

## “BUEN Y MAL TIEMPO” INTERPLANETARIO

por HEINRICH FAUST

De la Oficina Central del Servicio Meteorológico de Alemania

Sintetizando puede decirse que por el concepto “tiempo” meteorológico entendemos el estado del tiempo en determinado momento referido a la atmósfera terrestre en determinado lugar. Con ello está dicho que es peculiar del tiempo el cambio constante. Si en la atmósfera no hubiera cambios temporales, seguramente no existiría en nuestro lenguaje corriente la palabra “tiempo” con este sentido. Acaso es propio también del concepto “tiempo” algo referido al hombre: el tiempo atmosférico es el factor número uno del medio en que el hombre vive. Y en el inmenso Cosmos existen, ciertamente, vastas zonas espaciales en las que cambian constantemente las condiciones físicas sin que por ello se hable de tiempo sencillamente porque en ellas no vive el hombre. Ha vivido exclusivamente, hasta ahora, en el fondo de su atmósfera. Mas he aquí que se apresta a adentrarse en zonas del espacio próximas a la tierra. Por medio de proyectiles no tripulados ha podido comprobar que en modo alguno son constantes las condiciones físicas en el espacio interplanetario. Ahora bien, si pensamos que algún día penetrará el hombre en este espacio con un medio de cambiantes condiciones físicas igualmente, sin duda podemos permitirnos hablar de “tiempo” interplanetario. La expresión “tiempo cósmico” no será empleada aquí. En primer lugar el espacio de las cercanías del sol no es aun el espacio cósmico, ni mucho menos. En segundo lugar precisamente debido a la presencia del sol en este espacio parcial reinan en él condiciones físicas distintas a las de las gigantescas vastedades que separan a las estrellas fijas, no digamos a las distintas galaxias.

Cuando por el año 1930 el físico Chr. Gerthsen —entretanto fallecido— dictaba sus inolvidables lecciones, citaba a menudo las palabras de su colega Ph. Lenard, del discurso pronunciado por éste con motivo de la concesión del Premio Nóbel. Decía Lenard para demostrar la vacuidad del átomo: “Todo lo demás en el átomo está vacío, tan vacío como el espacio de los mundos traspasado por la luz de las estrellas”. Hoy, sólo pocas décadas después, sabemos que este espacio de los mundos no está, en modo alguno, vacío. No sólo le cruzan ondas irradianes de todo género: contiene también la materia interestelar. Si bien ésta aparece diseminada en forma finísima y es, por lo tanto, de densidad extraordinariamente escasa, su masa total dentro de nuestro sistema galáctico, es,

no obstante, del orden de la décima parte de la materia condensada en las estrellas.

En la proximidad de las estrellas fijas —aquí, especialmente de nuestro sol— reinan condiciones distintas en cuanto debido a la irradiación de su calor y su luz una parte de la materia interestelar es mantenida lejos del sistema planetario por la emisión de corpúsculos, mas creando, por otra parte, cualidades típicas del tiempo interplanetario. En la materia interplanetaria se incluyen también las partes exteriores de la corona solar, la partícula causante de la luz zodiacal y el gas que se evade por difusión de la atmósfera de los planetas. A las partículas más bastas habrá que añadir los meteoros.

Las partículas con carga eléctrica emitidas por el sol, en modo alguno con constante potencia, protones y electrones principalmente, arrastran consigo un campo magnético que modifica incesantemente el curso de las líneas de fuerza magnética en las proximidades del sol. Estos campos magnéticos, vinculados a las corrientes de plasma, se manifiestan como campos de conducción, como colectores y como medios de transporte<sup>1</sup>. Cuando, en la esfera de una región de manchas, el sol emite una corriente de plasma temporalmente no demasiado variable, puede formarse, debido a la rotación del sol, un campo magnético en espiral. A mayor distancia del sol se tornará difuso.

