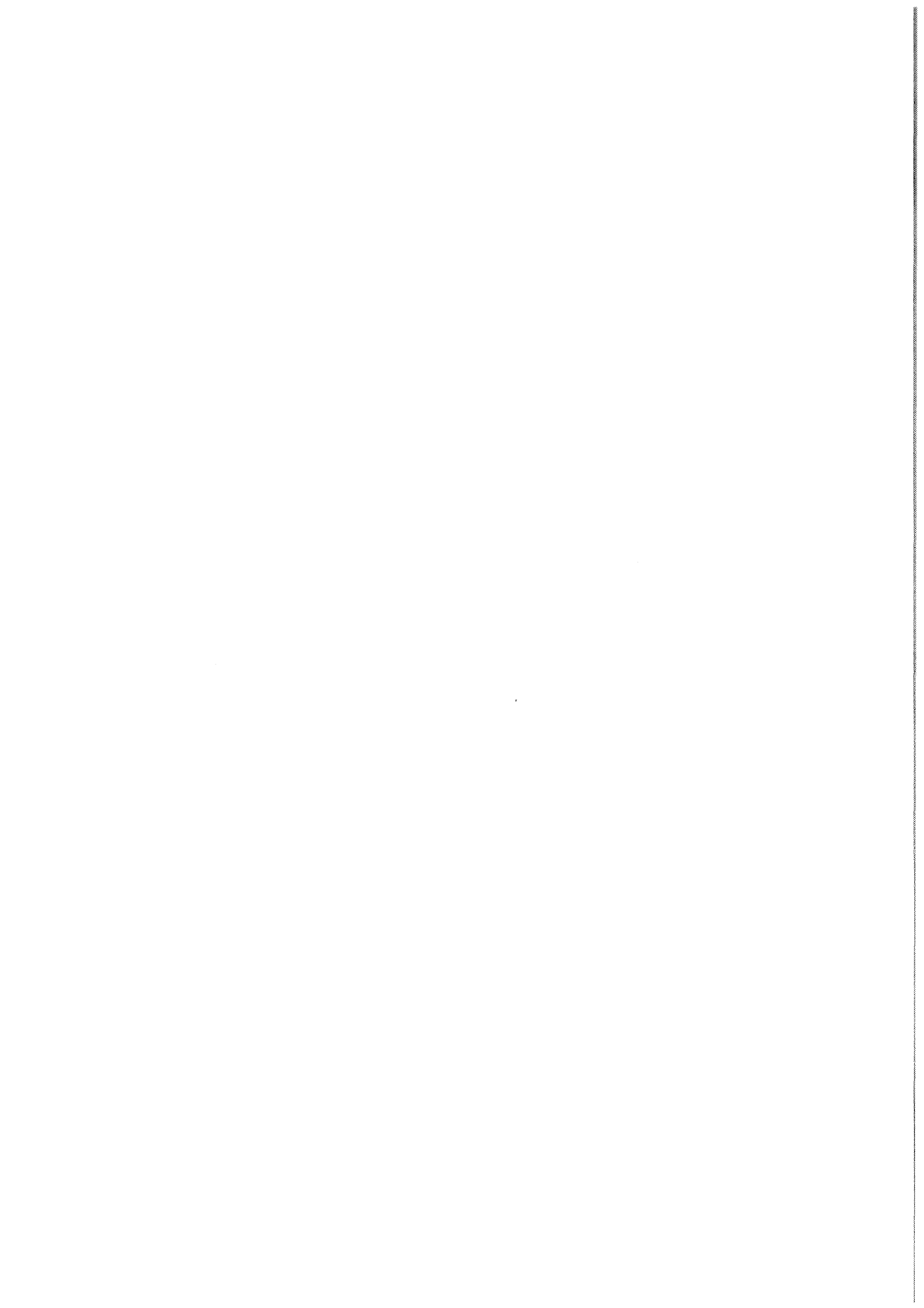


Juan José Scala Estalella

**HOMBRE, CIENCIA Y TÉCNICA  
EN EL UMBRAL DEL TERCER MILENIO**

12 de Junio de 1997



Existe una novela de Víctor Hugo, menos conocida que *Nuestra Señora de París* y que *Los Miserables*, que se titula *L'homme qui rit* (El hombre que ríe). En esta novela unos fugitivos se hacen a la mar, después de haber abandonado a un niño en la playa. Tras una violenta tempestad, el barco en que huyen, con una incontenible vía de agua, va a hundirse en un mar ya en absoluta calma. Uno de ellos, arrepentido de sus malas acciones, escribe un mensaje en un trozo de pergamino, lo encierra en una botella, que taponada y deja flotando en el mar.

El niño abandonado, llamado Gwinplaine, tiene un rostro deforme, como consecuencia buscada de una operación de cirugía antiestética, que persigue crear monstruos artificiales que luego se venden para diversión de la nobleza. La deformidad de este niño consiste en tener permanentemente dibujado en su rostro el rictus de la risa.

El niño se aparta de la playa de Portland y se adentra en tierra durante una terrible noche de invierno, en la que encuentra a una niña, que busca aún el pecho de su madre muerta y semicubierta por la nieve. La niña, que se llamará Dea, ha quedado cegada; sus ojos helados no ven. La toma en sus brazos y tras titánicos esfuerzos llega a un poblado; ambos niños son recogidos en un carronato por un saltimbanqui, llamado Ursus, que vaga errante con su lobo Homo.

Los cuatro son felices y ganan dinero. Los dos niños han crecido, y entre el monstruo y la ciega nace un casto y romántico amor. Gwinplaine adora a Dea y es adorado por ella. Pero al cabo de los años, la botella ha sido hallada y en ella se contiene el gran mensaje: Gwinplaine es par de Inglaterra, de muy alta nobleza y poseedor de una gran fortuna. Su padre, también par de Inglaterra, fue desterrado por el rey por sus tendencias republicanas, quien ordenó, además, que fuera deformado el rostro de su hijo.

