

## Nuestro sistema solar ante la ciencia de hoy

Es cosa obvia que desde la más remota antigüedad la atención de la ciencia de los cielos se haya dirigido preferentemente hacia los cuerpos celestes más cercanos y familiares a los hombres, tomando esta última palabra en su sentido literal, en cuanto que forman en la Tierra una verdadera familia unida por vínculos especiales de mutuo influjo; desde la primera página de la Biblia se habla del Sol y la Luna como luminarias destinadas a alumbrar nuestros días y noches, y en cuanto a los otros planetas, donde la mitología primitiva vió personificados a sus dioses, se les atribuían influencias nacidas de la fantasía y misticismo de sus adoradores, y por muy evidentemente que conste hoy su falsedad a la luz de la ciencia sería, no deja de estar arraigada hasta nuestros mismos días en la mente de la humanidad crédula y todavía primitiva como antaño.

Mucho es lo que la verdadera ciencia astronómica ha averiguado o conjeturado fundadamente acerca de la naturaleza, actividades y propiedades de cada uno de los miembros de la familia solar, hasta constituir un sólido cuerpo de doctrina durante los últimos siglos; pero aquí vamos a insistir en los frutos más recientes de la ciencia de hoy, en que pocas apreciaciones hasta hace poco respetables, han sufrido una aguda crisis y han sido sometidas a una severa revisión, de resultas de la cual han llegado a quedar definitivamente desautorizadas: en la era electrónica y de la astronáutica en que vivimos, tal revolución en las ideas se debe a dos causas principales: los novísimos métodos de observación y análisis, y esos mismos viajes planetarios, que aunque incipientes e imperfectos, nos han traído informaciones de primera mano acerca de lo que pasa fuera de nuestro planeta; en particular está la noticia de última hora, o si hemos de expresarlo en términos más exactos, lo averiguado mediante el estudio de una especie de mensajeros cósmicos, no ya artificiales, sino completamente naturales, algunos de los cuales llegaron a la Tierra hace muchos años, pero sin que hubiera entonces medios de descifrar los mensajes de que eran portadores.

Nos referimos a los meteoritos, así grandes como pequeños, y a veces de tamaño microscópico, pero que gracias a los métodos modernos de análisis, resultan hoy de extraordinaria utilidad para descifrar no pocos enigmas astronómicos. Hasta se ha llegado a decir lo siguiente: «Nos estamos gastando miles de millones de dólares en exploraciones espaciales para averiguar lo que hay en la Luna, siendo así que para ello bastarían medios tan vulgares como la escoba o el plumero con que recoger el polvo de esos mismos laboratorios en que trabajamos; porque en él hay partículas procedentes de nuestro satélite natural». A primera vista puede parecer una broma, pero semejante afirmación procede de una fuente tan autorizada como la National Geographic Society de los Estados Unidos, y su explicación es muy sencilla: consta que los meteoritos que caen en la Luna, con velocidad no frenada por atmósfera alguna, levantan o «salpican» grandes cantidades de polvo lunar, cuya velocidad es muy superior a la requerida para escapar a la atracción gravítica, que allí es bastante pequeña; y ese polvo va a engrosar el que constantemente está cayendo en la Tierra. Desgraciadamente no existe todavía un criterio analítico que permita distinguirlo del resto de la aportación micro-meteorítica.

Los cohetes y satélites, provistos de registradores para tales impactos, que incluso miden su masa y tamaño, han revelado cifras a primera vista increíbles, pero perfectamente comprobadas: diariamente nos llegan unos 750 mil billones (18 cifras) con diámetros comprendidos entre trece milímetros los mayores y medio micrón los más pequeños; en cuanto a la masa total, se admite como cuantía prudentemente evaluada la de diez mil toneladas diarias. Además hay otras clases de partículas que se mantienen en órbita estable alrededor de nuestro planeta y por tanto no caen en él; entre ellas están las que constituyen el fenómeno conocido por luz zodiacal y las que forman esa especie de cola cometaria que recientemente se ha descubierto que acompaña a la Tierra en su camino.