Las corrientes de protones emitidas por el sol que alcanzan la tierra, hacen a menudo grandes rodeos. Han hecho probable esta realidad las comparaciones del tiempo sobre la base de observaciones de radio-observatorios norteamericanos en combinación con las mensuras de los satélites exploradores Explorer XII y Explorer XIV<sup>2</sup>. El retardo temporal —de no suponerse una acumulación de los protones en las proximidades del sol— deberá explicarse por los rodeos causados por los campos magnéticos interplanetarios. El hecho de ser transitoriamente “retenidos” los protones en la cercanía del sol ha debido ser aceptado como una posibilidad probable, ya que de otro modo la valorización de los resultados de las mensuras significaría un rodeo que en algunos casos equivaldría a muchas veces la distancia sol-tierra.

La NASA, cuyo más ambicioso proyecto, bajo la dirección del profesor Wernher v. Braun, es el vuelo tripulado a la luna, se ha anticipado por ello a enviar lunas artificiales y sondas espaciales al espa-

cio próximo a la tierra con el designio de obtener datos sobre el tiempo interplanetario. Ya en 1961 fue puesto en órbita muy excéntrica el Explorer XII como primer satélite de una serie de tests de indagación sobre las condiciones de medio que esperan a futuros viajeros rumbo a la luna. Misión de los satélites fue la mensura de las siguientes magnitudes<sup>3</sup>: fuerza y dirección del campo magnético entre tres y diez radios terrestres; fuerza de la irradiación corpuscular a lo largo de todo el trayecto; flujo de protones; acción del cinturón radiactivo Van Allen sobre las células solares. Mencionemos aun al Explorer XVIII, al que se designó especialmente IMP (Interplanetary Monitoring Probe). Esta luna artificial, lanzada a fines de 1963, fue puesta igualmente en órbita muy excéntrica: apogeo de 198.000 km. y perigeo de 193 km. Llevaba a bordo 9 instrumentos para la mensura de todas las corrientes de partículas que cruzan las proximidades de la tierra, incluso los pesados núcleos atómicos, de gran energía, lanzados por las erupciones solares, que representan un peligro para las naves espaciales tripuladas<sup>4</sup>.

Si consideramos con mayor circunstancia el buen o mal tiempo espacial en las proximidades de la tierra deberemos mencionar como primer componente el cinturón radiactivo Van Allen, cuya existencia ofrece aún enigmas.

Los peligros al tropezar con este cinturón, en un principio se exageraron un poco, probablemente\*. Se había pensado en abandonar la tierra sobre sus polos por no acusarse ahí tanto la presencia del cinturón. Hoy, sin embargo, se piensa embestirle por el ecuador. Para atravesarle sólo se requiere un lapso que oscila entre unos pocos minutos y una hora de vuelo<sup>1</sup>. La dosis de irradiación que alcanzaría a los tripulantes de una nave espacial equivaldría a la quinta parte de la tolerable sin daños clínicos<sup>1</sup>. La intensidad del cinturón radiactivo Van Allen parece variar de acuerdo con la actividad solar.

Según los resultados de las mensuras del Explorer XII parece no haber dos, sino sólo un cinturón de radiactividad y que los dos cinturones en que se creyó eran únicamente máximos de intensidad de una formación de mayor tamaño de lo que se suponía<sup>6</sup>.

Como el próximo componente del tiempo espacial es considerado el "viento solar". Se entiende por esto la constante emisión de plasma débilmente magnético desde la superficie del sol. No representa especial peligro para las naves espaciales tripuladas. Su intensidad oscila un poco, sin embargo. En acción conjunta con el campo magnético terrestre se producen, al encuentro con el viento solar y en éste, agitación magnética terrestre y en ocasiones auroras boreales débiles<sup>1</sup>. Representan el tercer componente del tiempo espacial

los rayos cósmicos que llegan desde las profundidades del espacio y son una irradiación de partículas de energía extraordinariamente alta, que, al chocar con los átomos y moléculas de la atmósfera terrestre, da lugar a procesos secundarios y terciarios, no transmitiéndonos lo que alcanza a nuestro suelo un cuadro de la composición de la "irradiación primaria" que llega al borde superior de la atmósfera<sup>8,9</sup>. La parte constitutiva principal de esta irradiación primaria son protones, los "primarios" más pesados son tanto más raros cuanto más alto es su peso atómico... con la excepción única del hierro, sorprendente y fuertemente representado<sup>8</sup>.

