

Misterios de la vida galáctica

Hace relativamente pocos años que se ha empezado a tener una noción más real y adecuada del mundo que nos rodea, si se compara con la idea imperfecta que de su naturaleza, funcionamiento y dimensiones nos legaron los siglos pasados; porque los mundos nuevos del átomo, de la célula viva y de las inmensidades astronómicas son descubrimientos de ayer, y acaso mañana se abrirán nuevos horizontes a la inteligencia humana y contemplará un universo todavía más extenso y complejo que el actual, ya que los progresos científicos se suceden vertiginosamente en nuestros días; se ha dicho que cada mañana nos despertamos bajo el peso de una nueva carga de ignorancia, porque durante el sueño evidentemente se han averiguado o inventado multitud de cosas de las que aún no tenemos noticia, si es que alguna vez llegamos a tenerla. Cuando hace unos treinta años el que esto escribe se examinaba de Cosmografía en la Universidad, le preguntaron el número de galaxias entonces conocidas y respondió confiadamente «que se contaban por millones», a lo que el profesor replicó: «No tantas; solamente un millón». Hoy, tanto él como su antiguo discípulo han tenido que rectificar y añadir unos cuantos ceros a la cifra en cuestión.

Los tres universos. — Decía Pascal que el cosmos es una esfera que tiene su centro en cualquier parte y su periferia en ninguna, proposición que en la actualidad sigue siendo geoméricamente exacta: sería una imperdonable presunción hacer de nuestro modesto planeta el centro de todos los mundos y restringir sus límites al alcance actual de nuestros medios de observación; no obstante, se impone un geocentrismo al menos provisional, así en cuanto a dimensiones cósmicas como en lo concerniente al análisis y clasificación de cuanto nos rodea, conforme a los diferentes puntos de vista bajo los cuales podemos estudiarlo con los medios disponibles. En este sentido se puede hablar de tres universos superpuestos, de cuya distinción no se tenía idea hasta hace poco: el universo visible o luminoso, el invisible u opaco y el dinámico o energético. En el primero se incluyen todos los astros o, como se dice hoy, *objetos* del cielo que aparecen directamente en la placa foto-

gráfica, más penetrante que la mirada que se asoma al más potente telescopio, o indirectamente en forma de cortinas de humo, es decir, de polvo o gas interpuesto, discernible de la mera carencia de luz, e incluso medible desde aquí, como lo es el diámetro de las partículas de polvo cósmico, gracias a los anillos de difracción que a través de él producen las estrellas situadas en segundo término; asimismo se pueden registrar las radiaciones emitidas por estrellas ocultas, que así revelan su existencia y algunos caracteres, como también otros rayos que vienen del mismo gas, excitado por diversas causas, por ejemplo, al recibir la luz de estrellas cercanas, y que manifiestan su naturaleza, temperatura, movimiento, etc.

El universo opaco y más propiamente invisible es el que ya conocemos con el nombre de radioastronómico, que no se ve, pero se oye y registra en diferentes longitudes de onda, sobre todo en la de 21 cm., correspondiente al hidrógeno neutro, activísimo a pesar de su aparente neutralidad, puesto que viene a ser una emisora atómica, cuya potencia reside en la unión de incontables elementos, que al sumarse alcanzan cifras astronómicamente increíbles; por otra parte, las alteraciones de frecuencia de emisión, registradas al mismo tiempo, nos revelan sus movimientos radiales o velocidades con que se acercan o alejan de nosotros, y así ha sido posible averiguar lo que son y lo que hacen esas nubes invisibles, cuya presencia ha revolucionado el mapa celeste. Hace un par de años, al reseñar en estas páginas los primeros resultados radioastronómicos, se ponderaba la desproporción entre una nebulosa visible y su realidad invisible, y se dieron cifras que indicaban para esta última un tamaño tres o cuatro veces mayor: hoy ya se han medido diámetros elípticos de los halos o envolturas gaseosas pertenecientes a algunas galaxias, que exceden a la porción visible en más de veinte veces. No faltan métodos indirectos, antiguos y recientes, para apreciar por la longitud de onda propia de cada gas, no solamente su naturaleza, sino también, merced a diversos artificios, si están ionizados o en estado neutro, cuál es su carácter físico, etc.

El tercer universo no se distingue adecuadamente de los anteriores, porque consiste en el número sin número de rayos de múltiples condiciones y propiedades que nos llegan de cada punto del cielo y están atravesando sin cesar cada porción pequeñísima del espacio; si imaginamos un centímetro o milímetro cúbico en cualquier sitio, podemos asegurar que por él, como por una estación ferroviaria, están pasando en ese instante infinita cantidad de *trenes*, de trenes de ondas visibles, invisibles, de luz, de calor, de radio, de radiaciones cósmicas, en una extensísima gama cuyas frecuencias van desde algunos centenares de vibraciones por segundo hasta casi un cuatrillón; entre ellas la denominada ventana visual o rayos de luz visible ocupan menos de la vigésima parte.

