

EL COSMOS DESDE ALEJANDRO DE HUMBOLDT

Por el Prof. Dr. WEICKMANN

HA transcurrido ya cerca de un siglo desde que Alejandro de Humboldt empezó a escribir su última gran obra, el *Cosmos*, que es un intento de descripción del mundo físico, y cuyo primer tomo fué publicado, en 1845, por la Editorial Cotta. El sabio y anciano autor no pudo contemplar en vida la publicación del cuarto tomo, último de su obra. Las últimas cuartillas de su cuarto tomo, referentes a la formación geológica de las montañas, las había entregado el 19 de abril de 1859, cuando ya contaba casi noventa años de edad, y las correcciones de las mismas llegaron a Berlín cuatro días después de su muerte, el 10 de mayo de 1859, precisamente en el momento en que los restos mortales de Alejandro de Humboldt eran conducidos con toda solemnidad a la Catedral de Berlín.

Humboldt mismo fué quien consideraba al *Cosmos* como su obra principal. Así, cuando comenzó a imprimirse esta obra escribió a Varnhagen von Ense, diplomático y ex presidente del Consejo de Ministros de Karlsruhe, que vivía retirado en Berlín desde 1824 por motivos políticos, y que tenía antiguos y estrechos lazos de amistad con Humboldt, de este tenor: «No se me ha ocurrido nada menos que describir en una sola obra todo el mundo material, todo lo que actualmente sabemos de los fenómenos en los espacios celestes y en la vida terrenal, desde las nebulosas hasta la configuración del musgo en las rocas graníticas, y esto en una obra que llegue a ser amena por su redacción lingüística, así como por satisfacer a nuestro espíritu. Toda idea fecunda e importante que surja

por cualquier motivo será mencionada aquí, junto con los hechos reales; esta obra debe recoger toda una época de la evolución intelectual de la humanidad (respecto al conocimiento de la naturaleza).»

Ante una «ocurrencia» tan ambiciosa y formidable, es seguro que cualquier otro que no fuese Alejandro de Humboldt hubiese desistido de sus proyectos, y si en nuestros días se repitiese un tal proyecto, es probable que no existiese un Humboldt del siglo xx. Humboldt, en efecto, dominaba toda la ciencia de su época, «desde la motita de niebla hasta el ser humano», no sólo en calidad de historiador, sino partiendo de todas las materias de la Zoología, de la Botánica, de la Geografía, de la Geología, de la Geofísica, como investigador eficaz de la Astronomía, y en otras muchas materias, como adalid y representante inconcuso del progreso en las mismas. Quizá el único que pueda ser equiparado a Humboldt sea Leibnitz, y es interesante el hecho de que, a su vez, Leibnitz, cien años antes que Humboldt, tuviera también la grandiosa ocurrencia de escribir una vasta obra, que debía de llevar por título *Scientia infiniti*. Desgraciadamente, esta obra no fué nunca escrita.

También para Leibnitz el mundo es un cosmos, un orden armónico, y así como Humboldt se hallaba en el umbral de la ciencia exacta, enfrentándose a las abstracciones, sin forma y sin vida, de la filosofía de la naturaleza, así también Leibnitz trataba de superar la unilateralidad del racionalismo dogmático por la unión armónica de lo universal, de lo infinito, con la prolijidad y peculiaridad de lo individual. Sería de sumo interés histórico y cultural el estudiar más detenidamente este paralelismo entre Leibnitz y Humboldt.

El *Cosmos*, de Humboldt, se basa principalmente en una descripción de los fenómenos siderales y telúricos del cosmos, lo que supone una extensión de la materia estudiada hasta entonces, así como de los conceptos, que quedaba redu-

cida a la descripción física de la tierra. Pero a pesar de que en la antes mencionada carta a Varnhagen dijera que toda idea fecunda e importante habría de ocupar su debido lugar al lado de los hechos reales, más tarde, a lo largo de toda su obra, dió preferencia a lo real, a lo observado, desestimando lo problemático y especulativo, incluso también cualquier hipótesis sobre el desarrollo del cosmos, no solamente como algo que no cuadraba dentro de su obra, sino tampoco dentro de la ciencia en general. «Aquello que deba ser conceptuado sólo como una mera posibilidad, se halla fuera del ámbito de una descripción material del mundo. La ciencia no debe asomarse al país de los sueños cosmológicos» (III, 630). En otro lugar dice: «Ahora nos internamos con una curiosidad ansiosa y mordaz en la oscura materia de lo venidero» (IV, 431).