En Alemania fue E. H. Graul, de Marburg, quien en primer término se ocupó de los peligros que amenazaban con los "primarios pesados"<sup>9</sup>. Hace ya años que advirtió que el problema podría resolverse por medio de experimentos en el suelo terrestre si pudieran lograrse imitar con suficiente aproximación en el laboratorio las condiciones de la irradiación en el espacio interplanetario. No son sólo de temer daños individuales por parte de los primarios pesados, sino trastornos en la descendencia condicionados por la irradiación. Sobre la base de los resultados y argumentos de que disponía, Graul llegó a la conclusión de que en vuelos espaciales de una duración de pocos meses la probabilidad de daños por la irradiación es tan escasa que vale la pena arriesgarse. Si bien en el tercer Simposio COSPAR de Washington se mantuvieron criterios más optimistas sobre la base de experimentos realizados con ratones sometidos a la acción de un rayo de deuterio, los primarios pesados, sin embargo, siguen constituyendo un grave problema en la esfera de los peligros que amenazan al hombre en el espacio extraterrestre.

La opinión que hoy predomina es que para viajes espaciales de larga duración deberá proveerse de más fuertes blindajes a las naves del espacio. Y si se piensa en un vuelo tripulado a Marte con propulsión química deberá reconocerse que todavía no sabemos hoy cómo podrá salirse al encuentro de la amenaza de los primarios pesados.

Pero el máximo peligro para los futuros navegantes del espacio, que existe ya en el vuelo a la luna, lo constituyen las borrascas solares<sup>10,11,1</sup>. Se entiende por tales el viento solar intensificado enormemente, fenómeno que sobreviene sobre todo como consecuencia de erupciones de protuberancias. Según ciertas valoraciones sobre datos de satélites sensores y sondas espaciales parece que las órbitas de las partículas de una borrasca solar tienen relativa estabilidad. El débil campo magnético del sol se ve expandido durante una borrasca solar en la dirección del movimiento de las partículas, por lo pronto en forma de pera. Por el campo

magnético así conducido el campo magnético solar es combado, cada vez más fuertemente por las siguientes partículas hasta que finalmente un curso de líneas de fuerza casi paralelas en forma de tubo se alarga en el espacio desde el sol<sup>12</sup>. Los protones proyectados más tarde por la erupción encuentran así un camino ya preparado y su velocidad es muy grande. ¡A fines de marzo de 1960, durante una borrasca solar, el satélite Explorer x se encontraba 233.000 km. más alejado del sol que la tierra y la tormenta fue registrada en él sólo 2 minutos más tarde!<sup>12</sup>. El encuentro con la órbita de una fuerte borrasca solar puede significar la muerte para los tripulantes de una nave espacial no provista de un blindaje de fantástico grosor.

Sobre la anchura de estas formaciones en forma de tubo o botella todavía se sabe muy poco. Según comunicación verbal del Dr. O. Lyle Tiffang, jefe científico de los Establecimientos Bendix, la tierra, en su órbita de rotación alrededor del sol, atravesó una borrasca solar en noviembre de 1960. Para ello necesitó 10 días. Y en cuanto al movimiento de la formación radiactiva durante el tiempo de la travesía no se sabe nada.

La existencia de los campos magnéticos del sol y especialmente de la tierra, las corrientes interplanetarias de plasma, los campos magnéticos generados por éstas y su reacción sobre las órbitas de otras corrientes de plasma, crean condiciones de extraordinaria complicación. Éstas y la acción recíproca de los distintos componentes activos plantean un problema de campos múltiples sólo matemáticamente aprehensible (magnetohidrodinámica). Una idea del multiforme carácter de las cosas nos la brindan las exposiciones en lengua alemana de G. Pfozner<sup>1</sup>, L. Biermann<sup>11</sup> y A. Ehmert<sup>13</sup>.