Gwinplaine, como par de Inglaterra, es aceptado en la cámara de los lores y aquí empieza su desgracia. Él rechaza aquella sociedad y es rechazado por ella. Corre en busca de recobrar su dichosa vida anterior, pero ya es imposible. La novela acaba, como no podía ser menos en un escritor romántico, con la muerte de Dea y Gwinplaine. La botella contenía la gran noticia que parecía poder conducir a la dicha final y, sin embargo, es causa de la desgracia del héroe.

Hasta aquí la novela. La realidad es que la Humanidad constituye el conjunto de viajeros que surcan el espacio en esta nave, que es nuestro planeta Tierra. Imaginemos que un cataclismo cósmico amenaza destruir el planeta con todo su contenido, reduciéndolo a polvo que se perderá en el espacio.

Conviene señalar que este final no es ciencia-ficción. Cuando nuestro Sol vaya agotando su combustible nuclear, aumentará su tamaño para convertirse en una estrella gigante roja y, antes de pasar a ser una enana blanca, habrá invadido las órbitas de Mercurio y Venus y, probablemente, también la de la Tierra. Previamente se habrá escapado la atmósfera, se habrán desecado los mares y es de esperar que, a pesar de toda posible adaptación, la vida habrá cesado en nuestro planeta. Esto ocurrirá dentro de miles de millones de años y el proceso será de muy lenta evolución.

Lo que aquí queremos fingir es la inminencia y la rapidez del colapso cósmico. Supongamos que la Humanidad está inmersa en los sentimientos que expresaba Cervantes en la dedicatoria al conde de Lemos de su libro *Los trabajos de Persiles y Segismunda* firmada el 19 de Abril de 1616, día siguiente al de haber recibido la Extremaunción, con estas palabras: «*el tiempo es breve, las ansias crecen, las esperanzas menguan...*». Imaginemos que estamos junto a una nave espacial que pueda ser lanzada

al espacio –la última– y que será liberada de la aniquilación total. Quedará flotando en el espacio como la botella quedó flotando en el mar. Si en ella dejamos escrito un mensaje, quizá algún día alguien pueda recogerlo para bien o para mal; no prejuzguemos. Pero estamos urgidos a dejar ahí el testamento de nuestra civilización.

Imagínese que es usted el encargado de redactar el mensaje. Terrible responsabilidad de sintetizar tan enorme testamento. Por su imaginación pasan a velocidad de vértigo nuestro antepasado que comenzó a caminar erguido; el fuego; la revolución del Neolítico, con la introducción del sedentarismo; el cobre y el hierro; Egipto, Asiria y Babilonia; la antigüedad clásica con Grecia y Roma; la Edad Media, no tan tenebrosa como algunos han afirmado; el brillante Renacimiento; la modernidad con la Ilustración; la Revolución Industrial, con la explosión científica y tecnológica de los dos últimos siglos. ¿Qué decimos...? Quedan muy pocos minutos.

No pretendo crear una sicosis de milenarismo para despertar los temores que invadieron a nuestros antepasados con la proximidad del año 1000. Pero sí planteo este ejercicio intelectual para poner de manifiesto que quizá nuestro pensamiento o nuestro meta-pensamiento no esté demasiado claro.

Sería interesante organizar un banco de datos con miles de estos mensajes emitidos por científicos, políticos, pensadores, artistas..., y tengo la seguridad absoluta que nuestra capacidad de síntesis se estrellaría ante la abrumadora diversidad de frases que pretendieran resumir los logros de nuestra civilización. Multiplicad el caos extendiendo las propuestas a gentes de distintas culturas, latitudes, continentes y religiones.

Quizá a finales del primer milenio las cosas estuvieran más definidas. Después de aquellos temores con que se cerró aquel milenio, nos queda una crónica escrita hacia 1048, en la que el monje Raúl Glaber evoca un recuerdo de su infancia en un latín detestable, pero con palabras expresivas: *«Durante los años que siguieron al año 1000, se vio reconstruir iglesias en casi todo el universo, pero sobre todo en Italia y en la Galia. Se hacía esto, incluso, cuando no era necesario, rivalizando cada comunidad cristiana por edificar santuarios más suntuosos que los de sus vecinos. Se diría que el mundo sacudía sus harapos para adornarse con una blanca túnica de iglesias».*

Richard Feynman, que en 1965 compartió el Premio Nobel de Física con el también norteamericano Schwinger y el japonés Tomonaga, por su formulación de los principios básicos de la electrodinámica cuántica, tiene claro cuál debería ser el mensaje y así lo manifiesta en sus *Lectures on Physics* (Conferencias sobre Física): «*Nuestro universo está compuesto por átomos*».

Es evidente que otros científicos tan ilustres como Feynman podrían proponer otros mensajes alusivos al mundo de las partículas elementales, de la biología, de la física relativista, de la física cuántica, de la cosmología, etc.

Sin embargo, el mensaje transmitido al cosmos, para quien pudiera recogerlo, debería llevar un sello de garantía que lo autentificara. No sería válido decir: así lo creemos, así nos parece, así lo intuimos, así nos gusta, así lo sentimos, etc. Incluso sería dudoso apoyarlo en meros conceptos abstractos afirmando que así lo dicta nuestra razón o que así lo deduce nuestra lógica. Los recipiendarios del mensaje podrían dudar de nuestro bien pensar o de la contundencia de nuestros razonamientos.

