el planteo y estudio del magno problema astronáutico. Entre ellos citemos al maestro de escuela ruso Tsiolkovsky, quien ya en 1903 proyectó una nave espacial; al profesor norteamericano Goddard, con su obra *A method of reaching extreme al-*

*titudes* (1919); en Alemania a los profesores Oberth (de origen rumano), autor de *Die Rakete zu den Planetenräume* (1923), y Max Valier (muerto en accidente ocurrido durante sus ensayos), con su *Der Vorstoss in der Weltraum* (1923); el reputado ingeniero aeronáutico francés R. Esnault-Pelterie, que en 1930 publicó su profunda obra *L'Astronautique*; más posteriormente el célebre Werner von Braun y otros colegas como Sternfeld (en Rusia) (1).

La bibliografía actual sobre astronáutica y ciencias afines (investigación del espacio en general) es copiosísima, verdaderamente abrumadora, por lo que no es nada fácil resumir en pocas páginas los fundamentos de aquella y sobre todo de los espectaculares progresos conseguidos en estos últimos años, en que las efemérides se suceden vertiginosamente; exceden ya de la treintena el número de vehículos espaciales lanzados hasta la fecha (entre satélites artificiales, sondas interplanetarias, planetoides, etc. (figura 1). Tal es el impresionante balance en este orden de actividades..., y mucho más impresionante todavía es la riqueza de nuevos conocimientos adquiridos por el hombre gracias a aquellos artefactos.

### EL VEHICULO ESPACIAL AUTOPROPULSADO

Indudablemente, la ciencia astronáutica actual está cimentada sobre las firmes bases sentadas por los precursores teórico-prácticos ya mencionados... y en la famosa novela de Julio Verne *De la Tierra a la Luna*, que ha hecho las delicias de tantas jóvenes generaciones.

Son bien conocidas las causas que invalidan toda tentativa de llevar a la práctica el proyecto que tan minuciosamente expone el mentado no-

(1) El general Crocco viene desde hace años profesando en la Universidad de Roma y el Prof. Herrick, de la Universidad de Los Angeles, explicaba ya en 1953 un curso sobre navegación cósmica. El que suscribe dio durante el último trimestre del año 1953, en la Facultad de Ciencias de Madrid, un cursillo sobre "El problema astronáutico y la energía nuclear".

velista francés: la dificultad casi insuperable para construir el cañón de unos centenares de metros de longitud, el indefectible aplastamiento de los viajeros contra el fondo del obús en el instante del disparo, la incandescencia de aquél por efecto del rozamiento con la baja atmósfera, etc. Además, la fantástica velocidad de las dos docenas de kilómetros por segundo que deberían imprimirle el centenar y medio de toneladas de explosivo no podría ser alcanzada por el proyectil ni aun en la misma boca de fuego, no sólo por efecto de la enorme resistencia que el aire presenta a tales velocidades (muchísimo mayor que la del acero templado), sino por la imposibilidad de que la pólvora lo expulsara a una velocidad superior a la de las moléculas de los gases de la combustión.

Hay, pues, que renunciar al disparo, la única solución posible para lanzar un objeto al exterior de la Tierra está en el cohete interplanetario-cósmico, versión gigantesca del vulgar cohete volador, que, además de poseer la ventaja de arrancar con pequeña velocidad inicial, es *autopropulsado*, lo que significa no sólo absoluta autonomía de marcha, sino, además, una cualidad inestimable: *su propulsión no requiere ningún punto de apoyo exterior*.

Todo cohete puede progresar en el vacío (no requiriendo, por tanto, la existencia de la atmósfera, como ocurre con los aviones) en virtud del principio de Mecánica llamado de la igualdad de la *acción y de la reacción*, avanzando en sentido contrario del de los gases expulsados por el canal o *tobera* procedentes de la cámara de combustión. Al combinarse allí un combustible (hidrocarburo, gasolina, keroseno, etcétera) con un *comburente* (oxígeno líquido, agua oxigenada, ácido nítrico, etc.) que lleva el propio cohete.