Todas ellas pasan y cruzan por esa estación sin estorbarse ni perturbarse entre sí, sin tener que pedir previamente vía libre el jefe... que desde luego sería incapaz de atender a todas debidamente; pero no lo necesitan, pues cada una guarda escrupulosamente las leyes del tráfico. De cada puntito luminoso del cielo sabíamos antes que estaban llegando tales trenes; pero ahora sabemos que también de muchísimos rincones opacos vienen otros igualmente veloces, con la velocidad de la luz, y que además, mezclados con las trayectorias puramente energéticas, están llegando a velocidades diferentes, incontables partículas de procedencia diversa, entre las cuales por razones obvias hay que poner en primer lugar las que vienen del Sol, que juntamente con sus rayos emite partículas por valor de millones de toneladas por segundo. Y al considerar que este despliegue ultragigantesco de energías se produce ordenadamente, con arreglo a leyes fijas y conocidas, no se puede menos de pensar qué gran Director General tiene que tener esta inmensa RENFE, de quien dijo el profeta Baruc que «Da órdenes a la luz y la luz le obedece temblando».

Si es verdad que la recepción, registro y análisis de este mundo de las ondas están abriendo insospechadas perspectivas a la astronomía contemporánea y constituyen una promesa inequívoca de grandes conquistas futuras, no lo es menos, por desgracia, que se insinúa cada vez con más insistencia un enemigo mortal del progreso en este campo: las interferencias, que ha obligado a crear una nueva ciencia o técnica para evitarlas, a la que llaman interferometría. Hay objetos en el cielo, no precisamente estrellas, que emiten una nota limpia, como por ejemplo el ya citado hidrógeno neutro; pero otros emiten innumerables radiaciones algo así como si se oprimieran de una vez todas las teclas del piano, y además, por estar a enormes distancias, exigen una extraordinaria sensibilidad en el aparato receptor, capaz de distinguirlas entre sí y del llamado ruido de fondo, procedente del mismo aparato o del medio ambiente; las del receptor se está logrando eliminarlas satisfactoriamente a medida que se perfeccionan los procedimientos técnicos, pero las que vienen de fuera cada vez se ve más claro que constituyen un obstáculo casi insuperable: pululan por toda la Tierra las emisoras o más propiamente los focos emisores piratas en forma de múltiples aparatos electrónicos que funcionan en todas las bandas imaginables, muchas de las cuales inevitablemente coinciden con las del cielo; la mayor parte son de onda extracorta que sólo se propaga en línea recta, de modo que basta para aislarse de ellas instalar el observatorio en sitio alejado o defendido por montañas y otros accidentes del terreno. Sin embargo, la experiencia ha enseñado que a veces las ondas tienen caprichos imprevisibles, que se abren paso por donde no debían pasar, que aunque no debía haber para ellas techo (la ionosfera) donde reflejarse, de hecho se reflejan y llegan a donde no debían llegar, como ha

ocurrido no hace mucho con un programa de televisión recibido a varios miles de kilómetros de la emisora, siendo su límite natural el horizonte; y lo que es más desconcertante, varios días después de ser lanzado al público en el país de origen, sin que nadie pueda explicar dónde estuvieron esas ondas durante tanto tiempo; los barcos pesqueros usan mucho emisoras pequeñas de onda corta, de alcance muy restringido, pero ya ha ocurrido en uno de los observatorios radioastronómicos que cuando estaban registrando emisiones procedentes de la constelación del Sagitario, empezaron a oírse en la misma frecuencia datos sobre la situación de un banco de sardinas a un par de miles de kilómetros de distancia. Ante este y otros aspectos del problema, se va a reunir en Ginebra en 1960 un congreso internacional para convenir entre todos los países la prohibición de usar unas 17 frecuencias, especialmente importantes para este género de investigaciones (en las que se han invertido no pocos millones de dólares construyendo numerosos instrumentos receptores) a fin de defenderlas contra semejante intrusismo.