El sello de garantía lo diseñó Galileo (1564-1642) y llevaría esta inscripción: «*confirmado por la experiencia*». Aunque Galileo se cita tradicionalmente como el creador del método experimental, justo es decir que las cosas venían de atrás. Ya repetía Santo Tomás (1224-1274): «*es preciso que el alma saque de lo sensible todo su conocimiento*». Por una paradoja aparente, la misma convicción volvía a encontrarse entre los que pretendían permanecer fieles a San Agustín y recusar a Aristóteles, los franciscanos de la Universidad de Oxford. Como rivales (porque eran franciscanos) de los dominicos, o sea, de la orden de San Alberto Magno y de Santo Tomás de Aquino, y como rivales (porque eran de Oxford) de la Universidad de París, no podían hacer otra cosa que acogerse a la tradición agustiniana y atacar al filósofo, puesto en el pináculo por los «modernos». Pero no se atenían más que a la letra de su obra y de su influencia. Aunque recusasen los resultados de su Lógica, y aunque recusasen los resultados de su Física, no dejaban de hacer suya la visión capital y nueva que apuntó el aristotelismo y que el Prof. Hamelin (1856-1907) de la Sorbona resumió brevemente: «*No hay nada que exista al margen de las formas sensibles y extensas*».

San Buenaventura (1221-1270), cuyo pensamiento dominaba a su orden, concedía que, en efecto, aunque los sentidos no nos iluminaban ni sobre Dios ni sobre nosotros, son la llave de la «ciencia de las cosas». Incluso añadía: «*Aristóteles tiene razón en este punto contra Platón*». Esta era también la convicción del más genial de los franciscanos de Oxford, Roger Bacon (ca. 1220-1292), el «doctor admirable». Afirmaba que el razonamiento no puede suplir «*ni a la observación visual, ni aún a la operación*». Añadía: «*La teoría no da esta seguridad exenta de duda, en que el espíritu descansa, cuando la conclusión ha sido hallada por la vía de la experiencia*». Iba a ser el primero en avanzar la expresión de «ciencia experimental» (*Scientia experimentalis*). En el siglo siguiente, Guillermo de Occam (ca. 1298-1349) hablará, claramente, del «conocimiento experimental» (*notitia experimentalis*).

En la antigüedad, el Universo tenía vida. Sus fenómenos eran las acciones de unos dioses con grandes poderes, inmortales, ubicuos, pero con pasiones muy parecidas a las de los humanos: amaban y odiaban, premiaban y se vengaban, envidiaban y mentían, se encelaban y desesperaban; participaban en las luchas de los mortales, tomaban partido entre ellos y con ellos cerraban pactos. Desde que se introdujo el método experimental, el Universo ha muerto. La Naturaleza es escudriñada más y más en profundidad, y de forma inexorable se le van arrancando sus secretos. Ciertamente que no se poseen todos, pero es mucho lo que se tiene y este tesoro de saberes es el orgullo de las generaciones con que se cierra el siglo y el milenio. La experiencia es el único criterio de verdad y nada será enmendado, salvo que un nuevo experimento desmienta un conocimiento preexistente. Cualquier pregunta que no pueda traducirse en una experiencia se considera una pregunta mal formulada y ni siquiera es tomada en consideración.

Este lenguaje es duro. Para muchos es casi blasfemo. Y, sin embargo, es el principio fundamental de nuestra ciencia o, al menos, de nuestras ciencias experimentales, que algunos entienden que son las únicas que merecen esta denominación. La investigación lo ha alzado como estandarte y, siguiéndolo, ha llegado muy lejos. Forzoso es reconocerlo.

En la costa norte de Puerto Rico se encuentra la ciudad de Arecibo. Unos 13 kilómetros al sur de ella está el Observatorio Ionosférico de Are-

cibo. En los primeros años 1960 la Universidad de Cornell, con el patrocinio del Departamento de Defensa de los Estados Unidos construyó el mayor radiotelescopio del mundo. El reflector de la antena principal es un recubrimiento metálico esférico de unos 300 metros de diámetro, apoyado sobre una hendidura natural del terreno. Al principio de la década de los 70 el revestimiento original de malla metálica fue sustituido por decenas de miles de paneles reflectantes para permitir al telescopio funcionar con una longitud de onda de 21 cm. o más cortas.

El 16 de noviembre de 1974 se transmitió desde este observatorio una señal de radio dirigida hacia el cúmulo globular M13. Este cúmulo, el número 13 del catálogo de Messier, es el más fácil de ver y el mejor conocido. Se encuentra sobre la constelación de Hércules, visible desde el Hemisferio Norte a una distancia de unos 20.000 años luz. La densidad de estrellas que presenta hace pensar en que fuera más probable que por ahí existiera un planeta semejante al nuestro con vida y seres pensantes capaces de recibir e interpretar el mensaje. La longitud del mensaje fue de 1.679 bites (dígitos binarios). En él se explica cómo se cuenta en el sistema binario. A Leibniz (1646-1716) le entusiasmaba el sistema binario de numeración. Decía que de la misma manera que de la Nada y de Dios fueron creadas todas las cosas, también con el Cero y el Uno se pueden expresar todos los números.

En el mensaje se dan también los números atómicos de los elementos químicos hidrógeno, carbono, nitrógeno, oxígeno y fósforo, principales integrantes de los seres vivos. Como fecha de referencia de este conocimiento podemos retener el año 1828, en que Wöhler realiza la síntesis de la urea desmostando con ella la concepción vitalista, según la cual sólo el tejido vivo podía crear moléculas orgánicas.

El mensaje continua dando una idea de la molécula de ADN (ácido desoxirribonucleico). La estructura de estas macromoléculas fue determinada por Watson y Crick que por ello recibieron el Premio Nobel de Medicina en 1962.