Mediante las leyes de la gravitación universal descubiertas por el genial Newton es fácil calcular la velocidad inicial que debe comunicarse a un objeto en la superficie de la Tierra para que se eleve a una altura determinada. Así, para que ésta sea de 500 m., 50 km., etc., sus respectivas velocidades *teóricas*—es decir, no teniendo en cuenta la resistencia del aire—deben ser de 100 m-seg., 1.000 m-seg., y para alcanzar la Luna sería necesaria la de 11.075 km-seg., velocidad llamada *crítica* o de *liberación* de la atracción terrestre. Esta disminuye, como es bien sabido, a medida que nos elevamos sobre la superficie terrestre en virtud de las propias leyes de la gravitación.

Por primera vez, el día 23 de octubre de 1957, un cohete explorador de gran potencia alcanzó la extraordinaria altura de 6.000 km. sobre el suelo, es decir, casi equivalente al radio medio terrestre (quedando allí reducida la atracción gravitatoria a la *cuarta parte* de la reinante en la superficie de nuestro planeta); más recientemente el *cono* de punta de un proyectil inter-

continental "Titán" (lanzado desde Cabo Cañaveral) alcanzó casi los 10.000 kms. sobre el Atlántico.

## SATELITES TERRESTRES ARTIFICIALES

Constituyen la piedra de toque, y aun quizá, sin eufemismos, la *prueba del fuego*, con lo que el hombre está preparándose para la magna prueba de su lanzamiento al exterior de nuestra residencia forzosa.

Sin poder entrar en pormenores de cálculo (teoría del cohete, etc.), dada la índole divulgadora de este ensayo, hoy está comprobado plenamente que son necesarias dos operaciones fundamentales para conseguir que un objeto (satélite) grave alrededor de la Tierra.

1.ª Elevarlo hasta la altura elegida como *perigeo*, o sea el punto más próximo a la superficie terrestre de la trayectoria *elíptica* que el satélite ha de describir.

2.ª Imprimirle a dicha altura una velocidad inicial cuya dirección sea perpendicular al radio vector que va desde el centro de la Tierra al punto donde el satélite *entra en órbita*, cesando la impulsión del *cohete compuesto* (o múltiple) que le lleva hasta allí; dicha velocidad inicial debe ser de unos 7,5 km seg. como mínimo, aunque está determinada por las condiciones iniciales del lanzamiento, etc.

Como los cohetes generalmente empleados raras veces alcanzan velocidades superiores a los 3 km-seg. es necesario recurrir al *cohete compuesto*, constituido por dos o tres (raras veces se rebasa este número, apoyado, además, en razones teóricas), cuyos efectos ascendentes se suman sucesivamente o también *simultáneamente*. La figura 2 reproduce el momento del despegue del cohete triple norteamericano Thor-Able.

Parece ser que los rusos tienden a emplear cada vez más esta segunda variante, lo que, conjuntamente con las grandes velocidades de expulsión de los gases procedentes de ciertos *propulsores* de gran potencia, permite una notable reducción de la *relación de masas* (cociente entre la masa inicial del cohete cargado con todo el combustible y la final reducida de la *carga útil*) y, por ende, un aumento de la del satélite, que en los últimos ensayos *lunares* era superior a la *tonelada*. Sin embargo, la gran mayoría de los satélites norteamericanos solamente pesan algunas docenas de kilos, a pesar de llevar no sólo sus radioemisores y receptores (para el *telemando*, etc.), sino un verdadero laboratorio con numerosos aparatos registradores; ello se consigue gracias a esa maravillosa miniaturización de los dispositivos electrónicos conseguida por la técnica actual.

He aquí expuesta a grandes rasgos la serie de operaciones que comporta el lanzamiento de un *satélite triple*, generalmente el más empleado

(figura 3). Iniciada su ascensión vertical en A, luego va inclinándose hacia la dirección de lanzamiento elegida hasta alcanzar una sesentena de kilómetros de altura, con una inclinación de unos 45°; agotado el propergol de la primera etapa ésta se desprende (en B) y se inicia la combustión de la segunda, continuando la ascensión hasta unos 200 km. y su inclinación hacia la horizontal.