También el diferente número por unidad espacial de los meteoros que cruzan el espacio, con su diferente grosor, se incluye en el tiempo espacial próximo a la tierra. Sabemos que alrededor del sol giran enjambres de meteoros en forma de anillos elípticos. Cuando en determinada época del año la órbita de la tierra cruza la órbita de uno de estos enjambres se produce el conocido fenómeno del enjambre de estrellas fugaces o aerolitos, que, según el lugar del cielo de donde parecen proceder, por razones de perspectiva son denominados perseides en agosto, oriónides en octubre, leónides en noviembre y gemínides en diciembre, entre otros. Las partículas generadas por un meteorito de claridad media al quemarse en la atmósfera terrestre son corpúsculos de alrededor de un milímetro de diámetro. Partículas de mayor tamaño —los enjambres de perseides tienen una relativa abundancia de meteoritos de especial claridad— son menos frecuentes, las bolas de fuego menos frecuentes aun y los grandes

meteoros que alcanzan a la tierra constituyen acontecimientos extraordinariamente raros. En los daños que al chocar con una nave espacial ocasionan los fragmentos de materia no sólo se tiene en cuenta la masa, sino la velocidad de choque.

Los enjambres de meteoros hasta hoy conocidos por los astrónomos son, naturalmente, aquellos cuya órbita cruza o roza la órbita de la tierra. En los últimos hay la probabilidad de que el número de partículas por unidad espacial sea mayor en otro lugar lateralmente más alejado. Además, este número no será igual a lo largo de toda la órbita. Debe suponerse también que en el sistema solar hay otras corrientes de meteoros hoy desconocidas. Finalmente, no debe considerarse, en absoluto, como una imposibilidad, que penetren en el sistema solar fragmentos de meteoros que vagan por el espacio interestelar.

En un vuelo a la luna, nuestro acompañante cósmico, probablemente no se presentarán grandes sorpresas en lo que se refiere a nuestros conocimientos sobre la distribución de los meteoros en los alrededores de la tierra, excepto, acaso, en lo que atañe a aquellos cuya órbita "roza" la órbita de la tierra.

Actualmente se ensaya en el Air Force's Flight Dynamics Laboratory, Wright-Patterson (Ohio), un método para eludir el peligro de los meteoritos. El blindaje de la nave espacial se cubre con una capa de polvo metálico, retenido entre planchas o rejillas por un campo electrostático<sup>14</sup>. Para estudiar la acción erosiva de los micrometeoritos, que son los que numéricamente predominan, sobre los costados de la nave, se ha construido un "cañón de micrometeoritos" que dispara contra el material en estudio partículas con carga eléctrica con un diámetro, de 1 micrón aproximadamente, aceleradas por un campo eléctrico<sup>15</sup>.

Rumbo a la luna se proyecta el próximo vuelo tripulado. Los norteamericanos lo anuncian para 1969 o 1970. Es un período extraordinariamente desfavorable por su inmediata proximidad a un máximo de manchas solares en que las borrascas solares son mucho más frecuentes y especialmente malo el tiempo espacial medio. La primera permanencia de seres humanos en la luna tendrá que ser extraordinariamente breve. Si se piensa en una permanencia de varios días con fines de exploración, será de máximo apremio la construcción de refugios contra la radiactividad. Lapidariamente podría decirse que la primera herramienta que habrá de usarse en la luna es el azadón.

Hay todavía un plazo de un par de años hasta el próximo vuelo a la luna y para entonces no sólo se construirán las naves espaciales, sino que se intentará encontrar el modo de disminuir los riesgos del tiempo espacial. Para ello hay dos maneras. La primera es continuar intensamente la investigación del tiempo in-

terplanetario con el designio de instruir en este aspecto a los astronautas. Es para ellos de mucha mayor importancia que para los aviadores. En primer lugar pocos vuelos de aviones dejan ya de realizarse por razones del mal tiempo y en segundo lugar el avión puede elegir el punto de aterrizaje más favorable, posibilidad que no tiene la nave del espacio en caso de mal tiempo espacial.