Pero el interés máximo en cierta clase de piedras caídas del cielo, algunas de las cuales hace años que reposaban en las vitrinas de los museos, de donde ahora han sido sacadas para someterlas a un estudio que los novísimos métodos de investigación han hecho posible, gracias a los procedimientos radiactivos de datación. Viene a ser como si llevaran escrito, como ocurre en edificios más o menos antiguos, la fecha de su construcción; y siguiendo literalmente la comparación, así como a veces encima de una porción muy antigua, de sillería, se lee en una lápida de hace varios siglos con caracteres propios de la época, y encima, sobre otra prolongación hecha de ladrillos, otra fecha más reciente, también sucede esto con meteoritos, cuya parte interna acusa una antigüedad extraordinariamente lejana y en el exterior hay señales de una acreción producida en tiempos más recientes. De este modo se ha conocido la larga historia de semejantes restos, que unas veces son fragmentos de planetas o planetoides rotos

en una catástrofe cósmica, o bien se trata de porciones primitivas de una nube cósmica, que se han conservado independientes, en vez de agregarse para constituir masas mayores, una de las cuales fue nuestra Tierra.

Así ha venido a confirmarse la teoría cosmogónica que reconstruye el origen de nuestro sistema solar por la formación, dentro de una nube de planetésimos, de diferentes núcleos de tamaño diverso, el principal de los cuales, en el centro del sistema, habría sido el Sol, y los secundarios los planetas y asteroides; la conclusión lógica en que éstos no serían ya, como en las teorías más antiguas, hijos del Sol, sino sus hermanos menores, sometidos, eso sí, a la acción gravítica del núcleo más poderoso, que rige las órbitas de sus subordinados. Lo que se ha averiguado con sólida probabilidad es la fecha de cada una de estas fases: resulta que los elementos más antiguos no excede de los 4,7 miles de millones de años, y que en los primeros cien millones se verificó la ulterior agregación de donde nacieron los planetas.

Otra de las fuentes de información para esta clase de estudios han sido las perforaciones hechas en los sedimentos marinos mediante sondas que se hincan profundamente en el fondo y extraen de él cilindros macizos de hasta 15 y 20 metros de longitud; en ellos está también escrita la historia de los meteoritos que en épocas remotas han caído en la corteza terrestre; por su estructura característica y composición mineralógica se distinguen fácilmente de otros sedimentos propiamente nuestros, y a veces basta una acción magnética para separarlos en laboratorio; los resultados son diferentes, por ejemplo, en el Pacífico, donde la proporción media es de 300 a 700 partículas extraterrestres por millón de las nuestras; en otros parajes hay menos: una por cada 10.000 millones; y en el Atlántico la cantidad global es 1/8 del Pacífico. En un solo cilindro había no menos de cinco máximos de estas aportaciones, correspondientes a períodos cronológicamente separados entre sí: se han encontrado lluvias meteoríticas hasta de la era terciaria.

Análisis estadísticos demuestran que durante los últimos 4,5 miles de millones de años unas 70 veces (aproximadamente una vez cada 64 millones) se ha intensificado esta lluvia de asteroides de gran tamaño, mayores de 4 km. de diámetro, que sin duda extinguieron violentamente la fauna y flora terrestre en una superficie equivalente a la de los Estados Unidos; por tanto fueron catástrofe de orden hemisférico, donde acaso se encuentre la clave para explicar la extinción de especies a lo largo de las dilatadas eras geológicas. Si semejante cálculo vale para el futuro, podría temerse algo parecido para dentro de un número imprevisible de millones de años.

Pasando ahora al otro extremo en la escala de tamaños, también respecto del Sol me hacen consignarse algunos resultados recientes de su estudio por procedimientos nuevos así como los planes de investigaciones futuras. Du ante el pasado Año Geofísico Internacional se

ha avanzado fructuosamente en este terreno, así en el conocimiento de las actividades solares propiamente dichas, como sobre todo en sus relaciones con la dinámica terrestre: dato este último de gran importancia práctica, pues se aspira a descubrir relaciones de causa a efecto que podrán ser trascendentales en el orden económico mundial. Uno de los medios más eficaces para ello han sido y serán los satélites artificiales, que han medido y analizado muchas manifestaciones de la acción del Sol sobre la exosfera (zona de partículas activas de Van Allen, viento solar que consiste en corrientes de diversas clases de partículas, etc...) y especialmente en las capas inferiores atmosféricas.

Precisamente para determinar los efectos de tal influjo, se acerca ahora otro período de trabajos geofísicos: el Año Internacional del Sol quieto, que como indica su nombre, consistirá en observaciones coincidentes con la época que ahora llega de mínima actividad solar; de suerte que comparando lo registrado en la anterior, en que fue máxima, se podrá determinar hasta qué punto se debieron a tal influjo los fenómenos entonces observados y registrados. La finalidad práctica de este esfuerzo de colaboración mundial consiste en averiguar la relación entre las vicisitudes climatológicas donde el motor principal es desde luego el Sol, con las pulsaciones de esa vida solar, de la que se conoce bastante, pero no lo suficiente para deducir un pronóstico del tiempo a largo plazo, cuya utilidad es inútil ponderar, por ser demasiado evidente: para el agricultor, el saber *con toda seguridad* cómo va a ser el año agrícola próximo, significa que puede acomodar a ello las labores del campo, elección de cultivos aptos, etc., y para la economía nacional un ahorro de muchos millones, que todos los años se pierden por tales causas hasta ahora inevitablemente imprevistas.

