

delante de mi ser, por estas venas,  
 por el aire, por mi pensar maduro,  
 por esta parda y campesina tierra,  
 por donde tú, mi amor, siempre decías  
 que El marcaba perfecta la existencia.  
 Mi soledad—araña—está tejiendo  
 un silencio de nube ante tormenta.  
 Te busco en mundo de pájaro y de hombre,  
 de duda, de verdad y de conciencia.  
 No te noto, dolor para mí solo,  
 en este mi ascender por las tinieblas.  
 Que mis ojos, Señor, mis ojos secos  
 abismos locos ven cuando te acercas.

Y mañana, Señor, la barca fija,  
 si Tú, Señor, a mis despojos llegas  
 no me quemes los huesos con tus dedos  
 y bésame tan sólo en la inocencia  
 de los días de ayer cuando era niño  
 y yo te descubrí por vez primera.

JESUS DELGADO

DE TODO UN POCO

## Configuración, métrica y estado actual del Universo Físico

II

EL PESO DE LA LUZ

**E**N el primer artículo de este *Ensayo* han quedado expuestas de manera esquemática las razones por las que la luz, al atravesar el espacio, no puede seguir trayectorias rectilíneas de tipo euclidiano, sino que debe sufrir por necesidad una determinada incurvación. A medida que el rayo luminoso se va alejando de su fuente, se desvía de la recta una cantidad de arco mayor o menor, según la intensidad del *campo*, pero que siempre ha de ser superior a *cero*.

Este sorprendente efecto, que no es susceptible de comprobación más que en los cortos segundos de eclipse total de sol, viene constatándose desde que fué previsto teóricamente por A. Einstein y en la cantidad exacta por él calculada.

En la Historia entera del conocimiento, desde que el hombre dedica sus más nobles afanes a desvelar el secreto de las cosas, pocas veces se ha logrado llevar la sonda a niveles tan profundos del Cosmos físico. Pero jamás el descubrimiento y comprobación empírica de un fenómeno *cuantitativamente tan pequeño* ha podido abrir al pensamiento humano panoramas tan nuevos, horizontes tan anchos y cargados de posibilidades teóricas.

En primer lugar, este comportamiento de la luz hace patente una cualidad inseparable de ella misma y que hemos mencionado ya de paso en el artículo anterior: el «peso». Entiéndase esta palabra en el sentido más literal. La luz «pesa», es decir, tiene «masa gravitante». Masa perfectamente accesible al cálculo por la fórmula:  $M = \frac{h \cdot \nu}{c^2}$  O sea, que la masa-peso de un rayo de luz es igual a la «constante universal» de Plank multiplicada por la frecuencia o número de vibraciones al segundo, dividido este producto por el cuadrado de la velocidad de la luz expresado en centímetros. Y por tener masa precisamente, se encorva al cruzar espacios más o menos gravitacionales. La luz, hija de los cielos primogénita, como la llamó Milton, es energía radiante, lo más imponderable que hay en el Mundo, pero presenta estructura «dual», bi-valente, integrada por una especie de

gránulos, llamados «fotones» y «ondas», que, a manera de pilotos van asociadas a los fotones y se desplazan a la velocidad de 300 mil km/s, límite máximo de rapidez tolerado por la Naturaleza.

Es debido a esa fantástica velocidad y sólo a ella por lo que la curva que describen los rayos luminosos es súmamente abierta bastante próxima a la «recta» tradicional; por tanto *incaptable*, a menos que medien distancias astronómicas y circunstancias excepcionales. Exactamente lo mismo ocurriría con la trayectoria de la bala en el caso de que su velocidad se aproximara a la de la luz. No es su mayor masa peso lo que determina que el camino curvo recorrido por el proyectil sea más cerrado que el de la luz, sino su escasa velocidad.