En su tiempo ya se planteaban cuestiones como la de la configuración del universo, de las características especiales de la vía láctea y del sistema estelar, de la altura que alcanza la atmósfera terrestre y de la profundidad de los océanos, cuestiones que acuciaban, cada vez más, a las personas instruídas de aquel tiempo. Era aquélla una época de grandes progresos dentro de las ciencias naturales, en particular de la Astronomía, con la construcción y perfeccionamiento de los instrumentos telescópicos: en 1788 el telescopio gigante de Herschel, de doce metros de longitud; los refractores de Fraunhofer, de cuatro metros de longitud focal y veinticuatro centímetros de apertura, que podían competir, en cuanto a intensidad de luz, con los telescopios de Herschel, eran instalados en 1824 en Dorpat y en 1837 en Berlín, y en 1845 construía Lord Rosse el aún mayor telescopio de diecisiete metros de longitud focal y casi dos metros de diámetro en su espejo, que era el instrumento más potente de la época de Humboldt, y que constituía una obra cumbre de la técnica de entonces.

Fué entonces cuando se descubrió a Urano, así como sus lunas, de tan endeble luz, y también los satélites de Saturno. Con el telescopio de Lord Rosse pudo entonces comprobarse

que las nebulosas se descomponían en montones de estrellas, y ya se pretendía que toda nebulosidad estaba constituida por aglomeraciones de estrellas. El número de los objetos visibles en el firmamento aumentó de un modo extraordinario. A ello hay que añadir que, después de numerosos y vanos intentos, se consiguió, en 1838, medir por primera vez la distancia hasta una estrella fija, siendo ésta la 61 de la constelación del Cisne, proeza realizada por el astrónomo de Koenigsberg, Bessel, con lo cual, como dice Kienle, el hombre, por primera vez, pisa firmemente por fuera de los límites de su patria chica, que es el sistema solar, llegando a tener un sentido exacto el concepto de «distancia estelar».

Fraunhofer, al probar la existencia de las líneas oscuras en el espectro de la luz solar, en 1820, dió el primer paso para el análisis espectral de los cuerpos celestes, y rápidamente se divulgó que con ello se había dado un paso de una trascendencia enorme para el conocimiento de la configuración y de la naturaleza de las estrellas. Pronto se supo que estas líneas oscuras en el espectro de Sirio eran diferentes a las de las demás estrellas, y que, en general, las estrellas fijas mostraban espectros de diferente índole. Ocurría lo consabido en materia de investigación científica: que cada nuevo conocimiento que se logra nos coloca ante nuevos problemas. Hasta Fraunhofer se resolvía la cuestión de saber de qué materias estaba constituido el universo, recurriendo a aquellos mensajeros y testigos que nos venían de aquellas extrañas lejanías en forma de aerolitos y meteoros, y se veía que éstos estaban constituidos de las mismas materias que las de nuestra tierra. Pero ahora, mediante el análisis espectral, se presentaban nuevas posibilidades insospechadas para conocer nuevos e inesperados fenómenos.

Con éstos y otros muchos resultados obtenidos por la investigación científica de la naturaleza, en tiempos de Humboldt, las gentes se iban familiarizando con los problemas de la configuración del universo, de la disposición espacial de las

estrellas, de la naturaleza de las nebulosas y de las aglomeraciones estelares, de la formación del interior de la tierra, de la altura de nuestra atmósfera y de las características de la atmósfera solar, siendo así que el interés por los problemas cosmogónicos iba aumentando cada vez más. El concepto de «astrofísica», en su sentido actual, aparece por primera vez con Humboldt. Este concepto no debe ser entendido en el sentido de mecánica celeste, pues de este modo ya fué empleado por Kepler en 1609, al hablar de «physica coelestis». Al interés por esta clase de problemas se amoldaba la obra de Humboldt, al exponer con toda clase de detalles los conocimientos científicos de su época.

Kant, en 1755, en su obra *Historia natural del cielo*, esbozó una ingeniosa teoría sobre la formación del firmamento. Construyó un universo, partiendo del movimiento que realizan las lunas alrededor de los planetas, y los planetas alrededor del Sol, y luego, analógicamente a este sistema, pensó que debía de haber otro enorme sol central, alrededor del cual debía de girar nuestro Sol, así como las demás estrellas solares, cada una con su respectivo sistema estelar, y todo ello con un movimiento parecido al de los planetas, es decir, realizándose sobre un plano o sobre una extensión lisa. Sabía ya que la vía láctea, que se extiende a lo largo del firmamento, se hallaba formada por la luz de una infinidad de estrellas, y suponía que el plano de la vía láctea debía de ser aquella extensión lisa alrededor de la cual giraba el universo tal como él lo había concebido.