Al cesar el impulso (en C) continúa ascendiendo el móvil por la velocidad adquirida hasta

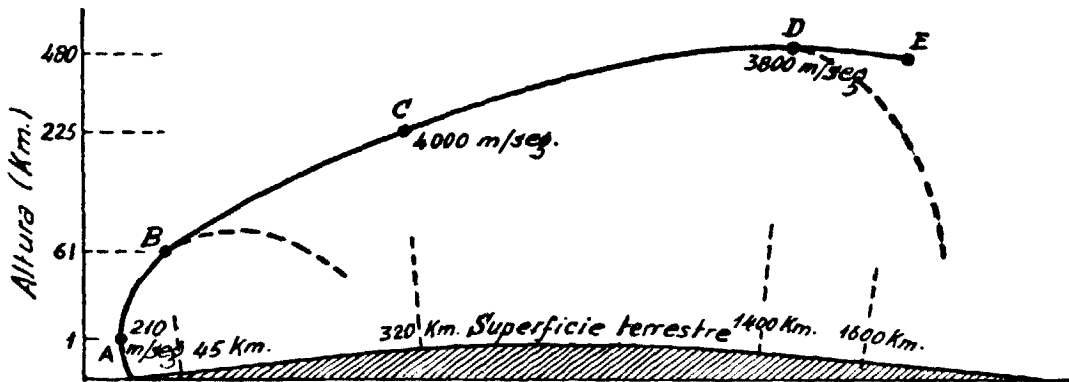


Fig. 3.

los 480-500 km., en que ya lleva una velocidad horizontal de unos 4.000 m-seg.; entonces se enciende un pequeño cohete lateral, que imprime un movimiento de rotación al tercer cuerpo del cohete para fijar su dirección por efecto giroscópico, desprendiéndose simultáneamente el segundo cuerpo (en D). Alcanzada la velocidad de los 8 km-seg., un resorte lanza el satélite fuera del tercer cuerpo (que también será satélite). El conjunto de estas operaciones no exige más de unos diez minutos.

#### SUCINTA IDEA DEL EQUIPO CIENTIFICO DE UN VEHICULO ESPACIAL

Con el fin de conseguir información sobre las condiciones o *diversas magnitudes* físicas reinantes en las regiones que atraviesa un cohete, satélite, planetoide, etc., éstos van provistos de una *cápsula* o recinto hermético que contiene el instrumental adecuado para el registro, almacenamiento (*memoria*) y transmisión de aquellos datos; como excepción puede citarse el enorme globo de plástico de 30 metros de diámetro (figura 4), recubierto de una tenue capa de aluminio que lanzaron los norteamericanos el verano pasado, para utilizarlo como reflector de las ondas radioeléctricas a fin de estudiar su empleo para la comunicación entre continentes. Generalmente el equipo *transistorizado* (miniatura) comprende (aparte de los dispositivos cifradores, codificadores, moduladores, etc., las siguientes instalaciones (fig. 5):

1.º *Uno o varios radioemisores*, con sus correspondientes receptores, antenas exteriores (plegables), alimentados por baterías ligeras,

cuya carga se mantiene (casi siempre) mediante *baterías solares* (de silicio), cuya vida es prácticamente ilimitada.

2.º *Un radioenlace especial* de frecuencia distinta de los anteriores (200 Mhertz), mediante el cual se sigue y corrige (eventualmente desde Tierra) el curso del vuelo, previéndose así la trayectoria futura (es el llamado *telemetering* o *telemando* que evidentemente requiere una potente estación terrestre, tipo radiotelescopio como el de Jodrell Bank (fig. 6).

3.º *Contadores de rayos cósmicos primarios* (protones y núcleos pesados).

4.º *Magnetómetro ligero* (de resonancia magnética protónica o electrónica).

5.º *Manómetro iónico* (tipo Penning o análogos) y termómetros de termistor.

6.º *Espectrómetro de masa en radiofrecuencia* para iones positivos (tipo Bennett).

7.º *Captador o cepo de protones* con rejilla esférica (modelo Krassowsky).

8.º *Micrófonos piezoeléctricos* para detectar el impacto de micrometeoritos.

9.º *Fotomultiplicadores registradores* de las radiaciones solares (X, ultravioleta).