Podemos, pues, concebir el Cosmos como un campo de batalla o mejor un conjunto de campos: el gravítico, el electromagnético, el de las radiaciones y bombardeos de partículas, con leyes propias que se intenta unificar mediante la novísima fórmula de Heisenberg, en espera de otra unificación más trascendental, la del binomio masa-energía, uno de los grandes misterios de la Naturaleza. Porque la materia cósmica permite descubrir mucho de lo que hace y cómo se comporta en el mecanismo de sus múltiples acciones y cómo se relacionan entre sí; nos dice fácilmente *cómo* es, pero guarda celosamente el secreto de *lo que es*, y cuanto más se profundiza en tal estudio, más esquiva es la respuesta. En este sentido la luz, y en general las radiaciones, son algo muy cercano al misterio central del universo, si no lo es ella misma; los poetas han dedicado himnos a sus resplandores, que califican de puros y simples, y hasta se ha llegado a dar a la misma Divinidad el nombre supremo de Luz Eterna; para la ciencia, por el contrario, la radiación es lo opuesto diametralmente a semejante simplicidad, es la plenitud de la complejidad integral y la manifestación más adecuada de todas las múltiples energías en que consiste la vida cósmica. Por otra parte, la masa en sus diferentes formas: de inercia, de gravitación, electromagnética... es en realidad una fuerza material como la radiación, aunque radique en ella una propiedad pasiva cual es la inercia: ambas tienden hoy a identificarse y el velo que separa los dominios respectivos de la *masa* y de la *energía* (nótese bien que no decimos *materia* y *energía*: la materia es el substrato sustancial común a ambas propiedades), ese velo se va desgastando con el tiempo y el estudio y haciéndose cada día más transparente.

Una partícula cualquiera de las que se encuentran en la estre-

cha cárcel del átomo o de las que viajan libremente por los espacios intergalácticos, no tiene la misma masa cuando varía su velocidad, hecho comprobado en los laboratorios, hasta el punto de que, según la ley relativista, si esa velocidad llegase al límite común a todas las velocidades, la de la luz, su masa se haría infinita; por otra parte, en la región más íntima del núcleo atómico, están sometidas a un régimen misterioso y desconcertante: viven en otro mundo distinto del exterior, donde las leyes parecen ser de signo contrario; allí los protones positivos viven apiñados sin rechazarse como lo exigiría en circunstancias normales su carga eléctrica, del mismo modo que tampoco consiguen atraer a los electrones negativos para neutralizarse mutuamente y engendrar un neutrón. Por otra parte, el fotón o unidad de luz tiene masa, como han probado las observaciones de eclipses totales de Sol, en los que efectivamente el rayo luminoso es atraído por la masa solar; y si es así, ¿por qué esa masa, que se mueve a la velocidad tope máxima, no se hace infinita? Con razón se ha dicho que de todos los tratados de la física, el más oscuro es el de la luz; y si identificamos, como parece haber motivo, todas las manifestaciones y propiedades de la materia en una sola, esta igualdad lejos de resolver el problema, lo complica mucho más; llamar a la masa energía concentrada o a la energía masa diluída, serán palabras más o menos artificiosas con que disfrazar y ocultar su verdadero nombre: *misterio*.

La metagalaxia. — Se ha dado este nombre a un conjunto de orden superior al de las nebulosas individuales, que a su vez comprenden las grandes concentraciones de estrellas y otros materiales cósmicos, de modo que resulta la metagalaxia un nombre nuevo y acaso más expresivo que el de universo material, en cuanto expresa de qué componentes está formado; de él proceden como de su fuente natural todas las energías que se acaban de enumerar, que son acciones propias de ese sujeto universal.

Hace algo más de un siglo que sir William Parsons, tercer conde de Ross, con el telescopio de dos metros de distancia focal de Parsonstown, vió por primera vez la nebulosa espiral de los Perros de Caza, cuya imagen se ha reproducido frecuentemente en los textos de astronomía y que se parece a una rueda de fuegos artificiales (el animal, en cuya caza colaboran estos perros de la constelación, es la Osa Mayor); ante el nuevo espectáculo se le ocurrió a Parsons que cualquier espiral en la Naturaleza significa siempre crecimiento, movimiento y cambio, y como era altamente improbable que un sistema tal existiera sin una fuente interna de energía, dedujo la necesidad de admitir en aquellos misteriosos pobladores del espacio una ley dinámica y una *vida* semejante a las de aquí abajo: había nacido la investigación galáctica; y desde entonces, aunque nos hallamos casi al nivel del conde de Ross en

cuanto a explicar satisfactoriamente los *porqués*, se ha avanzado mucho en cuanto a determinar el *cómo* de tales procesos, con el inconveniente de que al crecer los aumentos y perfeccionarse los medios de observación, se han complicado alarmantemente los rasgos que forman el cuadro y tan sólo a fuerza de constancia y madura reflexión se ha logrado encuadrar esos fenómenos en el marco de las leyes universales, aplicables lo mismo a esos lejanos mundos que a los seres terrestres que nos rodean.