Las lejanas nebulosas, que ya entonces se conocían, debían de ser, según la hipótesis de Kant, otros tantos sistemas, más lejanos, pero análogos a la vía láctea.

Esta imagen del cosmos, prescindiendo de ciertas modificaciones, y a pesar del auge que han adquirido nuestros conocimientos científicos, debido al análisis espectral, a la fotografía, a la radioactividad y a la física del átomo, sigue siendo, aún en nuestros días, la imagen de la configuración del uni-

verso. Solamente que nosotros ahora concebimos ese sistema de la vía láctea de Kant—que, probablemente tiene la forma de una nebulosa en espiral, y en el que el Sol no está situado en el centro, sino excéntricamente, y que, además, debe de ser mucho más pequeño que la nebulosa espiral de Messier 33, que es la que más se parece—, como un pequeño islote dentro de un sistema estelar mucho mayor aún, que, a su vez, está formado por las aglomeraciones de estrellas en forma de bolas, y cuyo centro se halla, en dirección de la constelación del Sagitario, a una distancia de unos treinta y dos mil años de luz.

El hablar de distancias en Astronomía es algo que, por regla general, suele dar lugar a ciertas complicaciones. ¿Qué es lo que significa en realidad treinta y dos mil años de luz de distancia? El agente más rápido de que disponemos para medir los espacios celestes es la luz. Este agente recorre en un segundo de tiempo la distancia que existe entre la Luna y la Tierra; para venir del Sol a la Tierra ya necesita ocho minutos, y son ocho horas las que tarda para recorrer todo nuestro sistema planetario, desde el Sol hasta la órbita más extrema de Neptuno. Pero para darse cuenta de lo apartado y recóndito en que se encuentra nuestro sistema planetario dentro del espacio celeste, baste con saber que un rayo solar, partiendo de nuestro sistema planetario, tardaría más de cuatro años hasta llegar a la estrella fija más cercana a nuestra tierra.

El diámetro del «pequeño» sistema de la vía láctea de Kant mide unos veinte mil años de luz, y aún mucho mayor—por lo menos, cien mil años de luz—es el del sistema del Sagitario, cuyo centro, como ya dijimos, se halla distanciado de nosotros a treinta y dos mil años de luz. Pero para las distancias correspondientes a las nebulosas en espiral, de esas maravillosas formaciones que nos fué dado conocer sólo a través de la fotografía, tal como la nebulosa de Andrómeda, o las nebulosas en espiral de las constelaciones del Can o de la Osa

Mayor, que, por término medio, representan una masa total que corresponde a cien mil millones de masas solares; para esas nebulosas carecemos de cualquier género de medida. Ya W. Herschel creía que la luz de las estrellas más lejanas de nuestro universo tardaría unos dos millones de años (corrientes) en llegar hasta nosotros. Actualmente ya manejamos valores que oscilan entre los tres y los ciento cincuenta millones de años de luz.

Alrededor del centro del sistema «grande» gira el «pequeño» sistema de la vía láctea una vez cada doscientos millones de años. ¡Esto, por tanto, sería un día de la vía láctea! Y, como ya veremos posteriormente, desde la creación del universo han transcurrido ¡tan sólo diez de estos días de la vía láctea! Es decir, la Tierra tiene una antigüedad de sólo diez días de la vía láctea: «¡cien millones de años son para ti como un solo día!» Es interesante el hecho de que el gran sistema sea simétrico a la vía láctea con respecto a la misma superficie; pero no parece que su ordenación sea en forma de disco, pues las aglomeraciones estelares, en forma de bola, perpendiculares a la superficie de la vía láctea, muestran casi la misma extensión que en dirección a la vía láctea misma, siendo más bien una bola que un elipsoide. Es natural que las fuerzas que mantengan en cohesión a este enorme sistema deban de ser formidables. El centro del sistema, para poder llevar a cabo tal función, deberá hallarse compuesto por unos veinte mil millones de masas solares, naturalmente, no en un solo cuerpo, pues esto es físicamente imposible—tales enormes cuerpos celestes no tienen «capacidad de vida»—sino en un sinnúmero de masas particulares, que se hallan concentradas alrededor de un núcleo. Para un observador que se encontrara en medio de un tal sistema estelar le sería mucho más difícil de entrever su estructura que para otro que se encontrase a cien mil años de luz de distancia de dicho sistema.