Esta instrumentación, casi general, puede completarse, según los casos, con otras instalaciones complementarias para fines específicos dados. Así, por ejemplo, el *Lunik II*, lanzado por los rusos el 12 de septiembre de 1959 para que fuera a chocar contra la Luna, llevaba un dispositivo para el lanzamiento de nubes de sodio, lo que permitió seguir la trayectoria de la cápsula hasta más de 150.000 km. (cosa que sólo hubiera sido posible con ayuda de potentes telescopios), asegurándose así el impacto contra nuestro satélite natural.

El *Lunik III*, (la posición de sus instalaciones puede verse en la fig. 7), lanzado el 4 de octubre de 1959 e incorporado a nuestro sistema Tierra-Luna como satélite de ambos astros, y el satélite meteorológico norteamericano *Tiros I*, (figura 8), lanzado el 1 de abril de 1960, describiendo una órbita prácticamente circular, van provistos de cámaras de televisión; mediante el *barrido por pincel electrónico* de la pequeña

imagen formada en un film de 35 mm. quedan almacenados los impulsos correspondientes a 32 imágenes en un tambor de memoria magnética, que luego son emitidos a voluntad de la estación terrestre encargada de interrogar al satélite.

Así fueron transmitidas las sensacionales fotografías que el primero obtuvo de la cara de la Luna que no podemos ver (fig. 9) cuando el *Lunik* la estaba circundando (fig. 10), en A o apogeo por su cara opuesta a la Tierra T, después de haber descrito la rama preorbital D (de

Trataremos de señalar a continuación los resultados más notables en Geofísica, Física y Biología. La densidad de la atmósfera por encima de los 200 km. es, por lo menos, diez veces mayor que la que antes se admitía corrientemente; en cambio, más arriba de los 500 km. es menor, pero sin llegarse nunca al vacío absoluto. Por ello, y conjuntamente con los elevados coeficientes de temperatura registrados por encima de la troposfera, sugieren que la corona solar se extiende no sólo hasta nosotros, sino posiblemente

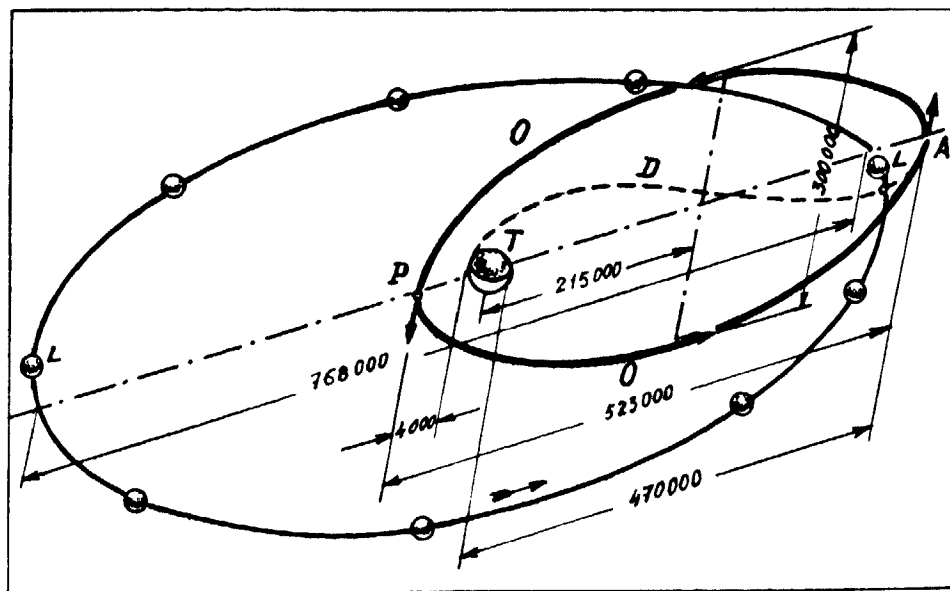


Fig. 10.

trazo) antes de entrar en la órbita definitiva cuyo perigeo está en P. El *Tiros I* (iniciales de *Televisión and Infrared Observation Satellite*) ha enviado miles de imágenes de formaciones de nubes (que se ha puesto en claro responden a una organización muy superior a lo que se podía prever), así como de porciones de la superficie terrestre, por ejemplo, la que reproduce la figura 11 correspondiente al Mediterráneo desde nuestra Península (1) hasta el Oriente Medio; 2, Nilo; 3, Sinaí; 4, Mar Rojo, y 5, Arabia Saudita.

