

EL  
ASCENSO  
DEL  
HOMBRE

Jacob Bronowski



## INDICE GENERAL

### Prefacio

#### Capítulo 1 Casi como los ángeles 9

*La adaptación animal – La alternativa humana – El comienzo en África – La evidencia fósil – El don de anticipación – La evolución de la cabeza – El mosaico del hombre – Las culturas del cazador – A través de las glaciaciones – Las culturas trashumantes: los lapones – La imaginación en el arte rupestre.*

#### Capítulo 2 La cosecha de las estaciones 25

*El camino de la evolución cultural – Culturas nómadas: los baktiaritas – Los inicios de la agricultura: el trigo – Jericó – El país de terremotos – La tecnología de la aldea – La rueda – La domesticación de los animales: el caballo – Juegos de guerra: Buz-Kashi – La civilización sedentaria.*

#### Capítulo 3 La veta en la piedra 37

*La llegada al Nuevo Mundo – La evidencia de los grupos sanguíneos en las migraciones – Las acciones de moldear y cortar – Estructura y jerarquía – La ciudad: Macho Picchu – La arquitectura lineal: Pesto – El arco romano: Segovia – La aventura gótica: Reims – La ciencia como arquitectura – La figura oculta: de Miguel Ángel a Moore – El placer de construir – Bajo lo visible.*

#### Capítulo 4 La estructura oculta 49

*Fuego, elemento que transforma – Extracción de metales: el cobre – La estructura de las aleaciones – El bronce como obra de arte – Del hierro al acero: la espada japonesa – Oro – Lo incorruptible – Teoría alquímica del hombre y la Naturaleza – Paracelso y el advenimiento de la química – Fuego y aire: Joseph Priestley – Antoine Lavoisier: las combinaciones se pueden cuantificar – La teoría atómica de John Dalton.*

#### Capítulo 5 La música de las esferas 63

*El lenguaje de los números – La llave a la armonía: Pitágoras – El triángulo rectángulo – Euclides y Ptolomeo en Alejandría – Surgimiento del Islam – Los números arábigos – La Alhambra: patrones de espacio – Simetrías de los cristales – La perspectiva desde Alhazén – El movimiento en el tiempo, la nueva dinámica – La matemática del cambio.*

#### Capítulo 6 El mensajero celeste 77

*El ciclo de las estaciones – El cielo desconocido: la Isla de Pascua – El sistema de Ptolomeo en el reloj de Dondi – Copérnico: el Sol como centro – El telescopio – Galileo inicia el método científico – Prohibición del sistema de Copérnico – Diálogo sobre ambos sistemas – La Inquisición – Galileo se retracta – La Revolución Científica se traslada al norte.*

#### Capítulo 7 El mecanismo majestuoso 91

*Las leyes de Kepler – El centro del mundo – ; Las innovaciones de Isaac Newton; las fluxiones*

## Índice general

– *Descubrimiento del espectro* – *Leyes de gravitación y sus principios* – *El dictador intelectual* – *Desafío mediante la sátira* – *El espacio absoluto de Newton* – *El tiempo absolutos* – *Albert Einstein* – *El viajero porta su propio tiempo y espacio* – *La relatividad es puesta a prueba* – *La nueva filosofía.*

### Capítulo 8 El afán de poder 107

*La revolución inglesa* – *Tecnología cotidiana: James Brindley* – *La revuelta contra los privilegios: Fígaro* – *Benjamín Franklin y la revolución norteamericano* – *Los nuevos hombres: maestros del hierro* – *La nueva apariencia: Wedgwood y la Sociedad Lunar* – *Las nuevas fábricas* – *Una nueva preocupación: la energía* – *El cuerno de la invención* – *La unidad de la Naturaleza.*

### Capítulo 9 La escala de la creación 119

*Los naturalistas* – *Charles Darwin* – *Alfred Wallace* – *El impacto de Sudamérica* – *La variedad de las especies* – *Wallace pierde su colección* – *Se concibe la selección natural* – *La continuidad de la evolución* – *Luis Pasteur: mano derecha, mano izquierda* – *Las constantes químicas en evolución* – *El origen de la vida* – *Las cuatro bases* – *¿Son posibles otras formas de vida?*

### Capítulo 10 Un mundo dentro del mundo 133

*El cubo de sal* – *Sus elementos* – *El juego de paciencia de Mendeleev* – *La tabla periódica* – *J. J. Thomson: el átomo contiene partes* – *La estructura del arte moderno* – *La estructura del átomo: Rutherford y Niels Bohr* – *El ciclo vital de una teoría* – *El núcleo contiene partes* – *El neutrón: Chadwick y Fermi* – *Evolución de los elementos* – *La segunda ley como fenómeno estadístico* – *Estabilidad estratificada* – *Copia de la física de la Naturaleza* – *Ludwig Boltzmann: los átomos son reales.*

### Capítulo 11 Conocimiento o certeza 149

*No existe el conocimiento absoluto* – *El espectro de las radiaciones invisibles* – *El refinamiento del detalle* – *Gauss y la teoría de la incertidumbre* – *La subestructura de la realidad: Max Born* – *El principio de incertidumbre de Heisenberg* – *El principio de tolerancia: Leo Szilard* – *La ciencia es humana.*

### Capítulo 12 Generación tras generación 163

*La voz de la insurrección* – *Los naturalistas de huerto: Gregorio Mendel* – *Genética del guisante* – *Olvido instantáneo* – *El modelo hereditario de todo o nada* – *El mágico número dos: el sexo* – *El modelo del DNA de Crick y Watson* – *Duplicación y crecimiento* – *Programación de formas idénticas* – *La selección sexual en la diversidad humana.*

### Capítulo 13 La larga infancia 175

*El hombre, solitario social* – *La especificidad humana* – *Desarrollo específico del cerebro* – *La precisión de la mano* – *Las áreas del habla* – *La postergación de la decisión* – *La mente como instrumento de preparación* – *La democracia del intelecto* – *La imaginación moral* – *El cerebro y la computadora: John von Neumann* – *La estrategia de valores* – *El conocimiento es nuestro destino* – *El compromiso del hombre.*

## Bibliografía

## Índice de materias

## PREFACIO

El primer esbozo de *El ascenso del hombre* fue escrito en julio de 1969, y el último metro de película fue filmado en diciembre de 1972. Una empresa tan grande como esta, aunque sea maravillosamente excitante, no se logra fácilmente. Se requiere de un vigor intelectual y físico a toda prueba, una inmersión total, de la cual hube de asegurarme de que la podía sostener con beneplácito; por ejemplo, tuve que olvidarme de las investigaciones que ya había empezado; y debo explicar qué me llevó hacerlo.

Ha habido un cambio profundo en la ciencia en los últimos veinte años: el foco de atención ha cambiado de la física a las ciencias de la vida. Como resultado de eso, la ciencia ha penetrado más y más en el estudio de la individualidad. Pero el espectador interesado se encuentra todavía lejos de imaginar lo que puede llegar a cambiar la imagen del hombre que la ciencia moldea. Como matemático en el ramo de la física, yo también hubiera estado poco consciente de no haber sido por una serie de oportunidades que me introdujeron dentro de las ciencias de la vida en mi madurez. Tengo una deuda con la buena suerte que me ha conducido a dos ramas primordiales de la ciencia durante mi existencia; y aunque no sé realmente a quien se lo debo, concebí *El ascenso del hombre* en señal de gratitud y justa correspondencia.

La invitación que me hizo la British Broadcasting Corporation fue para presentar el desarrollo de la ciencia en una serie de programas de televisión equiparable a la de Lord Clark: *Civilización*. La televisión es un medio excelente de presentación por diferentes razones: poder de visualización inmediata; poder de hacerle sentirse al espectador dentro de las escenas que se están exhibiendo, y el diálogo suficiente para hacerlo consciente de que lo que observa no son eventos sino acciones con gente. La última razón fue la que más impulsó mi mente y me hizo aceptar el dirigir una biografía personal de las ideas en forma de programas de televisión. La cuestión es que el conocimiento en general y la ciencia en particular no consisten de ideas abstractas sino de ideas concebidas por el hombre desde su aparición hasta lo moderno y lo idiosincrásico. Por lo tanto, los conceptos fundamentales que abren la puerta al conocimiento de la naturaleza deben ser dados a conocerla partir de las culturas humanas más simples, de acuerdo con sus facultades básicas y específicas. Y el desarrollo de la ciencia, que los une más y más en conjunciones complejas, debe ser visto como un desarrollo igualmente humano: los descubrimientos son hechos por los hombres, no solamente por las mentes, de modo que ellos viven y son portadores de la individualidad. Si la televisión no se usara para presentar estos pensamientos en forma concreta, sería tanto como desperdiciarla.

El desentrañar ideas es, en todo caso, un empeño íntimo y personal, y aquí llegamos al terreno común entre la televisión y el libro impreso. A diferencia de una conferencia o una función de cine, la televisión no está dirigida a multitudes. Se dirige a dos o tres personas en una habitación, como en una conversación cara a cara, unilateral en su mayor parte, como lo es un libro; pero, no obstante, es más hogareña y socrática. Para mí, absorbido en las subcorrientes filosóficas del conocimiento, este es el regalo más atractivo de la televisión, por el cual ésta puede inclusive llegar a ser una fuerza intelectual tan persuasiva como el libro.

El libro impreso tiene una libertad adicional más allá de esto: no está despiadadamente ligado a la dirección de avance del tiempo, como lo está cualquier discurso.

El lector puede hacer lo que el televidente o el oyente no pueden, que es detenerse y reflexionar, regresar a páginas anteriores y argumentar sobre lo oído, comparar un hecho con otro y, en general, apreciar los detalles de la evidencia sin ser molestado. He sacado ventaja de esta marcha más placentera de la mente, poniendo en el papel ahora lo que se dijo primero en

la pantalla de televisión. Lo que se dijo requirió un gran volumen de investigaciones, el cual proporcionó inesperados eslabones y cosas extrañas, y hubiera sido triste no haber plasmado algunas de estas riquezas en la presente obra. Verdaderamente me hubiera gustado haber hecho más, e intercalar en el texto todos los datos y citas en que se fundamenta. Pero se habría convertido en un libro para estudiantes en lugar de un libro para el lector en general.

Al pasar el texto que se utilizó en la pantalla, seguí de cerca la palabra hablada por dos razones. Primero, quería conservar la espontaneidad de pensamiento en el discurso, lo cual he procurado alentar dondequiera que fui. (Por la misma razón, escogí los lugares que eran tan nuevos para mí como para el espectador.) Segundo y más importante, quería igualmente conservar la espontaneidad del argumento. Un argumento verbal es informal y heurístico; separa el aspecto fundamental del asunto y demuestra en qué sentido es nuevo y crucial; y proporciona el camino hacia la solución de modo que, aun simplificado, conserva una lógica correcta. Para mí, esta forma de argumentación filosófica constituye la cimentación de la ciencia, y nada que pueda oscurecerla debe ser permitido.

El contenido de estos ensayos es, en efecto, mayor que el ámbito de la ciencia, y no los hubiera llamado *El ascenso del hombre* si no hubiera tenido también en mente otros aspectos de nuestra evolución cultural. Mi ambición aquí ha sido la misma que en mis otros libros, ya sean de literatura o de ciencia: el crear una filosofía del siglo XX, la cual deber ser unificada. Igual que en aquellos, esta serie muestra una filosofía más que una historia, y una filosofía de la naturaleza más que de la ciencia. Su tema es una versión contemporánea de lo que se solía llamar filosofía natural. A mi manera de ver, tenemos ahora una forma mejor de concebir la filosofía natural que en cualquier etapa de los últimos trescientos años. Esto es en virtud de que los recientes descubrimientos de la biología humana han dado un nuevo camino al pensamiento científico, un desplazamiento de lo general a lo individual, por primera vez desde que el Renacimiento abrió la puerta del mundo de la naturaleza.

No puede haber una filosofía, ni siquiera puede haber una ciencia decente, sin humanidad. Espero que el sentido de esta afirmación se manifieste en este libro. Para mí, el entendimiento de la naturaleza tiene como meta la comprensión de la naturaleza humana, y de la condición humana dentro de la naturaleza.

Presentar un enfoque de la naturaleza a la escala de esta serie, ha sido tanto un experimento como una aventura, y me siento agradecido hacia aquellas personas que hicieron posible ambas cosas. Mi primera deuda es con Instituto Salk de Estudios Biológicos, el cual me brindó gran ayuda en el estudio de la especificidad humana y me concedió un año de licencia sabática para poder filmar los programas de televisión. Estoy también muy agradecido a la British Broadcasting Corporation y a sus asociados, y muy particularmente a Aubrey Singer, quien concibió el tema global y me insistió sobre éste durante dos años antes de ser persuadido.

La lista de quienes me ayudaron a realizar los programas es tan extensa que considero que debo situarla en una página especial, y darles las gracias en conjunto; fue un placer trabajar con ellos. Sin embargo, no puedo omitir el mencionar los nombres que encabezan la lista, y particularmente a Adrian Malone y Dick Gilling, quienes con su gran imaginación lograron la transustanciación de la palabra en cuerpo y sangre.

Dos personas trabajaron conmigo en este libro, Josephine Gladstone y Sylvia Fitzgerald, e hicieron mucho más; me siento feliz de poder darles las gracias por su gran labor. Josephine Gladstone se encargó de todas las investigaciones de la serie desde 1969 y Sylvia Fitzgerald me ayudó a planear y preparar el guión en cada etapa sucesiva. No podría haber tenido colegas más estimulantes.

J. B.  
La Jolla, California

## **EL ASCENSO DEL HOMBRE**

**Editor de la serie:**

Adrian Malone

**Productor:**

Richard Gilling

**Equipo de producción:**

Mick Jackson

David John Kennard

David Paterson

**Asistentes de producción:**

Jane Callander

Betty Jowitt

Lucy Castley

Philippa Copp

**Fotografía:**

Nat Crosby

John Else

John McGlashan

**Sonido:**

Dave Brinicombe

Mike Billing

John Tellick

Patrick Jeffery

John Gatiand

Peter Rann

**Editores de filme:**

Roy Fry

Paul Carter

Jim Latham

John Campbell





## 1 CASI COMO LOS ANGELES

El hombre es una criatura singular, posee un cúmulo de dones que lo hacen único entre los animales: a diferencia de ellos, no es una figura del paisaje; es un modelador de éste. En cuerpo y mente es el explorador de la naturaleza, el animal ubicuo que no ha encontrado sino creado su hogar en cada continente.

Los españoles que arribaron a las costas de California en 1769, a través del Océano Pacífico, consignaron que los indígenas locales narraban que, durante el plenilunio, los peces venían a bailar en estas playas. Y es verdad que existe una variedad local de peces, la lisa (grunion), que sale del agua y deposita sus huevos más allá del sitio donde termina la marea normal. Las hembras entierran la cola en la arena y los machos giran alrededor fertilizando los huevos conforme son depositados. El plenilunio es importante, ya que proporciona el tiempo que requieren los huevos para incubar sin ser perturbados en la arena, durante nueve o diez días, hasta la llegada de las siguientes mucho más altas mareas que se llevarán los peces recién nacidos hacia el mar. Cada rincón del mundo está saturado de estas precisas bellas adaptaciones, mediante las cuales un animal se integra a su medio como un engranaje a otro. El erizo duerme y aguarda la primavera para hacer funcionar su metabolismo. El colibrí desplaza el aire y clava su afilado pico en los flósculos nacientes. Las mariposas se mimetizan en hojas e incluso en criaturas nocivas para despistar a sus depredadores. El topo excava el suelo como si hubiera sido diseñado en forma de pala mecánica.

Es así que millones de años de evolución han moldeado a la lisa para aparecer exactamente con las mareas. Pero la naturaleza, es decir: la evolución biológica, no ha circunscrito al hombre a ningún ambiente específico. Por el contrario, comparado con la lisa, tiene habilidades menos específicas para sobrevivir; empero, esta es la paradoja de la condición humana: el poder de adaptación a todos los medios. Entre la multitud de animales que reptan, vuelan, escarban y nadan a nuestro derredor; es el hombre el único que no se halla encadenado a su ambiente. Su imaginación, su razón, sus delicadas emociones y su vigor le permiten no aceptar el medio sino cambiarlo. Y la serie de inventos merced a los cuales el hombre de todas las eras ha remodelado su mundo, constituye una clase de evolución diferente, no biológica sino cultural. Yo llamo a esa brillante secuencia de logros culturales El ascenso del hombre.

Utilizo la palabra ascenso en un sentido preciso. El hombre se distingue de los demás animales por su riqueza imaginativa. Planea, inventa, realiza nuevos descubrimientos, armonizando sus diversas capacidades; y sus descubrimientos se hacen más sutiles e importantes a medida que aprende a combinar sus facultades de maneras más complejas y sutiles. Así, los grandes descubrimientos de distintas eras y culturas – en la técnica, en la ciencia, en las artes – expresan en su continuidad una más rica e intrincada conjunción de facultades humanas, una ascendente interrelación de éstas.

Es por supuesto tentador – muy tentador para un científico – esperar que las proezas más excepcionales de la mente sean también las más recientes. Y ciertamente tenemos motivos para ufanarnos de algunos descubrimientos modernos. Pensemos, por ejemplo, en el descubrimiento de la clave de la herencia en la espiral del DNA, o en las investigaciones sobre las facultades del cerebro humano. Pensemos en la perspicacia filosófica que llegó a concebir la Teoría de la Relatividad o el minucioso comportamiento de la materia en la escala atómica.

No obstante, el admirar únicamente nuestros propios triunfos como si carecieran de pasado (y estuvieran ciertos del futuro), sería hacer una caricatura del conocimiento. Para la consecución humana y particularmente para la científica, el conocimiento no constituye un museo de

Casi como los ángeles

construcciones terminadas. Es una progresión en la cual los primeros experimentos de los alquimistas son también parte constitutiva, así como lo es la aritmética avanzada que los astrónomos mayas de la América Central crearon por sí mismos e independientemente del Viejo Mundo. La ciudad pétreo de Machu Picchu en los Andes y la geometría de la Alhambra en la España morisca nos parecen, cinco siglos después, obras exquisitas de arte decorativo. Pero si detenemos nuestra apreciación en este punto, pasamos por alto la originalidad de las dos culturas que las edificaron. En su propio tiempo, estas construcciones fueron tan grandiosas e importantes para sus pueblos como en el día de hoy lo es para nosotros la arquitectura del DNA.

En cada época hay un punto decisivo, una nueva forma de ver y asegurar la coherencia del mundo. Está plasmado en las estatuas de la Isla de Pascua, que lograron detener el tiempo, y en los relojes medievales de Europa, que alguna vez también dieron la impresión de decir para siempre la última palabra acerca de los ciclos. Cada cultura intenta fijar su momento visionario, una vez que es transformada por una nueva concepción bien de la naturaleza o del hombre. Pero retrospectivamente, lo que llama nuestra atención son las continuidades; los pensamientos que aparecen o reaparecen de una a otra civilizaciones. No hay nada tan inesperado en la química moderna como la obtención de aleaciones con nuevas propiedades; esto fue descubierto después del nacimiento de Cristo, en la América del Sur, mucho tiempo antes en Asia. La separación y fusión del átomo se derivan conceptualmente a partir de un descubrimiento hecho en tiempos prehistóricos: el de que la piedra y toda la materia poseen una estructura que puede ser separada y vuelta a unir en nuevas formas. Y el hombre realizó descubrimientos biológicos casi entonces: la agricultura – la adaptación del trigo silvestre, por ejemplo – y la sorprendente idea de domar y luego montar el caballo.

Al seguir los puntos decisivos y las continuidades de la cultura, habré de seguir un orden general aunque no estrictamente cronológico, debido a que lo que me interesa a mí es la historia de la mente humana considerada como un desdoblamiento de sus diversas capacidades, habré de relacionar sus ideas, y particularmente sus ideas científicas, con los orígenes de las dotes con que la naturaleza le ha enriquecido y que le hacen único. Lo que habré de presentar, lo que me ha fascinado durante muchos años, es la forma en que las ideas del hombre expresan cuanto es esencialmente humano en su naturaleza.

Así, estos programas o ensayos constituyen una jornada a través de la historia del intelecto; una jornada personal cuya meta son los puntos culminantes de la consecución humana. El hombre asciende al descubrir los alcances de su potencial (sus talentos o facultades) y lo que crea en su camino son monumentos a las etapas de su comprensión de la naturaleza y de sí mismo, lo que el poeta W. B. Yeats denominó «monumentos del intelecto eterno».

¿Dónde deberíamos comenzar? Con la Creación; con la creación del hombre mismo. Charles Darwin indicó el camino con *El origen de las especies* en 1859, y después, en 1871, en su obra *La descendencia del hombre*. Es ahora casi seguro que el hombre evolucionó primero en África cerca del ecuador. Es típica de estos lugares – en los cuales pudo haberse iniciado su evolución – la región de las sabanas que se extiende a través del norte de Kenia y el suroeste de Etiopía, cerca del Lago Rodolfo. Este ocupa una larga franja norte y sur a lo largo del Valle del Gran Risco, festoneada por más de cuatro millones de años de gruesos sedimentos acumulados en la cuenca de lo que fue antes un lago mucho mayor. Buena parte de sus aguas provienen del sinuoso y lento Omo. Para los orígenes del hombre, esta es una zona posible: el valle del río Omo en Etiopía, cerca del Lago Rodolfo.

Las antiguas historias solían ubicar la creación del hombre en una edad dorada y en un bello paraíso legendario. Si yo estuviese narrando ahora la historia del Génesis, me encontraría en el Jardín del Edén. Pero, evidentemente, no es el Jardín del Edén. Empero, estoy en el ombligo mundo, en el sitio donde naciera el hombre, aquí, en el Valle del Risco del este de África, cerca del ecuador. Los desniveles de la Cuenca del Omo, los escarpes, el árido delta, registran un pasado histórico del hombre. Y si esto fue alguna vez un Jardín del Edén, se marchitó hace millones de años.



*Figura 1. Para los orígenes del hombre esta es una zona posible. Estratos dispersos del Omo: la parte baja tiene una antigüedad de cuatro millones de años. Restos de los primeros homínidos se encuentran en niveles de estos estratos, procedentes de hace más de dos millones de años.*

He escogido este sitio porque tiene una estructura única. En este valle se han depositado capa sobre capa de ceniza volcánica, separadas por anchas franjas de pizarra y arcilla durante los últimos cuatro millones de años. Este profundo depósito se formó en distintas épocas, estrato por estrato, visiblemente separados según su edad: cuatro millones de años de antigüedad, tres millones, más de dos millones, algo menos de dos millones. Y entonces el Valle del Risco lo dobló y mantuvo vertical, de modo que ahora es un mapa en el tiempo, el cual vemos extenderse hacia la distancia y el pasado. El registro del tiempo en las estratificaciones, generalmente sepultadas bajo nuestros pies, ha sido derribado sobre las escarpas que flanquean el Omo y dispersadas como las aspas de una hélice.

Tales escarpas son los estratos en las márgenes: en primer término el nivel inferior – de cuatro millones de años de antigüedad – y después el siguiente menos profundo, de bastante más de tres millones. Los restos de una criatura humanoide aparecen después, junto con los de animales que vivieron en la misma época.

Los animales son una sorpresa, porque resulta que han cambiado muy poco. Cuando encontramos en el sedimento fangoso de dos millones de años de antigüedad fósiles de la criatura que habría de convertirse en hombre, nos quedamos atónitos ante las diferencias entre su esqueleto y el nuestro; como el desarrollo del cráneo, por ejemplo. Sería entonces de esperar que los animales de la sabana también hubieran cambiado grandemente. Pero el registro fósil de África demuestra que esto no es así. Miremos al antílope topi como el cazador lo ve hoy. El antepasado del hombre que cazaba al ancestro de este animal hace dos millones de años, reconocería de inmediato al topi actual. Pero no reconocería al cazador moderno, negro o blanco, como su propio descendiente.

Sin embargo, no es la caza en sí (o cualquiera otra simple actividad) lo que ha cambiado al hombre. Pues encontramos que, entre los animales, el cazador ha cambiado tan poco como su presa. El leopardo sigue siendo poderoso en la persecución y la gacela muestra idéntica agilidad para escapar; ambos perpetúan la misma relación entre sus especies, al igual que antaño. La evolución humana se inició cuando el clima africano se convirtió en árido: los lagos disminuyeron de tamaño y la vegetación se redujo hasta convertirse en sabana. Y, evidentemente, fue una bendición para el precursor del hombre el no encontrarse bien adaptado a estas condiciones. Por que el medio cobra un precio por la supervivencia de los mejor adaptados: los captura. Cuando animales como la cebr de Grevy se adaptaron a la árida sabana, ésta se convirtió en una trampa en el tiempo así como en el espacio; permanecieron

Casi como los ángeles

donde estaban y casi tal como eran. El mejor adaptado de todos estos animales es, sin duda, la gacela de Grant: a pesar de eso, su grácil salto nunca la sacó de la sabana.



*Figura 2. Los animales son una sorpresa, porque resulta que han cambiado muy poco. Cuernos de nyala modernos y arcaicos del Omo. Los arcaicos tienen más de dos millones de años.*

En un candente paisaje africano como el del Omo, el hombre puso por vez primera su planta sobre el suelo. Esto parece una manera pedestre de iniciar el ascenso del hombre: sin embargo, es crucial. Hace dos millones de años, el primer ancestro comprobado caminaba con un pie prácticamente igual al del hombre moderno. El hecho es que, cuando puso su planta sobre el suelo y caminó erguido, el hombre se comprometió a una nueva integración vital y, por ende, de sus miembros.