Se da un boceto de lo que es nuestro cuerpo, el número de habitantes que se encuentran en el planeta y nuestra estatura, tomando como unidad de longitud la de la onda de transmisión (12,6 cm.). Se transmitió la masa relativa del Sol y de los planetas del sistema solar, destacando la Tierra. Se



describe también la forma y dimensiones del radiotelescopio emisor del mensaje. En resumen, se puede decir que toda la información transmitida corresponde al patrimonio de los conocimientos adquiridos por la Humanidad en los últimos 200 años. Si consideramos que nuestra civilización nació el 7000 a. de C. con la revolución del Neolítico, cuando se descubre la agricultura y la ganadería, resulta que la información significativa es la adquirida en una fracción del tiempo como sería el último año y medio de una larga vida humana. Si se admite que esto no es razonable habrá que concluir que todavía nos queda por recorrer un largo camino. Nuestro conocimiento sobre la realidad del Universo y de las leyes que lo rigen no sólo no se está cerrando, sino que apenas se está entreabriendo la cortina que nos oculta tantas y tantas maravillas.

Al echar a volar la imaginación sobre lo que pueda aportar el próximo milenio, se percibe una doble sensación de esperanza y de temor. Quizá los hombres del año 1000 no fueron menos inteligentes que nosotros; al menos, yo así lo pienso ¿Podrían imaginar la civilización tecnológica con que se cierra el milenio que ellos inauguraron? ¿Se sentirían más felices que ellos lo fueron? ¿Tendrían más esperanza, más amor y más ilusiones?. Es difícil juzgar un pasado histórico lejano, porque nos faltan referencias, pero es fácil pensar que en nuestro escudriñar la materia estamos llegando muy adentro. Quizá alguien piense que demasiado adentro.

A lo largo de la historia, el hombre miró la materia con curiosidad creciente y, cuando su ojo no pudo ver más, tomó la lupa y el microscopio para contemplar la célula. Por métodos indirectos llegó al conocimiento de las moléculas y de los átomos. Manipulando estos objetos con un radio del orden de  $10^{-10}$  metros hizo química, mucha química y creó multitud de nuevas sustancias que la Naturaleza no ofrecía, y las lanzó al mar y a la atmósfera en cantidades tales que se vieron peligrosamente alterados el equilibrio y los ciclos naturales. Se ha elevado la temperatura del planeta, se ha dañado la capa de ozono, el agua y el aire se van convirtiendo en bienes escasos y muchos seres vivos —plantas, animales y hombres— sufren ya las consecuencias de ello.

Pero la cosa no paró ahí. Bombardeando átomos encontró en su interior algo muy pequeño y duro: el núcleo. Rutherford (1871-1937) quedó atónito ante el resultado de la experiencia: «*Es sorprendente* —decía—, *es*

*como si usted disparase contra una hoja de papel y, de vez en cuando, rebotara la bala».* Ese núcleo es 100.000 veces menor que el átomo, o sea, tiene un radio aproximado de  $10^{-15}$  m. Pero el juego no acabó aquí. Energías crecientes se han concentrado sobre el núcleo hasta conseguir que salte en pedazos. Es la fisión nuclear. Pero también se quiere reunir núcleos para generar otros más pesados (fusión nuclear) repitiendo las condiciones de la gran explosión que generó nuestro universo. Ya está conseguido, pero la materia así perturbada emitirá radiación durante cientos de años y se buscan afanosamente cementerios nucleares, como el niño que intenta hacer desaparecer los restos del objeto que rompió con sus travesuras.

Ya se conocen y manejan con soltura las partículas elementales: protones, neutrones, electrones, positrones, fotones y muchas más. Hasta a los escurridizos neutrinos se les quiere meter en vereda acumulando enormes cantidades de detergente en la mina Homestake, en Dakota del Sur, para medir la cantidad de cloro, que se transforma en argón, por el paso a través de nuestro planeta de esos diablillos sin carga y con una masa probablemente nula. Pero el proceso no se detiene. Se sospecha que las partículas elementales no lo sean y estén compuestas de «quarks» que también se intentan aislar.

Quizá alguien piense que pretendo levantar la bandera ecológica. Nada más lejos de mi intención que enarbolar ninguna bandera. Me limito a describir el proceso que ha seguido la evolución científica y tecnológica, y por el que continuará, sin que sea fácil detenerla. Cuando se sabe hacer algo, se utiliza; para bien o para mal, pero se utiliza. Lo más grave es que, generalmente, es para bien de unos (los que saben hacerlo) y para mal de otros (los que no saben o no pueden). En esta línea se movía la carta de Einstein a Roosevelt sobre los peligros de la bomba atómica, peligros para los americanos, si la conseguían los alemanes. Pero una cultura tecnológica ha alterado y alterará el medio ambiente. Me atrevería a afirmar que la tecnología es, por definición, la capacidad humana de alterar el medio ambiente.

Los animales se adaptaron al medio o perecieron, pero el hombre lo alteró. Desde el momento en que necesitó un objeto duro y afilado para cazar y la Naturaleza sólo le ofrecía cantos redondeados, los alteró haciendo saltar lascas hasta lograr el filo deseado. Cuando estaba atrapado por el bosque, lo quemó hasta conseguir la superficie cultivable que deseaba.

Roma vertió al Tiber, a través de la *cloaca máxima*, los residuos de la Ciudad Eterna y, digamos de paso, que las blancas túnicas de los senadores se lavaban a base de mezclar potasio, nitrato y tierra de batán (*creta fullo-nica*), mezclado con el subproducto de las letrinas, que eran los orines humanos, todo bien prensado por los pies del batanero, aclarado y blanqueando con vapores de azufre. Un proceso nada apto para olfatos delicados. Las obras públicas, las calzadas, los puentes, los acueductos, los faros, los puertos... todo alteró el ambiente.