Es así, pues, cómo se nos presenta el universo ahora, después de todos los progresos sufridos por la ciencia desde A. de

Humboldt, y esta imagen no creo que se vea modificada en lo esencial por los nuevos y gigantescos instrumentos que en breve serán utilizados en América.

Kant se adelantó a su época al suponer que las estrellas fijas tenían un movimiento propio, movimiento que, por entonces, eran completamente desconocido, y cuando alguien lo afirmaba, eran rebatidos sus argumentos, y, por tanto, también la hipótesis de Kant por el mero hecho de la no existencia de los mismos. Pero Kant opinaba, con una intuición propia casi de un adivino, que los movimientos eran tan pequeños, que sólo las generaciones posteriores, comparando los datos de las anteriores, hallarían este movimiento de las estrellas. ¡Y tuvo razón! Aunque el lapso de cien años de observaciones astronómicas exactas de que disponemos hasta ahora sea ínfimo, en relación a los doscientos millones de años que dura un ciclo, pudiéndose comprobar sólo una pequeñísima parte de la trayectoria de una estrella, esto ya ha sido suficiente para confirmar, en un principio, y con las ampliaciones y modificaciones necesarias, la concepción de Kant del sistema de la vía láctea y de su movimiento.

Es asombroso ver con qué clase de reservas menciona Humboldt, en el tomo tercero del *Cosmos*, la magna obra intelectual de Kant, así como sus consecuencias teóricas de las observaciones realizadas. Ya dije anteriormente que en el *Cosmos*, de Humboldt, se omite expresamente todo aquello que parezca de carácter problemático o especulativo, en beneficio de una mera descripción de los hechos reales. «El mundo de los objetos sólo puede ser relatado como algo real, existente, pero no como algo sujeto a consecuencias de orden meramente intelectual» (III, 430). De Kant dijo lo siguiente: «Desprovisto de ideas y observaciones propias, fantasea con asombrosa agudeza sobre nebulosas, vías lácteas separadas e islas esporádicas de estrellas y de nebulosas, inclinándose hacia la hipótesis nebular y a un proceso de perpetuación en los espacios celestes, es más, a la idea de la formación de estrellas de

la niebla cósmica.» Humboldt no llegó a entrever la trascendencia de esta formidable idea de Kant sobre el desarrollo de los mundos. Hoy, en día, en que las observaciones astrofísica nos abren nuevos horizontes en el mundo de las estrellas, y, como ya veremos luego, nos permite observar sus cambios en una escala mucho mayor que en tiempos de Kant, no podemos por menos de admirar la magna obra de este último, y más aún si tenemos en cuenta que no era especialista en estas materias.

Al hablar Humboldt de la «hipótesis nebular», se refería a la creencia de que nuestro sistema planetario se había formado a base de masa polvorienta de origen cósmico, y que, debido a la atracción de diversos núcleos, esa «materia básica elemental» había dado origen a los planetas y al Sol. El origen de nuestro pequeño mundo planetario, de una extensión de sólo ocho horas luz, ha sido algo que desde hace mucho tiempo ha venido intrigando a la humanidad. El movimiento de los diferentes cuerpos celestes, que en un principio era fijado de un modo arbitrario, va siendo ordenado de tal modo que todos los cuerpos lleven la misma dirección y que hasta sus trayectorias se vayan convirtiendo en círculos. Lo curioso es que estos círculos discurren muy cerca de un mismo plano, pero que no es el plano ecuatorial del Sol. Esta teoría de Kant, como no podía aclarar el origen de los planetas y la rotación de todo el sistema, pues lo daba todo por supuesto, fué modificada por Laplace con su hipótesis de la disgregación discontinua de los planetas de una masa nebular enorme en su origen, que tenía un movimiento rotatorio, y que llegaba hasta la trayectoria de Neptuno, es decir, el Sol primitivo. Pero tanto en la hipótesis de Laplace como ya en la de Kant no se veía la explicación de la diferencia que existe entre el plano ecuatorial del Sol y los planos de rotación de los planetas, poco diferentes entre sí. Así es que en nuestros días el inglés Jeffrey ha lanzado una nueva hipótesis. Este trató de encontrar una causa que hubiese podido motivar la

