

# LOS SATELITES ARTIFICIALES SU OBSERVACION Y APLICACION EN ASTRONOMIA

Por el Ilmo. Sr. D. RAFAEL CARRASCO GARRORENA, Profesor  
de la Univesidad de Madrid y Director del Observatorio Astronómico Nacional

*En su amena y documentada disertación nos muestra el Sr. Carrasco, Director del Observatorio Astronómico Nacional, aparte de los procedimientos para observar los satélites artificiales, qué multitud de datos geofísicos pueden suministrar éstos; desde las radiaciones solares y cósmicas hasta la forma de nuestra tierra y la densidad atmosférica a elevadas altitudes. En verdad que esta primera conquista de la Astronáutica, este primer sueño hecho realidad, muestra que los astronautas no perseguían ideales utópicos y vanos, sino posibles técnicas de enorme alcance científico en su aplicación.*

El lanzamiento del primer satélite artificial de la Tierra ha producido la sensación que era de esperar y, con ella, una multitud de comentarios, entre los que no han faltado los apasionados en uno y otro sentido, inevitables sobre todo en estos momentos de "guerra fría".

Es indudable que el hecho había de constituir un éxito para el primer país que lo consiguiera, pues así ha sido y seguirá ocurriendo con las grandes conquistas científicas o descubrimientos; pero no hay que olvidar que los genios, en cualquiera de las ramas del saber, no son exclusivos de ningún país, y que los conocimientos de toda clase se hallan muy extendidos y, pudiéramos decir, muy equilibrados, hasta el punto de que ese éxito del primer paso puede depender solamente del azar o de los medios materiales disponibles en el momento adecuado, por lo cual esa ventaja no es más que momentánea para el país que la obtiene, y sería aventurado pretender deducir de ella cualquier clase de supremacía o exclusividad. Ejemplos muy recientes de ello es lo que ocurrió con la bomba atómica, fabricadas desde poco tiempo después de su lanzamiento por varias naciones, y lo es hoy el de los satélites artificiales con la coexistencia de dos de ellos en el espacio.

Desde mi punto de vista de Astrónomo me voy a limitar, en estos minutos de charla, a darles una idea del fruto que esperamos recoger de los satélites artificiales y de los medios que se utilizan para su observación.

Dentro de la multitud de datos geofísicos que han de suministrar los satélites artificiales, que constituyen una ampliación y complemento considerable de los que venían ya obteniéndose con los cohetes, para nosotros servirán para darnos una idea más completa de la emisión o radiación solar y, de aquí,

obtener un conocimiento mayor de los fenómenos solares y sus relaciones con los terrestres.

Sabido es que nuestra atmósfera absorbe, parcial o totalmente, una gran cantidad de las radiaciones emitidas por el Sol, en determinadas longitudes de onda, y que impide la llegada a la superficie de la Tierra de la emisión corpuscular. Se comprende, por tanto, la importancia que tiene el recoger estos datos en lugares libres de esta pantalla, y ello realizado durante un tiempo muy superior al que nos permitían hasta ahora los cohetes.

Se espera, pues, obtener datos valiosos sobre la radiación solar ultravioleta y rayos X, mediante los contadores de fotones y la radiotelemetría. La comparación de las medidas de la radiación  $\alpha$  de Lyman procedente directamente del Sol con la procedente del espacio en dirección perpendicular a la del Sol, servirá para darnos una idea de la densidad en el espacio de los iones y átomos de hidrógeno. Al mantenerse durante cierto tiempo estas observaciones del Sol son de esperar fluctuaciones en la intensidad de estas emisiones y tendrá un interés particular el ver lo que sucede cuando se producen las erupciones solares, tratando de encontrar la influencia de las mismas sobre las radiaciones solares y sobre los fenómenos terrestres con ellas relacionados.

Estas erupciones solares, sobre las que se concentra una gran vigilancia en este año geofísico internacional, consisten en un aumento rápido, inesperado y considerable de la intensidad luminosa en la proximidad de una mancha. Sólo dura unas horas, como máximo, y pueden considerarse como una explosión de luz más que de materia.