Ante la ingente tarea de reconstruir la historia metagaláctica y explicar el mecanismo de su vida y actividad, pudiera creerse que el primer capítulo había de tratar sobre la Vía Láctea o galaxia a que pertenecemos y después por analogía deducir lo que pasa en las demás; pero en cierto modo sucede todo lo contrario, ya que bajo algunos aspectos resulta más difícil conocer nuestra propia casa o ciudad que las ajenas y remotas. La explicación es muy sencilla: se formará una idea más exacta de lo que es una población el que la examina desde un helicóptero volando sobre ella, que quien está dentro, encerrado en la cárcel y sin más visión al exterior que lo que permite un estrecho tragaluz enrejado, en un día de espesa niebla; así es al pie de la letra en nuestro caso: no solamente es difícil la penetración a través de los tragaluces telescópicos y la cortina atmosférica, enemigo número uno de la astronomía, sino que nos hallamos en la porción de la Vía Láctea donde proporcionalmente abunda más el polvo cósmico, que impide la visión de amplios sectores del firmamento, y ha sido preciso descubrir la radioastronomía para rasgar en gran parte esos velos; no obstante, hay desgarrones oportunos, sobre todo en el zenit galáctico, por los que se ha podido atisbar hacia regiones que por analogía han permitido completar suficientemente el cuadro general y edificar un sólido cuerpo de doctrina que ahora vamos a resumir.

La nebulosa de Andrómeda, en excelentes condiciones de observación, dió casi toda la clave del misterio: se pudo determinar, mediante el efecto Doppler, la velocidad de rotación de sus diferentes partes y consiguientemente la cuantía y distribución de las masas; allí se pudieron distinguir bien las dos clases de población de una galaxia, I y II: la primera constituida por nubes de gas brillante, polvo cósmico y estrellas de gran magnitud, sobre todo las azules de un brillo cien mil veces mayor que el de nuestro Sol, y la segunda, que forma el núcleo o cuerpo galáctico, casi el 90 % de sus cien mil millones de estrellas, menos brillantes que las anteriores y la mayor parte rojas de un brillo aproximado de doscientos soles nada más; en ese cuerpo no hay brazos, es informe, aplastado y más denso en el centro, que se atenúa y hace más delgado uniformemente por los extremos, hasta el punto de que en las galaxias donde predomina esta población II no se puede ver la población I. Con estos datos ya se pudo emprender con es-

peranzas de éxito el análisis de nuestra galaxia; en 1940 puso Baade mano a la tarea de determinar su estructura, valiéndose para ello de ciertas clases de estrellas características de los brazos espirales, como se había comprobado en la de Andrómeda, y con filtros de diferentes colores y placas sensibles al rojo pudo descubrir series de glóbulos luminosos o nebulosas de emisión, que marcan esos brazos como las filas de farolas en la niebla señalan el trazado de las calles alumbradas; a estos primeros *indicadores* siguieron pronto otros igualmente útiles para fijar el trazado espiral, tales como las cefeidas de largo período y un género de aglomeraciones de estrellas jóvenes conocidas con el nombre de enjambres galácticos; hasta el mismo polvo cósmico, tan molesto para la observación, contribuyó a ello. Pero los indicadores más interesantes resultaron ser las estrellas supergigantes de alta temperatura azules-blancas del tipo B y O, que suelen seguir muy de cerca el dibujo de las espiras y por ser tan brillantes (de diez mil a cien mil veces más que el Sol), eran fáciles de observar; y una vez obtenida su distancia, eran trasladadas al mapa para reconstruir el plano de nuestra propia casa la Vía Láctea y sus distintos pabellones o brazos galácticos. Estos primeros resultados fueron ciertamente brillantes y llamaron mucho la atención en el congreso astronómico de Cleveland, donde fueron presentados en 1941; precisamente ese año se empezó a investigar en radio-astronomía lo que pudiéramos llamar el mapa hidrogénico del universo, donde empezaron a aparecer la cantidad, distribución, distancia y movimiento de las masas de hidrógeno neutro, principal componente del cosmos, cuya emisión de onda penetra toda la Vía Láctea y mucho más, a través de las nubes de polvo; y como se pudo comprobar que ese hidrógeno es en los brazos galácticos diez veces más abundante que en otras regiones de las nebulosas, resultó ser un excelente indicador de las espiras; pronto se obtuvo el trazado de éstas con nitidez y precisión hasta 25.000 años de luz de distancia, y con suficientes garantías de exactitud mucho más allá.