### TRASCENDENCIA DE LOS RESULTADOS CIENTÍFICOS OBTENIDOS

Resulta francamente difícil condensar la abundante cosecha de novísimos conocimientos y fenómenos (algunos de ellos sorprendentes por lo insospechados) recogida por el hombre durante los tres años que dura la exploración científica del espacio; bastará indicar que el centenar de trabajos y comunicaciones presentados al primer *Symposium* Internacional sobre la Ciencia del Espacio celebrado en Niza en enero de 1960 ocupan bastante más del millar de páginas de un grueso tomo en 8.º (editado por la North-Holland Publishing Company, de Amsterdam en 1960).

más allá de los límites del sistema solar (Chapman).

Al *Vanguard I* se debe el descubrimiento del contorno *piriforme* de la tierra, en vez de elipsoide achatado por los polos que hasta ahora se admitía corrientemente.

La ionización de la atmósfera superior depende de la estación del año y de la insolación; más arriba de los 350-400 km., en donde se sitúa el máximo ionosférico (de dos a tres millones de electrones por centímetro cúbico), esta densidad del plasma iónico disminuye muy rápidamente.

El campo magnético terrestre a grandes altitudes deja de ser el correspondiente de un imán orientado según el eje magnético terrestre, pues resulta desviado de unos 45°, sorprendente anomalía difícil de explicar.

En cuanto a la intensidad de la radiación cósmica primaria (constituída principalmente por protones y algunos núcleos de átomos pesados de grandísima energía, procedentes de los abismos siderales y en parte del Sol), se ha comprobado que aumenta con la altura (del orden del 40 por 100 entre los 225 y 700 km.), sufriendo bruscas sacudidas en relación con las erupciones de la cromosfera solar.

Contra lo que se temía, son relativamente raros los choques de los meteoritos contra los sa-

télites (algunos por mes), mientras que los debidos a micrometeoritos vienen a ser el cuadruple.

Pero, sin duda alguna, el descubrimiento más sensacional es la existencia de la doble envoltura de intensa radiación, llamada faja o cinturón de Van Allen (nombre del profesor norteamericano que las descubrió entre diciembre de 1958 y marzo de 1959 al descifrar la información transmitida primero por el satélite *Explorer I* y *Pioneer III*; este último evidenció la faja más alejada). Ambas rodean a la Tierra a partir de los 400 km., casi totalmente, excepto por las regiones polares (fig. 12). Su intensidad se duplica por cada 100 km., alcanzando su máximo valor hacia los 25.000 km.; su forma en creciente podría explicarse por un mecanismo de captación de partículas intensamente energéticas (procedentes de nuestro propio planeta o de la radiación cósmica) que quedarían aprisionadas por el campo magnético terrestre, circulando de un extremo a otro de tales husos magnéticos a modo de lanzadera (mecanismo análogo al que se usufructúa bajo el nombre de espejos magnéticos en las tentativas llevadas a cabo para el empleo pacífico de la energía termonuclear).

Después de la incorporación a nuestro sistema solar del primer planeta artificial (*Lunik I*), lanzado por los rusos el 2 de enero de 1959 (con un período de revolución de cuatrocientos cincuenta días), el segundo y tercer planetoides *Pioneer IV* y *Pioneer V*, lanzados por los norteamericanos, respectivamente, el 3 de marzo de 1959 y el 11 de marzo de 1960 (este último, cuya órbita describe entre la Tierra y Venus, pesa 43 kilos, diámetro, 66 cm.; período, trescientos doce días), han contribuido a cambiar profundamente las ideas que se tenían sobre la dependencia fenomenológica entre el Sol y el planeta que habitamos.