*Figura 3. Desconozco cómo se inició la vida del niño de Taung: pero a mi parecer sigue siendo el infante primordial, a partir del cual principió toda la aventura del hombre. Cráneo del niño de Taung.*

Casi como los ángeles

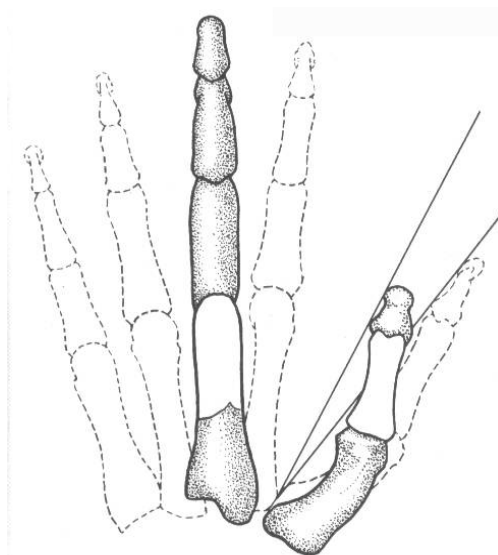


Figura 4. Los antecesores del hombre poseían un pulgar corto y, por lo tanto, no podían manipular muy delicadamente.

*Huesos del dedo medio y pulgar del Australopithecus, descubiertos en las capas más profundas del desfiladero de Olduvai, sobrepuestos a los huesos de una mano moderna.*

El órgano en que nos vamos a concentrar es, naturalmente, la cabeza, por que de todos los órganos humanos ha sido el que ha experimentado mayores y más importantes cambios formativos. Felizmente, la cabeza deja un fósil duradero (a diferencia de los órganos blandos), y aunque registra menos información de la que deseáramos acerca del cerebro, al menos nos proporciona alguna medida de su tamaño. En los últimos cincuenta años se ha encontrado un buen número de cráneos fósiles en el sur de África, los cuales determinan la estructura característica de la cabeza cuando empezó a parecerse a la humana. La figura 3 muestra el aspecto que tenía hace dos millones de años. Se trata de un cráneo histórico, hallado no en el Omo sino al sur del Ecuador, en un lugar llamado Taung, por el anatomista Raymond Dart. Es de un niño de cinco o seis años de edad, y aunque la cara se encuentra casi completa, desgraciadamente se ha perdido una parte del cráneo. Fue, en 1924, un hallazgo desconcertante, el primero en su clase, y se trató con cautela aún después de los trabajos iniciales que Dart realizó con este fósil.

No obstante, Dart reconoció al instante dos rasgos extraordinarios. El primero es que el *foramen magnum* (es decir, el orificio en la base del cráneo a través del cual pasa la médula espinal para insertarse en el cerebro) es vertical; de modo que se trata de un niño que sostenía su cabeza en alto. Esta es una característica humana, pues en los monos y los simios la cabeza cuelga delante de la espina y no se asienta sobre esta. El segundo es la dentadura. Los dientes son siempre reveladores. En este caso son pequeños y cuadrados – correspondientes a la primera dentición –, no son los grandes y atildados caninos propios de los simios. Esto significa que esta criatura alcanzaba las hierbas con las manos y no directamente con la boca. La evidencia de los dientes implica también que probablemente comía carne, carne cruda; y que, casi con certeza, esta criatura con habilidad manual fabricaba herramientas, herramientas de guija, hachas de piedra, para labrar y cazar.

Dart llamó a esta criatura *Australopithecus*. No es nombre que me agrade; significa solo mono del sur, pero es un nombre confuso para una criatura africana que por vez primera no era un simio. Sospecho que Dart, nacido en Australia, puso un toque malicioso en su elección del nombre.

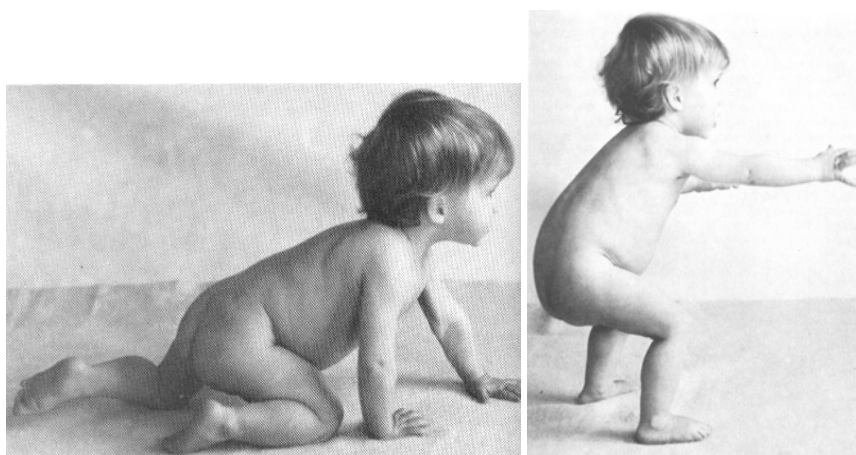
Tomó diez años el encontrar más cráneos – esta vez adultos – y no fue sino hacia fines de la década de 1950 que la historia del *Australopithecus* se formalizó. Se inició en Sudáfrica, pasó

después al norte, al desfiladero Olduvai en Tanzania, y más recientemente tuvieron lugar los más valiosos hallazgos de fósiles y herramientas en la cuenca del Lago Rodolfo. Esta historia es una de las delicias científicas del siglo. Es tan estimulante como los descubrimientos en física anteriores a 1940, y los obtenidos en biología desde 1950; y es tan satisfactoria como éstos por la luz que esparce sobre nuestra naturaleza como seres humanos.

Para mí, el pequeño *Australopithecus* conlleva una historia personal. En 1950, cuando su condición humana no era de ninguna manera aceptada, se me pidió realizar una prueba matemática. ¿Podría yo relacionar el tamaño de los dientes del niño de Taung con su forma y así determinar que no correspondían a los de un simio? Nunca antes había tenido un cráneo fósil en mis manos y de ningún modo era yo un experto en dentaduras. Pero todo resultó bastante bien y me produjo un sentimiento estimulante que recuerdo en este instante. Yo, con más de cuarenta años, con una vida dedicada a la matemática abstracta acerca de la forma de las cosas, vi de pronto cómo mis conocimientos se desplazaban dos millones de años atrás y proyectaban una luz en la historia del hombre. Fue algo grandioso.

Y desde ese momento me dediqué de lleno a meditar acerca de lo que hace al hombre ser lo que es: en la labor científica que he realizado desde entonces, en las obras que he escrito y en estos programas. ¿Cómo se convirtieron los homínidos en el hombre que yo admiro: diestro, observador, pensante, apasionado, capaz de manipular con la mente los símbolos del lenguaje y de la matemática, los conceptos de arte y geometría, de poesía y ciencia? ¿Cómo el ascenso del hombre le llevó desde sus inicios animales hasta despertar su interés por el funcionamiento de la naturaleza, el entusiasmo por el conocimiento, del cual estos ensayos son una expresión? Desconozco cómo se inició la vida del niño de Taung; pero a mi parecer sigue siendo el infante primordial, a partir del cual principió toda la aventura del hombre.

El bebé humano, el ser humano, es un mosaico de animal y ángel. Por ejemplo, el reflejo que hace al niño patear está ya en el útero materno – toda madre lo sabe – y se manifiesta en todos los vertebrados. El reflejo es autosuficiente, pero da la pauta para movimientos más complejos que tendrán que practicarse antes de convertirse en automáticos. Aquí, a los once meses, los reflejos obligan al bebé a gatear. Esto acarrea movimientos nuevos, los cuales se consolidan y quedan registrados en el cerebro (específicamente en el cerebelo, donde se integran la acción muscular y el equilibrio), para formar todo un repertorio de movimientos sutiles y complejos que se constituirán en su segunda naturaleza. Ahora el cerebelo está al control. Todo lo que la mente consciente tiene que hacer es enviar una orden. Y a los catorce meses el control ordena ¡Levántate! El niño ha registrado el compromiso humano de caminar erguido.



*Figura 5. El niño ha registrado el compromiso humano de caminar erguido.  
Niño de 14 meses que empieza a caminar.*

## Casi como los ángeles

Cada acción humana tiene su origen, en alguna medida, en nuestro ascendiente animal; seríamos criaturas frías y solitarias de ser privados de esa corriente vital. No obstante, cabe preguntarse: ¿Cuáles son los dones físicos que el hombre debe compartir con los animales y cuáles son los que lo hacen diferente? Consideremos cualquier ejemplo – cuanto más palpable mejor –, digamos, la acción simple de un atleta cuando corre o salta. Cuando escucha el disparo, la respuesta inicial del corredor es la misma que impele a escapar a la gacela. Su acción parece eminentemente animal. Se aceleran los latidos cardíacos; cuando el corredor alcanza su velocidad máxima, su corazón bombea cinco veces mayor cantidad de sangre de lo normal, la cual, en un noventa por ciento, va a irrigar los músculos. En ese momento necesita setenta y cinco litros de aire por minuto para oxigenar la sangre que ha de llegar a los músculos.

El recorrido violento de la sangre y el ingreso de aire pueden hacerse visibles, ya que se manifiestan como calor en las películas infrarrojas sensibles a dicha radiación. (Las zonas azules o brillantes son las más calientes; las rojas u oscuras, las más frías.) El flujo que observamos y que la cámara infrarroja analiza, constituye un subproducto que señala el límite de la acción para los músculos al quemarse en ellos el azúcar; pero tres cuartas partes de esta energía se pierden al convertirse en calor. Y existe otro límite, que es igual en el corredor que en la gacela, el cual es más severo. A esta velocidad, la combustión química en los músculos es demasiado rápida para ser completa. Los productos de desecho de la combustión incompleta, principalmente el ácido láctico, contaminan ahora la sangre. Esta es la causa de la fatiga y también del bloqueo de la acción muscular hasta que la sangre pueda ser descontaminada con oxígeno fresco.



*Figura 6. La mente del atleta se proyecta más allá de sí mismo, forjando su pericia; y en su imaginación salta hacia el futuro.*

*Atleta a punto de saltar y en el clímax de la acción. Fotografía en infrarrojo de la cabeza y del torso de un atleta fatigado.*

Casi como los ángeles

Hasta aquí, no hay nada que distinga al atleta de la gacela: todo ello, de una manera u otra, constituye el metabolismo normal de un animal huyendo a escape. Pero existe una diferencia cardinal: el corredor no está huyendo. El disparo que le hizo impulsarse provenía de la pistola del juez de salida, y lo que experimentó, deliberadamente, no fue miedo sino exaltación. El corredor es como un niño que juega; sus acciones son un rito de libertad y el único propósito de su agotador esfuerzo es el de explorar los límites de su propia fuerza.

Naturalmente, existen diferencias físicas entre el hombre y los demás animales, aun entre el hombre y los simios. Por ejemplo, el atleta sujeta la garrocha en forma tal que ningún simio puede igualar. Sin embargo, estas diferencias son secundarias en comparación con otra fundamental consiste en que el atleta es un adulto cuyo comportamiento no está regido por su ambiente inmediato, como lo están las acciones animales. En sí mismas, las acciones del deportista parecen no tener ningún sentido práctico; son un ejercicio que no está encaminado al presente. La mente del atleta se proyecta más allá de sí mismo, forjando su pericia; y en su imaginación salta hacia el futuro.

Impulsado por la garrocha, el saltador constituye un conjunto de habilidades inhumanas; la posición de la mano, el arco del pie, los músculos de los hombros y de la pelvis; la misma garrocha, en la cual la energía se acumula y es liberada como un arco que dispara una flecha. El carácter crucial de este conjunto de elementos es el sentido de prevenir, es decir, la habilidad de poderse fijar un objetivo delante de sí y de mantener rigurosamente su atención en él. La actuación del atleta revela un plan continuado; de un extremo a otro, es la invención de la garrocha, la concentración de la mente en el momento anterior al salto, lo que proporciona la estampa de humanidad.

La cabeza es más que una imagen simbólica del hombre; es el asiento de la previsión del porvenir y; en este respecto, el resorte que impulsa la evolución cultural. Por la tanto, si voy a visualizar el ascenso del hombre desde sus inicios en el animal, la evolución de la cabeza y del cráneo es lo que conviene investigar. Desafortunadamente, pese a tratarse de algo más de cincuenta millones de años, contamos sólo con seis o siete cráneos esencialmente distintos que podemos identificar como etapas de dicha evolución. Es indudable que, sepultados en el registro fósil, debe haber muchos otros pasos intermedios, algunos de los cuales serán encontrados; pero mientras esto no ocurra tendremos que atenernos a conjeturas sobre lo acaecido, estableciendo una secuencia aproximada entre cráneos conocidos. La mejor manera de calcular estas transiciones geométricas de un cráneo a otro es a través de una computadora; de modo que, con el fin de trazar una continuidad, presento los cráneos a una computadora con un exhibidor visual que los analizará de uno en uno.

Empezaremos cincuenta millones de años atrás, con una pequeña criatura arborícola, el lémur; su nombre, apropiadamente, es el de los espíritus romanos de la muerte. El cráneo fósil pertenece a la familia de lémures *Adapis* y fue hallado en un depósito cretoso en las afueras de París. Cuando la parte inferior del cráneo se mira, puede observarse el *foramen magnum* notablemente hacia atrás, pues se trataba de una criatura cuya cabeza colgaba de la espina dorsal y no se sostenía sobre ésta. Es posible que se alimentase de insectos y frutos, y tenía más de las treinta y dos piezas dentales que el hombre y la mayoría de los primates presentan actualmente

El lémur fósil presenta algunas marcas esenciales de los primates, es decir, de la familia del mono, del simio y del hombre. Por los restos del esqueleto sabemos que tenía uñas y no garras. Tenía un pulgar oponible cuando menos a una parte de la mano. Y presenta en el cráneo dos rasgos sobresalientes que señalan la vía hacia el inicio del hombre. El hocico es corto, los ojos grandes y muy separados. Esto significa que ha habido una selección contra el sentido olfato y en favor del sentido de la vista. Las fosas oculares se encuentran todavía marcadamente hacia los extremos del cráneo, a ambos lados del hocico; pero sus ojos, comparados con los de insectívoros anteriores, más primitivos, han comenzado a ubicarse hacia el frente y a proporcionar visión estereoscópica. Estos son signos pequeños de un desarrollo evolutivo encauzados a dar forma a la compleja estructura del rostro humano; y aun así, partir de ese



## Casi como los ángeles

momento, el hombre se inicia.

Esto sucedió hace cincuenta millones de años, en números redondos. En los siguientes veinte millones de años, la línea que conduce hacia los monos se ramifica separándose a partir de la línea principal hasta los simios y el hombre. La siguiente criatura en la línea principal, que data de treinta millones, fue el cráneo fósil, hallado en el Fayum, Egipto, denominado *Aegyptopithecus*. Tiene un hocico más corto que el del lémur, sus dientes recuerdan los del simio y es más corpulento, aunque sigue siendo arborícola. Pero desde ese momento, los ancestros de los simios y del hombre habrían de pasar parte de su vida en el suelo firme.

Otros diez millones de años nos conducirán a veinte millones de años atrás, cuando aparecen en Africa del Este, Europa y Asia los que podríamos denominar como simios antropoides. Un hallazgo clásico realizado por Louis Leakey ostenta el digno nombre de *Procónsul*; y hay cuando menos otro género tan conocido, el *Dryopithecus*. (El nombre *Procónsul* es producto del ingenio antropológico fue concebido para sugerir que se trataba del ancestro de un famoso chimpancé del zoológico de Londres en 1931, cuyo mote era el de Cónsul) El cerebro es ostensiblemente más grande y los ojos están completamente en frente para permitir la visión estereoscópica. Estos desarrollos nos revelan los avances de la línea evolutiva del simio y del hombre. Mas si, como es factible, había sufrido ya nuevas ramificaciones en lo concerniente al hombre, esta criatura pertenece a la línea ramificada de los simios. Su dentadura nos indica que se trata de un simio por la forma en que su mandíbula está cerrada por los grandes caninos, lo cual no ocurre con la del hombre.

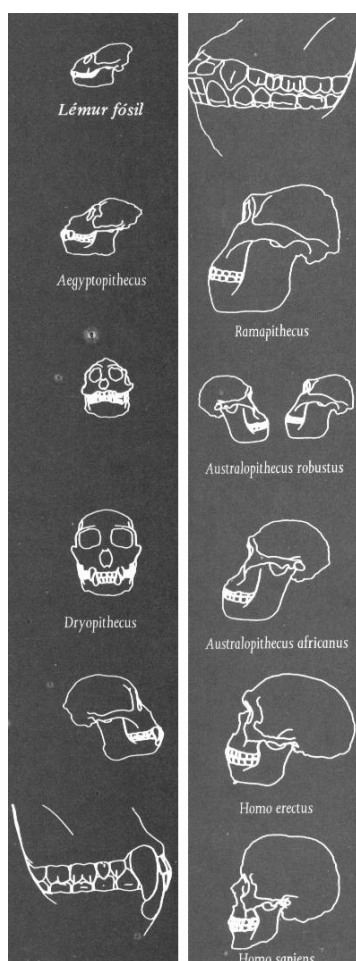


Figura 7. La cabeza es el resorte que impulsa la evolución cultural.  
Gráfica de computadora que muestra las etapas de la evolución de la cabeza.

Casi como los ángeles

Es este cambio en la dentición el que señala la separación de la línea que conduce al hombre. El primer precursor que conocemos es el *Ramapithecus*, encontrado en Kenia y en la India. Esta criatura data de hace catorce millones de años y sólo tenemos fragmentos de la mandíbula. Pero es claro que sus dientes están nivelados y son más humanos. Ya no se presentan los grandes caninos de los simios antropoides; la cara es mucho menos prominente y es evidente que nos aproximamos a una rama del árbol evolutivo; algunos antropólogos clasifican drásticamente al *Ramapithecus* entre los homínidos.

Existe una laguna de cinco a diez millones de años en el registro fósil. Inevitablemente, esta laguna oculta la parte más intrigante de la historia, cuando la línea que va de los homínidos al hombre se aparta con firmeza de la línea de los simios modernos. Sin embargo, no hemos encontrado todavía un registro inequívoco de ello. Es posible entonces que, a cinco millones de años, encontremos a los verdaderos parientes del hombre.

Un primo del hombre, aunque no en línea directa con nosotros, es el fornido *Australopithecus* que era vegetariano. El *Australopithecus Robustus* es parecido al hombre y su línea evolutiva no nos conduce a ninguna otra parte; simplemente, se extinguió. La prueba de que vivía de plantas la encontramos de nuevo en su dentadura y es sumamente directa los dientes que persisten están cariados por la arenisca que cubría las raíces con que se alimentaba.

Su primo en la línea hacia el hombre es más ligero – lo cual es visible en la mandíbula – y se trata probablemente de un carnívoro. Es la máxima aproximación conocida a lo que hemos denominado el “eslabón perdido” el *Australopithecus africanus*, uno de los diversos cráneos fósiles hallados en Sterkfontein en el Transvaal y en otros sitios del Africa; es perteneciente a una hembra adulta. El niño de Taung, con el cual empecé, se habría parecido a ella de haber crecido; completamente erguido, caminando y con un cerebro de mayor tamaño, que pesaba entre quinientos y ochocientos gramos. Este es el tamaño del cerebro de un simio grande moderno; aunque, por supuesto, esta era una criatura pequeña, pues media sólo 1,20 m. Ciertamente es que hallazgos recientes de Richard Leakey sugieren que hace dos millones de años, aproximadamente, el cerebro ya había aumentado de tamaño más incluso que eso.

Y con un cerebro mayor, los antepasados del hombre realizarían dos inventos trascendentales, de uno de los cuales tenemos evidencia visible y del otro inferible evidencia. En primer término, la invención visible. Hace dos millones de años, el *Australopithecus* elaboraba herramientas rudimentarias de piedra cuyos cantos afilaba a base de golpes. Y durante el millón de años subsecuente, el hombre, en plena evolución, no cambió este tipo de herramienta. Había realizado la invención fundamental, el acto deliberado de preparar y guardar una guija o piedra para su uso posterior. Merced a este impulso de habilidad y previsión, acto simbólico de descubrimiento del futuro, había aflojado el freno que el ambiente impone a todas las demás criaturas. El uso constante de la misma herramienta por tanto tiempo, demuestra la fuerza del invento. La sostenían de modo simple, presionando el extremo más grueso contra la palma de la mano, con gran vigor. (Los antecesores del hombre poseían un pulgar corto y, por lo tanto, no podían manipular muy delicadamente, pero podían emplear la presión de fuerza.) Y, por supuesto, constituye una herramienta que casi con certeza empleaban, como consumidores de carne, para ablandar y cortar ésta.

El otro invento es de tipo social y lo deducimos mediante sutiles cálculos aritméticos. Los cráneos y los esqueletos del *Australopithecus* que se han descubierto hasta la fecha en grandes cantidades, indican que la mayoría pereció antes de alcanzar los veinte años de edad. Esto significa que debían abundar los huérfanos. Pues el *Australopithecus* sin duda tenía una prolongada infancia, al igual que todos los primates; a los diez años de edad, digamos, los supervivientes eran niños todavía. Por lo tanto, deben haber constituido una organización social en la cual los niños eran cuidados y (tal si fueran) adoptados, convirtiéndose en parte de la comunidad; de modo que en un sentido general podría decirse que eran educados. Este es un gran paso hacia la evolución cultural.

¿En qué momento podríamos decir que los precursores de hombre se convierten en el hombre mismo? Es esta una cuestión delicada, a causa de que tales cambios no suceden de un día para

Casi como los ángeles

otro. Sería torpe intentar hacerlos aparecer como más repentinos de lo que en realidad fueron, fijar la transición con demasiada precisión o bien polemizar acerca de los nombres. Hace dos millones de años no éramos hombres todavía. Hace un millón de años ya lo éramos, pues a la sazón aparece una criatura que puede llamarse *Homo*, el *Homo erectus*, que se difunde más allá del Africa. El hallazgo clásico del *Homo erectus* ocurrió de hecho en China. Es el hombre de Pekín, que se remonta a cuatrocientos mil años, y que es la primera criatura que con certeza usaba el fuego.

Los cambios que en el *Homo erectus* llevan a nosotros son sustanciales durante más de un millón de años, pero parecen graduales en comparación con los que ocurrieron anteriormente. El mejor conocido de los sucesores fue encontrado por vez primera en Alemania durante el siglo pasado: otro cráneo clásico, el hombre de *Neanderthal*. Ya poseía un cerebro que pesaba kilogramo y medio, tan grande como el del hombre moderno. Es probable que algunas líneas del hombre de *Neanderthal* se hayan extinguido; pero parece factible que una línea del Este Medio llegase directamente hasta nosotros, la del *Homo sapiens*.

Más o menos en el último millón de años, el hombre efectuó un cambio en la calidad de sus herramientas, lo que presumiblemente señala un refinamiento biológico de la mano durante este período, y en especial de los centros cerebrales que controlan la mano. Es la criatura más perfeccionada (biológica y culturalmente) del último medio millón de años, ya que podía hacer más que copiar las arcaicas herramientas de piedra que se remontaban al *Australopithecus*. Elaboraba herramientas que requieren de una manipulación más delicada en su manufactura y, naturalmente, en su utilización. El desarrollo de tales refinados talentos y el empleo del fuego no son un fenómeno aislado. Por el contrario, debemos siempre tener presente que el verdadero contenido de la evolución (tanto biológica como cultural) es la elaboración de un nuevo comportamiento. Y es debido únicamente a que el comportamiento no deja fósiles, que nos vemos forzados a buscarlos en huesos y dientes. Estos, por sí mismos, no son interesantes, ni siquiera para la criatura a que pertenecían; le servían como equipo para la acción, y para nosotros son interesantes por que, como equipo, denotan sus actividades, y los cambios en el equipo revelan cambios en comportamiento y talento.

Por esta razón, los cambios ocurridos en el hombre durante su evolución no tuvieron lugar por partes. No fue ensamblado con el cráneo de un primate y la mandíbula de otro; este concepto erróneo es demasiado ingenuo para ser real, y sólo puede crear otro fraude como el cráneo de *Pitldown*. Cualquier animal, y especialmente el hombre, es una estructura altamente integrada, cuyas partes deben cambiar como un todo al tiempo que cambia su comportamiento. La evolución del cerebro, de la mano, de los ojos, de los pies, de los dientes, la estructura humana toda, constituyen un mosaico de dones especiales y, en cierto sentido, cada uno de estos capítulos es un ensayo de algún don humano especial. Estos dones han hecho de él lo que es, más rápido en evolucionar y con un comportamiento más rico y más flexible que el de cualquier otro animal. A diferencia de las criaturas (algunos insectos, por ejemplo) que han permanecido inalterados durante cinco, diez, incluso cincuenta millones de años, el hombre ha cambiado durante este tiempo a escala más allá de todo posible reconocimiento. El hombre no es la más majestuosa de las criaturas. Antes incluso que los mamíferos, los dinosaurios eran decididamente más espléndidos. Pero él posee algo que los demás animales no tienen: un caudal de facultades que por sí solo, en más de tres millones de años de vida, le hizo creativo. Cada animal deja vestigios de lo que fue; sólo el hombre deja vestigios de lo que ha creado.

El cambio de alimentación es importante en una especie cambiante en un período como de cincuenta millones de años. Las primeras criaturas en la secuencia hacia el hombre poseían ojos vivos, dedos delicados, y eran insectívoros y frugívoros como los lémures. Los primeros simios y homínidos, desde el *Aegyptopithecus* y el Procónsul hasta el *Australopithecus* corpulento, se cree que pasaron sus días alimentándose básicamente de vegetales. Pero el *Australopithecus* ágil rompió con la costumbre primate arcaica del vegetarianismo.

El cambio de la alimentación vegetariana a la omnívora, una vez ocurrido, persistió en el *Homo erectus*, en el hombre de *Neanderthal* y en el *Homo sapiens*. A partir del ancestral

Casi como los ángeles

*Australopithecus* ágil en adelante, la familia del hombre comió alguna carne; primero animales pequeños, de mayor tamaño después. La carne es una proteína más concentrada que la planta, y el consumir carne disminuye en dos tercios el volumen y el tiempo de ingestión de los alimentos. Fueron de gran alcance para la evolución del hombre las consecuencias de esto. Dispuso de más tiempo libre, y podía emplearlo en formas más indirectas, para proveerse de alimentos procedentes de distintas fuentes (como los grandes animales), que no podía cazar por hambrienta fuerza bruta. Evidentemente, eso ayudó a impulsar (por selección natural) la tendencia de todos los primates a interponer una demora interna en el cerebro, entre el estímulo y la respuesta, hasta que hubo desarrollado la habilidad eminentemente humana de posponer la satisfacción del deseo.