No se crea, sin embargo, que a partir de este momento todo fueron éxitos; surgieron nuevas dificultades, así por la extremada complicación que ofrecían los brazos así reconstruidos como por las discrepancias que aparecían según que se emplearan unos u otros procedimientos. Todas ellas, no obstante, llevan buen camino de solución y se espera fundadamente que dentro de ocho años será completamente conocida la topografía de nuestra galaxia; una de las dos nuevas claves principales halladas hasta hoy son el estudio de las líneas de absorción interestelar, por las que se descubren los caracteres de diferentes nubes cósmicas, su movimiento y naturaleza, así como su participación en el giro galáctico y su distancia; la otra clave es la polarización de la luz; lo es la de las estrellas situadas en el plano galáctico y se debe al polvo

cósmico levemente imantado por gigantescos campos magnéticos, asociados, según copiosa y razonada inducción, a los brazos espirales: algo así como si a lo largo de ellos se extendiesen las líneas de esos campos como tiras de caucho elásticas.

Avanzando ahora hacia el exterior, fuera del llamado grupo local de galaxias a que pertenecen con casi una veintena la Vía Láctea y Andrómeda, y que es uno de los más modestos, a pesar de su diámetro de unos tres trillones de kilómetros, el censo galáctico se va completando hoy merced a una ingente labor estadística cuyas fichas contienen datos cada vez más pormenorizados sobre sus caracteres peculiares: los grupos de las contelaciones de la Virgen y la Cabellera de Berenice cuentan cada uno con un millar de galaxias *visibles*, a un par de centenares de millones de años de luz; hay otro enjambre a 480 millones en la Corona Boreal, y no faltan quienes se hallen mucho más lejos, como el de la Hidra, a 1.280, equivalentes a 12.800 trillones de km. A esas distancias ya no aparecen en la placa sino galaxias, mucho más numerosas que las estrellas comprendidas en el mismo campo, perfectamente discernibles, aun a simple vista, por no tener los contornos difuminados, además de los caracteres espectrales. La distancia probable de las más lejanas es de 3.200 millones de años de luz, y actualmente con el telescopio de Monte Palomar se ven de cien a mil millones; pero las que quedan dentro de ese enorme radio tienen que ser mucho más numerosas, como lo prueba suficientemente la analogía con los grupos conocidos en cuanto a su distribución, densidad y brillo: desde esos 3.200 millones de años de luz, solamente se verían de nuestro grupo local las dos mayores.

El misterio de las galaxias y de su vida, así interna o privada como social o de relación con las demás, se resuelve muy imperfectamente por los métodos visuales y espectroscópicos, aunque ellos nos digan cuál es su aspecto y composición, y cuáles sean sus distancias, sus movimientos generales y aun parciales de cada sector, si están suficientemente cercanas para esto último. El conde de Ross ya comprendió que allí había movimiento, a juzgar por su imagen, tan parecida a la de un ciclón atmosférico; pero se trata de penetrar en el mecanismo de esas rotaciones y traslaciones y buscar el motor responsable. La primera pregunta obvia a este propósito, al ver esos brazos que giran en el espacio, viene a ser ésta: ¿son las espiras quienes guían en su movimiento al núcleo, o al contrario son arrastradas por él? La respuesta ha venido, como era de esperar, de la radioastronomía, cuyo poder de transmisión, a través de las nubes de polvo oscuro, es cien mil veces mayor que la de la luz visible; con esta especie de rayos X se ha logrado reconstruir la disposición interna de la nebulosa de Andrómeda y afirmar que consta de *piezas* de movimiento diferente y desigual: el cuerpo central (población II), relleno y rodeado, por decirlo así, de elementos periféricos (población I), gira más des-

pacio que éste, y a su vez las espiras más exteriores giran todavía más lentamente que los materiales cercanos al centro, como sucede también en nuestro sistema planetario: por tanto son los brazos quienes siguen el movimiento central. La Nube Mayor de Magallanes casi consta exclusivamente de esta clase de elementos jóvenes y apenas tiene núcleo; sólo hay vestigios de brazos incipientes.