Así por vez primera se ha podido determinar la importancia de los efectos en la Tierra, y su espacio inmediato, de una gigantesca erupción en la cromosfera solar, al ser alcanzada por la fenomenal nube de gases ionizados lanzada por dicha explosión a los espacios interplanetarios; estos gases envolvieron al *Pioneer V* y después al campo magnético terrestre. El instrumental de este planetoides descubrió que las partículas de la radiación cósmica procedentes del exterior eran desviados por la nube iónica en cuestión. De otra parte, en las inmediaciones de la Tierra el *Explorer VII* confirmó la disminución de la

intensidad de la radiación cósmica, explicándose así un fenómeno que durante muchos años venía intrigando a los hombres de ciencia.

Simultáneamente, gracias a este último satélite se puso en evidencia que la cintura exterior de Van Allen se descargaba de su radiación, precisamente en el momento en que la nube solar entraba en contacto con el campo geomagnético; se observaron auroras boreales y las consabidas perturbaciones en todas las telecomunicaciones.

Finalmente, bajo el aspecto biológico, aparte los diversos lanzamientos de ratones, monos, etc., que han regresado sin novedad, son, sin duda, las reacciones fisiológicas de la perrita mártir *Laika* (que fueron captadas teleméricamente durante una semana) las más instructivas a este respecto. Al arrancar el cohete portador del satélite *Sputnik II*, que la llevaba, aumentaron bruscamente sus pulsaciones cardíacas, probablemente a consecuencia no sólo de la aceleración creciente, sino de las vibraciones, ruido ensordecedor del escape de gases, etc. Al principio el animal trató de moverse, pero al aumentar la gravedad hacia arriba quedó inmóvil, echada sobre el suelo.

Pero al entrar el satélite en órbita y desaparecer, por tanto, la gravedad, el animal flotaba libremente en su angosto compartimiento y replegó sus patas; su respiración era de tres a cuatro veces más rápida que la normal, con taquicardia acentuada.

Su corazón, para conseguir de nuevo su ritmo normal, requirió un tiempo tres veces mayor que el que necesitaba en los ensayos de laboratorio cuando se sometía al animal en la centrífuga a aceleraciones del mismo orden; ello puede atribuirse a la ausencia de gravedad, sensación indudablemente nueva para el animalito.

Durante los seis días que vivió sin peso los electrocardiogramas presentaron ciertas modificaciones funcionales, especialmente impulsos neurorreflexivos intermitentes en la regulación cardíaca. No se registró, desde luego, ningún indicio patológico, lo que llevó a los fisiólogos rusos a la conclusión de que estos mamíferos pueden soportar sin grave inconveniente la imponderabilidad durante largos intervalos de tiempo.

Queda por averiguar el efecto letal de las radiaciones; la solución de este y otros muchos enigmas la reserva el futuro... ¿Próximo? ¿Remoto?

*Nota adicional.*—Escrito lo anterior antes de finalizar el año 1960, hasta el 15 de agosto del mismo el número de vehículos espaciales lanzados hasta dicha fecha por Norteamérica y Rusia era:

Orbita terrestre: U. S. A. ....	23	Orbita solar: U. S. A. ....	2
Orbita terrestre: U. R. S. S. ....	5	Orbita solar: U. R. S. S. ....	1
Impacto lunar: U. R. S. S. ....	1	Impacto con Venus: U. R. S. S. ...	(?)

Las figuras 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11 y 12 pueden verse en hoja especial anexa.



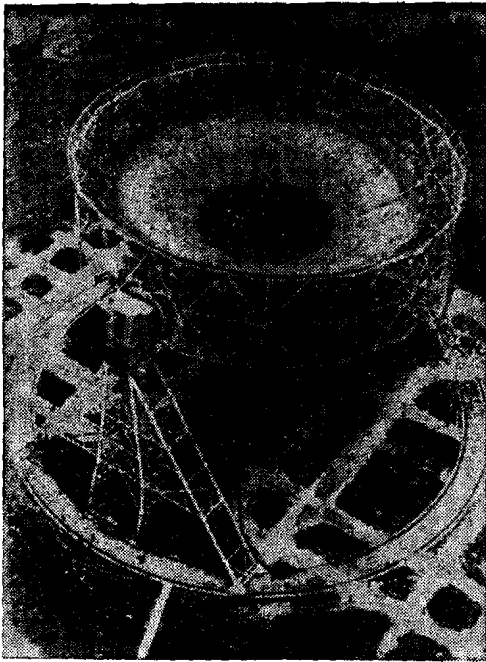


Fig. 6. — Radiotelescopio de Jodrell Bank, el mayor del mundo. El espejo, de 75 metros de diámetro, es orientable en azimut y altura.