Pero el efecto más marcado de una estrategia indirecta encauzada a la adquisición de alimentos es, evidentemente, el fomento de la actividad social y de la comunicación. Una criatura poco veloz como el hombre puede acechar, perseguir y acorralar a un gran animal de la sabana adaptado a huir, únicamente por cooperación. La cacería requiere de un planeamiento y de una organización conscientes a través del lenguaje, así como de armas especiales. Ciertamente que el lenguaje, tal cual lo usamos, contiene algo del carácter de un plan de cacería, en el sentido de que (a diferencia de los animales) nos instruimos recíprocamente mediante frases que se amalgaman y que proceden de unidades móviles. La caza es una empresa comunitaria de la cual el clímax, y sólo el clímax, es el matar.

La caza en un solo lugar no puede sostener a una población en crecimiento; el límite de la sabana no era superior a dos personas por milla cuadrada. Con esa densidad, la superficie terrestre total del planeta podría mantener únicamente a la población actual de California, cerca de veinte millones, y no podría mantener a la población de la Gran Bretaña. La disyuntiva para los cazadores era brutal moverse o morir de inanición.

Y se movilizaron distancias prodigiosas. Hace un millón de años, se encontraban en África del Norte. Hace setecientos mil años, o incluso antes, se hallaban en Java. Hace cuatrocientos mil años, se habían desplegado y emigrado hacia el norte, a China en el este y a Europa en el oeste. Estas increíbles migraciones expansivas hicieron del hombre, desde un principio, una especie difundida ampliamente, pese a que el número total de sus componentes era muy pequeño, tal vez de un millón.

Lo que resulta aun más sorprendente es que el hombre se trasladó hacia el norte precisamente después de que la temperatura descendía a punto de congelación. En esa gran era glacial, el hielo brotaba de la tierra. Desde tiempo inmemorial, el clima septentrional se había mantenido templado, virtualmente durante varios centenares de millones de años. No obstante, antes de que el *Homo erectus* se estableciera en China y en el norte de Europa, se iniciaba la secuencia de las tres Glaciaciones autónomas.

Cuando la primera de las Glaciaciones pasaba por su clímax, el hombre de Pekín vivía en cuevas, hace cuatrocientos mil años. No es sorprendente encontrar restos de las fogatas encendidas en esas cuevas por primera vez. El hielo se desplazó hacia el sur y se retrajo tres veces, y la tierra cambió en cada ocasión. Las capas de hielo llegaron a contener tal cantidad de agua que el nivel de los mares descendió ciento veinte metros. Después de la segunda Glaciación, hace más de doscientos mil años, apareció el hombre de *Neanderthal* con su cerebro grande y se destacaría durante la última Glaciación. Las culturas del hombre que mejor reconocemos se iniciaron en la Glaciación más reciente, en los últimos cien o incluso cincuenta mil años. Es entonces cuando encontramos las herramientas más elaboradas que revelan métodos de cacería perfeccionados el lanzador de venablos, por ejemplo; y el bastón que hacía las veces de martillo; el arpón de múltiples púas; y, por supuesto, los instrumentos de pedernal necesarios para fabricar estas armas. Resulta evidente que entonces, como ahora, los inventos pueden ser escasos pero se difunden rápidamente a través de una cultura. Por ejemplo, hace quince mil años, los cazadores magdalenenses del sur de Europa inventaron el arpón. En el período inicial de su invención los arpones magdalenenses carecían de púas; después mostraban una sola hilera de anzuelos; y hacia el fin del período, mientras acontecía el

## Casi como los ángeles

floreCIMIENTO del arte rupestre, los arpones ya presentaban una doble hilera de anzuelos. Los cazadores magdalenenses decoraban sus herramientas de hueso; esto permite precisar la época y el lugar de origen de sus creadores, por medio del refinamiento de estilo que ostentan. Son, en sentido estricto, fósiles que registran la evolución cultural del hombre en su progresión ordenada.

El hombre sobrevivió a la terrible prueba de las Glaciaciones gracias a que contaba con la flexibilidad mental de reconocer los inventos y convertirlos en propiedad de la comunidad. Obviamente, las Glaciaciones originaron un cambio profundo en el estilo de vida del hombre. Lo forzaron a depender menos de las plantas y más de los animales. Los rigores de la cacería al borde del hielo también cambiaron su estrategia. Se hizo menos atrayente la caza de animales solos, aunque fuesen grandes. La mejor alternativa era la de seguir a los rebaños y no perderlos de vista; aprender a anticipárseles y, en fin, adoptar sus hábitos, incluyendo sus frecuentes migraciones. Esta es una adaptación particular, la forma trashumante de vida en movimiento tiene algunas de las cualidades primitivas de la caza, porque es una persecución; la comida animal determinaba el lugar y el paso. Y poseía algunas de las cualidades posteriores de la ganadería, porque el animal era cuidado y, como lo era, preservado como un depósito alimenticio móvil.

La forma trashumante de vida constituye en la actualidad un fósil cultural y ha sobrevivido escasamente. El único grupo humano que aún conserva ese estilo de vida es el de los lapones, en el extremo norte de Escandinavia, que siguen a los renos como lo hicieron durante las Glaciaciones. Es posible que los ancestros de los lapones llegaran al norte desde la escarpada zona francocantábrica de los Pirineos, tras la pista del reno, una vez que las últimas capas de hielo se hubieron retraído del sur de Europa, hace doce mil años. Existen actualmente treinta mil lapones y trescientos mil renos, y su forma de vida está próxima a desaparecer. Los rebaños emprenden sus propias migraciones a través de los fiordos, de un pastizal gélido de líquen a otro, y los lapones van con ellos. Pero los lapones no son pastores; no controlan al reno ni lo han domesticado. Se limitan a seguirlo a dondequiera que va.

A pesar de que los hatos de renos siguen siendo; en efecto, salvajes, los lapones poseen algunos de los inventos tradicionales para controlar individualmente a estos animales; los mismos que también otras culturas han descubierto por ejemplo, ellos hacen a algunos machos tan manejables como animales domésticos mediante la castración. Es una relación extraña. Los lapones dependen completamente de los renos consumen su carne diariamente a razón de medio kilogramo por cabeza; utilizan su piel, tendones y huesos; beben su leche y hasta hacen uso de su cornamenta. Empero, los lapones son más libres que los renos, debido a que su estilo de vida constituye una adaptación cultural y no biológica. La adaptación lograda por los lapones, la forma trashumante de vida en pleno movimiento en un paraje de hielo, es una opción que ellos podrían cambiar; no es irreversible como lo son las mutaciones biológicas. Pues una adaptación biológica es una forma congénita de comportamiento; pero la cultura es un comportamiento que se aprende o asimila – una forma preferida comunalmente – y que (como otras invenciones) ha sido adoptada por una sociedad completa.

En ello estriba la diferencia fundamental entre una adaptación cultural y una biológica; y ambas son demostrables en los lapones. La construcción de refugios de piel de reno es una adaptación que los lapones pueden cambiar el día de mañana, como ya lo está haciendo la mayoría de ellos. Por contraste, los lapones, o las líneas humanas que les precedieron, han experimentado también cierta adaptación biológica. En el *Homo sapiens*, las adaptaciones biológicas no son grandes; somos una especie bastante homogénea, debido a que nos hemos dispersado rápidamente por el mundo a partir de un solo centro. Sin embargo, se aprecian diferencias biológicas entre los grupos humanos, como todos sabemos. Las denominamos diferencias raciales, con lo cual queremos decir precisamente que no pueden ser cambiadas mediante una variación de hábitos o de hábitat. Usted no puede cambiar el color de su piel. ¿Por qué son blancos los lapones? El hombre comenzó con piel oscura; la luz solar produce vitamina D en su piel y, si él hubiese sido blanco en Africa, eso hubiera sido demasiado. Pero en el norte, el hombre necesita asimilar toda la luz solar posible, para producir suficiente

Casi como los ángeles

vitamina D, y la selección natural, por lo tanto, favoreció a aquellos de piel más blanca.

Las diferencias biológicas entre las distintas comunidades son así de modestas. La vida de los lapones no se ha regido por la adaptación biológica sino por la inventiva: por la utilización imaginativa de los hábitos del reno y de todos sus productos; por haberlo convertido en un animal de tiro; por sus artefactos y por el trineo. Sobrevivir en el hielo no depende del color de la piel; los lapones han sobrevivido, el hombre ha sobrevivido en las Glaciaciones, por el invento más importante de todos: el fuego.

El fuego es el símbolo del hogar, y desde que el *Homo sapiens* empezó a imprimir la huella de sus manos, hace treinta mil años, su hogar fue la cueva. Durante al menos un millón de años, el hombre ha vivido en determinada medida reconocible como forrajeador y cazador. Casi no contamos con monumentos de ese inmenso período de la prehistoria, mucho más prolongado que cualquier otro que hayamos registrado. Sólo hacia el final de esa era, y al inicio de la era glacial europea, encontramos en cuevas como la de Altamira (y en muchos otros sitios de España y del sur de Francia) el registro de lo que dominaba la mente del hombre cazador. Allí apreciamos lo que constituía su mundo y lo que le preocupaba. Las pinturas rupestres, que datan de hace veinte mil años aproximadamente, establecen para siempre la base universal de su cultura entonces, el conocimiento que el cazador tenía del animal del cual dependía.

Uno empieza por encontrar extraño que un arte tan vívido como la pintura rupestre sea, comparativamente, tan reciente y tan escaso. ¿Por qué no existen más monumentos de la imaginación visual del hombre, como existen de su inventiva? Sin embargo, cuando reflexionamos vemos que lo notable no es la escasez de monumentos sino que los haya en absoluto. El hombre es un animal débil, lento, torpe, inerme; tuvo que inventar una piedra, un pedernal, un cuchillo, una lanza. Pero, ¿por qué a estos inventos científicos, que le eran esenciales para sobrevivir, añadió el hombre desde un principio las artes que hoy nos asombran: los decorados con formas animales? Y, sobre todo, ¿por qué llegaba a cuevas como esta, vivía en ellas, y después realizaba pinturas de animales no donde vivía sino en lugares oscuros, secretos, remotos, ocultos, inaccesibles?.

Es obvio decir que en esos lugares el animal era mágico. Sin duda eso es cierto; pero magia es sólo una palabra, no una respuesta. En sí, magia es una palabra que no explica nada. Indica que el hombre creía tener poder, pero, ¿qué poder? Todavía queremos saber qué tipo de poder creían los cazadores haber obtenido de las pinturas.

Aquí, sólo puedo ofrecerle mi punto de vista personal. Creo que el poder que vemos expresado aquí por primera vez es el poder de anticipación: la imaginación proyectada hacia adelante. En estas pinturas el cazador se familiarizaba con peligros que sabía tendría que afrontar, pero que todavía no había arrojado. Cuando el cazador era traído a este sitio en medio de la oscuridad y de pronto se proyectaba una luz sobre las pinturas, veía al bisonte como lo tendría que ver frente a sí, veía al rápido venado, veía al esquivo jabalí. Y se sentía solo frente a ellos como se sentiría en la cacería. Se le hacía patente el momento del miedo; su brazo armado se flexionaba frente a una experiencia por venir y ante la cual no debería sentir miedo; El pintor había congelado el momento del miedo y el cazador pasaba por el a través de la pintura como a través de aire comprimido.

Para nosotros, las pinturas rupestres recrean el estilo de vida del cazador como un vislumbre de historia; vemos el pasado a través de ellas. Mas para el cazador, sugiero, constituían una mirilla hacia el futuro; miraba hacia adelante. En cualquier dirección, las pinturas rupestres actúan como una especie de telescopio de la imaginación: dirigen la mente desde lo que se puede ver hasta lo que se puede inferir o conjeturar. Ciertamente que esto es así en la misma acción de pintar; pese a su superior detalle, la pintura plana sólo significa algo para el ojo debido a que la mente la rellena con redondez y movimiento, una realidad por inferencia, la cual no es realmente vista sino imaginada.

El arte y la ciencia son acciones privativas del hombre, fuera del alcance de lo que cualquier

## Casi como los ángeles

animal puede hacer. Y aquí vemos que provienen de la misma facultad humana: la habilidad de visualizar el futuro, de prever lo que puede ocurrir y de hacer planes para anticiparse a ello y representárnoslo en imágenes que proyectamos y movemos en nuestra mente o en un cuadro de luz sobre la oscura pared de una cueva o en la pantalla de un televisor.

También vemos aquí a través del telescopio de la imaginación; la imaginación es un telescopio en el tiempo, pues estamos viendo retrospectivamente la experiencia del pasado. Los hombres que realizaron estas pinturas, los hombres entonces presentes, pudieron ver hacia adelante por el telescopio. Pudieron quizá prever el ascenso del hombre, porque lo que llamamos evolución cultural es fundamentalmente un desarrollo y un ensanchamiento constante de la imaginación humana.

Los hombres que elaboraron las armas y los que realizaron las pinturas estaban haciendo la misma cosa: anticipar el futuro como únicamente el hombre puede hacerlo, deduciendo el porvenir por el presente. El hombre posee múltiples dones que le son privativos; pero ocupando un lugar primordial, pues es en la raíz de la que crecen todos los conocimientos, se encuentra la habilidad de esbozar conclusiones a partir de lo que vemos para lo que no vemos, el transportar nuestras mentes a través del tiempo y del espacio y el reconocernos en el pasado en los pasos hacia el presente. En todas estas cuevas, la huella de la mano dice: «Esta es mi marca. Este es el hombre».





## 2 LA COSECHA DE LAS ESTACIONES

La historia del hombre está dividida muy desigualmente. Por un lado se encuentra su evolución biológica: todas las etapas que nos separan de nuestros antepasados simios. Las cuales se prolongaron durante millones de años. Y por otro lado está la historia de su cultura la gran marejada de la civilización que nos separa de las pocas tribus de cazadores del Africa que sobreviven o de los recolectores de alimentos de Australia. Y toda esta segunda laguna cultural está de hecho apiñada en unos pocos miles de años. Se remonta solamente a unos doce mil años: algo más de diez mil años, pero mucho menos de veinte mil. A partir de este momento me concretaré a hablar acerca de estos últimos doce mil años, que contienen prácticamente todo el ascenso del hombre tal como lo entendemos ahora. Sin embargo, la diferencia entre los dos elementos – entre la escala de tiempo biológica y la cultural – es tan grande, que no puedo dejar de echarle una mirada retrospectiva.

Le tomó al hombre cuando menos dos millones de años, el cambiar de criatura oscura y pequeña con la piedra en la mano – el *Australopithecus*, en Africa Central – a su configuración moderna: el *Homo sapiens*. Esto constituye el paso de la evolución biológica, aunque la evolución biológica del hombre haya sido más rápida que la de cualquier otro animal. Pero, para el *Homo sapiens*, ha tomado mucho menos de veinte mil años el dar origen a las criaturas que tanto usted como yo aspiramos ser artistas y científicos, edificadores de ciudades y planificadores del futuro, lectores viajeros, exploradores anhelantes del hecho natural y de la emoción humana, inmensamente más ricos en experiencia y en imaginación que cualquiera de nuestros ancestros. Este es el paso de la evolución cultural; una vez iniciado, avanza como el cociente de aquellos dos elementos cuando menos cien veces más rápido que la evolución biológica.

Una vez iniciado: esta es la frase crucial. ¿Por qué comenzaron tan recientemente los cambios culturales que han hecho al hombre amo de la Tierra? Hace veinte mil años que el hombre, donde quiera que se encontrase, era forrajeador y cazador, cuya técnica más avanzada era la de incorporarse a un hato errante como todavía lo hacen los lapones. Hace diez mil años ya había cambiado y empezado, en ciertos lugares, a domesticar algunos animales y a cultivar algunas plantas; y este es el cambio a partir del cual la civilización despega. Resulta extraordinario pensar que sólo en los últimos doce mil años principió la civilización, tal como la entendemos. Tuvo que haber ocurrido una explosión extraordinaria hacia el año 10.000 a. de C y la hubo. Pero fue una explosión silenciosa. Se trataba del fin de la última Glaciación.

Podemos detectar el aspecto y, valga la expresión, olfatear el cambio en algún paisaje glacial. La primavera en Islandia se repite a sí misma año tras año; pero hubo ocasión en que se expandió por toda Europa y Asia cuando los hielos se retrajeron. Y el hombre, que había pasado por dificultades increíbles, errado desde el Africa durante el último millón de años, luchado a través de las Glaciaciones, se encontró de pronto en tierra fértil y rodeado de animales, lo cual le hizo adoptar un estilo de vida diferente.

Esto es llamado generalmente “la revolución agrícola”. Pero yo creo que es algo mucho más amplio: la revolución biológica. Hubo un entrelazamiento, una especie de salto entre el cultivo de plantas y la domesticación de animales, a través de ella se manifiesta la realización crucial de que el hombre domina su ambiente en el aspecto más importante, no físicamente sino al nivel de los seres vivos: plantas y animales. Al tiempo aparece una revolución social igualmente poderosa. Porque entonces se hizo posible – más que posible necesario – que el hombre se estableciera. Y esta criatura que había andado errante y emigrado durante un millón de años, habría de tomar una decisión crucial: dejar de ser nómada y convertirse en aldeano.

## La cosecha de las estaciones

Contamos con un registro antropológico de la lucha de conciencia de un pueblo que tomó tal determinación: el registro lo es la Biblia, el Antiguo Testamento. Creo que la civilización descansa en esa decisión. En cuanto a los pueblos que nunca se decidieron, quedan pocos sobrevivientes. Existen algunas tribus nómadas que todavía van, a través de vastas jornadas trashumantes, de un campo de pastoreo a otro: los baktiaritas en Persia, por ejemplo. Y realmente hay que viajar y vivir con ellos para comprender que la civilización no puede florecer nunca en la vida nómada.

Todo en la vida nómada es inmemorial. Los baktiaritas han viajado siempre solos, sin ser observados en absoluto. Como otros nómadas, se consideran a sí mismos una familia, los hijos de un solo padre fundador. (Del mismo modo que los judíos solían autodenominarse hijos de Israel o de Jacob.) Los baktiaritas adoptaron su nombre de un pastor legendario de la era mongólica: Baktiar. La leyenda de su propio origen y de su fundador, empieza así:

*Y el padre de nuestro pueblo, el hombre de las colinas, Baktiar, surgió de la solidez de las montañas del Sur en tiempos remotos. Su simiente era tan numerosa como las rocas de las montañas; y su pueblo prosperó.*

El eco bíblico suena y resuena conforme la leyenda avanza. El patriarca Jacob tenía dos esposas, a cada una de las cuales sirvió como pastor durante siete años. Comparemos la historia del patriarca de los baktiaritas:

*La primera esposa de Baktiar tuvo siete hijos, padres de las siete líneas fraternas de nuestro pueblo. Su segunda esposa tuvo cuatro hijos. Y nuestros hijos habrán de tomar por esposos a las hijas, en las tiendas de sus padres y de sus hermanos, para que los rebaños y las tiendas se dispersen.*

Al igual que para los hijos de Israel, los rebaños eran de vital importancia; no escapan a la mente del historiador (ni a la del consejero matrimonial) en ningún momento.

Antes del año 10.000 a. de C., los pueblos nómadas solían seguir las migraciones naturales de los hatos silvestres. Pero las ovejas y las cabras no tienen migraciones naturales. Fueron domesticadas por primera vez hace cerca de diez mil años, el perro es el único animal que las precedió. Y cuando el hombre las domesticó, se echó auestas la responsabilidad de la naturaleza; el nómada debe dirigir el hato indefenso.

El papel de la mujer en las tribus nómadas está escasamente definido. Sobre todo, la función de la mujer es producir hijos varones; demasiadas hijas acarrearán una desgracia inmediata, porque a la larga amenazan con desastres. Además de esto, sus deberes consisten en la preparación de alimentos y de ropa. Por ejemplo, la mujer baktiarita elabora el pan, a la usanza bíblica, en tortas ázimas sobre piedras calientes. Pero las mujeres y las niñas aguardan a que los hombres acaben de comer para hacer lo propio. Como la de los hombres, la vida de las mujeres se centra en el rebaño. Lo ordeñan y preparan con la leche un yogur grumoso, batiéndola en una bolsa de piel de cabra colocada en un marco rústico de madera. Poseen únicamente la tecnología simple que puede ser transportada en las jornadas cotidianas de un lugar a otro. La simplicidad no es romántica, es cuestión de supervivencia. Todo debe ser lo suficientemente ligero como para poder ser trasladado, armado cada noche y vuelto a empacar de nuevo cada mañana. Cuando las mujeres hilan la lana mediante sus artefactos sencillos y arcaicos, lo hacen para un uso inmediato, tan sólo para efectuar las reparaciones que son esenciales durante la jornada.

No es posible en la vida nómada el manufacturar cosas que no van a ser necesarias durante varias semanas. No podrían ser transportadas. Y, de hecho, los baktiaritas ignoran cómo hacerlas. Si necesitan recipientes de metal, realizan trueques con pueblos sedentarios o con artesanos gitanos especializados en metales. Un clavo, un estribo, un juguete o la campana de un niño son cosas que deben conseguirse fuera de la tribu. La vida de los baktiaritas está muy circunscrita para poseer el tiempo o la habilidad de especializarse. Las innovaciones no tienen cabida por falta de tiempo durante los desplazamientos, entre el atardecer y el amanecer, yendo y viniendo toda su vida, de desarrollar algún artefacto nuevo, algún pensamiento nuevo, ni siquiera alguna melodía nueva. Las únicas costumbres que prevalecen son las costumbres

antiguas. La sola ambición del hijo es la de llegar a ser como el padre.

Es una vida sin cambios. Cada noche es el final de un día como el de ayer y cada mañana será el inicio de una jornada como la del día anterior. Al amanecer, hay una pregunta en la mente de cada uno de ellos: ¿Podrá el ganado atravesar el próximo paso escarpado? El más escarpado de todos los pasos deberá ser atravesado en algún día de la jornada. Se trata del paso de Zadeku, a cuatro mil metros de altura sobre el Zagros, el cual deberá cruzar o sortear el rebaño de alguna manera en sus cimas más elevadas. Para que la tribu pueda seguir adelante los pastores deberán hallar nuevos pastizales cada día, porque, a esas alturas, los pastizales son consumidos en un solo día.

Año tras año, los baktiaritas atraviesan seis cordilleras montañosas en el viaje de ida (y las vuelven a cruzar de regreso). Avanzan a través de la nieve y de los deshielos de primavera. Y se limita a un solo aspecto el avance que ha experimentado su vida en diez mil años. Los nómadas baktiaritas de entonces tenían que viajar a pie y llevar a cuestas sus pertenencias. Sus descendientes ya cuentan con animales de carga – caballos, asnos, mulas – que son los únicos que han domesticado desde aquellos tiempos. No hay nada nuevo en sus vidas además de esto. Y nada es memorable. Los nómadas carecen de monumentos, ni aun para los muertos. (¿Dónde está Baktiar, dónde fue sepultado Jacob?) Los únicos montículos que construyen son para marcar el camino en sitios como el Paso de las Mujeres, intrincado pero más accesible para los animales que los pasos escarpados.

La migración primaveral de los baktiaritas es una aventura heroica; empero, los baktiaritas no son tan heroicos como estoicos. Son resignados porque su aventura no les conduce a ninguna parte. Los pastizales de verano son, en sí mismos, un lugar de paso más: a diferencia de los hijos de Israel, para ellos no existe la tierra prometida. El jefe de la familia trabajó durante siete años, como hizo Jacob, para reunir un hato de cincuenta cabras y ovejas. Calcula perder diez de ellas durante la migración, si las cosas marchan bien. De no ocurrir así, podría llegar a perder hasta veinte de las cincuenta. Estas son las probabilidades de la vida nómada, año tras año. Y después de todo ello, al final de la jornada, no habría más que una resignación inmensa y tradicional.

¿Quién sabe si, cualquier año, después de haber cruzado los pasos, podrán los ancianos enfrentarse con la prueba final: el cruce del río Bazuft? Tres meses de deshielo han hecho crecer el río. Los hombres de la tribu, las mujeres, los animales de carga y los rebaños están agotados. Llevará un día el conseguir que los rebaños crucen el río. Pero este es, aquí y ahora, el día de la prueba. Hoy es el día en que los adolescentes se convertirán en hombres, pues la supervivencia del hato y de la familia dependerá de su vigor. Atravesar el río Bazuft es como cruzar el Jordán; es el bautismo de la virilidad. Para el joven, la existencia cobra vida en ese momento; para el anciano... acaba.

¿Qué sucede con los ancianos cuando no pueden cruzar el último río? Nada. Quedan a la zaga hasta morir. El perro es el único sorprendido al ver a un hombre abandonado. El hombre acepta la costumbre nómada; ha llegado al término de su jornada y ya no hay sitio para él.

El paso más grande e importante en el ascenso del hombre es la transición de nómada a agricultor sedentario. ¿Qué la hizo posible? Seguramente, la voluntad del hombre; pero en conjunción con un acto secreto y extraño de la naturaleza. Con la expansión de nueva vegetación a raíz de la última Glaciación, apareció en el Medio Oriente un nuevo tipo de trigo híbrido. Eso ocurrió en muchos sitios: un lugar típico es el antiguo oasis de Jericó.

Jericó es anterior a la agricultura. Sus primeros pobladores se establecieron aquí durante la primavera en este de otra manera desolado suelo del cual sus habitantes recolectaban trigo, aunque no sabían todavía cómo sembrarlo. Esto lo sabemos porque fabricaron herramientas para la cosecha silvestre, y eso constituye un extraordinario acto de anticipación. Manufacturaban hoces de pedernal que aún se conservan; John Garstang las descubrió cuando realizaba excavaciones en este sitio por los años treinta. El mango de esta hoz arcaica podría

## La cosecha de las estaciones

haber sido un pedazo de cuerno de gacela o de hueso.