La segunda cuestión no menos obvia es la del motor que produce este giro de tan gigantescas proporciones; como es lógico, en diversos tiempos se ha contestado de acuerdo con el estado de los conocimientos astronómicos de cada época: cuando sólo se conocían las leyes de Newton, se aplicaron a este caso y se creyó que bastaba para explicar los hechos la atracción de las masas, combinada más o menos satisfactoriamente con esa otra fuerza antagonista, desintegrante de los movimientos cósmicos, cual es la presión de radiación de la luz; y así estaban las cosas en el terreno de las hipótesis hace unos 17 años nada más; hace seis años prevaleció, tras larga discusión, la teoría de la viscosidad propia de los gases, combinada con los fenómenos de turbulencia: los gases, dotados de esa propiedad intrínseca, se mueven irregularmente al ser empujados por presiones diversas más allá de ciertos límites de velocidad, y entonces el polvo, arrastrado por tal movimiento, como el de una carretera al paso de un vehículo, marcaría, como vemos hoy, el contorno de esa corriente gaseosa; porque, en efecto, la radioastronomía ha probado el hecho de que el polvo acompaña el trazado de los brazos espirales. Mayor actualidad tiene la explicación fundada en el magnetohidrodinamismo; partiendo de la distribución universal, es decir, no solamente en el seno de las mismas galaxias, sino en todo el espacio intergaláctico, de campos magnéticos engendrados por corrientes eléctricas que giran alrededor de las nebulosas, consideradas como enormes imanes, y donde las corrientes de gas hacen el oficio de alambres conductores en torno de los núcleos, se estima hoy que esas fuerzas y campos electromagnéticos son capaces de lo que no podrían hacer ni la gravitación ni la turbulencia solas: contribuir eficazmente a la formación misma de los brazos y aun de las estrellas que allí nacen. Según esto, las espiras que ahora vemos se formaron hace poco y no durarán mucho: las estrellas jóvenes, que el gas intergaláctico ha producido en las cercanías o dentro de los mismos brazos, tienen menos de cien millones de años *solares*.

Subrayamos esta última palabra porque en la actualidad las escalas dimensionales exigen ciertos cambios de nomenclatura: a los prefijos mili y micro, correspondientes a un milésimo y un millonésimo, respectivamente, se han añadido el nanó(metro) y picó(metro) que significan un mil-millonésimo y un billonésimo; del mismo modo al kiló(metro) y megá(metro), siguen el gigá(metro) y terá(metro) equivalentes a mil millones y un billón de

metros. El año solar, de igual modo ha sido sustituido a veces por el año galáctico o cósmico, que vale en la Vía Láctea 200 millones de años solares y es el tiempo que dura un giro completo de la nebulosa; según esta norma, las estrellas que acabamos de citar no tienen más que seis meses de edad; nuestro Sol, 25 años, y las estrellas más antiguas de nuestra galaxia, 50; sin que falten en ella astros recién nacidos de menos de una centésima de año cósmico o galáctico, es decir, un par de millones de años solares.

En cuanto a la causa de la muerte o desintegración de los brazos espirales, parecía ser la acción gravitatoria ejercida por el núcleo central; la consecuencia inmediata es que en pocos años (cósmicos) el aspecto de una galaxia tendría que cambiar drásticamente. Un cálculo más detenido ha demostrado que esa fuerza sola no basta, ni serían capaces de formar las espiras esas atracciones, ni aunque se formasen por un azar fortuito, durarían mucho sin disiparse en los espacios intergalácticos; por eso hubo que acudir a las energías electromagnéticas como explicación complementaria, ya que la gravitación, suficiente para mantener el orden en un sistema planetario tan modesto como el nuestro, no lo es para una empresa de tal envergadura, y únicamente un poderoso campo magnético podría explicar la coherencia y estabilidad de esos miembros de las galaxias; en cuanto a las estrellas jóvenes, parece que al principio quedan embebidas en las espiras, pero al cabo de uno o dos años cósmicos se escapan y emancipan, alterando así la figura general que dibuja el conjunto; algunas de estas figuras hoy observables en el cielo y formadas por astros más viejos, pudieran ser restos fósiles de antiguos brazos que han desaparecido deshechos y desintegrados.

Para desentrañar el misterio del origen de las espiras ha contribuido no poco lo descubierto recientemente por Oort, Van de Hulst y Westerhout, los ases radioastronómicos holandeses, acerca de la naturaleza y actividades de las nubes de gas interestelar: su hidrógeno neutro representa un 2 % de la masa galáctica total, y el ionizado la vigésima parte de esa proporción, a la que hay que añadir pequeñísimas aportaciones de otros elementos, tales como el helio y el hidrógeno molecular; estos gases forman una especie de oblea galáctica de mil doscientos años de luz de grueso y cien mil de diámetro en el plano galáctico central, y se mueve en expansión a partir del centro con velocidades que oscilan entre los 50 y los 160 km/seg., velocidad en que influye la gravitación debida al núcleo, así en la fuerza centrípeta como en la centrífuga, pero mantenida en cohesión por atracciones internas de carácter magnético; parte del gas está concentrado en un brazo en expansión de diez mil años de luz de largo y que huye del núcleo a 50 km/seg. hacia otras regiones de la Vía Láctea, lo cual supone una pérdida de materiales centrales que estos astrónomos estiman en lo equivalente a una vez la masa del Sol por año solar, y como