### EXPERIENCIA MENTAL

Esta idea parece chocar en principio contra nuestros hábitos mentales, pero puede irse haciendo gradualmente intuible de la manera que sigue. Representémosnos un cañón capaz de accionar proyectiles con explosivo termo-nuclear. Si las balas son trazadoras, los observadores podrán determinar, con relativa facilidad y exactitud la velocidad y trayectoria de las mismas. Naturalmente, demos por supuesto que la velocidad inicial—la cual podemos imaginar constante despreciando teóricamente la resistencia de la atmósfera—va creciendo a cada disparo sucesivo en cierta proporción con la cantidad y fuerza expansiva del explosivo empleado. Apuntado el cañón al blanco, que está por ejemplo en la cima de una montaña bien visible, pero distante, se hace el primer disparo. Sea la velocidad de la bala 3,000 m/s. Los observadores en condiciones ideales óptimas habrán podido dibujar la curva descrita por el proyectil. Comparada ésta con la línea determinada por la prolongación del eje de simetría del cañón, aparecerá con gran claridad que ambas coinciden en el punto de partida; es decir, en la boca del cañón; pero a medida que van desarrollándose, los puntos de la curva trazada por la bala, se van separando gradualmente de la línea comparativa, en una cantidad exactamente calculable. No lo olvidemos: esa línea que sirve de comparación coincide por entero con la línea visual lanzada al espacio pasando por el centro geométrico del «ánima» y de la «boca» del cañón. Es por lo tanto la línea que sigue un rayo luminoso.

Al segundo disparo, sea la velocidad diez veces mayor: 30.000 m/s. Efectuadas las mismas medidas y comparaciones se comprobará que la curva parabólica del proyectil se ha rectificadísimo algún tanto, aproximándose una cierta cantidad a la línea que sirve de comparación. Desde ahora, según que los proyectiles vayan incrementando de disparo en disparo las velocidades, sus respectivas curvas irán perdiendo «curvatura» y se acercarán más y más a la figura que representa el camino del rayo luminoso o línea de la visual.

Cuando por fin la bala salga del cañón a la velocidad de la luz: ¿qué deberá suceder de acuerdo con las leyes de la Mecánica? Mani-

fiestamente, que el proyectil y el rayo de luz, simultáneo al disparo, marcharán juntos, emparejados, durante todo su recorrido, trazando cada uno su respectiva curva. Estas curvas resultarán ser perfectamente coincidentes, es decir superpuestas. Esto es al menos la consecuencia matemática del viejo principio descubierto por Galileo-Newton, según el cual «la aceleración de la gravedad es *contante* para todo objeto físico cualquiera que sea su peso y naturaleza»; y lo es también de otro Principio muy fundamental en Física Cósmica: Igualdad de la masa inerte y de la masa gravitante o pesada.

### EL CONCEPTO DE LINEA RECTA REAL

Sin querer y como llevados por la propia fuerza de los hechos hemos desembocado en un punto de vital importancia que tiene conexiones esenciales con el eje del problema que nos ocupa. Perdone el lector si recibe la impresión de que nos vamos a perder en una digresión innecesaria. Más adelante encontrará la justificación de este procedimiento.

La situación a que nos han conducido las consideraciones hechas anteriormente con motivo del comportamiento de los rayos luminosos nos plantea una cuestión tremenda de *Geometría física*. ¿Qué es lo que va a ocurrir ahora con la línea recta, aquel ente geométrico tan conocido y familiar para nosotros desde los días de la escuela, una de cuyas propiedades fundamentales es la de tener todos sus puntos orientados en la misma dirección? La única respuesta adecuada que cabe es ésta: La línea recta, ese elemento matemático sobre el cual se levanta la espléndida arquitectura de la Geometría clásica — la euclidiana — es una pura creación mental, igual que el centauro o la esfinge, sin correspondencia real exacta en el reino de la Naturaleza física. En en el Cosmos físico no se encuentra la «cristalización», la «encarnación» por decirlo así, de aquella construcción racional que el mismo Euclides definía como «la línea que descansa por igual sobre todos sus puntos». En suma, el Universo físico no ha sido creado con arreglo a la idea de la recta euclidiana. (1)

Inmediatamente salta a la vista la necesidad de operar una transmutación en el concepto de «línea recta», tal como se ha venido entendiendo bajo el imperio exclusivo de la Geometría de Euclides.