No ha perdurado, arriba en las colinas o en sus laderas, el tipo de trigo silvestre que recolectaron los primeros habitantes de este lugar. Pero los pastizales que aún siguen aquí deben parecerse mucho al trigo hallado por ellos, el cual recogían por primera vez a mano llena y segaban con ese movimiento de sierra de la hoz que han seguido ejecutando sus descendientes en los diez mil años subsecuentes. Esta fue la civilización natuciana preagrícola. Y, evidentemente, no podía durar. Estaba a punto de convertirse en agricultura. Y éste fue el siguiente acontecimiento que tuvo lugar en la zona de Jericó.



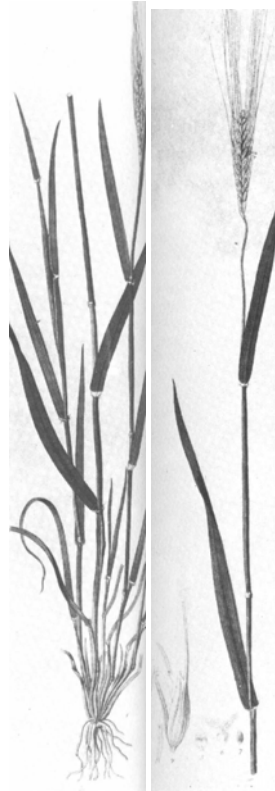
*Figura 8. Los primeros pobladores de Jericó recolectaban trigo, aunque no sabían todavía cómo sembrarlo. Fabricaban herramientas para la cosecha silvestre. Hoz combada, 4º milenio a. de C., Israel. Las navajas de pedernal de la hoz se pegaban con betún a un mango de cuerno.*

El punto crítico en la expansión de la agricultura en el Viejo Mundo fue casi con seguridad la aparición de dos tipos de trigo con espigas grandes completamente llenas de semillas. Antes del año 8000 a. de C., el trigo no era, como ahora, una planta lozana; era solamente una de las muchas hierbas silvestres que proliferaban por todo el Oriente Medio. A causa de algún accidente genético, el trigo silvestre se cruzó con la planta llamada rompesacos, dando forma a un híbrido fértil. Tal accidente debió ocurrir en muchas ocasiones a la vegetación naciente surgida a partir de la última Glaciación. En términos del mecanismo genético que regula el crecimiento, se combinaron los catorce cromosomas del trigo silvestre con los catorce del rompesacos, originando la variedad Emmer, de veintiocho cromosomas, dando como resultado que esta variedad fuese mucho más robusta. Este híbrido pudo difundirse de manera natural, porque sus semillas están unidas a la raspa en forma tal que hace posible su dispersión por el viento.

Que tal híbrido sea fértil es raro, aunque no singular entre las plantas. Pero ahora la historia de la vida de esta fértil planta que siguió a las glaciaciones resulta más sorprendente. Ocurrió un segundo accidente genético, debido tal vez a que la Emmer ya era cultivada. La Emmer se cruzó con otra variedad natural de rompesacos y produjo un - híbrido de incluso mayores dimensiones con cuarenta y dos cromosomas: el trigo del pan. Esto, de por sí, era muy improbable, pues sabemos ahora que el trigo del pan no hubiera podido ser fértil a menos que sufriera una mutación genética específica en un cromosoma.

Empero, hay algo todavía más extraño. Contamos en actualidad con una bella espiga de trigo, que nunca esparcería su simiente por el viento ya que es sumamente compacta y difícil de romper. Y si yo la rompo; por qué, la granza vuela y cada grano cae exactamente donde creció. Permítaseme recordar que es completamente diferente del trigo silvestre o la del híbrido primitivo, el Emmer. En aquellas formas primitivas la espiga es mucho más abierta y, si se rompe, un efecto muy diferente tiene lugar: se consiguen granos que vuelan con el viento. Los trigos del pan han perdido esa inhabilidad. Repentinamente, el hombre y la planta están juntos:

el hombre cuenta con el trigo del cual se alimenta, pero el trigo también piensa que el hombre fue hecho para él porque sólo así puede propagarse. Pues los trigos del pan se pueden multiplicar únicamente mediante ayuda; el hombre debe cosechar las espigas y esparcir las semillas; y la vida de cada cual, hombre y planta, depende de la otra. Esto constituye un auténtico cuento de hadas de la genética, como si el arribo de la civilización hubiese sido bendecido anticipadamente por el espíritu del abad Gregor Mendel,



*Figura 9.* Antes del año 8000 a. de C., el trigo era una de muchas hierbas silvestres.  
*Trigo silvestre, Triticum monococcum.*

Una conjunción feliz de acontecimientos naturales y humanos creó la agricultura. Esto ocurrió en el Viejo Mundo hace aproximadamente diez mil años en la zona fértil del Oriente Medio. Pero seguramente ocurrió en más de una ocasión. Es casi seguro que la agricultura fue inventada de nuevo e independientemente en el Nuevo Mundo, o al menos eso creemos por la evidencia que tenemos de que el maíz necesita al hombre como el trigo. En cuanto al Oriente Medio, la agricultura se difundió irregularmente en sus declives montañosos, de los cuales la cuesta que va del Mar Muerto a Judea, la región que circunda a Jericó, es a lo sumo un lugar característico y nada más. En sentido literal, la agricultura parece haber tenido inicios diversos en esta zona, algunos de ellos anteriores a Jericó.

Sin embargo, Jericó posee varias características que la hacen históricamente única y le confieren un valor simbólico propio. A diferencia de otros pueblos que han sido olvidados, este es monumental, más antiguo que la Biblia, capa histórica sobre capa histórica, una ciudad. La antigua ciudad de agua dulce de Jericó era un oasis al borde del desierto, cuyo manantial ha fluido desde los tiempos prehistóricos hasta la ciudad moderna que es en la actualidad. Aquí brotaron conjuntamente el trigo y el agua y, desde ese punto de vista, aquí comenzó el hombre la civilización. También a este sitio, procedentes del desierto, arribaron los beduinos con sus rostros oscuros y velados y contemplaron con desconfianza un nuevo estilo de vida. Es por eso que Josué trajo aquí a las tribus de Israel en su peregrinar hacia la Tierra Prometida, pues el trigo y el agua son forjadores de civilización: son promesa de tierra abundante en leche y miel. El trigo y el agua convirtieron aquella desolada colina en la ciudad más antigua del mundo.

## La cosecha de las estaciones

De pronto, Jericó se vio transformada. Llegó gente, y pronto fue la envidia de sus vecinos, obligando a sus habitantes a fortificarla – convirtiéndola en una ciudad amurallada – y a construir una torre espléndida, hace nueve mil años. Nueve metros atraviesan su base y, en correspondencia, tiene casi nueve de profundidad. A un costado de ella, las excavaciones han descubierto capa tras capa de civilización pretérita los hombres de la primera época pre-cerámica, los hombres de la siguiente época pre-cerámica, el inicio de la cerámica hace siete mil años; la primera edad del cobre, la primera del bronce y la segunda de este metal. Cada una de estas civilizaciones llegó, conquistó Jericó, la sepultó y volvió a construirla; es así que la torre no está situada bajo quince metros del suelo cuanto bajo quince metros de civilizaciones del pasado.

Jericó es un microcosmo de historia. Se encontrarían otros sitios en años venideros (ya se han descubierto algunos nuevos importantes), los cuales cambiarán la imagen que tenemos de los inicios de la civilización. Sin embargo, este lugar tiene el poder de proporcionar la visión que contempla el ascenso del hombre moderno y que es igualmente profunda en pensamiento y en emoción. Cuando yo era joven, todos creíamos que la superioridad humana era producto del dominio del hombre sobre su ambiente físico. Ahora hemos comprendido que la auténtica superioridad se deriva del entendimiento y moldeamiento del medio en que se vive. Es así como el hombre comenzó en la zona fértil de Jericó, cuando puso su mano en las plantas y en los animales y, al aprender a convivir con ellos, cambió el mundo de acuerdo con sus necesidades. Cuando Kathleen Kenyon redescubrió la arcaica torre en los años cincuenta, encontró que estaba hueca; y, para mí, esta escalera constituye una suerte de mirilla en la base de la roca de la civilización. Y la base de la roca de la civilización es el ser vivo, no el mundo físico.

Hacia el año 6000 a. de C., Jericó era un gran poblado agrícola. Kathleen Kenyon considera que albergaba a tres mil habitantes y que su extensión dentro de las murallas era de cuatro a cinco hectáreas. Las mujeres solían moler el trigo por medio de pesados instrumentos de piedra característicos de una comunidad sedentaria. Los hombres daban forma, amasaban y moldeaban la arcilla para hacer ladrillos de construcción, algunos de los primeros que se conocen. Las huellas de los pulgares de los ladrilleros aún están allí. El hombre, como el trigo del pan, se ha establecido en este lugar. Una comunidad sedentaria tiene también una relación diferente con los muertos. Los habitantes de Jericó preservaban algunos cráneos y los cubrían con vistosas decoraciones. Nadie sabe el porqué, a no ser que fuese un acto reverencial.

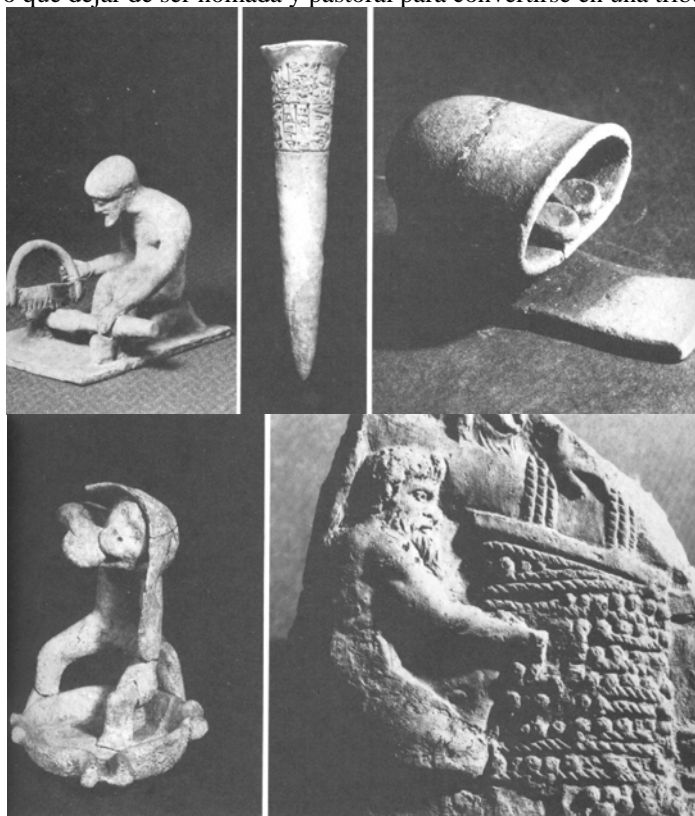
Nadie cuya formación haya estado imbuida del Antiguo Testamento, como lo fui yo, puede abandonar Jericó sin formular dos preguntas: ¿Destruiría finalmente Josué esta ciudad?, ¿se derrumbaron realmente sus muros?. Estas son las incógnitas que atraen a tanta gente a este sitio y que lo convierten en una leyenda viviente. La primera pregunta tiene una respuesta fácil: Sí. Las tribus de Israel luchaban por adentrarse en la zona fértil que va desde la costa mediterránea, atraviesa las montañas de Anatolia y desciende hasta las riberas del Tigris y del Eufrates. Y aquí en Jericó se hallaba la llave que cerraba el acceso a las montañas de Judea y a las fértiles tierras mediterráneas. Tenían, pues, que conquistar Jericó y lo hicieron hacia el año 1400 a. de C., es decir, hace aproximadamente tres mil trescientos o tres mil cuatrocientos años. La historia bíblica no fue escrita probablemente sino hasta, tal vez, el año 700 a. de C.; o sea, que la primera evidencia escrita data de cerca de dos mil seiscientos años.

Pero, ¿se derrumbaron los muros de Jericó? No lo sabemos. No existe en este sitio evidencia arqueológica que sugiera que un conjunto de muros, un buen día, se viniera abajo. Pero muchos conjuntos de muros, en épocas distintas, se vinieron abajo. Existió aquí una Edad de Bronce en la cual hubo que reconstruir – cuando menos dieciséis veces – un conjunto de muros. Porque esta es una zona sísmica. Todavía en la actualidad se registran temblores todos los días; y en cada siglo sobrevienen cuatro terremotos intensos. Solamente en los últimos años nos hemos podido explicar la causa de los terremotos a lo largo de este valle. El Mar Rojo y el Mar Muerto se ubican a continuación del Valle del Gran Risco del Africa Oriental. Aquí, dos de las plataformas que sostienen los continentes al flotar sobre la capa terrestre más densa,

## La cosecha de las estaciones

corren paralelamente. Al estar tan unidas, se empujan mutuamente a través del risco y la superficie de la tierra refleja el eco de estos choques provenientes de las capas internas. Como resultado de esto, se han registrado siempre movimientos telúricos a lo largo del eje del Mar Muerto. Y yo considero que esta es la razón por la cual la Biblia consigna tantos milagros naturales: diversas inundaciones antiguas, el descenso de las aguas del Mar Rojo, el desecamiento del Jordán y el desplome de las murallas de Jericó.

La Biblia es una historia peculiar, parcialmente folklórica y parcialmente veraz. La historia, naturalmente, la escriben los vencedores, y los israelitas, cuando irrumpieron a través de este lugar, se convirtieron en portadores de la historia. La Biblia es su historia: la historia de un pueblo que tuvo que dejar de ser nómada y pastoral para convertirse en una tribu agrícola.



*Figura 10. Una multiplicidad de artificios pequeños y sutiles tan importantes en el ascenso del hombre como cualquier aparato de física nuclear.*

*Carpintero trabajando una figura de madera con una sierra. Grecia, siglo VI a. de C. Clavo de arcilla decorado, sumeria, 2400 a. de C. Horno de panadero con panes. Modelo de arcilla. Islas griegas, siglo VII a. de C. Juguete griego en forma de mono que machaca aceitunas en un mortero. Anciano con una prensa vinícola. Modelo de terracota, período romano.*

La agricultura y la ganadería pueden parecer simples búsquedas, pero la hoz natuciana nos demuestra que ninguna de ellas permanece estática. Cada etapa en la domesticación de plantas y animales requiere de invenciones que comienzan por ser artefactos técnicos de los cuales se derivan principios científicos. Los dispositivos básicos producto de una mente con dedos hábiles pasan inadvertidos en cualquier aldea del mundo. Su multiplicidad de artificios pequeños y sutiles es tan ingeniosa, y en un profundo sentido tan importante en el ascenso del hombre, como cualquier aparato de física nuclear: la aguja, la alesna, el recipiente, el brasero, la espada, el clavo y el tornillo, el fuelle, la cuerda, el nudo, el telar, el arnés, el gancho, el botón, el zapato, y uno podría mencionar un centenar sin pararse a respirar. La riqueza estriba en la interrelación de los inventos; una cultura es una multiplicación de ideas, en la cual cada artefacto nuevo acelera y engrandece el poder de los restantes.

## La cosecha de las estaciones

La agricultura sedentaria crea una tecnología de la que se nutre todo lo físico y todo lo científico. Esto lo podemos apreciar observando la diferencia entre la hoz primitiva y la más reciente. A primera vista, son muy parecidas: la hoz del recolector de hace diez mil años, y la de nueve mil años de antigüedad, cuando ya se cultivaba el trigo. Pero mirémosla más de cerca. El trigo cultivado debe segarse con un borde serrado: porque si se golpea el trigo, los granos caerán al suelo; pero si es segado con suavidad, los granos no se desprenderán de la espiga. Y a partir de entonces la hoz ha conservado esta característica; y hasta en mi infancia, durante la Primera Guerra Mundial, la combada hoz de serrado borde era todavía el instrumento empleado para segar el trigo. Una tecnología como ésta, un conocimiento físico como éste, llega hasta nosotros como elemento integral de la vida agrícola, de una manera tan espontánea, que podría pensarse que las ideas descubren al hombre y no a la inversa.

La invención más sobresaliente en toda agricultura es, por supuesto, el arado. Nuestra imagen de éste consiste en una cuña que divide el suelo. Y la cuña es un invento mecánico primitivo importante. Pero el arado es algo mucho más trascendente: es una palanca que levanta el suelo y se encuentra entre las primeras aplicaciones del principio de la palanca. Cuando, mucho tiempo después, Arquímedes explicaba a los griegos la teoría de la palanca, afirmaba que con un punto de apoyo para la palanca, él podría mover la Tierra. Pero miles de años antes, los agricultores del Oriente Medio solían afirmar: «Dadme una palanca y *alimentaré* la Tierra».

Ya he hecho notar que la agricultura fue inventada cuando menos en otra ocasión, mucho tiempo después, en América. Pero el arado y la rueda no lo fueron, porque ambos dependen del animal de tiro. El siguiente paso a partir de la agricultura rudimentaria en el Oriente Medio fue la domesticación de los animales de tiro. La ausencia de este adelanto biológico mantuvo al Nuevo Mundo confinado al nivel de la estaca para cavar y el morral; y ni siquiera acertó con la rueda del alfarero.

La primera rueda encontrada se remonta a algo más de 3000 años a. de C., en lo que actualmente corresponde a la Rusia meridional. Estos primeros hallazgos corresponden a sólidas ruedas de madera unidas a una especie de balsa o trineo de carga, de mayor antigüedad, convertido, por tanto, en carro. Desde ese momento, la rueda y el eje se constituyen en la raíz doble a partir de la cual crece la inventiva. Es convertida, por ejemplo, en instrumento para moler el trigo, utilizando para ello las fuerzas de la naturaleza: la fuerza animal primero, las fuerzas del viento y del agua después. La rueda se convierte en modelo de todos los movimientos de rotación, en una norma de explicación y en el símbolo celestial de un poder superior al humano tanto en la ciencia como en el arte. El sol es una carroza y el cielo mismo es una rueda desde el tiempo en que los babilonios y los griegos plasmaron los movimientos de los astros en mapas celestes. El movimiento natural en la ciencia moderna (o sea el movimiento libre) va en línea recta; pero para la ciencia griega, la forma de movimiento que parecía natural (es decir, inherente a la naturaleza) y de hecho perfecta, era el movimiento circular.

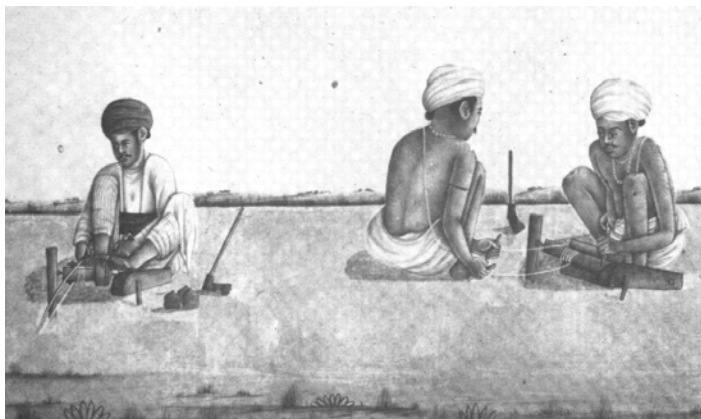
Hacia el año 1400 a. de C., más o menos en la época en que Josué tomó Jericó, los ingenieros mecánicos de Sumeria y Asia convertían la rueda en una polea para extraer agua. Al mismo tiempo diseñaban sistemas de irrigación en gran escala. Los pozos de mantenimiento siguen utilizándose como puntos de referencia a lo largo del territorio persa. Cuentan éstos con cien metros de profundidad, hasta conectarse con los canales subterráneos que constituyen el sistema, en un nivel en el cual el agua natural está a resguardo de la evaporación. Tres mil años después de la construcción de estos sistemas, las aldeanas de Khuzistán siguen extrayendo su ración diaria de agua de los pozos para continuar con las faenas tradicionales de la antigua comunidad.

Los canales subterráneos son una construcción tardía de una civilización citadina e implican la existencia a la sazón de leyes reguladores de los derechos del agua y de la tenencia de la tierra y otras relaciones sociales. En una comunidad agrícola (en una hacienda agrícola en gran escala de Sumeria, por ejemplo) el régimen de justicia tiene un carácter distinto del de la comunidad nómada que sólo juzga el robo de una cabra o de una oveja. La estructura social



## La cosecha de las estaciones

comprende ahora la reglamentación de asuntos que afectan a la comunidad como un todo: el acceso a la tierra, la vigilancia y el control de los derechos de riego y el derecho a usar, una y otra vez, las preciadas instalaciones de las que depende la cosecha de las estaciones.



*Figura 11.* El torno de arco constituye un patrón clásico para convertir el movimiento lineal en rotatorio.

*Mediados del siglo XIX; carpinteros trabajando con un torno de arco, India central.*

El artesano de aldea se convierte ahora en inventor por derecho propio. Combina los principios mecánicos básicos en herramientas más complejas que se convierten, efectivamente, en máquinas primitivas. Estas son tradicionales en el Oriente Medio: el torno de arco, por ejemplo, que constituye un patrón clásico para convertir el movimiento lineal en rotatorio. Su diseño depende, ingeniosamente, de una cuerda enrollada alrededor de un tambor y cuyas puntas están atadas a los extremos de una especie de arco de violín. La pieza de madera que va a ser trabajada se fija en el tambor; se la hace girar moviendo el arco hacia atrás y hacia adelante, de modo que la cuerda hace rotar el tambor que sostiene la pieza de madera, la cual se va modelando con un cincel. Este aparato data de varios miles de años, pero yo lo vi usado por gitanos que elaboraban patas de sillas en un bosque de Inglaterra en 1945.

Una máquina es un artefacto con que se aprovecha el poder de la naturaleza. Esto es aplicable tanto en el huso rústico que emplean las baktiaritas como en el histórico primer reactor nuclear y toda su secuela. Sin embargo, al evolucionar, la máquina ha requerido de fuentes de energía mayores, por lo que día a día se aleja más de su empleo natural. ¿Cómo es que la máquina, en su forma moderna, nos parece ahora una amenaza?

Esta inquietante pregunta está ligada al poder potencial de la máquina. Podemos plantear mejor la cuestión en forma de alternativas: ¿Está el poder de la máquina a escala del trabajo para el cual fue proyectada o es éste tan desproporcionado que puede dominar al usuario y distorsionar el uso? La pregunta nos conduce evidentemente al pasado remoto; se inicia cuando por primera vez el hombre colocó un arnés sobre un poder superior al suyo: el poder de los animales. Toda máquina es una suerte de animal de tiro, aun el reactor nuclear. Incrementa el potencial que el hombre obtuvo de la naturaleza desde la aparición de la agricultura. Y, en consecuencia, toda máquina replantea el dilema original: ¿proporciona la máquina la energía en respuesta a la demanda de su uso específico o es una fuente de energía salvaje más allá de los límites del uso constructivo? Este conflicto en la escala de la potencia se encuentra a todo lo largo del camino formativo de la historia humana.

La agricultura es una parte de la revolución biológica; la domesticación y el aparejo de los animales es la otra. La secuencia de la domesticación es ordenada. Primero aparece el perro, posiblemente antes del año 10.000 a. de C. Después, los animales comestibles, comenzando con las cabras y las ovejas. Y posteriormente vinieron los animales de tiro tales como el onagro, una especie de asno silvestre. Los animales producen un excedente mayor que su

## La cosecha de las estaciones

propio consumo. Pero esto es sólo verdad en la medida en que los animales permanezcan modestamente en su propio nivel, como servidores de la agricultura.

Parecía poco probable que el animal doméstico se llegase a convertir por sí mismo, a partir de entonces, en una amenaza para el excedente de grano del cual vive y sobrevive una comunidad establecida. Era de lo más inesperado, puesto que, después de todo, el buey y el asno, como animales de tiro, habían ayudado a crear este excedente. (El Antiguo Testamento insiste cuidadosamente en que se les dé buen trato; por ejemplo, prohíbe al agricultor que coloque en la misma yunta a un buey y un asno para arar juntos, ya que éstos trabajan de manera distinta.) Mas hace aproximadamente cinco mil años, aparece un nuevo animal de tiro: el caballo. Y, sin punto de comparación, es más rápido, más fuerte y superior a cualquier animal precedente. Y a partir de ese momento se convierte en amenaza al excedente alimenticio de la aldea.

El caballo empezó como el buey, arrastrando carretas; pero con más categoría, tirando de las carrozas en los desfiles reales. Y entonces, alrededor del año 2000 a. de C., el hombre descubrió cómo matarlo. La idea debió ser tan inquietante en su época como en su día la de la invención de la máquina voladora. Entre otras cosas se requería de un caballo más grande y más fuerte (el caballo era originalmente un animal mucho más pequeño y, como la llama de Sudamérica, no podía soportar el peso de un hombre por mucho tiempo). Las tribus nómadas que criaban caballos fueron, consecuentemente, las primeras en montarlos formalmente. Eran hombres procedentes del Asia Central, Persia, Afganistán y más allá; en Occidente eran llamados simplemente escitas, nombre colectivo para denominar a una criatura nueva y aterradora, un fenómeno de la naturaleza.

Porque el jinete es visiblemente más que un hombre: su cabeza sobresale sobre las de los otros y se mueve con tal poder que atemoriza al mundo viviente. Cuando las plantas y los animales de la aldea fueron domesticados para el uso humano, el montar a caballo se convertía en algo más que un gesto humano: el acto simbólico del dominio sobre todo lo creado. Sabemos de esto a través del asombro y el pánico que volvería a sembrar el caballo en tiempos históricos, al destruir la caballería española a las tropas peruanas (que nunca habían visto un caballo) en 1532. Así, pues, mucho tiempo antes, los escitas eran el terror que arrasaba los países que desconocían la técnica de montar. Cuando los griegos vieron a los jinetes escitas creyeron que caballo y jinete eran un solo ser; así es como éstos inventaron la leyenda del centauro. Por cierto que el otro híbrido parcialmente humano producto de la imaginación griega, el sátiro, no era originalmente mitad cabra sino mitad caballo; tan profunda era la inquietud que evocaba esta rápida criatura procedente de Oriente.