la masa total de nuestra nebulosa es de cien a doscientos mil millones de masas solares, se agostaría en mil años cósmicos; cabe preguntar a dónde va a parar todo eso, a lo que la radioastronomía responde que el campo magnético concomitante hará a ese brazo fugitivo moverse como un todo, sin disgregarse, y retardándose su velocidad a medida que se aleja del centro. Porque en efecto se ha comprobado que los brazos exteriores se mueven sólo a 5 km/seg. (tres mil años de luz por año cósmico), y así evolucionará lentamente como lo están haciendo los demás brazos de la Vía Láctea, por ejemplo los que se proyectan sobre las constelaciones del Sagitario, Carina y Perseo. También surge la interrogante de cómo recobra el núcleo los materiales perdidos para no desnivelar su presupuesto; y una de dos, o se provee de las emisiones o erupciones de estrellas nuevas, novas o supernovas que puede haber en el centro (invisibles por estar rodeadas de polvo cósmico) o bien, y esto es más aceptable, nuevas aportaciones de gas vienen a rellenar los huecos por arriba o por abajo, procedentes del halo de hidrógeno que rodea nuestra galaxia, como a las demás.

El cuadro completo descrito por las últimas investigaciones de Oort y Rougoor a fines de 1959 es el siguiente: a quince mil años de luz del centro (el Sol está a 25.000) se han medido nubes de hidrógeno, que llenan los intersticios entre las estrellas y giran con ellas; a diez mil está el brazo antes citado que huye del centro a 50 km/seg., y otras nubes lo hacen a 175; más adentro, a solos 1.600 del eje de giro hay un anillo de hidrógeno de 300 de ancho que gira a 280 km/seg., dejando dentro un hueco en forma de banda, al que sigue un disco giratorio de hidrógeno cuya densidad crece hacia el centro; pero ni el disco ni el anillo huyen, antes bien parecen formar un cubo de rueda solidario en sus partes. Es probable que en el disco central abunden las estrellas, aunque la comprobación óptica sea imposible, y es verosímil que tal cohesión general se deba a la acción de la gravedad, atendidas las distancias relativamente pequeñas que los separan, y por eso giran como un solo cuerpo.

La evolución de las galaxias plantea problemas difíciles si queremos explicar el origen de su estructura presente; si la materia de nuestro Sol tuviera la densidad del gas interestelar o intergaláctico ocuparía un volumen diez millones de veces mayor, y en una nube semejante la gravitación es tan débil que bastaría una velocidad de las partículas gaseosas del orden de 200 metros por segundo para alcanzar la llamada velocidad de escape: y nos consta que la velocidad propia de los átomos es superior a mil; luego todos se comportarían como balas que huyen y no hay que pensar en aglomeraciones provocadas por la gravitación. Este fué uno de los errores, harto disculpables entonces, de la famosa teoría de Laplace, para explicar el origen del sistema solar, y por lo mismo tampoco sirve para dar razón de las concentraciones galácticas;

a lo más podría admitirse una condensación, no individual sino colectiva, de grandes masas que formarían, no estrellas aisladas, sino enjambres por el estilo de las Pléyades, puesto que no es creíble ni concuerda con la mecánica celeste que se formaran primero aparte y luego se reunieran, y así lo confirma la escasa edad de algunos de estos enjambres y de la constitución de corrientes estelares, todo lo cual aboga por un proceso bastante rápido: se ha comprobado, en efecto, que sus componentes son atraídos desigualmente por otras masas de la Vía Láctea y por eso se ve que pierden la probable forma esférica inicial para desfigurarse tendiendo a la elipse con velocidad actual de dispersión de unos 10 km/seg.

La explicación más satisfactoria hasta ahora para tales concentraciones de materia en los espacios es el campo magnético intergaláctico como creador de singularidades en esa atmósfera gaseosa universal; la observación ha dado valores de semejante campo, siguiendo la dirección del brazo o espira a que pertenecemos, unas cien mil veces menores que el que se ha medido entre los polos de nuestro Sol, y aunque sea tan insignificante la intensidad en cada punto, es tan extenso en realidad, que el flujo eléctrico resulta enorme, de unos tres trillones de amperios; y al formarse en algún punto singular una estrella, las líneas de fuerza se contraen, y crece allí la intensidad diez billones de veces. Y nótese aquí que el nacimiento así descrito de un nuevo astro, como también su muerte, no es una hipótesis más: hay estrellas que *quemán* o gastan su capital de reservas materiales a un ritmo rapidísimo, hasta un millón de veces más aprisa que el Sol, y forzosamente tienen que ser más jóvenes que él y morirán mucho antes; en concreto, se ha descubierto en algunas la presencia del tecnecio, un elemento de vida corta que ya no se da en la Tierra porque su semiperíodo no excede el millón de años solares: si lo hay en esos astros, es porque son mucho más jóvenes que nosotros.