disgregación de los planetas, y pensó en que cerca del Sol, que tendría las mismas características que ahora, pasaría otra estrella, con lo cual se habría producido un enorme fenómeno de marea, desprendiéndose, por fin, del Sol dicha marea en muchos pedazos. Estos serían, según Jeffrey, los planetas. Pero aparte de lo improbable de un tal encuentro fortuito, esta explicación no nos podría aclarar por qué las trayectorias de los planetas, después de ese fenómeno de desprendimiento, sigan manteniendo una trayectoria circular normal y no presenten mayores excentricidades. Por eso esta hipótesis tampoco satisface. Han sido otras muchas las hipótesis que desde Humboldt se han formulado, basándose en fuerzas de roce, en fuerzas eléctricas, etc., a fin de allanar las dudas que iban surgiendo. Ultimamente se ha supuesto que la masa solar era antes bastante mayor que ahora, y que, por tanto, el sistema planetario debía de hallarse más concentrado, es decir, que los planetas debían de hallarse quizá diez veces más cerca del Sol que ahora, siendo el Sol una enorme estrella de diez masas solares. Esta hipótesis, que podría verse corroborada por las observaciones realizadas en las estrellas, de nuevo refulgentes, las «Novae», allanaría, en efecto, más de una dificultad. Nos hallaríamos entonces ante un fenómeno parecido al de la formación de las lunas, de los satélites. Es probable que nuestra Luna se haya formado por desprendimiento de algunas partes de la superficie de la Tierra. Por lo pronto tiene la Luna el mismo peso específico que las capas de la superficie terrestre. El que un planeta tan pequeño como la Tierra haya podido ser antes una bola gaseosa, candente e independiente, es algo que se desecha en la actualidad. Su fuerza de atracción sería demasiado pequeña para poder sujetar a una masa gaseosa candente. En una estrella, en estado estacional, la fuerza de gravitación y la presión del gas deben equilibrarse. Pero como la presión del gas es determinada por la temperatura, puede calcularse que la «bola de gas Tierra», al subir por poco que fuera la temperatura

del cero absoluto, se desintegraría. Así, aún actualmente la Tierra cede continuamente átomos de hidrógeno al espacio celeste, y del mismo modo nuestra pequeña Luna no puede tener atmósfera. En general, hemos de confesar que actualmente el problema del origen y formación de nuestro sistema planetario se halla todavía envuelto en densas tinieblas, y que en ciertos aspectos cabe afirmar que su aclaración nos parece más difícil todavía que en tiempos de Humboldt.

En lo que se refiere a nuestro conocimiento del espacio y del orden que rige en el universo, hemos adelantado mucho respecto a la época de Humboldt. Este progreso es debido, principalmente, al aumento y perfeccionamiento de los medios instrumentales de que disponemos, en particular al empleo de la placa fotográfica, que es mucho más sensible que el ojo humano, y que en la descomposición de la luz por el análisis espectral reacciona ante más elementos que el ojo humano. Pero en donde los progresos son considerablemente mayores, es en materia de la investigación física de las estrellas, en la cuestión de la estructura de las estrellas y de su atmósfera, en la de la atmósfera del Sol, en la de la configuración del interior de la Tierra y en la de la antigüedad del universo.

La cuestión, por ejemplo, de la antigüedad de la Tierra, no aparece en ningún lugar en el *Cosmos*, de Humboldt. Sólo encontramos la división en Antigüedad, Edad Media y Edad Moderna, así como una subdivisión, basada en las consabidas formaciones geológicas, pero ningún intento, por ejemplo, de determinar la edad de las capas sedimentales, debidas a las estaciones, o a las manchas solares, etc. Fué a mediados del siglo XIX cuando se planteó la cuestión de la antigüedad de la Tierra. Lord Kelvin trató entonces de hallar la respuesta basándose en el cálculo del tiempo que sería necesario para lograr un enfriamiento de 4.000 grados C., que era la temperatura supuesta de la Tierra, a la que actualmente tiene, obteniendo la cifra de veinte a treinta millones de años.

Pero las premisas de que partía, referentes a la temperatura en el interior de la Tierra, eran, como ya veremos, inexactas, así que los valores obtenidos eran demasiado pequeños. Más tarde se quiso hallar la solución basándose en la cantidad de sal que contienen los mares y la aportación de sal que hayan tenido que traer los ríos para ello, calculándose que para lograr el contenido actual debían de haber transcurrido unos ochenta millones de años. Pero aquí tampoco se podía afirmar a ciencia cierta si el mar estaba en un principio libre de sal, y además de ello, se han retirado del mar cantidades enormes de sal, a más de las sedimentaciones que en el mismo existen. Por otra parte, la sal puede haber sido aportada por erupciones volcánicas, o sea que en este cálculo intervienen factores no muy seguros.