Se dirá que ahora hemos tomado conciencia de la inminencia del peligro y que hay temores fundados de que las consecuencias puedan ser nefastas. Los temores, tanto individuales como colectivos, son con frecuencia más fruto de un estado de opinión que de un posicionamiento científico ante los hechos. Y este estado de opinión, con los medios de difusión actuales, se crea con relativa facilidad.

Si a finales del siglo XII y a principios del XIII hubieran surgido unos profetas de la desgracia pronosticando con vibrantes acentos que aquellas primeras catedrales góticas, con sus muros prácticamente inexistentes, sustituidos por arcos y vidrieras, con bóvedas que se elevaban a alturas hasta entonces no alcanzadas, eran edificios inspirados por el diablo, que habían necesariamente de caer aplastando a todos los que debajo estuvieran, es probable que las catedrales no se habrían construido. Y si para su campaña hubieran contado con prensa, radio y televisión es muy de suponer que las sencillas gentes de aquella incipiente burguesía la habrían emprendido violentamente contra los pobres canteros que tallaban las piedras destinadas a la catedral. Y, sin embargo, se hicieron con el apoyo decidido y entusiasta de aquellas mismas comunidades, que rivalizaban en este terreno.

Se dirá que no pasó nada. Pues claro que pasó. Aquellas bóvedas pesadísimas y que empujaban mucho, amenazaban el equilibrio del edificio, por lo que se produjeron accidentes que han recogido las crónicas o cuyas huellas encontramos en el edificio mismo.

No digo que quienes anuncian los futuros males no tengan razón o, al menos, que no tengan sus razones, pero ignoro por qué estas razones no existen para otros fenómenos tecnológicos igualmente inquietantes. Hoy se teme más a una chimenea que a una antena. Habrá que pensar que se

debe a que el humo se ve y las ondas no. Pues bien, nuestro ambiente se está llenando de ondas electromagnéticas de corta longitud, o lo que es lo mismo, de elevada frecuencia, que pueden afectar al cuerpo humano. No pensemos ya en las emisoras de onda corta de los aviones, policía, transporte público, taxis, ambulancias, etc. sino a estas antenas que cientos y cientos de personas ponen a trabajar durante algunas horas al día a un centímetro de su sien. Esas ondas son muy cortas, unos 30 cm. y tiene la potencia suficiente para alcanzar al repetidor más cercano, que puede encontrarse a kilómetros de distancia. Pero esos mismos repetidores, con potencias de 100 a 200 vatios, se instalan sobre edificios de vivienda o colegios, creando una radiación permanente y próxima sobre los habitantes del inmueble.

Y para qué recordar las otras fuentes domésticas como los hornos de microondas, tan celebrados, o la televisión en color ante cuya pantalla y, a veces, a gran proximidad pasan las horas tantos niños recibiendo un flujo de rayos X, que son la radiación de frenado de los electrones del tubo al chocar con el material fluorescente de la pantalla.

Todos estos avances tecnológicos, con su cuota de agresividad, corresponden a fenómenos físicos no conocidos hasta época relativamente reciente. Debe tenerse presente que el tiempo transcurrido entre un descubrimiento en laboratorio y su aplicación en la industria se acorta sin cesar, de tal manera que parece casi imposible que un nuevo conocimiento permanezca en el plano intelectual sin descender, cual vertiginosa cascada, al plano operativo.

Quizá al llegar a este punto, muchos de Vds. piensen que es el momento de marcar la diferencia entre ciencia pura y ciencia aplicada. La primera tiene por objeto la satisfacción intelectual; es el saber por el saber. La segunda se orienta hacia la satisfacción material; es el saber para actuar.

A la primera no le faltan defensores entusiastas. Éstos afirman que la ciencia es esencialmente buena y deseable, sin ninguna limitación. Descubrir las leyes de la Naturaleza y arrancarle sus secretos es una noble actividad humana. Difundirlas por los canales con que hoy cuenta la comunidad científica es algo plausible y obligado. Quedaron muy atrás los tiempos del ocultismo, de la iniciación y del iluminismo. En nuestra mentalidad no es concebible la comunidad pitagórica de Crotona, donde el gran

Pitágoras y sus adeptos buscaban las leyes físicas de la armonía, viviendo en una reclusión sectaria y aislados de la población, hasta el punto que uno de sus miembros, Hipaso de Metaponto fue expulsado o, quizá, ahogado en el mar por revelar a los no iniciados el terrible secreto de la existencia de números irracionales.

En nuestros días cualquier verdad científica que proceda de una fuente fiable es socialmente admitida con una fe ciega. Personas e instituciones se abstendrán de intervenir en el cruce de razones y contrarrazones entre los científicos; pero, si éstos proclaman su acuerdo, la proposición científica será aceptada, por más que choque frontalmente con el sentido común. Dígase que los cuerpos se acortan cuando se mueven, dígase que una partícula no ocupa en un momento una determinada posición en el espacio, dígase que hay en el Universo sustancias de las que un milímetro cúbico pesa igual que un camión de gran tonelaje, dígase que en el Universo hay  $10^{80}$  átomos... Todo será verdad si la Ciencia lo dice.

Se volverá a recordar —una vez más— el oscurantismo eclesiástico que condena a Galileo. Obligado es decir que más que la Iglesia era una sociedad que no admitía se proclamara como verdadero nada que fuera en contra del sentido común, como mil novecientos años antes de Galileo le había ya ocurrido al estoico Cleantes, también defensor del heliocentrismo y atacado por ello por sus conciudadanos, acusado de impiedad. Y en tiempos bastante más cercanos, en 1807, un químico americano de Yale, Benjamín Sullivan (1779-1864) informó con un colega haber observado la caída de un meteorito. El presidente de la Unión, Thomas Jefferson, al oír el informe, declaró que era más fácil que dos profesores yanquis mintieran, que el que las piedras cayesen del cielo ¿Qué jefe de estado de un país medianamente culto se atrevería a hacer hoy una declaración semejante?