Relacionado con el enigmático origen de las formaciones galácticas se halla el de los rayos cósmicos, cuya existencia indudable, por muy misteriosa que sea su procedencia, confirma algunos asertos arriba expuestos: son partículas primitivamente pesadas, aunque luego se desintegren en subpartículas menores, sobre todo al entrar en nuestra atmósfera, pero aceleradas indudablemente por campos magnéticos que hallan a su paso, adquieren energías que resultarían increíbles si no hubieran sido medidas. Se explica en cierto modo que así sea, al considerar que no solamente están sometidas al dinamismo de esos campos, sino que la porción de nube cósmica a que pertenecen también se mueve y ocasiona colisiones secundarias que las aceleran todavía más; por comparación, el nivel de energía apreciado en la corona solar es de un millar si se toma como unidad el que tienen los átomos en nuestro cuerpo, el de una bomba atómica ordinaria es de un millón, el que hay

en el centro de una supernova explosiva es de diez millones; pero el de los rayos cósmicos oscila entre los diez mil millones y los diez trillones. Hay otro factor digno de mencionarse: el calor como agente que llamaríamos galactogénico. Se conoce hoy con suficiente certeza la densidad media de la Vía Láctea, que es de uno partido por 60 quintillones si se toma el agua como unidad; para que haya condensaciones por atracción se necesita una energía térmica de varios millones de grados centígrados, y si tardó efectivamente unos tres mil millones de años solares en producirse la condensación sideral por esta vía, el despliegue de energía que ello supone es de un octillón de kilovatios (48 ceros) para toda la nebulosa, a razón de cien kw. por gramo de materia; a título de curiosidad añadiremos que la energía total consumida por la humanidad en el curso de su historia se calcula en 300 trillones.

En cuanto a la vida de relación de unas galaxias con otras, hay que comenzar por corregir la apreciación hasta ahora en vigor sobre este punto, desde el momento que el tamaño real se va comprobando ser por lo menos diez veces mayor que el aparente y visible; ya no es exacto decir, como hace un par de años, que las dimensiones medias son de unos 15.000 años de luz y las distancias medias entre ellas de tres millones: al añadir un cero al diámetro, proporcionalmente disminuye el espacio libre y crece la probabilidad de colisiones mutuas y casi de los contactos; ello no significa que la inmensidad del cosmos esté apretado de galaxias situadas codo con codo, pero sí es forzoso desterrar aquel nombre de universos-islas con que se las denominaba a principios de siglo y admitir una razonable frecuencia de probables relaciones semejantes a las ya observadas en los últimos años.

Y, sin embargo, a pesar de esa relativa proximidad y contacto, de la obligada coordinación mutua de sus movimientos, como si fuesen miembros de un sistema planetario, subsiste el hecho de la expansión, en virtud de la cual se repelen, siguiendo la ley impuesta por el término einsteniano, de signo contrario al newtoniano de atracción. Lo más notable es que la teoría más reciente para explicar la expansión, propuesta a fines de 1959 y que citamos con toda clase de reservas, se funda precisamente en esa comunidad y proximidad de las galaxias entre sí: se ha dicho que la ionización de los átomos de hidrógeno es ya una primera causa de repulsión, favorecida por las altas temperaturas que consta alcanzan las masas galácticas, y que al irradiar calor contribuyen al colapso de donde ellas toman su origen, como aglomeraciones más densas que son de la primitiva nube de hidrógeno; y posteriormente, cuando ya están formadas, no son ellas las que huyen de sus vecinas, sino que son arrastradas por la dilatación y repulsión eléctrica del gas caliente: es decir, que no son ellas culpables, sino víctimas de la expansión del universo.

Al poner punto final a esta reseña de los recientes resultados

obtenidos en la investigación de los misterios de la vida galáctica, cabe hacer dos observaciones: la primera es admirar y reconocer el mérito de los trabajos astronómicos que están descubriendo a un paso acelerado numerosos e interesantes aspectos de un mundo nuevo, grandioso y apasionante; la segunda, que todo este progreso no consiste en que las teorías recientes desautoricen y destruyan las anteriores a fin de sustituirlas y anularlas: en general más bien que destruir lo que se hace es construir, superedificar sobre lo ya construído, completando los astrónomos de hoy la labor de los de ayer, como es de esperar que logren hacer los de mañana con los de hoy.

ANTONIO DÚE ROJO, S. I.

*Director del Observatorio
de Cartuja (Granada)*