Con incesante esfuerzo se busca la posibilidad de un pronóstico temporal y espacial de las borrascas solares. Para ello son necesaria premisa la constante observación, en lo posible, del mayor número de procesos solares desde satélites en órbita fuera de la atmósfera terrestre y el registro del tiempo interplanetario por medio de sondas espaciales. La exploración del sol desde bases extraterrestres se encuentra aún en su fase de iniciación y en esta esfera de la investigación son de esperar muchas sorpresas. Acaso se encuentren métodos para el pronóstico del tiempo espacial que ni imaginar podemos.

Habría, de todos modos, que preparar los cálculos necesarios para el caso de que una nave espacial sea sorprendida por una borrasca solar. En Norteamérica se ha discutido la posibilidad de construir dentro de la nave un pequeño espacio protegido por un grueso blindaje donde podría refugiarse la tripulación hasta que se hubiera trasvolado la zona de peligro.

Con esto hemos mencionado el segundo tipo de protección contra los riesgos del tiempo espacial: un blindaje

daje lo suficientemente poderoso. Pero el aumento de peso que ello supondría haría irrealizables los vuelos de propulsión química. Sólo podrá discutirse su construcción cuando se disponga de materias propulsoras con una potencia de energía mucho mayor, lo que brindaría también otras posibilidades.

Pero esto se sitúa en un futuro imprevisible. El vuelo a la luna se realizará aun con propulsión química y sólo podemos desear que hasta entonces se encuentren los medios y recursos para que la gran empresa no fracase por causas del tiempo interplanetario.

\*N. de la R.: Confirmada esta suposición por el vuelo espacial de "Ugoliok" y "Veterok", los perros rusos que soportaron, indemnes, las más intensas radiaciones del Cinturón Van Allen durante un viaje de 22 días.

#### BIBLIOGRAFIA:

- (1) Pfozter, G.: Umschau 62, 178 u. 197 (1962).
- (2) Weltraumfahrt: 4, 186 (1963).
- (3) Weltraumfahrt: 12, 187 (1961).
- (4) Raumfahrtforschung: 8, 47 (1964).
- (5) Naturw. Rdsch.: 17, 175 (1964).
- (6) Weltraumfahrt: 13, 119 (1962).
- (7) Flugwelt: 15, 396 (1963).
- (8) Eugster J.: Weltraumstrahlung, Bern u. Stuttgart, 1955.
- (9) Graul, E.: Almanach f. ärzt. Fortbild., 1963, S. 1.
- (10) Geisenheyner, St.: Flugwelt, 15, 396 (1963).
- (11) Biermann, L.: Phys. Blätter, 19, 49 (1963).
- (12) Flugkörper, 6, 184 (1961).
- (13) Ehmert, A. in "Kernstrahlung in der Geophys.", herausgegeben v. H. Israel, A. Krebs u. R. D. Evans, Berlin, Göttingen, Heidelberg (1962).
- (14) Missiles and Rockets 13, 9 (1963).
- (15) Missiles and Rockets, 13, 208 (1963).

## LOS CUANTOS Y LOS PENSAMIENTOS

por E. MANUZAROVA

Seguramente, a cualquier persona le ocurre lo mismo: mira un periódico sin interrumpir la conversación ni desconectar el aparato de radio, pensando para su fuero interno: esa melodía me gusta, aquella no, y al mismo tiempo no se olvida del hombre a quien tiene que llamar por teléfono sin falta hoy, lunes, a las ocho y media en punto, y de ninguna manera más tarde. Parece que los cuatro pensamientos se desarrollan simultáneamente, sin molestar el uno al otro. Compruébelo aunque sea ahora mismo, y verá que así precisamente es. A lo mejor, al leer esas líneas habrá pensado también en otra cosa.

El paralelismo de varios pensamientos largos me parecía siempre ser una prueba de vigorosidad del cerebro humano y de su voluminosidad. Se aclaró, sin embargo, que era una sensación errónea. Aparatos de precisión han demostrado que los mecanismos del funcionamiento del pensamiento eran distintos. El problema de la posibilidad de pensamientos paralelos es,