Casi todas las erupciones siguen esta marcha: aumento rápido hasta el máximo de intensidad, en el que permanecen poco tiempo, para decrecer lenta-

mente hasta el brillo anterior a su aparición. La duración observada varía entre 4 minutos como mínimo y 7<sup>h</sup>.2 como máximo, con cambios de brillo más rápidos que los de forma. Suelen tener lugar a menos de 100 000 Km. del grupo de manchas y parecen flotar sobre la cromosfera solar, presentando aumento de brillo en ciertas partes, en tanto disminuye en otras. Se ha encontrado, hasta ahora, una relación entre el número de erupciones y el de manchas, así como entre su frecuencia y el desarrollo que adquiere el grupo de manchas; no parecen tener relación con los campos magnéticos de las manchas, pero sí con la variación del flujo magnético.

Se sabe que hay expulsión de materia en la proximidad de las erupciones, pero estos chorros de materia, por su gran velocidad radial, superior a los 500 Km./s., son de difícil observación. El fenómeno se presenta así: a menos de 100 000 Km. de una erupción aparece una pequeña mota oscura de unos 10 a 20 000 Km., que empieza a alargarse y a aumentar de velocidad, oscureciéndose. A los pocos minutos empieza a disminuir de velocidad hasta alcanzar su máxima altura, en donde se hace invisible, apareciendo entonces una segunda señal cerca y desplazada al rojo, que indica que cae hacia el Sol. Este fenómeno puede observarse y registrarse fácilmente cuando tiene lugar en el borde del Sol, apareciendo como una protuberancia de corta vida que se eleva como un chorro en pocos minutos a alturas superiores a los 100 000 Km., para caer de nuevo por el mismo camino y más lentamente.

Se proyecta también la observación de los rayos cósmicos, cuyo espectro energético varía desde un mínimo aún desconocido hasta un alto nivel. A causa de la desviación que el campo magnético terrestre ejerce sobre estas partículas, sólo las que poseen una gran energía penetran en las latitudes medias terrestres, siendo absorbidas por la atmósfera terrestre las de energía más baja. La observación desde el satélite nos dará, por tanto, el valor de la radiación cósmica primaria, la total que llega a los límites de nuestra atmósfera, utilizando las técnicas normales de contadores.

También se espera recoger datos sobre los micrometeoritos o pequeñas partículas meteoríticas, de unas milésimas de milímetro de diámetro, que están llegando constantemente a la alta atmósfera de la tierra, y que parecen tener influencia sobre la ionización de la capa E de la misma. Estos datos pueden darnos una idea de la densidad del polvo en el espacio interplanetario y de la frecuencia con que se presentan estos pequeños meteoros dotados de gran velocidad.

Además de la temperatura y presión en la alta

atmósfera, la simple observación y estudio del movimiento del satélite artificial nos permite deducir datos sobre la densidad del aire a las distintas alturas o distancias a que se encuentra en cada momento. Por ejemplo, antes del lanzamiento se hablaba de una duración máxima probable de dos a tres semanas, y ya hemos visto que ésta hay que convertirla en meses, por lo menos, y hoy se habla ya de una posible duración de años para el satélite americano "Explorador", 1958  $\alpha$ ; esto parece indicar que la densidad de la atmósfera a esas alturas de los satélites es menor de la que se suponía.

La órbita descrita por el satélite depende esencialmente de la velocidad instantánea que se le haya comunicado en su máxima altura de lanzamiento y de la acción del campo gravitatorio terrestre (aparte, naturalmente, de la pequeña fricción con el aire y de las atracciones de los otros astros), por lo cual debería mantenerse su período y forma, si sus dos fuerzas principales se conservaran constantes. La velocidad sí lo es, pero no la atracción terrestre, por la forma de las superficies equipotenciales del campo gravitatorio, que varían con las irregularidades de la distribución de masas; esto es, dada la altura relativamente pequeña en comparación con las dimensiones de la Tierra a que se mueven los satélites, la fuerza de atracción debe variar ligeramente, pero de modo apreciable, según que pase sobre un macizo montañoso, como el Himalaya, o sobre un océano. Esta variación de la fuerza producirá modificaciones en la órbita del satélite o, en términos astronómicos, perturbaciones; el estudio de éstas, recíprocamente, nos puede dar idea de esta distribución de masas y, por tanto, de la composición de la corteza terrestre.