Fig. 11. — Vista del Mediterráneo y regiones circundantes tomadas desde el "Tiro I".

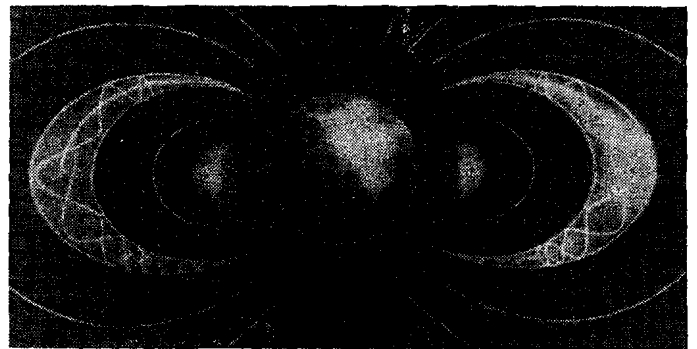
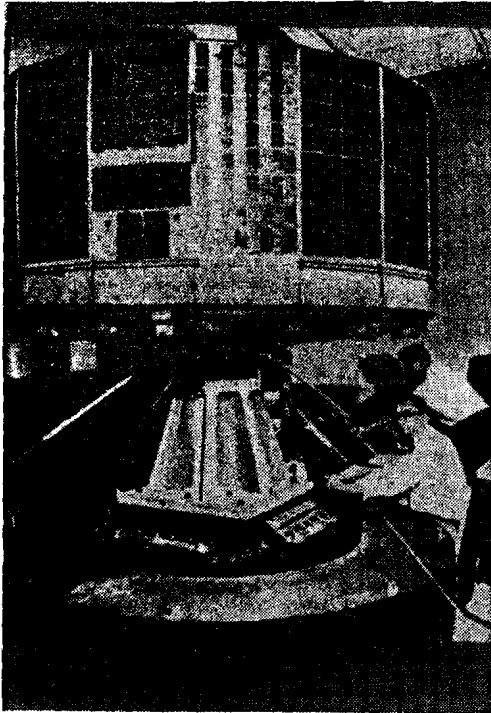


Fig. 12. — Cinturón de Van Allen.

Fig. 8. — "Tiro I"



Fig. 9. — Vista de la cara opuesta de la Luna.

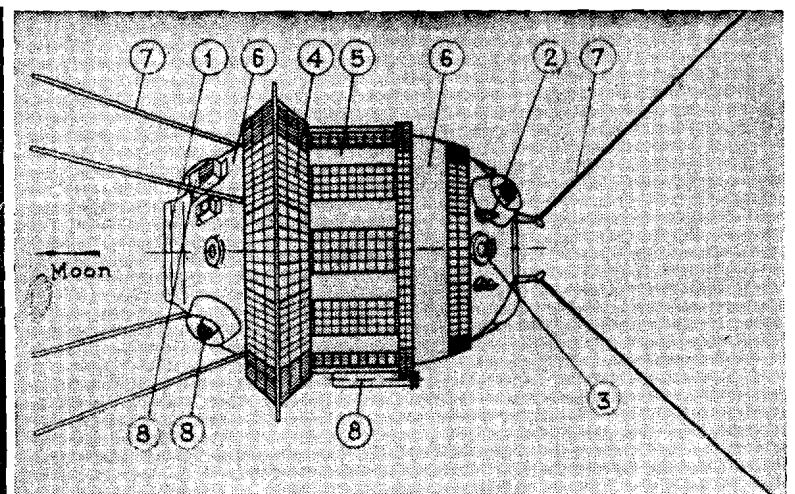


Fig. 7. — "Lunik I"