No nos sería posible recapturar hoy día el terror que causó la aparición del caballo montado en el Oriente Medio in la Europa Oriental. Y esto es porque existe una diferencia de escala que sólo puedo comparar con la llegada de los tanques a Polonia en 1939, arrasando todo lo que tenían delante. Considero que la importancia del caballo en la historia de Europa ha sido siempre subestimada. En cierto sentido, la guerra se creó mediante el caballo, como una actividad nómada. Eso fue lo que trajeron los hunos, eso fue lo que trajeron los frigios y, finalmente; los mogoles, y fue llevada a un clímax bajo Gengis Khan, mucho tiempo después de manera particular, las hordas móviles transformaron la organización de la batalla. Concibieron una estrategia bélica diferente: una estrategia parecida a un juego bélico; ¡cómo gustan de jugar los hacedores de guerras!

La estrategia de la horda móvil depende de la maniobra, de la comunicación y de movimientos tácticos practicados que puedan amalgamarse en secuencias sorprendidas diferentes. Evocan estos juegos de guerra, que todavía se practican y que provienen del Asia, el ajedrez y el polo. La estrategia bélica ha sido siempre vista como un juego por aquellos que ganan las guerras. Y todavía hasta nuestros días se practica en Afganistán un juego llamado Buz Kashi, que se deriva de una especie de competición ecuestre llevada a cabo por los mogoles.

Los hombres que juegan el Buz Kashi son profesionales, es decir, perciben honorarios; y tanto ellos como los caballos son entrenados y retenidos simplemente por el lauro de la victoria. En cierta gran ocasión, trescientos hombres de distintas tribus se reunieron para competir, lo cual

no había ocurrido en los últimos veinte o treinta años, hasta que nosotros lo organizamos. En el juego de Buz Kashi, los contendientes no tornean equipos. El objeto del juego no es probar que un grupo es mejor que otro; sino encontrar un campeón. Existen campeones famosos del pasado que todavía se recuerdan. El presidente que supervisó este juego es un campeón retirado. El presidente transmite sus órdenes a través de un heraldo, quien puede ser también un jugador retirado, aunque menos distinguido. Donde esperaríamos ver una pelota, nos hallamos con un novillo decapitado. (Y este macabro juguete nos indica algo acerca del juego, tal como si los jinetes estuviesen divirtiéndose con la subsistencia de los granjeros.) El cadáver pesa aproximadamente treinta kilos, y el objeto del juego es asirlo, defendiéndolo de todos los adversarios, y cargarlo durante dos etapas. La primera de éstas consiste en cargar con el cadáver hasta la meta señalada con una bandera y darle la vuelta a la misma. Después, la etapa crucial es el regreso; cuando el jinete gira alrededor de la bandera, constantemente desafiado, y se encamina a la meta de salida, la cual es un círculo marcado en el centro de la multitud.

El juego va a ser ganado por un solo gol, por lo que no hay cuartel. No se trata de un evento deportivo; en las reglas no se encuentra ninguna indicación acerca de la limpieza en el juego. Las tácticas son puramente mogólicas, una disciplina violenta. Lo más asombroso del juego es precisamente lo que confundía a los ejércitos que se enfrentaban a los mogoles lo que semeja un zipizape feral es en realidad una maniobra que se disuelve repentinamente cuando el triunfador se aproxima a la meta.

Uno tiene la sensación de que la multitud se halla mucho más excitada y conmovida que los propios contendientes. Estos, en contraste, parecen interesados aunque fríos; cabalgan con una intensidad brutal y brillante; pero no les subyuga el juego sino la victoria. Sólo después de la contienda, el ganador se deja llevar por la emoción. Debió de haber pedido al presidente que reconociese su triunfo, y por olvidar esta norma del protocolo, pudo haber perdido el juego. Qué bueno es saber que el triunfo ha sido reconocido.

El Buz Kashi es un juego bélico. Lo que lo hace electrizante es la ética del jinete: cabalgar es una acción guerrera. Esta expresa la cultura monomaniaca de la conquista; el depredador posa como un héroe porque cabalga el torbellino. Pero el torbellino está vacío. Caballo o tanque, Gengis Khan o Hitler o Stalin, el torbellino sólo puede subsistir del trabajo de otros hombres. El nómada, en su último papel histórico como hacedor de guerras es un anacronismo y, peor aún, en un mundo que ha descubierto en los últimos doce mil años que la civilización la realizan los pueblos sedentarios.

A través de todo este ensayo se hace patente el conflicto entre los estilos de vida nómada y sedentario. Así, es adecuado a guisa de epitafio ir a la escarpada, ventiscosa e inhóspita meseta del Sultaniyeh en Persia, donde terminó el último intento de la dinastía mogólica de Gengis Khan por hacer de la vida nómada la forma suprema de ésta. El caso es que la invención de la agricultura, doce mil años atrás, no estableció ni confirmó, por sí misma, la forma sedentaria de vida. Por el contrario, la domesticación de animales que vino con la agricultura daría nuevo vigor a las economías nómadas: la domesticación de ovejas y cabras, por ejemplo, pero muy especialmente la posterior doma del caballo. Fue éste el que diera a las hordas mogólicas de Gengis Khan el poder y la organización para la conquista de China y de los estados musulmanes, y así alcanzar las puertas de Europa central.

Gengis Khan fue un nómada y el inventor de una poderosa maquinaria bélica; y esta conjunción destaca algo importante sobre los orígenes de la guerra en la historia humana. Es por supuesto tentador el cerrar los ojos a la historia especular en cambio acerca de los orígenes de la guerra, con base en algún posible instinto animal: como si, al igual que el tigre, tuviésemos todavía que matar para sobrevivir, o, como el petirrojo, para defender el territorio nidal. Mas la guerra, la guerra organizada, no es un instinto humano. Es una forma de robo altamente planificada y coordinada. Y este sistema de robo se inició hace diez mil años, cuando los agricultores de trigo acumularon excedentes y los nómadas surgieron del desierto para robarles algo de lo que ellos mismos no podían proveerse. Hemos visto pruebas de lo anterior en la ciudad amurallada de Jericó y en su torre prehistórica. Este es el comienzo de la guerra.

## La cosecha de las estaciones

Gengis Khan y su dinastía mogólica habían de traer esa forma de vida bandolera a nuestro propio milenio. De los años 1200 a 1300 a. de C., realizaron una intentona casi final por establecer la supremacía del ladrón improductivo, el que, de manera cobarde, arrebató al campesino (quien no tiene adónde huir) las reservas que acumula la agricultura.

No obstante, ese intento fracasó. Y fracasó porque, a fin de cuentas, no les quedaba otro recurso a los mogoles que el adoptar el estilo de vida del pueblo conquistado. Cuando hubieron conquistado a los musulmanes, se convirtieron en musulmanes. Se tornaron sedentarios, porque el robo y la guerra no son un estado permanente que pueda ser sostenido. Por supuesto, los restos de Gengis Khan eran todavía transportados y tratados como una reliquia por los ejércitos en el campo de batalla. Pero su nieto Kublai Khan era ya un monarca constructivo y sedentario en China; recordad el poema de Coleridge:

*Kubla Khan en Xanadu,  
cúpula soberbia construyó.*

El quinto heredero en la sucesión de Gengis Khan fue el sultán Oljeitu, quien arribó a esta meseta prohibida de Persia para edificar una nueva gran ciudad capital: Sultaniyeh. Lo único que persiste de ésta es su propio mausoleo, inspiración posterior para buena parte de la arquitectura musulmana. Oljeitu fue un monarca liberal que atrajo a este lugar a gente de todas partes del mundo. El mismo fue cristiano, después budista y, finalmente, musulmán, y en esta corte intentó firmemente establecer una corte universal. Esta fue la única aportación del nómada a la civilización; reunió las culturas de los cuatro rincones del mundo, las fundió, y las envió de nuevo a fertilizar la tierra.

Resulta irónico que al final de la tentativa por el poder aquí, por parte de los mogoles nómadas, al morir Oljeitu, se le conociera como Oljeitu el Constructor. El hecho es que la agricultura y el estilo sedentario de vida eran ya pasos firmes en el ascenso del hombre y habían establecido un nivel nuevo para dar forma a la armonía humana que había de fructificar en el futuro mediano: la organización de la ciudad.

### 3 LA VETA EN LA PIEDRA

*En su mano  
El tomó el Compás de oro, preparado  
En la tienda Eterna de Dios, para circunscribir  
Este Universo y todas las cosas creadas:  
Una punta centró y giró la otra  
Rodeando toda la vasta profundidad oscura,  
Y dijo «tan lejos lo extiende, tan lejos tus confines;  
Sea esta tu Circunferencia justa, Oh Mundo»*

*Milton, El paraíso perdido, libro VII*

John Milton describió, y William Blake pintó, la formación de la Tierra en un solo movimiento circular del compás de Dios. Pero esta es una imagen demasiado estática de los procesos de la naturaleza. La Tierra ha existido durante más de cuatro mil millones de años. A lo largo de todo este tiempo, ha sido formada y cambiada por un doble efecto. Las fuerzas ocultas en el seno de la Tierra han pandeado sus estratos y elevado y desplazado masas de suelo. Y en la superficie, la erosión causada por la nieve, la lluvia y la tormenta, por el arroyo y el océano, por el sol y el viento, han labrado una arquitectura natural.

Asimismo, el hombre se ha convertido en arquitecto de su medio circundante, pero carece de dominio sobre fuerzas tan poderosas como las de la naturaleza. Su método ha consistido en seleccionar y probar: una aproximación intelectual en la que la acción depende de la comprensión. He venido a seguir huellas de su historia a través de las culturas del Nuevo Mundo, más jóvenes que las de Europa y Asia. Centré mi primer ensayo en el África ecuatorial, porque fue ahí donde el hombre comenzó, y mi segundo ensayo en el Cercano Oriente, porque allí se inició la civilización. Es ahora el momento de recordar que el hombre también alcanzó otros continentes en su largo caminar sobre la Tierra.

El cañón de Chelly en Arizona es un valle hermético y secreto que ha sido habitado casi ininterrumpidamente por una tribu indígena tras otra durante dos milenios, desde el nacimiento de Cristo; más que cualquier otro sitio de América del Norte. Sir Thomas Browne escribió esta vívida sentencia: «Los cazadores se han levantado en *América*, y han pasado ya de su primer sueño en *Persia*». En la época del nacimiento de Cristo, los cazadores se establecían como agricultores en el cañón de Chelly y recorrían el mismo camino en el ascenso del hombre antes andado por los pueblos de la zona fértil del Oriente Medio.

¿Por qué se inicia la civilización en el Nuevo Mundo mucho después que en el Viejo? Evidentemente porque el hombre arriba mucho tiempo después al Nuevo Mundo. Llegó antes de que se inventasen los barcos, lo cual implica que se desplazó a pie enjuto sobre el Estrecho de Bering cuando constituía un amplio puente de tierra durante la última Glaciación. Esta evidencia glaciológica apunta hacia dos posibles épocas en las cuales el hombre se trasladaría desde los promontorios del extremo oriental del Viejo Mundo, más allá de Siberia, hasta los desolados parajes de Alaska occidental en el Nuevo Mundo. El primer período sería entre los 28.000 y 23.000 a. de C., y el segundo entre 14.000 y 10.000 a. de C. Después, el deshielo de los glaciares elevaría el nivel del mar varios cientos de metros, dejando aislados, por tanto, a los habitantes del Nuevo Mundo.

Esto significa que el hombre llegó a América procedente de Asia no hace menos de diez mil años ni más de treinta mil. Y no llegó necesariamente en una sola oportunidad. Existe

## La veta en la piedra

evidencia en hallazgos arqueológicos (como construcciones y herramientas primitivas) del arribo a América de dos corrientes culturales separadas. Y, lo más significativo para mí, es que existe una prueba biológica sutil pero convincente, que sólo puedo interpretar como indicadora de que el hombre llegó en dos migraciones pequeñas y sucesivas.

Las tribus indígenas de Norte y Sudamérica no contienen todos los grupos sanguíneos que se encuentran en poblaciones en otros lugares. Esto descubre una posibilidad de mirar a sus antepasados a través de esta inesperada rareza biológica. Pues los grupos sanguíneos se heredan de manera que, en toda una población, proporcionan un registro genético del pasado. La ausencia total del grupo sanguíneo A en una población implica, con virtual certidumbre, que sus ancestros tampoco lo poseían; y lo mismo ocurre con el grupo sanguíneo B. Y este es el estado real de las cosas de América. Las tribus de Centro y Sudamérica (en el Amazonas, por ejemplo, en los Andes y en Tierra del Fuego) pertenecen enteramente al grupo sanguíneo O; también algunas tribus de América del Norte. Otras (entre ellas la de los sioux, los chippewa y los indígenas de Pueblo) contienen el grupo sanguíneo O mezclado en un diez o quince por ciento con el grupo A.

En suma, la evidencia muestra que no hay grupo sanguíneo B en ningún punto de América, como lo hay en la mayor parte del mundo. En Centro y Sudamérica, toda la población indígena original pertenece al grupo sanguíneo O. En América del Norte a los grupos O y A. No encuentro manera razonable de interpretar esto sino dando por sentado que una primera migración pequeña de un grupo emparentado entre sí (todos de grupo sanguíneo O) llegó a América, se multiplicó y diseminó en dirección sur. Vendría después una segunda migración, igualmente de pequeños grupos, esta vez conteniendo tanto el grupo A exclusivo como la mezcla de los grupos A y O, quienes los siguieron solamente hasta América del Norte. Por tanto, los indígenas de esta parte de América corresponden a esta última migración y son, comparativamente hablando, inmigrantes tardíos.

La agricultura en el cañón de Chelly refleja esta demora. Aunque el maíz ha sido cultivado por mucho tiempo en Centro y Sudamérica, aquí sólo hace su aparición hacia la época de Cristo. La gente es muy sencilla, no tienen casas, viven en cuevas. Cerca del año 500 d. de C. se introduce la cerámica. Excavan habitaciones dentro de las cuevas y las cubren con un tejado moldeado de arcilla o adobe. Y esta etapa permanece inmutable en el cañón hasta cerca del año 1000 d. de C., cuando la gran civilización Pueblo inicia el uso de la mampostería.

Estoy efectuando una diferenciación fundamental entre la arquitectura como moldeado y la arquitectura como montaje de piezas. Esto parece una distinción muy simplista: la choza de barro, la mampostería pétreo. Mas de hecho representa una diferencia intelectual básica y no sólo técnica. Y creo que es uno de los pasos más importantes dados por el hombre, dondequiera y cuando quiera lo haya dado la diferencia entre la acción moldeadora de la mano y la acción manual de dividir o analizar.

Parece la cosa más natural del mundo el tomar alguna arcilla y darle forma de pelota, de estatuilla, de vasija o de habitación. Inicialmente pensamos que, por esto, la configuración de la naturaleza nos ha sido dada. Pero es obvio que esto no es así. Esta es la forma dada por el hombre. La vasija refleja la mano humana ahuecada en forma de copa; la habitación refleja la acción moldeadora del hombre. Y nada se ha descubierto de la propia naturaleza cuando el hombre le impone estas formas artísticas cálidas, redondas, femeninas. Lo único que reflejamos es la forma de nuestra propia mano.

Pero existe otra acción de la mano humana que es diferente y opuesta. Esta es la división de madera o piedra, por cuya acción la mano (armada de una herramienta) prueba y explora bajo la superficie, con lo que se convierte en un dispositivo de descubrimiento. Representa un gran paso intelectual de avance cuando el hombre divide un trozo de madera o una piedra y deja al descubierto la huella impuesta por la naturaleza antes de él partirla. Los indígenas de Pueblo encontraron este paso en los riscos de piedra arenisca roja que se elevan a varios cientos de

## La veta en la piedra

metros sobre los asentamientos de Arizona. Los estratos tabulares estaban allí para ser cortados; y los bloques fueron acomodados en la misma forma en que habían estado en los riscos del Cañón de Chelly.

Desde tiempos remotos; el hombre construyó herramientas labrando la piedra. En ocasiones la piedra tenía una veta natural; en otras, quina la trabajaba creaba las líneas de corte, aprendiendo cómo golpearla. Es posible que la idea surgiera, en primer lugar, de partir madera, que es un material de estructura visible que se abre con relativa facilidad a lo largo de su veta, aunque es difícil de partir en sentido contrario. Y desde ese principio tan simple, el hombre franqueó la naturaleza de las cosas y descubrió las leyes que la estructura dicta y revela. Ya no se impone la mano en la forma de las cosas. En cambio, se convierte en instrumento de descubrimiento y placer al mismo tiempo, en lo cual la herramienta trasciende de su uso inmediato y nutra en lo material y revela las cualidades y las formas que yacen ocultas en él. Como un hombre que corta un cristal, encontramos en la forma interior las leyes secretas de la naturaleza.

La noción del descubrimiento de un orden subyacente en la materia constituye para el hombre un concepto fundamental para la exploración de la naturaleza. La arquitectura de las cosas revela una estructura bajo la superficie, una veta oculta que, al ser dejada al descubierto, hace posible el desmontar formaciones naturales y montarlas en nuevas disposiciones. Este es para mí el paso en el ascenso del hombre en que se inicia la ciencia teórica. Y es tan inherente a la manera en que el hombre concibe sus propias comunidades como lo es a su concepción de la naturaleza.

Los seres humanos nos agrupamos en familias, las familias en conjuntos de parientes, los conjuntos de parientes en clanes, los clanes en tribus, las tribus en naciones. Y este sentido de jerarquía, de una pirámide en que una capa descansa sobre otra, rige todas las formas con que visualizamos la naturaleza. Las partículas fundamentales conforman el núcleo, los núcleos se unen en átomos, los átomos en moléculas, las moléculas en bases, las bases dirigen el montaje de los aminoácidos, los aminoácidos dan forma a las proteínas. Volvemos a encontrar en la naturaleza algo que parece corresponder profundamente a la forma en que incorporamos nuestras propias relaciones sociales.

El cañón de Chelly es una suerte de microcosmo de culturas, y alcanzó su apogeo cuando los habitantes de Pueblo construyeron las grandes estructuras poco después del año 1000 d. de C. Estas representan no sólo una comprensión de la naturaleza del trabajo en piedra, sino de las relaciones humanas; pues los habitantes de Pueblo crearon aquí y en otros sitios una especie de ciudad en miniatura. Las viviendas en los riscos se encontraban a veces a lo largo de cinco o seis series de gradas o terraplenes y los techos de aquéllas descansaban sobre el terraplén inmediato. El frente era plano con el risco y la parte posterior se apoyaba en éste. Estos grandes complejos arquitectónicos están en ocasiones sobre terrenos planos de 10.000 a 15.000 m<sup>2</sup>, y constan de cuatrocientas habitaciones o más.

Las piedras conforman un muro, los muros una casa, las casas dan forma a las calles y éstas a una ciudad. Una ciudad está formada por piedras y por gente; mas no es sólo un acervo de piedras ni simplemente un conglomerado humano. En la transición de pueblo a ciudad, surge una nueva organización comunal basada en la división del trabajo y en eslabones de jerarquía. La manera de revivir esto es caminando por las calles de una ciudad desconocida, de una cultura que ha desaparecido.

Machu Picchu se encuentra en los altos Andes, en Sudamérica, a más de 2600 metros de altura. Fue construida por los incas durante el apogeo de su imperio, hacia el 1500 d. de C. o un poco antes (casi exactamente cuando Colón llegaba a las Indias Occidentales), cuando la planificación de una ciudad constituía su mayor proeza. Cuando las tropas españolas conquistaron y saquearon el Perú en 1.532, no repararon por alguna razón en Machu Picchu ni

## La veta en la piedra

en sus ciudades aledañas. Pasaría inadvertida los siguientes cuatrocientos años, hasta que un día de invierno en 1911, Hiram Bingham, joven arqueólogo de la Universidad de Yale, tropezó con ella. Para entonces llevaba siglos abandonada y estaba descarnada como un hueso. Pero en aquel esqueleto de una ciudad reside la estructura de toda civilización urbana en toda época, en cualquier parte del mundo.

Una ciudad debe vivir sobre una base, sus tierras de cultivo, y una rica y abundante agricultura; y la base evidente de la civilización inca fue el cultivo en terrazas. Por supuesto que hoy día no crece más que hierba en las peladas terrazas, pero hubo un tiempo en que aquí se cultivaba la patata (producto originario del Perú) y el maíz – desde hacía tiempo cultivado – que procedía en primer lugar del norte. Como esta era una ciudad ceremonial de alguna clase, no hay duda de que cuando el Inca la visitaba se cultivaban para él plantas tropicales propias del clima, como la coca, hierba intoxicante reservada para uso exclusivo de la aristocracia incaica y de la cual derivamos la cocaína.

Central a la cultura de terrazas es un sistema de riego. Es esto lo que los imperios preincaico e incaico realizaron; el riego se distribuye por las terrazas, a través de canales y acueductos, atravesando las grandes hondonadas, se introduce en el desierto hacia el Pacífico y lo hace florecer. Al igual que en la zona fértil de Jericó, donde lo más importante era el control del agua, la civilización inca del Perú estaba cifrada en el control del riego.

Un gran sistema de riego que se extienda a lo largo y a lo ancho de un imperio requiere de una férrea autoridad central. Así fue en Mesopotamia. Así en Egipto. Así en el imperio de los Incas. Y ello significa que esta ciudad y todas las de la zona descansaban sobre una base indivisible de comunicación, por medio de la cual la autoridad podía hacerse presente y ser escuchada en todas partes, dictando órdenes y recabando información desde un centro determinado. Tres inventos sostenían la red de autoridad: los caminos, los puentes (en un paraje tan feraz como este) y los mensajes. Llegaban hasta un centro aquí cuando el Inca aquí estaba, y de él partían hacia afuera. Estos son los tres eslabones mediante los cuales toda ciudad se enlaza con las demás y los cuales, para nuestra sorpresa, nos percatamos de que son diferentes en esta ciudad.

En un gran imperio, caminos, puentes, mensajes son siempre inventos avanzados, porque, de ser suprimidos, la autoridad se quebrantaría: en los tiempos modernos son el primer blanco típico en una revolución. Sabemos que el Inca los cuidaba mucho. Empero, en los caminos no había ruedas, no había arcos bajo los puentes, los mensajes no eran escritos. La cultura de los incas no había realizado tales inventos hacia el año 1500 d. de C. Esto se debe a que la civilización en América se inició con varios miles de años de retraso y fue conquistada antes de disponer de tiempo suficiente para realizar todos los inventos del Viejo Mundo.

Resulta muy extraño que una arquitectura que movió grandes piedras de construcción sobre rodillos no pudiese acertar con el uso de la rueda; olvidamos que lo radical con respecto de la rueda es el eje fijo. Parece peculiar el construir puentes de suspensión y no acertar con el arco. Aunque lo más extraño de todo es que una civilización que llevó un registro cuidadoso de información numérica, no lo pusiera por escrito. (El Inca era tan iletrado como el más pobre de sus ciudadanos, o tanto como el granuja español que lo derrocó.)

Los mensajes a modo de datos numéricos llegaban al Inca en trozos de cuerda llamados *quipus*. El *quipu* sólo registra números (con nudos arreglados como nuestro sistema decimal), y me gustaría afirmar como matemático, que los números son simbólicamente tan informativos y humanos como las palabras; mas no lo son las cifras que describían la vida de un hombre en el Perú se encontraban en una especie de tarjeta perforada al revés, una tarjeta computadora *braille* en forma de cuerda anudada. Cuando se casaba se movía la cuerda a otro lugar en el grupo familiar. Todo lo que era acumulado por los ejércitos, graneros y bodegas del Inca, era anotado en estos *quipus*. El hecho es que el Perú se había convertido ya en la pavorosa metrópoli del futuro, almacén de memoria en que un imperio registra los actos de cada ciudadano, le sostiene, le asigna sus trabajos y lo guarda todo impersonalmente en forma de cifras.



## La veta en la piedra

Era una estructura social notablemente circunscrita. Cada ciudadano tenía su lugar; cada uno tenía sus necesidades cubiertas; y cada uno – campesino, artesano o soldado – trabajaba para un solo hombre: el Inca supremo. Este era la cabeza civil del estado y también la encarnación religiosa de la divinidad. Los artesanos que con tanto primor grabaron en piedra la representación simbólica del enlace del sol con su dios y monarca, el Inca, trabajaban para él.

De modo que, necesariamente, se trataba de un imperio extraordinariamente frágil. En menos de un siglo, a partir de 1438, los incas habían conquistado cinco mil kilómetros a lo largo de la costa, casi todo lo comprendido entre los Andes y el Pacífico. Sin embargo, en 1532, un aventurero español prácticamente iletrado, Francisco Pizarro, irrumpía en el Perú con solamente sesenta y dos espeluznantes caballos y ciento seis soldados de infantería; y de un día para otro conquistó el gran imperio. ¿Cómo? Cortando la cúspide de la pirámide: capturando al Inca. Y a partir de ese momento, el imperio se hundió y las ciudades, las bellas ciudades quedaron al descubierto para los ladrones del oro y los buitres.

Mas, por supuesto, una ciudad es más que una autoridad central. ¿Qué es una ciudad? Una ciudad es gente. Una ciudad tiene vida. Es una comunidad cuya vida se cifra en la agricultura, tanto más rica que una aldea, que puede mantener el sostenimiento de toda clase: de artesanos y hacer de éstos especialistas de por vida.



*Figura 12. Los templos griegos fueron construidos en ángulos rectos, siempre en escuadra. Templo de Poseidón en Pesto, en el sur de Italia. Las dos hileras de columnas constituyen un sistema para aligerar la estructura.*

Los especialistas han desaparecido, su obra ha sido destruida. A los hombres que forjaron Machu Picchu – el herrero, el orfebre, el tejedor, el alfarero – les ha sido robado su trabajo, las telas se han podrido; el bronce se ha averiado, el oro ha sido robado. Lo único que perdura es la labor de los albañiles, la bella labor artesanal de los hombres que edificaron la ciudad; pues los hombres que edifican una ciudad no son los incas sino los artesanos. Aunque, naturalmente, si usted trabaja para el Inca (como para cualquier otro hombre), éste dirige según su gusto y usted no inventa nada. Estos hombres continuaron trabajando con la viga hasta el fin del imperio; nunca inventaron el arco. Esta es la medida del retraso entre el Nuevo Mundo y el viejo, por que este es precisamente el punto en que se encontraban los griegos dos milenios antes y en que, igualmente, se detuvieron.