Se cree en la ciencia, se aplaude a la ciencia, se confía en la ciencia, se espera en la ciencia, se ama a la ciencia... pero se teme a la técnica. No es que no se aspire a la mejora de la calidad de vida que la técnica puede proporcionar, no es que no se agradezca su acción benéfica sobre nuestra vida, no es que dejen de reconocerse las enormes posibilidades que su empleo nos ha proporcionado, pero... que sea sólo para bien y no para mal. Éstas son las palabras mágicas ¿Quién dice lo que es el bien y lo que es el

mal? Las voces no suenan acordes. ¿Habrà que acudir al àrbol de la ciencia del bien y del mal? Pero hoy no se atiende a la voz de Dios señalando el fruto prohibido. El paraíso, si aceptamos que lo sigue siendo este valle de lágrimas, está poblado por 5.000 mil millones de seres dispuestos a engullirse todos los frutos de todos los àrboles sin mayores restricciones.

Recuerdo un chiste gráfico que me hizo meditar. Un paisaje desértico cubierto de nieve. Junto al camino un hombre semidesnudo tiritando de frío arrimado a su pequeña hoguera que se extingue. En su proximidad hay un àrbol solitario. El hombre, con sus últimas fuerzas se dispone a abatirlo para alimentar el fuego. Por el camino pasa un automóvil de gran lujo, que se detiene. Su propietario con rostro alarmado se dirige al hombre y le dice: ¿Qué va Vd. a hacer? ¿No se da cuenta que si corta ese àrbol se altera el ecosistema?

Quienes se empeñan en trazar la frontera entre ciencia y técnica dirán que la primera se limita a abrir las puertas y que la segunda debe considerar cuáles, cuándo, cómo, por qué y por quién se atraviesan. Pero los que así discurren olvidan que toda puerta abierta está invitando a que alguien la franquee. Es más, la única razón de una puerta es facilitar el paso y no su mera contemplación.

No es sólo eso. La Humanidad reclama con urgencia vía expedita para la solución de grandes problemas no resueltos a escala mundial: hambre, salud, vivienda, educación, bienestar... ¿acaso nos falta la ciencia o la técnica necesarias para resolverlos?, ¿o son otras carencias las que tiene la Humanidad? Ni los alimentos, ni las medicinas, ni la energía, ni el saber, ni la vivienda, ni el confort llegan a todas partes. Y si hay una concepción global u holística del ecosistema ¿por qué no la hay de lo que yo llamaría el axiosistema o sistema de valores, cuya universalidad o, incluso, su propia existencia es tan dudosa?

Con estos grandes interrogantes, y quizá mirando a otro lado, la ciencia sigue su camino, pues parece que por muy grande que sea la capacidad del hombre para resolver problemas, mucho mayor es su capacidad para plantearse los.

En el momento actual son ya muchas las partículas elementales conocidas que se agrupan en cuatro clases: 1. Los hadrones, únicas partículas que experimentan la interacción fuerte, causa de la compacidad del núcleo

atómico. De ellas hay tres tipos: los bariones, los mesones y los antibariones. Los primeros son los constituyentes del núcleo atómico: protones y neutrones. 2. Los gravitones no detectables, o al menos, no detectables individualmente; son partículas sin masa cuyo intercambio da lugar a las fuerzas gravitatorias descubiertas por Newton, quien siempre ignoró la causa de la gravitación universal y sobre la que dijo que había que creer en *las fuerzas ocultas* de la naturaleza. Pues bien, hoy la Física se esfuerza por penetrar en ese ocultismo y, aunque se cree que será muy difícil detectar gravitones aislados, cualquier teoría razonable de la gravitación predice su existencia. Parece natural que se adopte frente a los gravitones una actitud parecida a la que los físicos adoptaron frente a los neutrones, y que prevaleció hasta los primeros años 50: aunque no habían sido detectados directamente, los argumentos que apoyaban su existencia eran tan concluyentes que muy pocos dudaban de ellos. 3. Fotones, partículas sin masa que viajan siempre a la velocidad de la luz, si bien su energía puede ser variable. Los fotones representan en el electromagnetismo el mismo papel que los gravitones en la gravitación. 4. Leptones, partículas ligeras, entre las que se encuentran los neutrinos, únicas partículas que con los gravitones y los fotones carecen de masa y viajan siempre a la velocidad de la luz. Quizá el leptón más conocido es el electrón; algo menos el muón, que es un electrón con masa algo más de 200 veces superior y, como siempre sus correspondientes antipartículas: el positrón y el antimuón.

De todas estas partículas pocas son estables: los fotones, los gravitones, los neutrinos, los electrones y los protones. Los neutrones, que son estables en el núcleo atómico tienen, cuando están aislados una vida media de un milisegundo. La mayor parte de ellas tienen una vida que se sitúa entre  $10^{-8}$  y  $10^{-19}$  segundos; se generan en un tiempo aún menor, el tiempo que la luz emplea en atravesar el núcleo atómico,  $10^{-23}$  segundos. Son tiempos muy breves para la escala humana. Pero, al fin y al cabo, la vida humana tiene duración de  $10^6$  veces el tiempo empleado en el parto. Pues bien, en estos tiempos brevísimos se las ve nacer, viajar y morir y hay tiempo suficiente para estudiar sus propiedades. Hay que tener en cuenta que  $10^{-17}$  segundos representa un tiempo que guarda, respecto al segundo, la misma proporción que éste representa frente a la antigüedad del Universo, que es de 15.000 millones de años. ¿Tiene sentido hablar de tiempos menores de

10<sup>-23</sup> segundos? ¿Es ésta una pregunta bien formulada? Si esto es así, habrá que concluir que el tiempo también está cuantizado y no fluye de manera continua.