Estas mismas observaciones pueden servirnos, además, para determinar el achatamiento de la Tierra, e incluso se espera deducir de ellas un mejor conocimiento de la posición de los distintos observatorios, sirviendo así de complemento a la campaña mundial de longitudes y latitudes que se está realizando con motivo del Año Geofísico Internacional.

Aún se aspira a más y no faltan proyectos. Si pudiera recuperarse el satélite, podría equipársele con cámaras fotográficas, que nos darían imágenes de la Tierra y quizá de otros astros; se piensa también en proveerlos de aparatos de televisión, telescopios y que sirvan de enlaces de radio.

Dentro ya de la fantasía (aunque no podamos asegurar cuánto tiempo pueda llamársele así) están los viajes interplanetarios, con satélites pilotados por el hombre, y las maneras probables en que se efectuarán los mismos, con sus estaciones interplanetarias para descanso y repostar e incluso montar los nuevos

satélites que han de llevarnos a pasar una temporada en otro planeta o simplemente a dar una vuelta por sus alrededores, permaneciendo durante un cierto tiempo como satélite del mismo, para regresar al punto de partida, etc., etc.

Como vemos por lo ya dicho, el aprovechamiento de los datos que pueden suministrarnos los satélites exigen una cooperación internacional lo más nutrida y estrecha posible. Llegamos así a la segunda parte de mi charla: su observación.

Los dos métodos aconsejados para su observación son el de la radio y el óptico, visual o fotográfico. El primero se designa en los Estados Unidos como "Alinitrak"; utiliza un método de comparación de fase, en el que una señal de radio se transmite del satélite a la estación, que actúa esencialmente como un interferómetro de radiofrecuencia. La precisión esperada en una operación de este tipo es de unos 3' en condiciones normales, que puede llegar a los 20" para ángulos cenitales pequeños u observaciones nocturnas. Tiene este método la ventaja de poderse emplear en todo momento, día y noche, cualesquiera que sean las condiciones atmosféricas, esto es, con cielo despejado o cubierto.

También la técnica del radar puede indudablemente aplicarse a la observación del paso del satélite, día o noche, con o sin nubes, y a la determinación de su altura y dirección aproximadas.

De una mayor precisión son los métodos ópticos, pero tienen dos limitaciones: la necesidad de tener una idea suficientemente aproximada de su posición en un momento dado y el no disponer de más tiempo para su observación que el de los crepúsculos, siendo indispensable el cielo despejado.

En efecto, el satélite no tiene luz propia (puede que llegue a dotársele de ella más adelante) y, por lo tanto, sólo se hace visible, como un satélite natural cualquiera, por ejemplo, nuestra Luna, al reflejar la luz que recibe del Sol; en estas condiciones y dados su pequeño tamaño y escasa distancia a la Tierra (hablando en términos astronómicos), hay que aprovechar aquellos momentos en los que, iluminados por el Sol, éste ya se ha puesto para el lugar de observación y el cielo aparece lo suficientemente oscuro para que pueda destacarse ese pequeño punto luminoso y para que no se vele la placa si la observación es fotográfica; estos momentos son los que comprende el crepúsculo.

Aunque las observaciones de radio pueden ya dar una idea rápida y aproximada de la órbita que recorre un satélite artificial, se pensaba, antes de empezar los lanzamientos (quizá por temor a que la órbita real no se ajustara a la proyectada y deseada) en la con-

veniencia de disponer cuanto antes de observaciones, aunque fueran algo imprecisas, del paso del satélite por los diferentes puntos de su recorrido. A tal fin se estimuló la ayuda de aficionados voluntarios, los que, organizados en grupos y debidamente adiestrados y preparados, podrían servir el fin deseado en la forma que paso a indicar; a estos grupos se les designó con el nombre de "observadores del satélite de la luna".