### EL RAYO DE LUZ MODELO DE LINEA RECTA

Constructores, topógrafos, delineantes, tiradores, arquitectos,

(1) Entiéndase bien. No es que pueda negarse la existencia en general de la línea recta, como se ha hecho alguna vez, con cierta precipitación, incluso por profesionales de la Matemática. La lógica más elemental se resuelve contra semejante negación. Porque ahí está a la vista interior de toda conciencia pensante esa espléndida construcción racional, la Geometría clásica, modelo perfecto de rigor, claridad, concatenación, confluencia, cimentada toda ella sobre la concepción de línea recta. Cosa muy distinta es que se diga: los elementos y figuras de tal Geometría no tienen en la Naturaleza corpórea una correspondencia real exacta, sino tan sólo aproximada. Esto en efecto parece innegable.

carpinteros, albañiles, agrimensores, etc., consideran y llaman «recta» a una línea *solamente cuando* cada uno de los puntos de su recorrido *coincide con la «visual»* tirada, dirigida a lo largo de la mencionada línea desde su origen hasta su término. Es decir, cuando la visual o dirección de la mirada permanece «rasante» ininterrumpidamente con la línea en cuestión. Ahora bien: la visual, por definición, se ajusta exactamente al «rayo de luz» que partiendo del extremo opuesto de la línea sometida a examen, se mantiene tangente a todos los puntos de ésta y penetra por fin en la pupila del observador. Este es el método *auténtico y universal* para controlar la *rectitud* de una línea. Podrá parecernos elemental, tal vez rudimentario, pero es el único directo y fehaciente. Todos los demás métodos que pudieran imaginarse se reducirían necesariamente a éste.

Inmediatamente se percibe que al aplicar el mencionado procedimiento lo que se hace en definitiva no es más que *comparar* y *contrastar la línea* en cuestión *con el camino recorrido por el rayo de luz*. Pero claro está: todo ello implica la aceptación, consciente o inconsciente, de lo mismo, del siguiente principio: El modelo, la norma primaria y verdadera de toda rectitud lineal es el propio comportamiento del rayo luminoso. Y justamente en la aplicación práctica y teórica de tal principio radica la posibilidad de toda Ciencia relacionada directa o indirectamente con el «espacio»: Geometría, Física, Mecánica, Astronomía, Ingeniería, Arquitectura, etc.

Al tomar el rayo luminoso como criterio supremo de «lo rectilíneo», es natural que se admitan como propiedades adjuntas de «la recta», aquellas cualidades o condiciones que realmente son inseparables del rayo de luz. En efecto, una de ellas, acaso la principal, se pone de manifiesto aquí: El rayo de luz siempre se comporta de tal manera que señala la distancia más corta entre dos puntos dados, nota diferencial que sirve desde Arquímedes para definir la «recta».

Pero, ¿qué quiere decir «la más corta distancia entre dos puntos»? Significa evidentemente, entre otras cosas, lo siguiente: que de todos los caminos realmente posibles que se pueden tomar para ir desde uno de dichos puntos A, hasta el otro B, hay uno susceptible de ser recorrido en *menos tiempo* que cualquiera de los restantes. Por lo tanto, si la luz es el mismo prototipo esencial de la línea recta y, en consecuencia, dibuja siempre la menor distancia real posible entre los puntos que va recorriendo, es evidente que *las trayectorias de los rayos luminosos coinciden con las líneas que se pueden recorrer en el menor tiempo posible*. En conclusión, esta característica define, al mismo tiempo y por igual, al rayo luminoso y a la línea recta. Por cuya razón se dirá que ambos tienen la inseparable propiedad de ser «braquistócronas».