Para ello hace falta conocer a fondo el enigmático mecanismo de las diferentes clases de radiaciones solares o del flujo variable de esas partículas activas, primero sobre la ionosfera, donde consta que se hacen sentir, luego sobre la estratosfera, y por último sobre la troposfera inmediata a la superficie. Acerca de todo esto tenemos hoy conjeturas más o menos fundadas y teorías más o menos atrevidas, pero nos hace falta certeza. Sin duda será difícil de averiguar, y quizás también de entender el lazo de unión lógica entre semejantes procesos; más de una vez tropezaremos con la dificultad de la desproporción entre una causa físicamente débil y un efecto demasiado energético; pero como ha ocurrido ya en la naturaleza y se ha comprobado sin lugar a dudas, encontraremos la solución en el llamado «efecto de gatillo» (trigger effect), donde a pesar de tratarse de una causa débil, su efecto puede ser fuerte, porque en realidad la acción no fue causal, sino en cierto modo ocasional, hablando en términos filosóficos: tal es, por ejemplo, la que abre una compuerta por la sencilla pulsación de un botón eléctrico, y da lugar al desbordamiento o caída de millones de toneladas del agua de un embalse. Se com-

prende que tal estudio, observación y exploración espacial y atmosférica será difícil y costosa; pero nadie duda de que si tiene éxito, será copiosamente rentable.

El viaje a Venus del Mariner II ha confirmado no poco de lo que ya se sabía sobre ese misterioso planeta, siempre oculto al más poderoso telescopio por la densa atmósfera que lo rodea; los resultados del registro efectuado con los instrumentos de que era portador, se pueden resumir así: 1) el radiómetro de microonda ha medido la temperatura superficial, que resulta ser de 427° C. en ambos lados, el de día y el de noche; 2) el radiómetro de infrarrojo ha evidenciado que el techo de nubes está a -34,5° y no ha descubierto interrupciones o roturas en esa cortina; se halló un punto más caliente, indicio probable de un accidente geográfico de mayor elevación que el resto; 3) el magnetómetro midió 64 gammas en el espacio interplanetario y más de 320 en las cercanías de Venus, que o no tiene campo magnético, como la Tierra, o es muy débil, así como la rotación de dicho campo es insignificante o nula; en el espacio intermedio el campo también es débil y sin fluctuaciones; 4) la cámara de ionización y tubos Geiger tenían un límite de apreciación, para protones, de 10 Mv (millones de electrovoltios) y para electrones, de 0,5; para partículas alfa, 40; la radiación global durante todo el viaje dio 3 roentgen, y no acusó variación alguna en el flujo de rayos cósmicos en las cercanías del planeta; 5) el cristal microfónico destinado a registrar impactos de partículas tenía una sensibilidad de hasta trece diezmillonésimas de gramo; pero no registró sino dos de ellas durante la travesía, y ninguna junto a Venus; 6) el espectrómetro de plasma solar o viento antes mencionado, podía registrar entre los 240 y los 8.400 electrovoltios, y comprobó ser constante todo el tiempo del registro, o sea que no se modificaba al acercarse a Venus; 7) por último, el emisor-receptor de radio, que funcionó perfectamente hasta la distancia máxima de 58 millones de km, llevaba un transmisor de tres vatios con antena especialmente dispuesta para gran eficacia. Por este medio se han obtenido medidas más precisas de la unidad fundamental astronómica (distancia Sol-Tierra) combinando los datos recibidos del Mariner II con los obtenidos observándolo desde la estación terrestre de Goldstone: emitió 22.000 datos relativos al efecto Doppler (que acusan la velocidad de rotación); asimismo se han puntualizado de este modo las cifras de la masa de la Luna y de Venus y se ha logrado una exacta localización del satélite y de la estación terrestre citada; la emisión la hacía en la frecuencia de 960 megaciclos.

La lista, como se ve, es larga y el programa de trabajo de observación, denso; semejante es la labor realizada por otros muchos satélites artificiales e igualmente fructíferos los resultados en orden al conocimiento en los muchos fenómenos, hasta ahora poco conocidos, que ocurren en el ámbito planetario donde vivimos; y no se ha de olvidar que siendo este el camino que se aspira a recorrer en

proyectiles tripulados, interesa determinar las condiciones del medio y los peligros (radiaciones principalmente) que habrá que evitar.