Cada uno de los grupos de observadores, generalmente de 10 personas, se sitúan sobre la recta coincidente con la meridiana (Norte-Sur), cinco cara al Norte y los otros cinco al Sur, provistos de anteojos iguales contruídos exclusivamente para este fin y con el cual pueden ver un campo de 12" cada uno; de tal modo cubren entre los diez observadores un arco de meridiano de 120", 60" a cada lado del cenit. Para su comodidad, que redunde en una mayor precisión de la observación que realiza, cada observador va sentado ante una mesa en la que se coloca el anteojo, cual un microscopio, y mediante un espejo que forma un ángulo de 45° con el objetivo, puede ver la región del cielo que le corresponda. A su lado, y sobre la mesa, tiene un plano celeste con las estrellas más brillantes que pasarán por el campo del anteojo durante su observación. Disponiendo a la vez de un reloj o péndulo astronómico, puede determinar, bien a vista y oído o por registro gráfico, el instante o instantes en que el satélite pasa por uno o varios puntos de su campo de observación, anotando sobre la carta celeste la posición o posiciones a las cuales corresponden los tiempos registrados.

Conocida la hora aproximada, aunque sea con un error probable de un cuarto de hora, en que el satélite debe cruzar por el horizonte visible de un lugar, siempre que su trayectoria corte a la línea meridiana a una altura superior a los 30°, esta trayectoria deberá ser *cazada* por un observador al menos, el cual podrá realizar la proyectada observación y dar la *alarma* a los restantes observadores.

Hay que tener en cuenta que, tratándose de los satélites proyectados y los lanzados hasta ahora, su velocidad aparente variará, según su altura o distancia, entre 1°,3 por segundo, en el perigeo, y una fracción de grado, en el apogeo (la Luna, aparentemente, en medio segundo). Por lo tanto, el tiempo que tardará en recorrer el campo del anteojo oscilará entre unos 9 a 90 segundos, tiempo suficiente para su *caza*.

Aunque la magnitud aparente o brillo depende de las condiciones atmosféricas, tamaño, poder reflector y distancia del satélite, se ha calculado que el proyectado tendría, a su distancia media, una mag-

nitud 7 (6." límite de visión a simple vista), siendo, como es lógico, más brillante en el perigeo y bajando hasta la 9 o poco más en el apogeo, por lo que será visible en el anteojo de 5 cm. de abertura en gran parte de su recorrido.

Para la observación fotográfica se han planeado unas cámaras Schmidt, de una abertura en el espejo de 76 cm. y un diámetro de la lente correctora de 51 cm., siendo su relación  $F/1$ , o sea de una gran luminosidad. Se espera con estas cámaras llegar a obtener la posición del satélite con una precisión de unos 2", y se utilizarán relojes de cuarzo para la determinación del tiempo.

Este equipo óptico se le considera capaz de registrar el paso de una esfera de unos 38 cm. de diámetro a una distancia de 1 600 Km., lo que corresponde a una magnitud estelar de 10 a 11 (el satélite hemos dicho que debe oscilar entre la 6 y la 9), con lo cual queda asegurada su impresión sobre la placa foto-

gráfica. Exigen, para su utilización, conocer por anticipado la posición del satélite en un momento dado, con una indecisión máxima de unos 3° y, naturalmente, unas condiciones atmosféricas favorables.

Y nada más; solamente, para terminar, expresar un deseo, que creo es el de todos:

Dios ha concedido al hombre el don de la inteligencia. Inteligencia que le ha permitido alcanzar estas grandes conquistas que hoy nos asombran a todos.

Pidámosle a El, que todo lo puede, que conceda también a los hombres que rigen los destinos de los pueblos la suficiente serenidad, buenos sentimientos y amor al prójimo, para que utilicen estos grandes descubrimientos en beneficio de todos y que jamás los aprovechen, cual si fueran una maldición, para llevar a la Humanidad a su esclavitud o exterminio total.