#### RECTIFICACION DEL CONCEPTO DE RECTA

Hasta aquí, según parece, todo resulta bastante claro y correcto. Pero sucede que en la Geometría clásica todavía se atribuye a la línea recta otra notabilísima propiedad. Tal propiedad se puede visualizar de esta manera: Si se supone que tenemos un segmento de

recta tan grande como se quiera y le prolongamos indefinidamente por ambos extremos en sentidos diametralmente opuestos, sucedería que, incluso en el caso de contar con un tiempo infinito, se irían alejando siempre más y más los extremos de la prolongación, no habiendo posibilidad alguna de que se aproximaran o retornaran a sus respectivos puntos de partida. Expresado analíticamente, la recta tendría la propiedad de representarse adecuadamente por la función:  $y = ax$  referida a un sistema de coordenadas cartesianas, donde las  $x$  admiten cualquier valor desde «menos infinito» hasta «más infinito» pasando por cero. Mas como sabemos: esto es verdad indiscutiblemente verdad, *únicamente* en el caso de suponer que el sistema de coordenadas se halla situado en un espacio «ideal», es decir en un espacio construido conceptualmente por el intelecto matemático, en cuyo caso la recta supuesta y sus imaginarias prolongaciones son puras entidades lógicas, meras construcciones mentales, sin más residuo. En el espacio real de la Naturaleza, en el Cosmos físico, el segmento de recta dado tiene necesariamente que coincidir con el trayecto de un rayo luminoso y lo mismo sus correspondientes prolongaciones. Pero ya hemos visto que la luz, precisamente por ser una cosa provista de masa, aunque desde luego casi insignificante, se desplaza siguiendo trayectorias forzosamente curvilineas. De donde se infiere que mientras el rayo luminoso constituya la norma o «metron» primario de lo «rectilíneo», aquella última propiedad debe ser excluida del concepto general de recta real. En consonancia con todo esto, para aclarar ideas fundamentales y evitar posibles confusiones, será necesario distinguir con sumo cuidado dos conceptos muy distintos de línea recta: uno restringido y otro generalizado. En sentido *restringido*, que es el euclidiano, se entiende por «recta» aquella línea que, además de señalar la más corta distancia entre dos puntos y de ser «braquistócrona», se concibe por otra parte como siendo susceptible de prolongarse indefinidamente en la misma dirección, alejándose siempre más y más del punto de partida. En sentido *generalizado* recta es aquella línea que representa igualmente la más corta distancia entre dos puntos y es también braquistócrona, pero está necesariamente afectada de una cierta curvatura y por consiguiente al prolongarse por sus extremos no se pierde en el infinito sino que cambia de dirección e incluso puede cambiar de sentido a la escala de dimensiones cósmicas. Este concepto generalizado de recta describe la única forma «real», de recta, la única posible en los dominios de la Naturaleza. Se la designa, por razones un poco largas de explicar con el nombre de la línea «geodésica universal».

#### LINEAS Y SUPERFICIES CURVAS REINAN EN LA NATURALEZA

Si nuestra mentalidad no estuviese moldeada desde la época de las cavernas por las miópicas impresiones que nos dan los sentidos, bastante obtusos, y la experiencia de corto alcance circunscrita a

las cosas de un rincón microscópico del mundo, llegaríamos sin esfuerzo a establecer, entre otras, estas conclusiones:

1) En la inmensidad del espacio real no hay desde luego líneas rectas propiamente dichas. Pero, además, no hay «planos», ni poliedros en el rigor de la Geometría euclidiana. Más aun, no puede haberlos nunca, aunque haya efectivamente objetos que «grosso modo» se «aproximan» más o menos a la realización de esos conceptos, si nos referimos al angosto horizonte de nuestra «casera» experiencia. De aquí se sigue que el espacio en general no tiene, como ya se ha dicho antes, estructura euclidiana, y en tal caso la Geometría clásica no es tal vez la más apta para el estudio riguroso y exacta descripción del Mundo físico en el el orden dimensional de lo ultragigantesco, del gran Macrocósmos.