¿Qué edad tiene nuestra Tierra? ¿Cuál es la del Universo?
¿Cuándo fué la creación del Mundo?

Una base sólida para responder a estas cuestiones, que interesan tanto al astrónomo como al geofísico o al profano, nos la dió la investigación de las sustancias radioactivas, en particular los elementos uranio y torio y sus combinaciones, que tienen la peculiaridad de una desintegración atómica espontánea. Esta desintegración, según nuestros conocimientos actuales, no puede ser alterada por ninguna intervención, ni química ni física. Treinta mil atmóferas de presión sobre un centímetro cuadrado y 20.000 grados C. no son capaces de modificarla. Aunque se meta el radio en una estufa muy caliente o se introduzca en aire líquido, no por ello se altera la desintegración atómica. Claro es que en el interior de la Tierra debemos contar con presiones y temperaturas aún más elevadas. La desintegración va unida a la formación de nuevos átomos. En el uranio, por ejemplo, se suceden toda una serie de estados de desintegración, que, pasando por el rádium, termina en el plomo de uranio, que ya no es radioactivo, y no sigue descomponiéndose. Las partículas A, lanzadas durante la desintegración, son átomos de helio, que quedan en el ura-

nio y van a una velocidad de 15.000 kilómetros por segundo. Se puede, por tanto, determinar el contenido en helio de un mineral de uranio o también su contenido en plomo. De la cantidad de helio o de la de plomo, así como de la de uranio que quede en el mineral, se puede calcular la duración de este proceso, pues por procedimientos físicos se sabe que en $7,6/10^9$ años, es decir, 7.600 millones de años, el uranio tiene que haberse desintegrado por completo.

Si siguiendo este procedimiento resulta que el mineral más antiguo que se ha encontrado en la tierra es un mineral de uranio, encontrado en Rusia, y que se formó hace 1.900 millones de años. A los minerales pertenecientes a la «edad moderna» de la Tierra, hay que atribuirles una edad de hasta sesenta millones de años; para los de la «edad media de la tierra», hasta unos 200 millones de años; los de la «antigüedad», hasta 550, y los de la época primitiva o arcaica, hasta los 2.000 millones de años. Esta misma edad presentan los meteoros que han caído sobre la Tierra. No obstante, es raro que no se encuentren estos meteoros también dentro de las capas geológicas más antiguas, pues tampoco existen meteoros «fósiles»; ya que, si en otras épocas hubiesen caído con tanta frecuencia como ahora, nuestros mineros ya deberían haber encontrado varios miles de ellos. Quizá se hayan deshecho por oxidación o también puede ser que nuestro sistema planetario haya entrado en los últimos 20.000 años en una nube de meteoros. También es posible que la última edad de hielo, que ha tenido una duración de 600.000 años, se haya producido por haber pasado el Sol a través de una niebla cósmica, que ahora, después de 20.000 años de haber terminado la edad de hielo, se encuentre sólo a un año de luz de distancia de nosotros. Es un hecho que el sistema de la vía láctea contiene un gran número de nebulosas. Así, por ejemplo, la nebulosa de Orión, tal como se desprende del análisis espectral, se compone de masas gaseosas luminosas, que presentan una notable capacidad de absorción de irradiación solar.

Por tanto, tenemos que contar con una antigüedad de la Tierra de unos 2.000 millones de años. Tan antiguo como nuestra Tierra y como los meteoros debe ser también nuestro sistema planetario, y en particular el Sol mismo. Pero aquí se nos presenta un extraño problema. Sabemos exactamente la pérdida, en calor, que sufre el Sol a causa de su irradiación, y también podemos calcular con precisión que las reservas de energía para esa irradiación alcanzan, para lo sumo, diez millones de años, y eso partiendo de que la producción térmica es debida a procesos radioactivos: 1 gramo de rádium produce unas 200 calorías por hora. De ser así el Sol ya debería estar frío y apagado, por lo que deben existir otras fuentes de energía allí. Ya hace mucho tiempo que se trata de descubrirlas, y se ha traído a colación para ello la energía que proviene de la contracción del Sol, la energía que le llega al Sol por parte de los meteoros que caen sobre él, etc. Estas cuestiones ya eran discutidas en tiempos de Humboldt, pero son a todas luces insuficientes para dar una explicación satisfactoria. Solamente con los conocimientos que nos ha proporcionado la física del átomo con sus reacciones entre los núcleos de los átomos, en particular la formación de helio y neutrones procedentes del hidrógeno, podemos solucionar esta cuestión. Si nos fuese posible dominar a nuestro antojo por una vez esta fuente de energías, no necesitaríamos preocuparnos más por el carbón ni el petróleo. La atmósfera solar se compone, casi totalmente (96,6 por 100), de hidrógeno y la masa solar probablemente se compone también en más de 90 por 100 de hidrógeno. El Sol es una estrella amarilla con una temperatura efectiva de 5.700 grados C en su capa más externa; en el interior reina una temperatura mayor, quizá de 10 millones de grados. El helio es el elemento que sigue en importancia al hidrógeno en la constitución del Sol, con un 3 por 100, luego viene el oxígeno, con un 3 por 1.000; carbono, con un 1 por 1.000, y luego vestigios de nitrógeno, silicio, magnesio, hierro, etc. En las capas más externas del Sol, en la fotosfera, en la cro-