Pero la física no cesa en su afán de romper y romper los objetos más pequeños, hasta el punto que la palabra átomo (sin partes) va quedando como una palabra ajena a su significado etimológico, como las mónadas de Leibniz.

Las partículas conocidas como quarks se presentaron en un primer momento como una herramienta matemática adecuada para la descripción de los hadrones. La cuestión que se plantea es saber si, efectivamente, los quarks están presentes en la Naturaleza. Si así fuera, estos quarks se convertirían en las piezas fundamentales para construir las partículas hasta hoy conocidas, como con los átomos se construyeron las moléculas. Dicho con otras palabras, la física de partículas sería la química de los quarks. Para averiguar si estos quarks son, a su vez, objetos complejos harían falta mayores energías concentradas en espacios siempre más pequeños. ¿Dónde acaba esta carrera en busca del verdadero átomo, en el sentido estricto de la palabra? De lo que podemos estar seguros es que no se trata de una carrera de locos, pues cada vez que se pone en marcha un nuevo acelerador se inician experimentos buscando obtener quarks.

Algo parecido ocurre con el bosón W, llamado con frecuencia el bosón intermedio (o débil). Hasta ahora no se han visto bosones W libres; el principal argumento en favor de su existencia es que completaría la analogía entre la interacción electromagnética y la interacción débil, desempeñando el bosón W, en la interacción débil, un papel análogo al del fotón en la interacción electromagnética. Es la obsesión por unificar las cuatro fuerzas existentes en la naturaleza: la gravedad, como intercambio de gravitones; la interacción débil, para la cual se ha propuesto el bosón W; la electromagnética, por intercambio de fotones; y la interacción fuerte por intercambio de piones, que son mesones.

Desde un punto de vista teórico, también son intrigantes los monopolos magnéticos, aún no descubiertos pero que ocupan un lugar totalmente diferente en la física de partículas. En 1931, Dirac construyó una teoría cuántica para una partícula que tuviera carga magnética en lugar de eléctrica. Todos los esfuerzos que desde entonces se han hecho para hallar el



monopolo magnético han fracasado. Todo parece apuntar a que el monopolo magnético de Dirac es una posibilidad teórica no destinada a ser confirmada por la experiencia.

Ya hemos hablado antes de los gravitones, partículas cuyo aislamiento es extraordinariamente difícil. Pero en los últimos años 60 se efectuaron experimentos para detectar ondas gravitatorias; no gravitones aislados, sino paquetes coherentes de muchos gravitones. Lo curioso de estos experimentos es que ponen de manifiesto que el Universo contiene enormes cantidades de energía en forma de ondas gravitatorias. Por ello, estos experimentos son más significativos por sus consecuencias cosmológicas, que por su incidencia en la física de partículas.

Existe el convencimiento de que, en principio, cada partícula tiene su antipartícula. Cuando una partícula cualquiera se pone en contacto con su antipartícula, ambas se aniquilan desprendiendo energía. Se pueden construir átomos iguales a los de nuestro universo, pero cuyos núcleos en vez de estar formados por protones y neutrones, lo estén por antiprotones y antineutrones, y alrededor de estos núcleos que orbiten positrones en lugar de electrones. Sería muy significativo para las teorías cosmogónicas que se descubriese alguna «isla» de antimateria en el Universo. Por el momento no ha sido así. La pista podrían darla los rayos cósmicos que nos llegan procedentes de galaxias muy lejanas.

Ahora bien, si la materia es simétrica ¿Por qué no ha de serlo el Universo? Si frente a un cosmos pudo existir un anticosmos, ¿quién tiró la moneda para que el azar decidiera la existencia del uno y la inexistencia del otro? El físico sueco Oskar-Klein parte de que el estado cero del Universo fue un plasma extremadamente tenue de protones y antiprotones en número igual, con trazas, tal vez, de electrones y positrones. Este «ambiplasma» estaba extremadamente expandido, ocupando una esfera de  $10^{12}$  años luz de radio (100 veces más que el radio actual del universo) y una densidad pequeñísima, de manera que, como promedio, a cada partícula o antipartícula le correspondía un espacio vital que podemos asimilar a un cubo de 100 metros de arista. Nótese que frente a las teorías del *big-bang* que parten de un alto grado de concentración, Klein parte de una extrema dilución. Por mecanismos gravitatorios y electromagnéticos no demasiado claros las partículas y antipartículas se separaron para constituir dos uni-

versos simétricos, entre los cuales existe una barrera en que partículas y antipartículas se aniquilan cuando llegan a ella.

Goldhaber pretende compatibilizar la idea de la simetría de la materia y la antimateria con el concepto del *big-bang*. En el principio existía una partícula única: el «universón». En otro momento, también desconocido, este gran huevo se escindió, como la célula, en el «cosmón» y el «anticosmón», de signo opuesto. El cosmón y el anticosmón se separaron a gran velocidad en el espacio. El cosmón generó el *big-bang*, que conocemos, con todas sus consecuencias; entre otras, que nosotros estamos aquí. Del anticosmón nunca más se supo: o bien abortó, o bien dio a luz un universo simétrico, constituido por antimateria y que puede hacer que «ellos estén allí». Ellos pueden ser idénticos a nosotros sólo que su núcleo atómico esté constituido por antiprotones (negativos) y antineutrones y, en torno a ese núcleo, una nube de positrones orbitales.