Paestum (Paestum), en el sur de Italia, fue una colonia griega cuyos templos son más antiguos que el Partenón: datan de cerca del año 500 a. c. su río se ha sedimentado y se encuentra actualmente separado del mar por compactos bancos de sal. Pero su gloria espectacular subsiste todavía pese a que fue saqueada por piratas sarracenos en el siglo noveno, y por los cruzados en el undécimo, Paestum en ruinas es una de las maravillas de la arquitectura griega.

## La veta en la piedra

Pesto es contemporánea del inicio de la matemática griega; Pitágoras enseñó en el exilio en otra colonia griega, Crotona, no lejos de aquí. Al igual que la matemática del Perú dos mil años después, los templos griegos fueron construidos en ángulos rectos, siempre en escuadra. Los griegos tampoco inventaron el arco, y, en consecuencia, sus templos son avenidas apiñadas de columnas. Parecen despejados ahora que los vemos como ruinas, pero en realidad son monumentos sin espacios. Esto se debe a que tenían que unir los espacios por medio de vigas, y el tramo que puede ser sostenido por una viga plana está limitado por la fuerza de ésta.

Si analizamos la tensión en una computadora, podremos ver que la tensión sobre la viga se incrementa cuanto más separamos las columnas. Cuanto más larga es la viga, mayor es la compresión que produce su peso en la cima y mayor la tensión que produce en la base. Y la piedra bajo tensión es débil; las columnas no se desplomarán por que se encuentran comprimidas, pero las vigas fallarán cuando la tensión se torne demasiado intensa. Y fallarán en la base, a no ser que las columnas estén muy próximas entre sí.

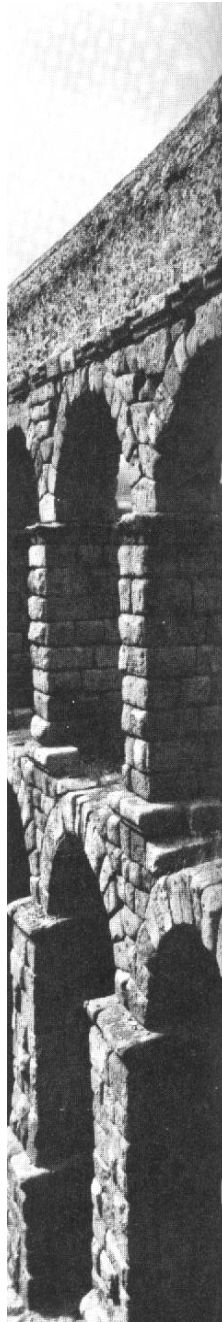
Los griegos podían ser ingeniosos aligerando la estructura con el uso, por ejemplo, de dos hileras de columnas. Pero tales artificios fueron solamente provisionales; básicamente no podían ser superadas sin un nuevo invento. La piedra, como la geometría, fascinaba a los griegos; resulta un enigma el que no concibieran el arco. Pero el hecho es que el arco es un invento ingenieril y es, correspondientemente, el descubrimiento de una cultura más práctica y plebeya que la de Grecia o la del Perú.

El acueducto de Segovia en España fue construido por los romanos hacia el año 100 d. de C., durante el reinado del emperador Trajano. Transporta las aguas del río Frío, desde la sierra alta que dista quince kilómetros. El acueducto cruza el valle a lo largo de casi un kilómetro y consta de más de cien arcos semicirculares sostenidos por una doble hilera de columnas, hechos de bloques de granito apilados sin cal o cemento. Sus proporciones colosales atemorizaban tanto a españoles y moros de épocas posteriores y más supersticiosas, que le denominaron *El puente del diablo*.

La estructura nos parece prodigiosa y espléndida, fuera de proporción en su función de transportar agua. Pero ello se debe a que nosotros obtenemos agua al accionar un grifo, olvidando levemente los problemas universales de la civilización citadina. Toda cultura avanzada que concentra a sus hombres más hábiles en las ciudades depende de la clase de invento y organización que denota el acueducto romano de Segovia.

Los romanos no inventaron el arco de piedra desde un principio, sino como una construcción moldeada a base de una especie de concreto. El arco es, estructuralmente, un método de atravesar un espacio en donde el peso no sea mayor en el centro que en los costados; el peso se distribuye uniformemente a todo lo largo. Por esta razón, el arco se puede elaborar en partes: con bloques de piedra separados a los que el peso comprime. En este sentido, el arco representa el triunfo del método intelectual que divide la naturaleza en piezas y las reúne en combinaciones nuevas y más poderosas.

Los romanos siempre dieron al arco forma semicircular; poseían una forma matemática que funcionaba bien y no se inclinaban por la experimentación. El círculo se mantuvo como fundamento del arco incluso cuando pasó a producirse en forma masiva en los países árabes. Esto es manifiesto en la arquitectura religiosa y enclaustrada que empleaban los moros; por ejemplo, en la gran mezquita de Córdoba, también en España, construida en 785 d. de C, después de la conquista árabe. Se trata de una estructura más espaciosa que la del templo griego de Pesto, aunque es evidente que pasó por dificultades semejantes; es decir, una vez más, está recargada de albañilería de la que únicamente podría librarse mediante un nuevo invento.



*Figura 13. El arco es el descubrimiento de una cultura práctica y plebeya.  
"El puente del diablo", acueducto de Segovia.*

Los descubrimientos teóricos que acarreen consecuencias radicales se hacen patentes, en general, de manera sorprendente y original a la vez. Mas los descubrimientos prácticos, pese a que resulten ser de mayor alcance, tienen con frecuencia una apariencia más modesta y menos trascendental. Con el fin de romper las limitaciones del arco romano, hizo su aparición una innovación estructural proveniente posiblemente de fuera de Europa, y que arribó al principio casi a hurtadillas. El invento consiste en una nueva forma de arco basada no en el círculo, sino en el óvalo. Esto no parece ser un gran cambio; no obstante, su efecto en la articulación de los edificios es espectacular. Naturalmente, un arco en punta es más alto y, por tanto, proporciona más luz y espacio. Pero, mucho más importante, la presión que ejerce el arco gótico hace posible el sostenimiento del espacio de una manera nueva, como en Reims. se quita peso de los

## La veta en la piedra

muros, lo cual hace posible instalar vitrales, y el efecto total consiste en que el edificio cuelga, como una jaula, de un techo arqueado. El interior del edificio es despejado, por que el esqueleto está en el exterior.

John Ruskin describe admirablemente el efecto del arco gótico.

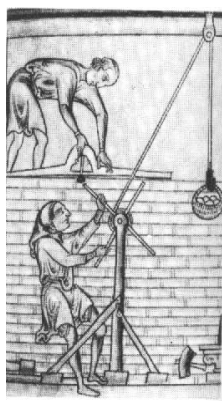
*Los edificios egipcios y griegos se mantienen, fundamentalmente, por su propio peso y masa, reposando pasivamente una piedra sobre otra; pero en las cúpulas y tracerías góticas se aprecia una solidez análoga a la de los huesos de un miembro o las fibras de un árbol; una tensión elástica y una comunicación de fuerza de una a otra parte, así como una expresión estudiosa de esto a través de cada línea visible del edificio.*

De todos los monumentos a la humana impudencia, no hay ninguno que iguale a estas torres de tracería y vidrio, surgidas a la luz en el norte de Europa antes del año 1200. La construcción de estos enormes, desafiantes monstruos constituye un logro imponente de la previsión humana o mejor aún debería decir – ya que su edificación fue anterior a cualquier conocimiento matemático relacionado con la computación de fuerzas – de la penetración humana. Desde luego que esto no ocurrió sin errores y algunos fracasos considerables. Pero lo que debe asombrar más a los matemáticos con respecto a las catedrales góticas, es lo sólida que era tal penetración, lo sutil y racionalmente que progresó desde la experiencia de una estructura a la siguiente.

Las catedrales fueron construidas por común acuerdo en los habitantes de las ciudades y edificadas para ellos por albañiles comunes. Están prácticamente al margen de la arquitectura práctica corriente en aquella época y, sin embargo, la improvisación en ellas se torna en constante inventiva. En el sentido mecánico, el diseño cambió el arco romano semicircular por el puntiagudo arco gótico, de tal manera que la tensión pasa por el arco hacia la parte exterior del edificio. Y así, también en el siglo doce, se dio la conversión repentina y revolucionaria de éste en el medio arco: el contrafuerte volante. La tensión corre por éste al igual que por mi brazo cuando levanto la mano y empujo contra el edificio tal como si lo estuviese sosteniendo: no hay albañilería donde no hay tensión. No se añadió ningún principio arquitectónico básico a ese realismo hasta la invención de los edificios de acero y concreto.

Uno tiene la sensación de que los hombres que concibieron estas grandes edificaciones estaban obsesionados con su reciente descubrimiento, mediante el cual controlaban la fuerza de la piedra. ¿De qué otra forma podría explicarse el que se propusieran construir bóvedas de cuarenta y cincuenta metros en una época en que no sabían calcular la tensión? Así, pues, la bóveda de cincuenta metros de altura, en Beauvais, a menos de ciento cincuenta kilómetros de Reims, se vino abajo. Tarde o temprano, los constructores habían de afrontar algún desastre: existe una limitación física al tamaño, aún en las catedrales. Y cuando la cúpula de Beauvais se desplomó en 1284, algunos años después de su terminación, la gran aventura gótica había de moderarse: nunca más se volvería a intentar una estructura tan alta como ésta. (Sin embargo, el diseño empírico puede haber sido apropiado; es probable que el suelo de Beauvais simplemente no fuera lo suficientemente sólido como para resistir la edificación) sin embargo, la cúpula de 40 metros de Reims se sostuvo. Y de 1250 en adelante, Reims se convirtió en un centro artístico de Europa.

El arco, el contrafuerte, el domo o la cúpula (el cual es una suerte de arco en rotación) no constituyen las últimas etapas en la conversión de las tendencias de la naturaleza a nuestros usos. Pero lo que está más allá deberá tener unas tendencias más suaves: tendremos que mirar ahora las limitaciones propias del material. Es como si la arquitectura cambiase su enfoque al mismo tiempo que la física, al nivel microscópico de la materia. En efecto, el problema moderno no es ya el de diseñar una estructura a partir de los materiales, sino el de diseñar los materiales para una estructura.



*Figura 14.* Los albañiles llevaban consigo un equipo de herramientas livianas. La vertical se fijaba con una plomada; y la horizontal se fijaba, no con el nivel de burbuja, sino con una plomada unida a un ángulo recto.  
*Albañiles trabajando, siglo XIII.*

Los albañiles llevaban en mente un cúmulo, no tanto de normas cuanto de ideas, que crecía con la experiencia entre una y otra obra. Llevaban también consigo un equipo de herramientas livianas. Por medio de compases diseñaban la forma oval de las bóvedas y los círculos de los rosetones. Marcaban las intersecciones con calibradores para alinearlas y encajarlas en patrones repetibles. Las líneas verticales y horizontales se relacionaban mediante la escuadra en T, ya empleada por los matemáticos griegos, utilizando el ángulo recto (ver pág. 64). Es decir, la vertical se fijaba con una plomada; y la horizontal se fijaba no con el nivel de burbuja, sino con una plomada unida a un ángulo recto.

Los constructores ambulantes formaban una aristocracia intelectual (como la que formarían los relojeros quinientos años después) y podían recorrer toda Europa, seguros de ser bien recibidos y de obtener trabajo; se autonombraban *francmasones* ya en el siglo catorce. La habilidad que portaban en sus manos y en sus mentes parecía a los demás tanto un misterio como una tradición, un fondo secreto de conocimientos que se mantendría al margen del rígido formalismo universitario de la época. Cuando el trabajo de los masones empezó a agotarse, durante el siglo diecisiete, decidieron admitir miembros honorarios, quienes solían creer que su arte se remontaba a las pirámides. Esta no era en realidad una leyenda halagüeña, ya que las pirámides fueron construidas mediante una geometría mucho más primitiva que la empleada en las catedrales.

No obstante, existe en la visión geométrica algo que es universal. Permítaseme explicar mi preocupación por estas bellas obras arquitectónicas, tales como la catedral de Reims, ¿Qué relación guarda la arquitectura con la ciencia?. Y, particularmente, ¿qué relación guarda con la ciencia en la interpretación que de ésta se tenía a principios del siglo veinte, cuando la ciencia era sólo cifras: el coeficiente de expansión de este metal, la frecuencia de aquel oscilador?

El meollo del asunto estriba en que nuestro concepto actual de ciencia, a fines del siglo veinte, ha cambiado radicalmente. Hoy en día concebimos la ciencia como una descripción y explicación de las estructuras subyacentes de la naturaleza; y palabras como *estructura, diseño, plano, disposición, arquitectura* aparecen constantemente cada vez que tratamos de hacer una descripción. Yo he vivido con esto, por casualidad, a lo largo de mi existencia, lo cual me produce un placer especial: el tipo de matemática que he realizado desde mi infancia es geométrico. Sin embargo, no se trata ya de una cuestión de gusto personal o profesional, puesto que hoy por hoy constituye el lenguaje cotidiano de la explicación científica. Hablamos de cómo se unen los cristales, de cómo los átomos están formados por sus componentes y, sobre todo, de cómo las moléculas vivas están constituidas de sus partes. La estructura espiral del DNA se ha convertido en la imagen más vívida de la ciencia en los últimos años. Y esa imagen vive en estos arcos.

¿Qué hizo la gente que intervino en esta y otras construcciones? Tomaron un montón de piedras inertes, que no constituyen una catedral, y le dieron la forma de ésta, explotando las fuerzas naturales de la gravedad, la propia naturaleza de la disposición de las capas de suelos, la brillante invención del contrafuerte volante y del arco, y así sucesivamente. Y crearon una estructura que surgió del análisis de la naturaleza, originando esta magnífica síntesis. El tipo de hombre que se interesa hoy por la arquitectura de la naturaleza constituye el equivalente de aquél que creó tal arquitectura hace casi ochocientos años. Entre otros dones que hacen único al hombre entre los animales, se destaca el que aquí podemos detectar por doquiera: el gran placer que experimenta al ejercitar y avanzar sus propias habilidades.

Un adagio popular en filosofía reza que la ciencia es análisis puro o reduccionismo, algo parecido a fragmentar el arco iris; y que el arte es síntesis pura, como el volver a unir los fragmentos del arco iris. Esto no es verdad. La imaginación parte del análisis de la naturaleza. Miguel Angel afirmó esto vívidamente, implícitamente, mediante su obra escultórica (notándose especialmente en las esculturas que dejó sin terminar) y que también expresó explícitamente en sus sonetos sobre el acto creativo.

*Cuando aquello que es divino en nosotros intenta  
dar forma a un rostro, cerebro y mano se unen  
para dar, partiendo de mero modelo frágil y leve,  
vida a la piedra por la energía libre del Arte.*

«Cerebro y mano se unen»: el material se impone a través de la mano, prefigurando la forma de la obra para el cerebro. Al igual que el albañil, el escultor persigue la forma dentro de la naturaleza, y para él ésta ya se encuentra ahí. Este principio es constante.

*Los mejores artistas no intentan mostrar  
lo que la dura roca en su cubierta no encierra:  
romper el hechizo del mármol  
es todo lo que la mano, sierva del cerebro, puede hacer.*

En la época en que Miguel Angel esculpía la cabeza de Bruto, otros hombres se encargaban de extraer el mármol para él. Pero Miguel Angel se había iniciado como cantero en Carrara, y aún sentía que el martillo en manos de ellos y en las suyas golpeaba la roca para extraer de ésta una forma que ya se encontraba allí

Los canteros trabajan ahora en Carrara para los escultores modernos que vienen a este sitio: Marino Marini, Jacques Lipchitz y Henry More. Sus descripciones de la propia obra no son tan poéticas como la de Miguel Angel, pero contienen el mismo sentir. Las reflexiones de Henry More son particularmente significativas en tanto se refieren al primer genio de Carrara.

*Para empezar, como joven escultor, yo no podía comprar piedra cara, y conseguía la mía buscando en canteras, hasta que encontraba alguna que denominaban «inútil» Entonces tenía que pensar, en la misma forma en que debió haberlo hecho Miguel Angel, de modo que debía esperar hasta que me viniera alguna idea que se ajustara a la forma de la piedra, es decir, una idea que se percibía en aquel bloque.*

Por supuesto que no puede ser literalmente cierto que lo que el escultor imagina y esculpe ya se encuentra ahí, oculto en el bloque. Y, sin embargo, la metáfora es veraz en cuanto a la relación de descubrimiento que existe entre el hombre y la naturaleza; y es significativo que los filósofos de la ciencia (Leibniz en particular) hayan recurrido a la misma metáfora de la mente estimulada por una veta en el mármol. En cierto sentido, todo lo que descubrimos ya se encuentra ahí: tanto una figura esculpida como la ley de la naturaleza se hallan concentradas en el material bruto. Mientras que en otro sentido, lo que el hombre descubre es descubierto *por él*; no adquiriría exactamente la misma forma en manos de otro: ni la figura escultórica ni la ley de la naturaleza resultarían en copias idénticas al ser producidas por dos mentes distintas en dos épocas diferentes. El descubrimiento consiste en una relación aparejada de análisis y de

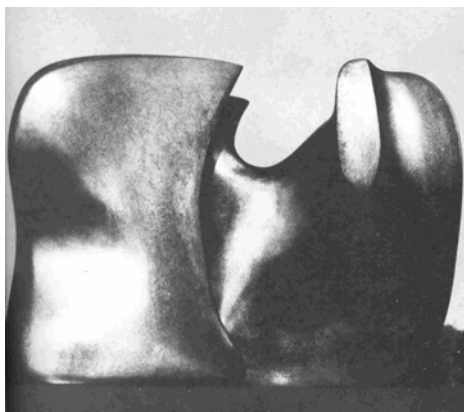
## La veta en la piedra

síntesis. Como análisis, busca lo que está presente; mas como síntesis vuelve a unir las partes en una forma mediante la cual la mente creadora trasciende los límites desnudos, el esqueleto descarnado, que proporciona la naturaleza.

La escultura es un arte sensual. (Los esquimales elaboran estatuillas con la idea no de verlas sino de palparlas) De modo que podría parecer extraño que yo elija como modelo de la ciencia, concebida generalmente como una empresa abstracta y fría, las cálidas acciones físicas de la escultura y de la arquitectura. No obstante, esto es válido. Debemos entender que el mundo sólo puede ser comprendido mediante la acción y no a través la contemplación. La mano es más importante que el ojo. No pertenecemos a aquellas civilizaciones resignadas y contemplativas del Lejano oriente o de la Edad Media, que creían que el mundo sólo debía ser contemplado y meditado, distantes del concepto de ciencia que nosotros profesamos. Somos activos; y sabemos con certeza (ver pág. 177), como algo más que un accidente simbólico en la evolución del hombre, que es la mano la encargada de conducir la evolución subsecuente del cerebro. Hallamos en la actualidad herramientas hechas por el hombre antes de convertirse en tal. En 1778, Benjamín Franklin denominó al hombre «animal hacedor de herramientas», y esto es verdad.

He descrito la mano cuando utiliza una herramienta como instrumento de descubrimiento; ése es el tema de este ensayo. Esto lo vemos cada vez que un niño aprende a acoplar su mano con un instrumento: atar los cordones de sus zapatos, enhebrar una aguja, volar una cometa, soplar un silbato. A la acción práctica se incorpora otra, que consiste en encontrar placer derivado de la misma acción; en la habilidad que uno perfecciona cada vez más como consecuencia del placer experimentado. Esto, en el fondo, responsable de toda obra de arte, y también de la ciencia nuestro deleite poético en lo que hacemos como seres humanos por que podemos hacerlo. El aspecto más estimulante de todo esto es que el uso poético termina dando resultados profundos. Incluso en la prehistoria, el hombre ya elaboraba herramientas más afiladas de lo necesario. El filo más fino habría de proporcionar un uso más fino de la herramienta, un refinamiento práctico y una extensión hacia procesos para los cuales la herramienta no había sido diseñada

Henry More llamó a esta escultura «*El filo del cuchillo*». La mano es el filo de la mente. La civilización no es una colección de artefactos terminados, es la elaboración de procesos. Al final, la marcha del hombre es el refinamiento de la mano en acción.



*Figura 15. La mano es el filo de la mente.  
Escultura, Henry More, 1962 "El filo del cuchillo en dos piezas".*

El estímulo más poderoso en el ascenso del hombre es el placer que le proporciona su propia habilidad. Disfruta con hacer lo que puede hacer bien y, al haberlo hecho bien, disfruta haciéndolo mejor. Esto lo vemos en la ciencia. Esto lo apreciamos en la magnificencia con la que esculpe y construye, el cuidado escrupuloso, el entusiasmo, el desafío se supone que los monumentos están destinados a evocar reyes y religiones, héroes, dogmas; pero, a fin de cuentas, al hombre a quien conmemoran es al constructor.

Así, pues, la arquitectura de los templos de todas las civilizaciones proclama la identificación del individuo con la especie humana. Llamarla culto a los antepasados, como ocurre en china, es demasiado limitado. El hecho es que el monumento habla por el hombre muerto al hombre vivo, estableciendo, por tanto, un sentido de permanencia que es un enfoque típicamente humano: el concepto de que la vida humana forma una continuidad que trasciende y fluye a través del individuo. El hombre sepultado sobre su caballo o venerado en su barco en Sutton Ho, se convierte, en los monumentos de piedra de épocas posteriores, en un vocero de la creencia de que existe la entidad del género humano, del cual cada uno de nosotros constituye un representante en la vida y en la muerte.

No podría terminar este ensayo sin dedicar una ojeada a mis monumentos favoritos, contruidos por un hombre que no contaba con más equipo científico que el de un albañil gótico. Son las Torres de Watts, en los Angeles, construidas por un italiano llamado Simón Rodia. Procedente de Italia, arribó a los Estados Unidos a la edad de doce años. Luego, a la edad de cuarenta y dos, habiendo trabajado instalando azulejos y haciendo toda clase de reparaciones, decidió construir en el jardín de su casa estas enormes estructuras, realizadas con alambre de gallinero, traviesas de ferrocarril, varillas de acero, cemento, conchas, fragmentos de vidrio, y, por supuesto, de azulejos; empleaba todo lo que encontraba o que le era traído por los niños del vecindario. Le costó treinta y tres años construirlas. Nunca tuvo quien le ayudara porque, afirmaba, «la mayor parte del tiempo yo mismo no sabía lo que iba a hacer». Terminó la obra en 1954; tenía entonces setenta y cinco años. Hizo entrega de la casa, del jardín y de las torres a un vecino y, sencillamente, se marchó «Tenía en mente realizar algo grande», había dicho Simón Rodia, «y lo hice. Tienes que ser realmente muy bueno o muy malo para ser recordado». Había desarrollado su habilidad ingenieril en la práctica, trabajando y disfrutando en hacerlo. Por supuesto, el Departamento de construcciones de la ciudad determinó que las torres eran poco seguras y fueron sometidas a prueba en 1959. Esta es la torre que intentaron derribar. Y me alegra decir que fracasaron. Es así que las Torres de Watts, labor manual de Simón Rodia, han sobrevivido; un monumento del siglo veinte que nos remite a la habilidad simple, feliz, fundamental, de la cual medra todo nuestro conocimiento de las leyes de la mecánica.



*Figura 16. Monumentos contruidos por un hombre que no contaba con más equipo científico que el de un albañil gótico.*

*Las Torres de Watts, Los Angeles. Detalle de un mosaico con relieves de herramientas.*

La herramienta que alarga la mano del hombre es también un instrumento de visión. Revela la estructura de las cosas hace posible el volver a unirlas en combinaciones nuevas llenas de imaginación. Mas, evidentemente, lo visible no constituye la única estructura del mundo. Debajo de esta, existe otra estructura más sutil. Y el siguiente paso en el ascenso del hombre será el de descubrir la herramienta que pueda abrir la estructura invisible de la materia.



## 4 LA ESTRUCTURA OCULTA

*Es con fuego que el herrero al metal domina  
para darle bella forma, la imagen de su mente:  
sin fuego no hay artista que al oro pueda dar  
su más puro matiz.  
No, ni el ave fénix incomparable puede  
a menos que se abraze.*

*Miguel Angel, soneto 59*

*Lo que se forja con el fuego es alquimia, ya sea en un horno o en la estufa de la cocina.  
Paracelso*

Existe un gran misterio y una fascinación especial sobre la relación del hombre con el fuego, único de los cuatro elementos griegos que ningún animal habita (ni incluso la salamandra). La ciencia física moderna se ocupa intensamente de la fina estructura invisible de la materia, la cual fue penetrada primero con el afilado instrumento que es el fuego. Aunque tal método analítico se inició hace varios miles de años en procesos prácticos (por ejemplo: la extracción de sal y de metales), es seguro que empezó debido al aire de magia que surge del fuego: el alquímico sentir de que las sustancias pueden ser cambiadas de maneras imprevisibles. Esta es la misteriosa cualidad que parece hacer del fuego una fuente de vida y algo viviente que nos conduce al inframundo oculto dentro del mundo material. Así lo expresan muchas recetas arcaicas.

*La consistencia del cinabrio es tal que, a mayor temperatura, más exquisitas son sus sublimaciones. El cinabrio se convertirá en mercurio y, pasando a través de una serie de sublimaciones, se volverá a convertir en cinabrio, permitiendo así al hombre gozar de vida eterna.*

Este es el experimento clásico con el que los alquimistas la Edad Media imponían respeto a aquellos que les observaban, desde la china hasta España. Solían tomar el pigmento rojo, el cinabrio, que es un sulfuro de mercurio, y lo calentaban. El calor separa el azufre y deja una perla exquisita del misterioso, plateado y líquido metal, el mercurio, asombrando y pasmando al observador, cuando el mercurio se calienta al aire, se oxida y se convierte, no (como indicaba la receta) en cinabrio de nuevo, sino en un óxido de mercurio que también es rojo. Empero, la receta no estaba del todo equivocada; el óxido se puede convertir de nuevo en mercurio, de rojo a plateado, el mercurio en óxido, de plateado a rojo, todo por la acción del calor. No se trata en sí de un experimento importante, aunque resulta que el azufre y el mercurio son los dos elementos que los alquimistas anteriores a 1500 d. de C. creían que componían el universo, Pero sí plantea algo importante, que consiste en que el fuego siempre ha sido considerado no como elemento destructivo sino más bien como elemento transformador. Esta ha sido siempre la magia del fuego.