moesfera y en la corona se conocen sus características físicas y su composición química por observaciones directas, a más del cálculo a base de modelos de atmósferas ; para el interior del Sol tomamos solamente como base datos indirectos, pero como conocemos la masa total, el radio, la densidad media, así como la capacidad de irradiación del Sol, podemos actuar con suma seguridad. Esta producción de energía debida a la transformación del hidrógeno, de la cual lo mismo que de los procesos atómicos no se sabía nada en tiempos de Humboldt, es tan grande que nos puede surtir energía para 100 veces más tiempo del que lo ha hecho hasta ahora, es decir, el Sol seguirá todavía alumbrando durante 100 por 2.000 millones de años. La cuestión de si para entonces habrá aún vida en la Tierra, es algo muy dudoso, pues la Tierra se aparta cada vez más del Sol.

Ha sido una opinión muy difundida el que en el Sol no existe oro, pues en las líneas espectrales del Sol ni aparece ese metal ni el mercurio ni otros elementos muy corrientes en nuestra Tierra. Esto es debido, aparte de que es posible que el oro escasee en el Sol, a que nosotros sólo podemos contemplar este astro, por decirlo así, a través del cristal de una ventana, ya que todos los rayos que nos llegan tienen que pasar por la atmósfera que nos rodea como una envoltura de cristal. Esta atmósfera nos priva de una gran parte del espectro, en particular de los rayos ultravioletas, sobre los cuales obra como un filtro o como unas gafas ahumadas. Y como los rayos más importantes y característicos se encuentran en la sección de los ultravioletas, así, por ejemplo, para el oro, resulta que nuestra atmósfera trata de engañarnos. Si nos fuese posible llegar a colocarnos por fuera de nuestra atmósfera, ello significaría uno de los acontecimientos más importantes para la ciencia. El profesor Piccard quiso hacer éstos, hace unos años, en una ascensión en globo, pero sólo consiguió abrirnos la ventana interior de la atmósfera, y no la exterior, la que da afuera de la

atmósfera, y para ello tuvo él mismo que encerrarse en un recinto herméticamente cerrado.

Lo mismo que la atmósfera del Sol nos es posible estudiar las atmósferas de las estrellas, siendo ésta una materia en la que últimamente hemos conseguido grandes conocimientos, muy por encima de los de la época de Humboldt. Actualmente podemos dividir las estrellas según su tipo espectral. Hay, por ejemplo, las del grupo B, que se caracterizan por estar principalmente representadas en su espectro las líneas del helio. Estas estrellas son completamente blancas, y tienen en su capa atmosférica exterior temperaturas muy elevadas, de unos 20.000 grados. Después viene el grupo A, constituido por las llamadas también estrellas de hidrógeno, por predominar este elemento en su atmósfera. Son igualmente bastante blancas, pero no tan calientes como las anteriores, de 12.000 a 15.000 grados, entre ellas, Sirio. En su espectro, aparte de las líneas absorbentes del hidrógeno, ya se manifiestan también líneas de magnesio y de calcio. En los demás grupos, como el F y el G, van debilitándose las líneas del hidrógeno en el espectro, y se presentan numerosas líneas de metales, particularmente en el grupo G, donde se manifiestan muy claramente las del hierro. Estas estrellas tienen principalmente un color amarillento, y tienen temperaturas de 5.000 a 10.000 grados. A este grupo pertenece nuestro Sol.

Luego sigue el grupo de las estrellas encarnadas, con líneas metálicas, en la clase K, principalmente calcio, mientras que en el grupo M la temperatura es tan baja, que allí ya son posibles las combinaciones químicas; entonces ya no se ven líneas claras y concretas, sino fajas absorbentes, que proceden de moléculas, siendo las más visibles las de óxido de titanio. Las temperaturas son de 3.500 grados.