Cuando se medita sobre los límites de la Física en el microcosmos es casi inevitable, y así nos ha ocurrido a nosotros, acabar hablando del macrocosmos, donde se producen circunstancias difícilmente reproducibles en nuestros laboratorios, aunque también se camina en esa dirección. No creo que la meta de ese camino sea la mal llamada «conquista del espacio», pues el espacio es difícilmente conquistable. El cosmos nos abruma por su inmensidad temporal y espacial. Podemos observarlo, medirlo, contemplarlo, escucharlo..., pero su conquista no se presenta fácil.

El hombre ha puesto su pie en la Luna. Es cierto. Es una proeza importante, muy importante. Así lo declaró Amstrong a las 20 horas 56 minutos el día 20 de julio de 1969; al abandonar el módulo lunar «Aguila» y poner su pie en la superficie polvorienta de la Luna; «*That's one small step for a man, one giant leap for mankind*» (es un pequeño paso para un hombre, un salto de gigante para la humanidad). Y esta humanidad se admiró y se entusiasmó ante el hecho, que ya se puede contemplar con cierta perspectiva histórica. Se habló enseguida de otros viajes más o menos fantásticos y la imaginación se desbordó hasta pensar en la guerra de las galaxias.

La luz tarda un segundo en viajar de la Luna a la Tierra y algo más de 8 minutos en venir desde el Sol. Damos estas básicas referencias a las dos luminarias de que habla el Génesis: «*luminare maius, ut praeesset diei*

*et luminare minus ut praeesset nocti*» (Gen 1, 16), (la luminaria mayor para que presidiera el día y la luminaria menor para que presidiese la noche). Sólo se añade una palabra para cerrar el versículo: «*et stellas*» (y las estrellas). Pues bien, vamos a ellas.

En primer lugar, salgamos del sistema solar o, al menos, de su último planeta conocido: Plutón. La luz que parte del Sol alcanza su órbita al cabo de 6 horas aproximadamente. Obsérvese la escala: segundos, minutos, horas.

Naturalmente que los tiempos que estamos dando corresponden a la velocidad de la luz. Enviar un objeto lleva más tiempo que enviar una onda electromagnética, pero también se ha hecho. El 20 de agosto de 1977 se lanzó la sonda «Voyager-2» que 12 años después, el 25 de agosto de 1989, se situaba a 4.400 km. de la superficie del planeta Neptuno. Las dos cámaras de que va equipada enviaban miles de imágenes a Pasadena a donde llegaban 4 horas 10 minutos después de su emisión, tiempo que tardaban en recorrer la distancia de 4.500 millones de kilómetros, que separaban al emisor del receptor. El Voyager-2, al que despedimos hace 20 años, saldrá de nuestro sistema solar para perderse en los espacios intersidiales a una velocidad aproximada de 100.000 km./h. Los tres generadores nucleares con que está equipado le permitirán seguir sacando el pañuelo por la ventanilla para darnos su último adiós el año 2017, cuarenta años después de su partida.

Retomemos la velocidad de la luz, que es más de 10.000 veces mayor que la del Voyager. Noten el transbordo; es como si viajáramos a lomos de una hormiga y tomamos el Concorde. Se podrán encontrar en nuestro viaje otros cuerpos oscuros, pero no tenemos noticias de ellos, de manera que pongamos proa al más próximo de los luminosos. Es la estrella  $\alpha$  de la constelación del Centauro. La alcanzamos al cabo de más de 4 años.

Pero hay muchas otras estrellas que visitar, siempre sin salir de nuestra galaxia: cien mil millones ( $10^{11}$ ), un gran programa turístico. Entre todas constituyen una especie de gran lenteja con un diámetro de 100.000 años luz y un grosor de 10.000 años luz. Abandonamos la Galaxia Vía Láctea y nos dirigimos a la más próxima: la de Andrómeda, a algo más de 2 millones de años luz. Pero hay otras muchas, comparables a la nuestra o algo menores con un número medio de diez mil millones de estrellas, en cada uno de los diez mil millones de galaxias.

Y así hasta el límite del universo, si esta expresión tiene sentido, a diez mil millones de años luz. En esa lejana playa se encuentran los más apartados trozos de metralla de la gran explosión con la que se inició todo hace 15.000 millones de años. Desde 1960 se han descubierto, mediante gigantescos radiotelescopios unos 200 objetos emisores de energía en forma de rayos X y rayos  $\gamma$ , que se sitúan más allá, bastante más allá, de las galaxias. Se caracterizan por su pequeño tamaño, sorprendentemente pequeño del orden de años, meses, incluso semanas-luz. Por ello se les consideró «casi como estrellas» (*quasi-stars*, apocopado quasars). Son fuentes potentísimas de energía, equivalente a  $10^{11}$  soles. Su masa media es de  $10^8$  la del Sol. Su emisión presenta rápidas fluctuaciones, de manera que en unos cuantos meses, semanas o días equivale a apagar o a encender 100.000 millones de soles, lo cual es una buena feria.

Me parece oportuno cerrar estas reflexiones con las palabras que en 1913 escribía Henry Poincaré en sus *Leçons sur les Hypothèses Cosmogoniques*: «*Es imposible contemplar el espectáculo del Universo estrellado sin preguntarse cómo se ha formado; quizá deberíamos esperar para buscar una solución hasta que pacientemente se hayan reunido los elementos...; pero si fuéramos tan razonables, si fuéramos curiosos sin impaciencia, es probable que nunca hubiéramos creado la Ciencia y que siempre nos hubiéramos contentado con una existencia trivial. Así la inteligencia ha demandado imperiosamente esta solución mucho antes de que estuviera madura, aún mientras se percibe sólo como una pálida luz, permitiéndonos adivinar una solución, más que esperarla*».