Recuerdo una prolongación charla que sostuve una noche con Aldous Huxley, sus blancas manos al fuego, diciendo: «Esto es lo que transforma. Estas son las leyendas que lo demuestran. Sobre todo la leyenda del Ave Fénix que renace en el fuego y vive y revive una y otra vez, de generación en generación». El fuego es imagen de juventud y de sangre, color simbólico del rubí y del cinabrio, y del ocre y del hematites con que el hombre se maquillaba para las ceremonias. Cuando, según la mitología griega, Prometeo trajo el fuego al hombre, le dio vida y lo convirtió en un semidiós; por esto los dioses castigaron a Prometeo.

Desde un punto de vista más práctico, y según creemos, el fuego ha sido familiar para el hombre desde hace cerca de cuatrocientos mil años. Esto implica que el fuego ya había sido descubierto por el *Homo erectus*; como ya indiqué, lo hubo ciertamente en las cuevas del hombre de Pekín. A partir de entonces, todas las culturas han *hecho uso* del fuego, a pesar de que no se ha aclarado plenamente si todas ellas sabían cómo *hacer* fuego; desde el comienzo de la historia se ha encontrado una tribu (los pigmeos, en la selva tropical lluviosa de las Islas Andaman al sur de Birmania), quienes mantenían cuidadosamente los incendios espontáneos por que desconocían la técnica para hacer fuego.

En general, las distintas culturas han empleado el fuego para los mismos fines: para calentarse, para alejar a los depredadores y desmontar bosques, y para realizar las transformaciones sencillas de la vida cotidiana, tales como cocinar, secar y endurecer la madera, calentar y partir piedras. Pero, evidentemente, la gran transformación que ayudó a forjar nuestra civilización es más profunda: es la utilización del fuego la que abrió la perspectiva a una clase totalmente nueva de materiales, los metales. Este es uno de los grandes pasos técnicos, un paso muy largo en el ascenso del hombre, que está a la par con la invención magistral de las herramientas de piedra; pues descubrió en el fuego un instrumento más sutil para desmenuzar la materia. La física es el cuchillo que corta la veta de la naturaleza; el fuego, espada llameante, es el cuchillo que corta por debajo de la estructura visible, dentro de la roca.

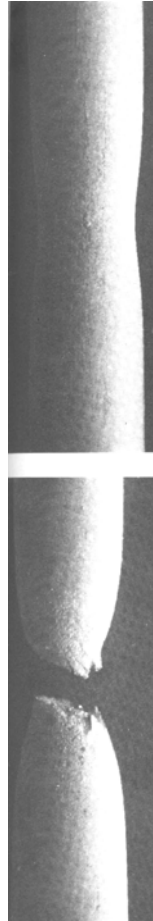
Hace casi diez mil años, no mucho después del inicio de las comunidades agrícolas sedentarias, los hombres del Oriente Medio empezaron a utilizar el cobre. Mas el empleo de los metales no se generalizaría hasta encontrar un proceso sistemático para obtenerlos o sea la extracción de los metales a partir de los minerales metalíferos, que, según sabemos, principió hace bastante más de siete mil años, hacia el año 5000 a. de C., en Persia y Afganistán. Por entonces, el hombre puso al fuego una piedra verde, la malaquita, de la cual fluyó un metal rojo, el cobre. Afortunadamente, el cobre se libera a temperaturas moderadas. Reconocieron el cobre por que en ocasiones se encuentra en terrones superficiales, y en aquella forma ya había sido moldeado y trabajado durante más de dos mil años.

El Nuevo Mundo también trabajaba el cobre y lo fundía hacia la época de Cristo; pero se detuvo ahí. Sólo el Viejo Mundo hizo del metal el fundamento de la vida civilizada. De pronto, los límites de control del hombre se amplían grandemente. Tiene bajo su dominio un material que puede ser moldeado, fundido, martillado, forjado; que se puede convertir en herramienta, en objeto ornamental, en recipiente; y que además se puede devolver al fuego y remodelarse. Tiene solamente un inconveniente: el cobre es un metal blando. En cuanto el cobre esté sometido a tensión, por ejemplo, al estirarlo en forma de alambre, empieza a ceder visiblemente. Esto se debe a que, como todos los metales, el cobre puro está compuesto de capas cristalinas. Y estas capas cristalinas, cada una como una oblea cuyos átomos están dispuestos en forma de red, se deslizan unas sobre otras, hasta que finalmente se separan. Cuando el alambre de cobre empieza a estrecharse (o sea se debilita) no es tanto que ceda a la tensión cuanto que falla por deslizamiento interno.

Por supuesto que el obrero de hace seis mil años desconocía todo esto. Encaraba un complejo problema, consistente en que el cobre no puede ser afilado. Durante un breve período de tiempo, el ascenso del hombre estuvo suspendido en espera del siguiente paso: lograr un metal duro con filo cortante. Si esto parece mucho decir sobre un avance técnico, se debe a que, como descubrimiento, el paso siguiente es tan paradójico y bello.

Si planteamos el siguiente paso en términos modernos, lo que tenía que hacerse era francamente sencillo. Hemos dicho que el cobre puro es un metal suave por que sus cristales se ubican en planos paralelos que se desplazan fácilmente entre sí. (Puede endurecerse bastante martillándolo para romper los cristales grandes dejándolos dentados) De lo anterior se deduce que si introducimos algo arenoso en los cristales se evitará el desplazamiento de los planos, endureciendo así al metal. Es evidente que, a escala de la estructura fina que estoy describiendo, el algo arenoso debe consistir en átomos de distinta clase que reemplacen a

algunos de los átomos de cobre en los cristales. Tenemos que efectuar una aleación cuyos cristales sean más rígidos, debido a que sus átomos no son todos de la misma clase.



*Figura 17. En cuanto el cobre esté sometido a tensión, por ejemplo, al estirarlo en forma de alambre, empieza a ceder visiblemente. El rompimiento del cobre ocurre por el desplazamiento interno de los cristales antes de la fractura. Magnificación 15x.*

Esto forma el contexto moderno; sólo en los últimos cincuenta años hemos llegado a comprender que las propiedades particulares de las aleaciones se derivan de su estructura atómica. Y no obstante, por casualidad o por experimentación, los fundidores primitivos encontraron esta respuesta: a saber, que cuando al cobre se le añade un metal aún más suave, el estaño, se obtiene una aleación que es más sólida y más duradera que ambos metales: el bronce; El fortuito descubrimiento se debió posiblemente a que, en el Viejo Mundo, los minerales metalíferos del estaño y del cobre se encuentran conjuntamente. El hecho es que casi todo material puro es débil, y muchas impurezas lo harán más fuerte. El efecto del estaño no es una función única sino general: agrega al material puro una especie de arena atómica: puntos de aspereza diferente que se adhieren a las redes cristalinas y que evitan que éstas se deslicen.

Me he empeñado tanto en describir la naturaleza del bronce en términos científicos por tratarse de un descubrimiento tan maravilloso. Y es también maravilloso como revelación del potencial que conlleva un nuevo proceso y que sugiere a quienes lo manejan. Los trabajos en bronce alcanzaron en China su máxima expresión. Casi con certeza, éste llegó a China procedente del Oriente Medio, donde fue descubierto hacia 3800 a. de C. La era superior del bronce en china es también el inicio de la civilización china tal como nosotros la concebimos: la dinastía Chang, antes de 1500 a. de C.

La dinastía Chang gobernaba a un conjunto de dominios feudales en el valle del río Amarillo, y creó por primera vez un estado unitario y cultural en china. Fue en todos sentidos un período formativo, en el cual se desarrolló la cerámica y la escritura fue fijada. (Es la tan sorprendente caligrafía, tanto de la cerámica como de los bronce) Los bronce de la era superior se elaboraban con oriental atención al detalle, lo cual es fascinante en sí mismo.

Los chinos construían el molde para fundir el bronce con tiras de arcilla colocadas alrededor de un centro de cerámica. Tales tiras han llegado hasta nuestros días, lo cual nos ha permitido conocer dicho proceso. Podemos seguir la preparación del centro de cerámica, la incisión del diseño, y particularmente las inscripciones caligráficas, en las tiras formadas sobre el centro. Estas forman un molde externo que se endurece al horno para que reciba el metal fundido. Incluso podemos seguir la preparación tradicional del bronce. Las proporciones de cobre y estaño que utilizaban los chinos eran bastante precisas. El bronce se puede hacer a partir de cualquier proporción entre, digamos, el cinco y el veinte por ciento de estaño agregado al cobre. Pero los mejores bronce Chang contienen el quince por ciento de estaño y, en ese punto, la finura de la fundición es perfecta. En esa proporción, el bronce es casi tres veces más duro que el cobre.

Los bronce Chang eran objetos ceremoniales divinos. Estos expresan por China un culto monumental que, al mismo tiempo en Europa, estaba edificando Stonehenge. A partir de ese momento, el bronce se convierte en un material de usos múltiples, el plástico de su época. Y posee esta cualidad universal dondequiera que se encuentra, en Europa y en Asia.

Pero en el clímax de la artesanía china, el bronce expresa algo más. El encanto de estos trabajos chinos, recipientes para vino y comida, en parte profanos y en parte divinos, consiste en que constituyen un arte que se desarrolla espontáneamente a partir de su propia técnica. El artesano está regido y dirigido por el material; la forma y superficie de su diseño emanan del proceso. La belleza que crea, la maestría que comunica, proceden de su propia dedicación a su arte.

El contenido científico de estas técnicas está bien definido. Con el descubrimiento de que el fuego puede fundir los metales aparece, con el tiempo, el descubrimiento más sutil consistente en que el fuego también puede fundirlos conjuntamente para crear una aleación con nuevas propiedades. Esto ocurre tanto en el hierro como en el cobre.

De hecho, el paralelo entre los metales se mantiene en cada etapa. El hierro también se empleó por vez primera en estado natural; el hierro en bruto llega a la superficie de la Tierra a través de los meteoritos, razón por la cual lleva el nombre sumerio de «metal del cielo». Cuando, tiempo después, el mineral metalífero del hierro fue fundido, el metal se reconocía por que ya había sido utilizado. Los indígenas de América del Norte utilizaban el hierro meteorítico, pero nunca pudieron fundir el mineral metalífero.

Como el hierro es mucho más difícil de extraer del mineral metalífero que el cobre, el hierro fundido es, naturalmente, un descubrimiento muy posterior. La primera evidencia positiva de su utilización práctica es probablemente un fragmento de herramienta que quedó atrapada en una de las pirámides; esto lo data a antes de 2500 años a. de C. Pero el uso extensivo del hierro fue iniciado realmente por los hititas, cerca del Mar Negro, hacia 1500 a. de C., justamente durante el apogeo del bronce en china, la época de Stonehenge.

Y así como el cobre llega a su mayoría de edad por su aleación, el bronce, el hierro llega mediante su aleación, el acero. Quinientos años después, hacia 1000 a. de C, el acero se elabora en la India y las cualidades extraordinarias de los diferentes tipos de acero empiezan a ser conocidas. Sin embargo, el acero siguió siendo un material especial y en ciertos aspectos raro, de limitado uso hasta épocas muy recientes. Hace escasamente dos siglos que la industria del acero en Sheffield (Inglaterra) era todavía pequeña y estaba atrasada, y el cuáquero Benjamín

## La estructura oculta

Huntsman, que quería hacer un resorte de precisión para reloj, tuvo que convertirse en metalúrgico y descubrir por sí mismo cómo manufacturar el acero.

Puesto que he vuelto la cabeza hacia el Lejano Oriente para contemplar la perfección del bronce, incluiré también un ejemplo oriental de las técnicas que producen las propiedades especiales del acero. A mi parecer, éstas alcanzan su clímax en la elaboración de la espada japonesa, proceso en vigor en una u otra forma desde el año 800 d. de C. Al igual que en toda la metalurgia arcaica, la fabricación de la espada está rodeada de rituales, y esto es por una sencilla razón. Cuando se carece de lenguaje escrito, cuando no se posee nada que pueda llamarse fórmula química, se debe recurrir a un ceremonial muy preciso que fije la secuencia de las operaciones de tal manera que sean exactas y fáciles de recordar.

Así que existe una suerte de imposición de manos, una sucesión apostólica mediante la cual una generación bendice y transmite a la siguiente los materiales, bendice el fuego y bendice al forjador de espadas. El hombre que aquí fabrica la espada ostenta el título de «Monumento cultural viviente», concedido formalmente por el gobierno japonés a los principales maestros de las artes arcaicas. su nombre es Getsu. Y, en un sentido formal, es descendiente directo en su arte del fabricante de espadas Masamune, que perfeccionó el proceso en el siglo trece con el fin de rechazar a los mogoles. O así lo afirma la tradición; es cierto que en aquel entonces, en repetidas ocasiones, los mogoles trataron de invadir el Japón desde china, bajo el mando del nieto de Gengis Khan, el famoso Kublai Khan.

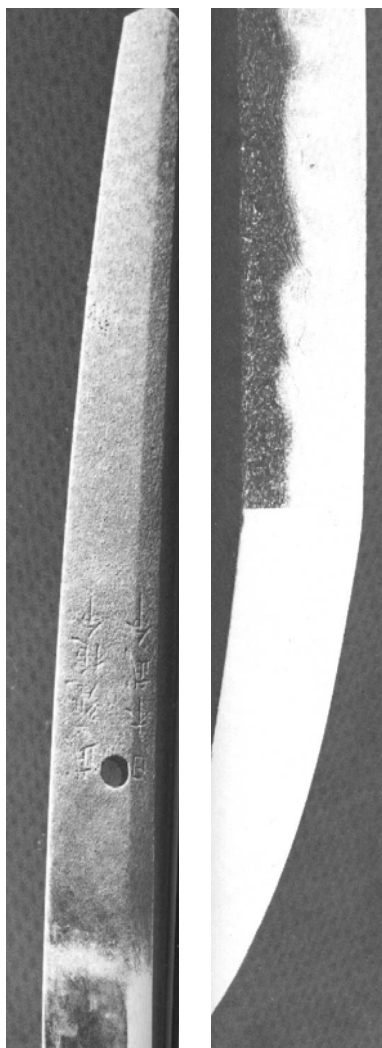
El hierro es un descubrimiento posterior al del cobre, debido a que en cada etapa necesita mayor temperatura: en la fundición, el moldeado y, naturalmente, en el procesamiento de su aleación, el acero. (El punto de fusión del hierro es cercano a los 1500°C, casi 500°C superior al del cobre) Tanto en el proceso de fundición como en su respuesta a las aleaciones, el acero es un material infinitamente más sensible que el bronce. En él se alea el hierro con un pequeño porcentaje de carbón, comúnmente menos del uno por ciento, y las variaciones en ello determinan las propiedades fundamentales del acero.

El proceso de elaboración de la espada refleja un acucioso control del carbón y del tratamiento al calor por medio de los cuales el objeto de acero se ajusta a su función perfectamente aún el del lingote de acero no es sencillo, ya que la espada debe combinar dos propiedades diferentes e incompatibles de los materiales. Debe ser flexible y dura a la vez. Estas no son propiedades que se puedan incorporar en un mismo material, a menos que esté formado de estratos. Para conseguir esto, el lingote de acero es cortado y doblado muchas veces hasta lograr una multitud de capas internas. La espada elaborada por Getsu requiere que el lingote sea doblado quince veces. Esto quiere decir que el número de estratos del acero será  $2^{15}$ , lo que equivale a más de treinta mil estratos. Cada estrato debe estar unido al siguiente, el cual posee una propiedad diferente. Es como si él tratara de combinar la flexibilidad del hule con la dureza del vidrio. Y la espada, esencialmente, es un enorme emparedado de estas dos propiedades.

En la última etapa, la espada es preparada cubriéndola con arcilla en diferentes espesores, para que cuando sea templada y sumergida en el agua se enfríe a intervalos diferentes. La temperatura del acero para este momento final debe ser juzgada con precisión, y en una civilización en que esto no se efectúa por medición, «es la práctica observar el calentamiento de la espada hasta que brilla con el color del sol mañanero». Para ser justo con el forjador de espadas, debo decir que estas pistas proporcionadas por el color eran también tradicionales en la manufactura del acero en Europa todavía en el siglo dieciocho, el momento preciso de templar el acero era cuando su incandescencia se tornaba amarilla, púrpura o azul, de acuerdo con el uso a que estuviese destinado.

El punto crucial, no tanto dramático como químico, es el templado, que endurece la espada y fija sus distintas propiedades. Las diferentes escalas de enfriamiento producen cristales de formas y tamaños variados: cristales grandes y suaves en el centro flexible de la espada; cristales pequeños y dentados en el borde afilado. Las dos propiedades del hule y del vidrio se fusionan finalmente en la espada terminada. Se revelan en la superficie de la hoja cuyo resplandor de seda es sumamente apreciado por los japoneses. Mas la prueba de la espada, la

prueba de una práctica técnica, la prueba de una teoría científica es, «¿Funciona realmente?» ¿Puede cortar el cuerpo humano en la forma establecida por el ritual? Los cortes tradicionales están señalados tan cuidadosamente en diseños como los cortes de la carne de vaca en un diagrama de un libro de cocina: «corte número dos: el O-jo-dan». En nuestros días, el cuerpo humano se simula con un atado de paja; pero en el pasado la espada era probada literalmente utilizándola para ejecutar a un prisionero.



*Figura 18. Las dos propiedades se fusionan finalmente en la espada terminada.  
Adorno de filigrana hecha por Nobuhide en el siglo diecinueve para el Emperador Meiji*

La espada es el arma de los samurai. Merced a ella sobrevivieron a interminables guerras civiles que dividieron el Japón a partir del siglo doce. los samurai estaban rodeados de metalistería refinada: la flexible armadura hecha de tiras de acero, los arreos de los caballos, los estribos. Y sin embargo, los samurai no sabían cómo hacer ninguna de estas cosas por sí mismos. Al igual que los jinetes de otras culturas, vivían del uso de la fuerza, e incluso para sus armas dependían de la habilidad de los aldeanos a quienes alternadamente protegían y robaban, con el tiempo, los samurai se convirtieron en un conjunto de mercenarios que vendían sus servicios a cambio de oro.

Nuestra comprensión de cómo está constituido el mundo de la materia a partir de sus elementos se deriva de dos fuentes. Una, que ya he trazado, es el desarrollo de técnicas para forjar y alear metales útiles. La otra es la alquimia, que posee un carácter diferente. De escala modesta, no

## La estructura oculta

está encaminada a usos prácticos y contiene una parte sustancial de teoría especulativa. Por razones indirectas aunque no accidentales, el enfoque de la alquimia se concentraba en otro metal, el oro, que es virtualmente inútil. Pero el oro ha fascinado tanto a las sociedades humanas, que sería yo perverso si no intentase aislar las propiedades que le dotaron de su poder simbólico.

El oro es la recompensa universal en todos los países, en todas las culturas y épocas. Una colección representativa de artefactos de oro equivale a una crónica de las civilizaciones. Rosario de oro esmaltado, del siglo XVI, inglés. Broche de oro en forma de serpiente, del año 400 a. de C, griego. Triple corona de oro de Abuna, del siglo XII, abisinia. Brazaletes de oro en forma de serpiente, de la antigua Roma. Copas rituales de oro de Aquémenes, siglo VI a. de C, persas. Escudilla de oro para beber, siglo VIII a. de C, persa. Aureas cabezas de toro... cuchillo ceremonial de oro, chimú, era preincaica, peruanos, siglo IX...

Gran salero de oro esculpido, Benvenuto Cellini, del siglo XVI, hecho para el rey Francisco I. Cellini recuerda las palabras de su patrocinador francés:

*Cuando le presenté al rey este trabajo, dio un grito sofocado de asombro y no le pudo quitar la mirada de encima. Y en su asombro gritó: «¡Es cien veces más celestial de lo que podía haber soñado! ¡Qué maravilla es el hombre!»*

los españoles saquearon el Perú por su oro, que había sido coleccionado por la aristocracia inca como quien colecciona sellos de correos, con el toque de Midas. oro para la codicia, oro para el esplendor, oro para la ornamentación, oro para el culto, oro para el poder, oro para los sacrificios, oro para dar vida, oro para la ternura, oro bárbaro, oro voluptuoso...

Los chinos acertaron con la característica que lo ha hecho irresistible. Ko Hung dijo: «Así se funda cien veces, el oro amarillo no se estropeará». Esta frase nos hace comprender que el oro posee una cualidad física que lo hace singular: que puede ser probada y ensayada en la práctica y descrita por la teoría.

Es fácil observar que el hombre que elaboraba un artefacto de oro no era simplemente un técnico, sino un artista. Pero es igualmente importante, aunque no tan fácil de reconocer, que el que ensayaba el oro era también algo más que un técnico. El oro era para él un elemento científico. Poseer una técnica es útil, pero, como cualquier otra habilidad, lo que le da vida es el sitio que ocupa en un esquema general de la naturaleza: una teoría.

Los hombres que probaban y refinaban el oro descubrieron una teoría de la naturaleza: una teoría en la cual el oro era único, y no obstante podría obtenerse a partir de otros elementos. Esto explica por qué en la antigüedad se dedicó tanto tiempo e inteligencia al desarrollo de pruebas para la obtención de oro puro. A principios del siglo XVI, Francis Bacon planteó claramente la situación.

*El oro posee estas propiedades: grandeza de peso, compactibilidad, fijación, ductibilidad o maleabilidad, inmunidad a la oxidación, color o matiz amarillo. Si un hombre puede crear un metal que posea todas estas características, dejad que los hombres discutan si es oro o no lo es.*

Entre las variadas pruebas clásicas a que el oro es sometido, una en particular hace muy visible la propiedad diagnóstica. Se trata de una prueba precisa por copelación. Una vasija hecha de cenizas de hueso es calentada en el horno y sometida a una temperatura muy superior a la requerida para fundir el oro. El oro, con sus impurezas o escorias, se pone en la vasija y se derrite. (El oro tiene un punto de fusión relativamente bajo, un poco más de 1000°C, casi el mismo del cobre) Lo que sucede ahora es que la escoria se separa del oro y es absorbida por las paredes de la vasija así que, de pronto, se manifiesta una separación visible entre, por así decirlo, la escoria de este mundo y la pureza oculta del oro que la llama descubre. El sueño de los alquimistas, la creación del oro sintético, tiene que ser comprobada finalmente por la realidad de la perla de oro que sobrevive al experimento.

La capacidad del oro para resistir lo que se denominaba descomposición (lo que hoy

llamaríamos ataque químico) era singular, y por tanto de gran valor y diagnóstico. También conllevaba un simbolismo muy poderoso, el cual aparece explícitamente incluso en las fórmulas más primitivas. La primera referencia escrita a la alquimia con que contamos se remonta solamente a hace poco más de dos mil años y procede de china. Indica cómo hacer oro y cómo emplearlo para prolongar la vida. Para nosotros, esta resulta una conjunción extraordinaria. Para nosotros, el oro es precioso por que es escaso; mas para los alquimistas, en todas partes del mundo, el oro era invaluable por que resultaba incorruptible. Ningún ácido o álcali conocido hasta entonces podía atacarlo. De hecho, así es como los orfebres del emperador ensayaban el oro o, como ellos habrían dicho, lo partían, mediante un tratamiento con ácidos que era menos laborioso que la copelación.

Cuando la vida era considerada (y lo era para la mayoría de la gente) solitaria, pobre, vulgar, brutal y breve, para los alquimistas el oro representaba la única chispa eterna en el cuerpo humano. Sus intentos por elaborar oro y por hallar el elixir de la vida eran uno y el mismo empeño. El oro es el símbolo de la inmortalidad, aunque no debería decir símbolo, ya que en el sentir de los alquimistas el oro constituía la expresión, la encarnación de la incorruptibilidad, tanto en el mundo físico cuanto en el mundo viviente.

De modo que, cuando los alquimistas intentaban transmutar metales bajos de ley en oro, la transformación que buscaban en el fuego era el paso de lo corruptible a lo incorruptible; trataban de extraer de lo cotidiano la calidad de permanencia. Y esto se aplicaba igualmente a la búsqueda de la eterna juventud: toda medicina para combatir la vejez contenía oro, oro metálico, como ingrediente esencial, y los alquimistas instaban a sus benefactores a que bebiesen de copas de oro para prolongar la vida.

La alquimia es mucho más que un conjunto de trucos mecánicos o una creencia imprecisa en la magia. Es en el fondo una teoría de cómo se relaciona el mundo con la vida humana. En una época en que no existía una distinción clara entre sustancia y proceso, entre elemento y acción, los elementos alquímicos constituían también aspectos de la personalidad humana, así como los elementos griegos eran también los cuatro humores que se combinaban en el temperamento humano. Y de su trabajo se desprende una teoría importante que se origina en la concepción griega de tierra, fuego, aire y agua, pero que durante la Edad Media adoptó una forma nueva y de gran importancia.