El número de estrellas del grupo B, de las muy calientes, es escaso, quizá un 1 a 2 por 1.000; mientras que los tres grupos, A, F y G. y K y M cuentan cada uno con un tercio de la totalidad; el último quizá algo más. Por tanto,

la mayor parte de las estrellas de nuestro firmamento pertenecen a la misma clase que nuestro Sol; son de los grupos A, F y G. Uno de los principales resultados científicos que hemos obtenido de las investigaciones espectrales—los primeros pasos en este sentido coincidieron con la época de Humboldt—es la certidumbre de que las materias que encontramos por doquier en el universo son las mismas que las de nuestros planetas y las de nuestra Tierra. La materia que más abunda es el hidrógeno, siendo éste el elemento básico de la construcción del universo. Un segundo resultado científico de importancia que se obtiene es que, lo mismo que el espectro del Sol, los espectros de las estrellas contienen las líneas oscuras de Fraunhofer, de lo cual se deduce que todas las estrellas, lo mismo que el Sol, se componen de un núcleo caliente, que está rodeado de una atmósfera que es bastante más fría que el núcleo, y que absorbe diferentes clases de rayos, según sea la composición de aquélla, que es lo que origina las líneas oscuras de Fraunhofer.

A esta cuestión de los tipos espectrales de las estrellas va unida la de su luminosidad.

Ya en tiempos de Humboldt se ocupaban mucho de la cuestión de la luminosidad de las estrellas. La medición exacta de la luminosidad por medio de una escala comparativa de estrellas, es una tarea importante en la astrofísica. Es natural que sólo se puedan dar luminosidades relativas, ya que éstas dependen de la distancia en que se encuentre la estrella. Para poder comparar las luminosidades entre sí, es decir, para ordenar las estrellas, aparte de por su clase espectral, por su luminosidad, es necesario reducir la luminosidad relativa a una luminosidad absoluta, que sería la que tendría la estrella si se la pusiese a una determinada distancia. De este modo se llegó a una clasificación muy interesante. Actualmente se conocen las luminosidades de unas 500.000 estrellas hasta la magnitud, es decir, el grupo de luminosidad 19. De la 9 a la 19, incompletamente. Estas 500.000 es-

trellas se dividen en dos grupos principales: uno, con una luminosidad absoluta muy elevada, y el otro, con una muy pequeña: el grupo de los gigantes y el de los enanos.

Este paralelismo puede también ser interpretado a modo de una sucesión en el desarrollo. Una estrella comienza su desarrollo como una estrella gigante encarnada del grupo espectral M. Luego, poco a poco, se va contrayendo, se pone más caliente, primeramente amarilla, luego blanca, modificándose en este proceso poco su potencia luminosa. Más tarde es cuando empieza a disminuir su luminosidad; va haciéndose una estrella enana amarilla, y alcanza, por último, el estado de estrella enana encarnada. La idea de Kant, de una evolución dentro del sistema estelar, que Humboldt negó, queda de este modo confirmada.

Pero lo que Kant también creía, o sea que luego se producía un nuevo proceso de vivificación, que existía un eterno círculo de vida, es algo para lo que no hay datos justificantes. Aquí lo que ocurre es que el desarrollo tiene lugar de acuerdo con un aumento de la entropía, y sólo Aquel que los creó puede hacer revivir de nuevo los mundos que ya pasaron. «Después de estos mundos quiero crear otros» (cita literal). ¡Es el eterno nacer y morir en el universo!

Hubo un tiempo en que la Tierra era considerada como el centro de todo el universo, recayendo sobre ésta todo el interés, y siendo el ser humano la corona de dicha creación. Trozo a trozo este sueño se ha ido desvirtuando, a medida que pasaban los siglos, por la labor progresiva de la investigación. Hoy vemos la Tierra como un diminuto planeta que gira alrededor del Sol, lo mismo que los otros planetas, y todo nuestro sistema planetario no es nada más que un minúsculo grupo, atrozmente solitario en el espacio, dentro del sistema estelar de la vía láctea. Pero este sistema de la vía láctea no es, a su vez, más que una pequeña isla, dentro del gran sistema de las aglomeraciones estelares, en forma de bola, siendo numerosos los sistemas de esta clase que existen,

así, las nebulosas en espiral extragalácticas en las inconmensurables lejanías del universo.

El hombre, que quizás cuente con una existencia de unos trescientos mil años sobre la Tierra, es uno de los productos más modernos de nuestro planeta, que tiene una antigüedad de dos mil millones de años.