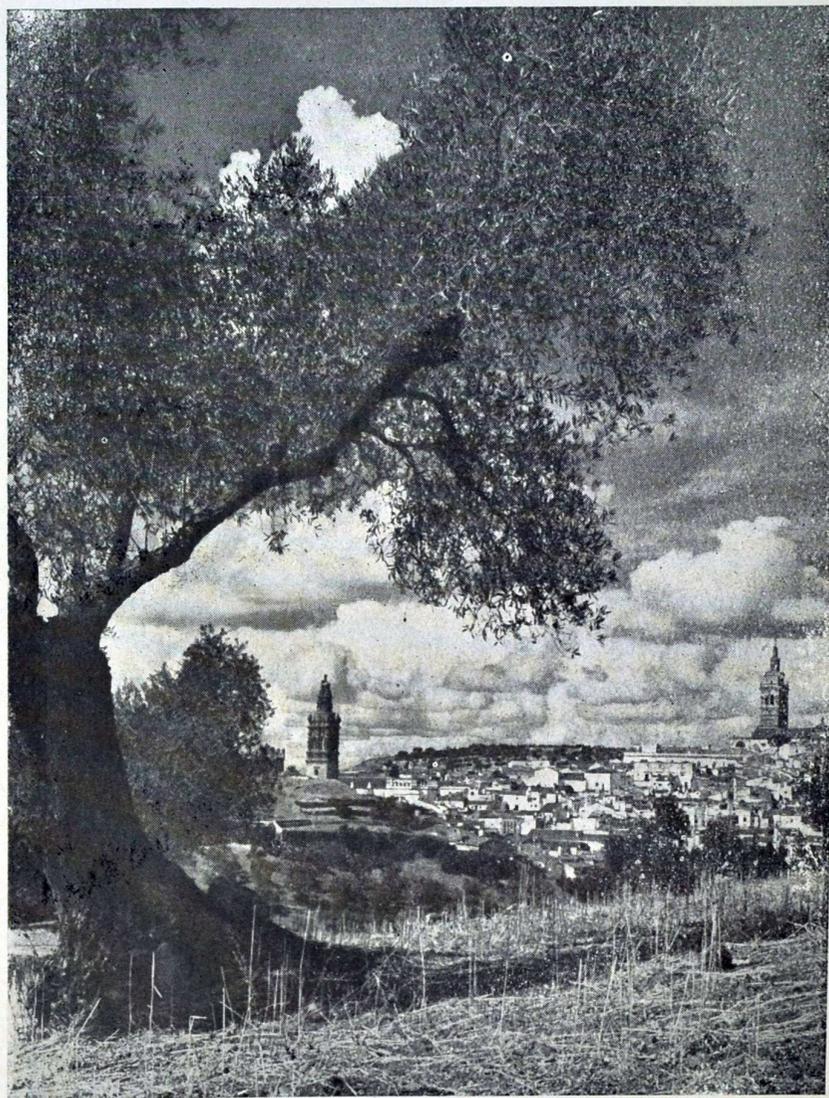
2) El espacio cósmico, considerado en su totalidad, mejor dicho, el Universo visto en conjunto tiene por sí mismo contextura «curva», redondeada; o si se prefiere esta expresión: «reentrante», envolvente. El campo materia-energía que integra la realidad física del Universo debe estar en su total complejión inexorablemente vinculado a un cierto grado, más o menos constante, de «curvatura o redondez». Curvatura tanto intrínseca como extrínseca, pues si como se ha visto, el fotón luminoso recorre siempre y por forzosidad caminos curvilíneos, fácilmente puede preverse que el movimiento en trayectorias curvas es una ley general de la Naturaleza y que no hay fuerza ni agente alguno de orden físico que sea capaz de sustraerse a esta fatalidad. Aquellas condiciones que Newton postulaba para la exacta verificación del célebre Principio de Inercia no pueden darse nunca realmente.

Por ello todo cuerpo, desde el electrón a la la galaxia está forzado a trazar surcos encorvados. Manifiestamente, más lo serán unos que otros, en proporción a su escasa velocidad y a la mayor densidad del «campo» gravitacional donde tengan lugar. De todos ellos el que más se aproxima a la línea recta euclidiana, es decir a la recta en sentido *restringido*, es la línea descrita por el movimiento de la luz, llamada según hemos visto, línea geodésica universal. Se aproxima, pero nunca puede coincidir. Es la línea que corresponde al concepto de «recta generalizada», como se dijo. (1)

ELISEO ORTEGA RODRIGO



(1) Continuará.



ALBUM EXTREMENO.—Vista parcial de Jerez de los Caballeros. Foto Olivenza