En cuanto a Marte, aunque no es mucho lo que los rusos han publicado acerca de su tentativa de exploración, no faltan noticias de última hora que completan lo que se sabía sobre el «planeta rojo»; una de ellas es la primera prueba directa de la existencia de agua en él mediante un espectroscopio gigante, el telescopio de 2,5 m. de abertura de Monte Wilson y la suerte de unas excepcionales condiciones favorables atmosféricas terrestres (el famoso enemigo n.º 1 de la observación astronómica) se ha conseguido por fin la comprobación; al mismo tiempo se ha visto porqué había sido hasta ahora tan difícil: este vapor de agua tiene allí una concentración de mil a dos mil veces menor que en la Tierra, de suerte que si todo él se condensara sobre la superficie de Marte, formaría una capa de 75 micrones de espesor.

Se obtuvieron estos resultados proyectando la imagen del planeta, recibida en el telescopio, sobre el espectrógrafo; la región infrarroja del espectro reveló bandas de absorción de vapor de agua y de anhídrido carbónico en el rayo de luz que atravesaba la atmósfera marciana, y pudieron distinguirse de las bandas semejantes procedentes de nuestra propia atmósfera porque la Tierra en ese momento se movía en dirección contraria a la del movimiento de Marte, y ello dio lugar a que por el efecto Doppler se separasen estos grupos de bandas unos de otros. El estudio de estos espectros ha demostrado que el contenido de anhídrido carbónico es allí mucho mayor de lo que se admitía hasta ahora. En aquella atmósfera ocurre algo parecido a lo que en la nuestra: hay el llamado efecto de invernadero, por el que la atraviesa la radiación solar luminosa caliente, pero es retenida la oscura durante la noche marciana; a pesar de este refuerzo, la temperatura máxima en el ecuador de Marte es de 21,1° C. y estas novísimas observaciones confirman la apreciación anterior, de que si allí existe algún género de vida, debe estar sometida a las condiciones extremas propias de un desierto a gran altitud, algo así como la cima del Everest, con temperaturas mínimas del orden de 60-70° bajo cero.

No podía faltar la contribución de Rusia a esta clase de trabajos; mencionando solo de paso a falta de más pormenores, la anunciada comprobación de que hay oxígeno en la atmósfera de Venus, y la afirmación hipotética de Chklovski de que los dos pequeños satélites de Marte podrían ser artificiales, de los tiempos remotos en que allí las condiciones vitales fueron más favorables que ahora, citaremos la obra reciente de este mismo astrofísico «El universo, la vida y la inteligencia», donde sostiene la posibilidad, a la luz de los conocimientos actuales, de que los planetas gigantes, y en particular Júpiter, pueden ofrecer esas condiciones favorables todavía mejor que el mismo Venus, de donde las últimas exploraciones no las excluyen del todo.

En efecto, las atmósferas de los planetas gigantes, dice, se asemejan a la de la Tierra en su fase inicial, y como estimulantes exteriores de compuestos orgánicos complejos pueden serlo las descargas eléctricas de que son indicios probables las emisiones registradas desde allí en longitudes de onda relativamente grandes (de 15-20 metros) y captadas recientemente por nuestras antenas radioastronómicas; coincide en estas apreciaciones el astrónomo norteamericano Sagan, quien admite que a profundidades mayores en la atmósfera joviana la temperatura pudiera favorecer tales síntesis y que tanto el agua como el amoníaco podrían subsistir en estado líquido: estas temperaturas, según Chklovski, estarían comprendidas en las capas inferiores entre el cero y los 50° C, y los compuestos así formados se disolverían en tales mares que lo mismo podrían ser de agua que de amoníaco. Desde luego los hipotéticos seres vivientes serían algo completamente diverso de los conocidos en la Tierra...

Es de notar una circunstancia especial en los medios de penetración actuales respecto de los astros, al menos de los más cercanos: es mucho lo que se ha logrado interpretando pasivamente lo que nos llega de ellos: radiaciones de luz, de radio, etc....; pero ahora se avanza más tomando la ofensiva y enviando ondas de radar o rayos de laser, en condiciones especialmente propicias para que el eco recibido de tales emisiones nos traiga datos mucho más útiles, así para determinar los desniveles superficiales, como el modo como reaccionan a la energía disparada desde aquí. Estos procedimientos están todavía en sus comienzos y en laboriosos procesos de pruebas; pero hay buenas perspectivas de éxito en un futuro no muy remoto.

Antonio DUE ROJO, S. I.

Observatorio de Cartuja (Granada).