Existía para los alquimistas una afinidad entre el microcosmo del cuerpo humano y el macrocosmo de la naturaleza. Un volcán en gran escala era como un divieso; una tempestad o una tormenta eran como las lágrimas y el llanto. Bajo estas analogías superficiales existía el concepto más profundo de que el universo y el cuerpo humano están conformados por los mismos materiales, principios o elementos

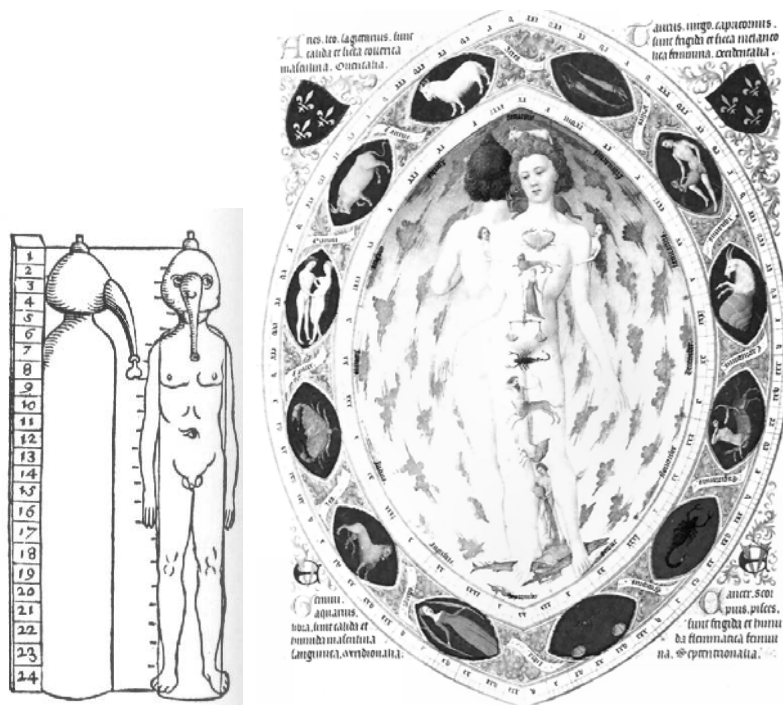
Para los alquimistas existían dos principios. Uno era el mercurio, que representaba todo lo denso y permanente. El otro era el azufre, que representaba todo lo inflamable y pasajero. Todos los seres materiales, incluido el cuerpo humano, estaban hechos a partir de estos dos principios y podían reconstruirse a partir de ellos. Por ejemplo, los alquimistas creían que todos los metales crecían dentro de la tierra y provenían del mercurio y del azufre, lo mismo que los huesos crecen dentro del embrión a partir del huevo. Y en verdad creían en esta analogía. Aún persiste tal simbología en la medicina actual. Seguimos utilizando en nuestros días para la hembra el símbolo alquímico del cobre, es decir, de lo que es frágil: Venus. Y para el varón el signo alquímico del hierro, es decir, de lo que es duro: Marte

En la actualidad, esta parece una teoría muy infantil, una mezcolanza de fábulas y comparaciones falsas. Mas nuestra química también parecerá infantil dentro de quinientos años. Toda teoría se basa en alguna analogía, y tarde o temprano la teoría se derrumba por que la analogía resulta ser falsa. En su momento, una teoría ayuda a resolver los problemas de su tiempo. Y los problemas médicos no empezarán a resolverse sino hasta 1500, debido a que se pensaba que todos los remedios debían derivarse ya fuera de las plantas o bien de los animales,



## La estructura oculta

una especie de vitalismo que no admitía que los compuestos del cuerpo eran como otros compuestos químicos, y que limitaba por tanto a la medicina al empleo de hierbas curativas.



*Figura 19. El universo y el cuerpo están conformados por los mismos materiales, principios o elementos.*

*Figura de Paracelso del horno para el cuerpo, con una escala para el estudio de la orina en el diagnóstico de la enfermedad, del trabajo “Aurora Thesaurusque Philosophorum”*

*Figura de Paracelso de los tres elementos: tierra, aire y fuego. La correspondencia entre las formas astronómicas y anatómicas según la teoría alquímica de la Naturaleza.*

Ahora bien, los alquimistas introdujeron libremente los minerales en la medicina: la sal, por ejemplo, dio origen a un cambio notable, y un nuevo teórico de la alquimia la convirtió en su tercer elemento. Desarrolló también una curación característica para una enfermedad que asolaba a Europa en 1500, desconocida hasta entonces, el nuevo azote de la sífilis. Aun día desconocemos dónde se originó la sífilis. Pudo haber sido traída de vuelta por los marineros que acompañaron a Colón; o propagada desde el oriente a través de las conquistas mogólicas; o simplemente no había sido identificada antes como enfermedad aislada. Resultó que su curación dependía del uso del metal alquímico más poderoso, el mercurio. El hombre que implementó esa curación dio un gran paso de la vieja alquimia a la nueva, en camino hacia la química moderna: iatroquímica, bioquímica, la química de la vida. Trabajaba en Europa en el siglo XVI. El lugar era Basilea, en Suiza. Corría el año de 1527.

Hay un instante en el ascenso del hombre en que éste abandona el país de las tinieblas del conocimiento secreto y anónimo para adentrarse en un nuevo sistema del descubrimiento abierto y personal. El hombre que he elegido como símbolo de éste fue bautizado como Aureolus Philippus Theophrastus Bombastus von Hohenheim. Felizmente, decidió adoptar el nombre bastante más compacto de Paracelso, para hacer público su desprecio de Celso y otros autores que habían fallecido hacía más de mil años, pero cuyos textos médicos eran vigentes todavía durante la Edad Media. En el año 1500, los trabajos de los autores clásicos se seguían considerando como portadores de la inspirada sabiduría de una época áurea tanto de la medicina y de la ciencia como de las artes.

Paracelso nació cerca de Zurich en 1493 y murió en Salzburgo en 1541 a la temprana edad de

cuarenta y ocho años, se convirtió en un perpetuo desafío de todo lo académico: por ejemplo, fue el primero en identificar una enfermedad producida por el trabajo. De la prolongada batalla librada por el impertérrito Paracelso a lo largo de su vida contra la más vieja tradición de su tiempo – la práctica de la medicina –, conocemos episodios tanto grotescos como encantadores. Su cabeza era fuente inagotable de teorías, muchas de ellas contradictorias, la mayoría absurdas. Era un personaje rabelesiano, picaresco, salvaje; se embriagaba con los estudiantes, corría tras las mujeres, viajaba por todo el Viejo Mundo y, hasta hace poco, figuraba en las historias de la ciencia como un charlatán. Mas no lo era. Era un hombre de genio inestable pero profundo.

El hecho es que Paracelso era un personaje. Descubrimos en él, quizás por primera vez, cómo un descubrimiento científico fluye de la personalidad y cobra vida conforme observamos que es creado por una persona. Paracelso era un hombre práctico que entendía que el tratamiento de un paciente dependía del diagnóstico (él era un diagnosticador brillante) y que el tratamiento debería ser aplicado directamente por el médico. Rompió con la tradición de que el médico era un académico erudito que leía de un libro muy antiguo, mientras que el infeliz paciente estaba en manos de algún ayudante que se limitaba a hacer lo que el médico ordenaba. «No debe haber ningún cirujano que no sea también médico», escribió Paracelso. «Donde el médico no sea también cirujano, no será más que un ídolo que no es sino monigote».

Tales aforismos no hicieron gozar a Paracelso de la simpatía de sus rivales, pero con el los atrajo la atención de otras entes independientes de la era de la Reforma. Por esto fue llevado a Basilea, por el único año de triunfo de su desastrosa carrera internacional. En Basilea, en el año 1527, Johann Frobenius, famoso impresor protestante y humanista, padecía de una grave infección de una pierna – que estaba a punto de serle amputada –, y en su desesperación recurrió a sus amigos del nuevo movimiento, quienes le enviaron a Paracelso. Este expulsó a los académicos de la habitación, salvó la pierna y efectuó una curación que tuvo eco por toda Europa. Erasmo le escribió lo siguiente: «Has salvado a Frobenius, que es la mitad de mi vida, del mundo de las sombras».

No es casual que las nuevas ideas iconoclastas en medicina y en el tratamiento químico aparezcan conjuntamente, en época y lugar, con la reforma iniciada por Lutero en 1517. Un centro de aquel período histórico era Basilea. El humanismo había florecido allí aun antes de la Reforma. Existía una universidad con tradición democrática, de modo que, pese a que sus médicos miraban con recelo a Paracelso, el consejo de la ciudad pudo insistir en que se le admitiese como catedrático. La familia Frobenius imprimía libros, entre ellos algunas obras de Erasmo, que difundían la nueva visión general de todas las ramas del conocimiento.

Se estaba generando un gran cambio en Europa, más grande quizá que el enorme revuelo religioso y político echado a andar por Martín Lutero. Se aproximaba 1543, año simbólico del destino. Durante ese año se publicaron tres libros que habrían de cambiar la mentalidad europea: las ilustraciones anatómicas de Andrés Vesalio; la primera traducción de la matemática y física griegas de Arquímedes; y el libro de Nicolás Copérnico, *La revolución de los orbes celestes*, que ubicaba al sol en el centro de los cielos, creando lo que hoy se conoce como la Revolución Científica.

Toda esa batalla entre el pasado y el futuro fue resumida proféticamente en 1527, en un acto realizado delante de la catedral, en Basilea. En público, Paracelso arrojó a la hoguera tradicional de los estudiantes un antiguo texto médico escrito por Avicena, un discípulo árabe de Aristóteles

Hay algo simbólico en esa hoguera veraniega, e intentaré evocarlo en el presente. El fuego es el elemento alquímico mediante el cual puede el hombre profundizar en la estructura de la materia. Luego entonces, ¿es el fuego una forma de materia?. Si usted cree eso tendrá que atribuir al fuego toda clase de propiedades insólitas, tales como que es más ligero que la nada. Dos siglos después de Paracelso, hacia 1730, los químicos aseveran esto por medio de la teoría del flogisto, como encarnación final del fuego material. Mas No existe una sustancia tal como

## La estructura oculta

el flogisto, como tampoco existe el principio llamado vital, porque el fuego no es material, como tampoco lo es la vida. El fuego es un proceso de transformación y de cambio, mediante el cual los elementos se vuelven a unir en nuevas combinaciones. La naturaleza de los procesos químicos no fue comprendida sino cuando el fuego mismo fue comprendido como un proceso.

La acción de Paracelso clamaba: «La ciencia no puede mirar hacia el pasado. Jamás existió una época áurea». Y habrían de transcurrir otros doscientos cincuenta años para descubrir un nuevo elemento, el oxígeno, que explicaba finalmente la naturaleza del fuego y liberaba a la química de las ataduras de la Edad Media. Lo más curioso del caso es que el hombre que realizó el descubrimiento, Joseph Priestley, no estaba estudiando la naturaleza del fuego, sino otro de los elementos griegos, el invisible y omnipresente aire.

En el Smithsonian Institute de Washington, D. C.; se encuentra lo que aún subsiste del laboratorio de Joseph Priestley. Y, evidentemente, no tiene por que estar allí, debería estar en Birmingham, Inglaterra, centro de la Revolución Industrial, donde Priestley realizara lo mejor de su obra. ¿Por qué se encuentra allí? Porque una multitud obligó a Priestley a salir de Birmingham en 1791.

La historia de Priestley es representativa de otro conflicto entre originalidad y tradición. En 1761 fue invitado, a la edad de veintiocho, a enseñar lenguas modernas en una de las academias disidentes (él era unitario), las cuales sustituían a las universidades para aquellos no conformes con la Iglesia de Inglaterra. Un año después, Priestley fue inspirado por las conferencias científicas de un profesor colega suyo a iniciar un libro sobre la electricidad; y a seguido giró hacia los experimentos químicos. Fue también estimulado por la revolución norteamericana, le había animado Benjamín Franklin, y después por la revolución francesa. Y así, en el segundo aniversario de la toma de la Bastilla, los ciudadanos leales quemaron lo que Priestley había descrito como uno de los laboratorios mejor equipados del mundo. Emigró a Norteamérica, pero no fue bien recibido. Fue apreciado únicamente por los intelectuales de su talla; cuando Tomás Jefferson se convirtió en presidente, declaró a Joseph Priestley: «Es la vuestra una de las pocas vidas preciosas para el género humano».

Me gustaría poder afirmar que la turba que destruyó la casa de Priestley en Birmingham acabó también con los sueños de un hombre delicado, amable, encantador. Mas dudo que ésta sea su descripción justa. Dudo que Priestley fuese un hombre muy amable, no más que Paracelso. Sospecho que era un hombre bastante difícil, frío, avieso, afectado, remilgado y puritano. Pero el ascenso del hombre no es realizado por personas encantadoras. Es realizado por gente dotada de dos cualidades: una integridad enorme y, cuando menos, un poco de genio. Priestley tenía las dos.

Priestley descubrió que el aire no constituye una sustancia elemental: que está compuesto de varios gases y que, entre ellos, el oxígeno – que él llamó «aire desflogisticado» – es el esencial para la vida animal. Priestley era un notable experimentador, y avanzaba cuidadosamente por etapas. El 1 de agosto de 1774 produjo un poco de oxígeno y vio con asombro que una vela ardía perfectamente en presencia de éste. En octubre del mismo año se marchó a París donde comunico su hallazgo a Lavoisier y a otros. Pero no fue sino a su regreso el 8 de marzo de 1775, cuando metió un ratón en presencia de oxígeno, que se dio cuenta de lo bien que se podía respirar en esa atmósfera. Uno o dos días después, Priestley escribió en una bella carta a Franklin: «Hasta ahora, sólo dos ratones y yo hemos tenido el privilegio de respirarlo».

Priestley descubrió también que las plantas verdes espiran oxígeno a la luz del sol, estableciendo así la base de la respiración animal. En los cien años siguientes se demostró que esto era esencial; los animales no habrían evolucionado en absoluto de no ser por el oxígeno producido por las plantas. Pero en los años 1770 nadie había pensado en ello.

El descubrimiento del oxígeno cobró sentido merced a la mente clara y revolucionaria de Antoine Lavoisier (quien pereció durante la revolución francesa). Lavoisier repitió el experimento de Priestley que es casi una caricatura de uno de los experimentos clásicos de la alquimia que describí al principio de éste ensayo (pag. 49). Ambos calentaron el óxido rojo del

mercurio, utilizando para ello una lupa (instrumento muy de boga en la época) en un recipiente en que se podía observar la producción del gas y acumularlo. Este gas era oxígeno. Esto fue el experimento cualitativo; pero para Lavoisier era el indicio inmediato de que la descomposición química podía ser cuantificada.

La idea era sencilla y radical; efectuar la experiencia alquímica en ambas direcciones y medir con exactitud las cantidades que se intercambiasen. Primero, hacia adelante: quemar el mercurio (para que absorba oxígeno) y medir la cantidad exacta de oxígeno que se desprenda de un recipiente cerrado entre el principio y el fin de la combustión. Invirtamos ahora el proceso; tomemos el óxido de mercurio obtenido y calentémoslo intensamente hasta expulsar de nuevo el oxígeno. El mercurio queda, el oxígeno fluye al recipiente, y la pregunta crucial es: «¿Qué cantidad?». Exactamente la misma cantidad que se utilizó en el experimento anterior. Repentinamente el proceso se convierte en algo material, en un acoplamiento y desacoplamiento de cantidades fijas de dos sustancias. Esencias, principios, flogisto, han desaparecido. Dos elementos concretos, mercurio y oxígeno, han sido unidos visible y demostrablemente y se han vuelto a separar.

Parece imposible que podamos hacer un recorrido a través de los procesos de los obreros primitivos y de las especulaciones mágicas de los alquimistas, hasta la idea más poderosa de la ciencia moderna: la idea de los átomos. Empero, la ruta es directa. Sólo queda un paso entre la noción de los elementos químicos que Lavoisier cuantificó y su expresión en términos atómicos por el hijo de un tejedor de Cumberland, John Dalton.



Figura 20. “Sabes que ningún hombre puede dividir el átomo.”  
Retrato de Jon Dalton.

Después del fuego, del azufre, de la combustión del mercurio, era inevitable que el clímax de la historia se desarrollara en la fría y húmeda Manchester. Aquí, entre 1803 y 1808, un maestro de escuela cuáquero llamado John Dalton cambió repentinamente el vago concepto de la combinación química, brillantemente inspirado en Lavoisier, en el concepto moderno y preciso de la teoría atómica. Fue una época de descubrimientos maravillosos en química: en aquellos cinco años fueron descubiertos diez elementos nuevos; y no obstante, Dalton no estaba interesado en nada de ella. A decir verdad, se trataba de un hombre de bastante poco colorido. (Padecía con certeza de la ceguera del color, y el defecto genético de confundir el rojo con el verde que describió en sí mismo se conocería posteriormente como «daltonismo».)

Era Dalton un hombre de hábitos regulares, que todos los jueves por la tarde se dirigía al campo a jugar a los bolos. Su principal interés residía en las cosas del campo, cosas que todavía son características del paisaje de Manchester: el agua, el gas de los pantanos, el

## La estructura oculta

anhídrido carbónico. Dalton se formulaba preguntas concretas acerca de la forma en que estos se combinan en función de su peso. ¿Por qué en el agua, compuesta de oxígeno e hidrógeno, se unen siempre las mismas proporciones de estos para producir una determinada cantidad de agua? ¿Por qué cuando se produce anhídrido carbónico, por qué cuando se produce metano, persisten estas constantes de peso?

Durante todo el verano de 1803, Dalton trabajó en esta cuestión. Escribió: «Una investigación de los pesos relativos de las partículas fundamentales es, hasta donde tengo conocimiento, enteramente nueva. Me he dedicado recientemente a esta investigación con un éxito notable». Y así, acabaría por convencerse de que la respuesta debía estar efectivamente en la anticuada teoría atómica de los griegos. Pero el átomo no es una mera abstracción; a escala física posee un peso que caracteriza a tal o cual elemento. Los átomos de un elemento (Dalton los denominó «partículas fundamentales o elementales») son todos iguales y diferentes de los átomos de otro elemento; y una manera en la que se corrobora la diferencia entre ellos es físicamente, es decir, en su diferencia de peso. «Sospecho que existe un número considerable de lo que correctamente podríamos llamar partículas *elementales*, que nunca podrán *metamorfosearse* entre sí»

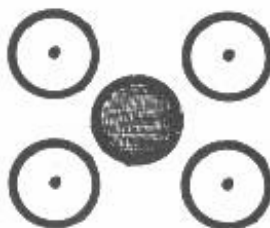
En 1805, Dalton publicó por vez primera su concepción de la teoría atómica, que decía a la letra: Si una cantidad mínima de carbón, un átomo, se combina para crear anhídrido carbónico, lo hará invariablemente con una cantidad prescrita de oxígeno: dos átomos de oxígeno.



Ahora bien, si se compone agua de los dos átomos de oxígeno, cada cual combinado con la suficiente cantidad de hidrógeno, habrá una molécula de agua de un átomo de oxígeno, y una molécula de agua del otro.



Los pesos son correctos: el peso del oxígeno que produce una unidad de anhídrido carbónico producirá dos unidades de agua. ¿Están los pesos correctos ahora para un compuesto carente de oxígeno, para el metano, en el cual el carbón se combina directamente con el hidrógeno? Así es, exactamente. Si se retiran los dos átomos de oxígeno de la única molécula del anhídrido carbónico y de las dos moléculas de agua, tendremos que el balance material es preciso: hemos obtenido las cantidades correctas de hidrógeno y carbón para producir el metano.



Las cantidades pesadas de los diferentes elementos que se combinan entre sí expresan, por su constancia, un esquema subyacente de combinación entre sus átomos.

Es la aritmética exacta de los átomos la que hace de la teoría química el fundamento de la teoría atómica moderna. Esta es la primera lección profunda que surge de esta multitud de especulaciones acerca del oro, el cobre y la alquimia, hasta alcanzar su apogeo con Dalton.

## La estructura oculta

La otra lección es su concepto sobre el método científico. Dalton era un hombre de hábitos regulares. Durante cincuenta y siete años dio un paseo diario por las afueras de Manchester: solía medir la lluvia, la temperatura: una empresa singularmente monótona en este clima. No obtuvo nada de ese conjunto de datos. Mas de una sencilla pregunta aguda, casi infantil, sobre los pesos que intervienen en la construcción de estas moléculas simples surgió la teoría atómica moderna. Es ésta la esencia de la ciencia: formula una pregunta impertinente y estarás camino de la respuesta pertinente.

## 5 LA MUSICA DE LAS ESFERAS

La matemática es, en muchos sentidos, la más elaborada y compleja de las ciencias, o al menos eso considero yo como matemático. Es por eso que para mí es tanto un placer especial como una obligación el describir el progreso de la matemática, ya que ha sido parte de tanta especulación humana: una escala para lo místico así como para el pensamiento racional en el ascenso intelectual del hombre. Sin embargo, hay algunos conceptos que toda historia de la matemática debe incluir: la idea lógica de la prueba, la idea empírica de las leyes exactas de la naturaleza (del espacio, particularmente), la aparición del concepto de operaciones y el avance de la matemática desde la descripción estática de la naturaleza hasta la dinámica. Estos forman el tema de este capítulo.

Aún los pueblos más primitivos tienen un sistema numérico; tal vez no puedan contar mucho más allá del cuatro, pero saben que dos cosas iguales más otras dos de la misma especie son cuatro, y no sólo algunas veces, sino siempre. A partir de este paso fundamental, muchas culturas han construido sus propios sistemas de numeración, generalmente como lenguaje escrito con signos convencionales similares. Los babilonios, los mayas y los hindúes, por ejemplo, inventaron esencialmente el mismo sistema para escribir las cifras grandes como una secuencia de dígitos que usamos ahora, pese a que estas culturas estaban tan distantes entre sí en el tiempo y en el espacio.

Así, pues, no existe un lugar o momento en la historia del cual pueda yo afirmar: «La aritmética empieza aquí, ahora». El hacer cuentas, igual que el hablar, es común a los pueblos de todas las culturas. La aritmética, como el lenguaje, se origina en leyendas: pero la matemática tal como la entendemos, o sea: un razonamiento con números, es otra cosa. La búsqueda de su origen, en los albores de la leyenda y de la historia, fue lo que me hizo navegar hacia la isla de Samos.

En tiempos legendarios, Samos fue un centro griego de adoración a Hera, reina del cielo, legítima (y celosa) mujer de Zeus. Los restos de su templo, el Heraion, datan del siglo VI a. de C. En aquellos tiempos, hacia el año 580 a. de C. nació en Samos el primer genio y fundador de la matemática griega, Pitágoras. Durante su época, el tirano Polícrates se apoderó de la isla. Cuenta la tradición que, antes de escapar, Pitágoras enseñaba escondido en una pequeña cueva blanca en las montañas, la cual es todavía mostrada a los crédulos.

Samos es una isla mágica. El aire está impregnado de mar, árboles y música. Otras islas griegas podrían servir de escenario a *La tempestad*: pero para mí ésta es la isla de Próspero, la playa donde el intelectual se convirtiera en mago. Acaso Pitágoras fuese una especie de mago para sus seguidores, debido a que les enseñaba que la naturaleza está regida por números. Existe una armonía en la naturaleza, decía, una unidad en su variedad, y tiene un lenguaje: los números son el lenguaje de la naturaleza.

Pitágoras encontró una relación básica entre la armonía musical y la matemática. La historia de su descubrimiento persiste sólo en forma desordenada, como cuento popular. Pero lo que descubrió era exacto. Una sola cuerda tensa, vibrando como un todo, produce una nota grave. Las notas con sonido armónico se producen en la cuerda al dividirla en un número preciso de segmentos: exactamente en dos partes, exactamente en tres partes, en cuatro partes iguales. y así sucesivamente. Si el punto fijo de la cuerda, el nodo, no está en uno de estos puntos precisos, el sonido es discordante.

Cuando movemos el nodo a lo largo de la cuerda, reconocemos las notas armónicas al llegar a

los puntos antes descritos. Empecemos con toda la cuerda: esto es la nota grave. Movamos el nodo a la mitad: obtendremos la octava superior. Si movemos el nodo a un tercio de la distancia obtendremos la quinta superior. Al moverlo a la cuarta parte de la cuerda obtenemos la cuarta, es decir, otra octava superior. Y si movemos el nodo a una quinta parte de la cuerda obtendremos la tercera mayor alta, que Pitágoras no llegó a obtener.

Pitágoras descubrió que los acordes que suenan agradables al oído – al oído occidental – corresponden a divisiones exactas de la cuerda entre números enteros. Para los pitagóricos, este descubrimiento tenía una fuerza mística. Las relaciones entre la naturaleza y los números eran un coherentes, que los persuadieron de que no únicamente los sonidos de la naturaleza, sino todas sus dimensiones características, debían de ser simples números que expresaban armonías. Por ejemplo, Pitágoras o sus discípulos creían que se podrían calcular las órbitas de los cuerpos celestes (que los griegos representaban como esferas de cristal alrededor de la Tierra) relacionándolos con los intervalos musicales. Creían que el orden prevaleciente en la naturaleza es musical; los movimientos en los cielos eran, para ellos, la música de las esferas.

Estas ideas dieron a Pitágoras la categoría de profeta en filosofía, casi un líder religioso, y sus seguidores formaron una sociedad secreta y quizás revolucionaria. Es probable que muchos de sus últimos seguidores fueran esclavos; creían en la transmigración de las almas, lo que pude haber constituido su manera de anhelar una vida más feliz después de la muerte.

Me he estado refiriendo al lenguaje de los números, o sea: a la aritmética, aunque en mi último ejemplo hablaba de las esferas celestes, que son formas geométricas. La transición no es fortuita. La naturaleza nos presenta formas: una onda, un cristal, el cuerpo humano, y somos nosotros quienes debemos intuir y encontrar en ellos las relaciones numéricas. Pitágoras fue un pionero en enlazar la geometría con los números, y puesto que ésta es también mi tema de elección entre las ramas de la matemática, es conveniente analizar lo que él realizó.

Pitágoras probó que el mundo de los sonidos está gobernado por números exactos y que esto también es valedero para el mundo visual. Esto es un logro extraordinario. Miro alrededor y aquí me encuentro en este maravilloso y colorido paisaje de Grecia, entre sus formas silvestres naturales, sus valles órficos, el mar. ¿Dónde, bajo este bello caos, puede subyacer una simple estructura numérica?

La pregunta nos retrotrae a las constantes más primitivas de nuestra percepción de las leyes naturales. Para responder correctamente, está claro que debemos partir de experiencias universales. Nuestro mundo visual está basado en dos experiencias: que la gravedad es vertical y que el horizonte forma un ángulo recto con ella. Y es esta conjunción, estos hilos cruzados en el campo visual, le que define la naturaleza del ángulo recto; de modo que si yo giro este ángulo de experiencia (la dirección «hacia abajo» y la dirección «hacia los lados» cuatro veces, regreso al cruce de la gravedad con el horizonte. El ángulo recto se define por esta operación cuádruple que lo distingue de cualquier otro ángulo arbitrario.

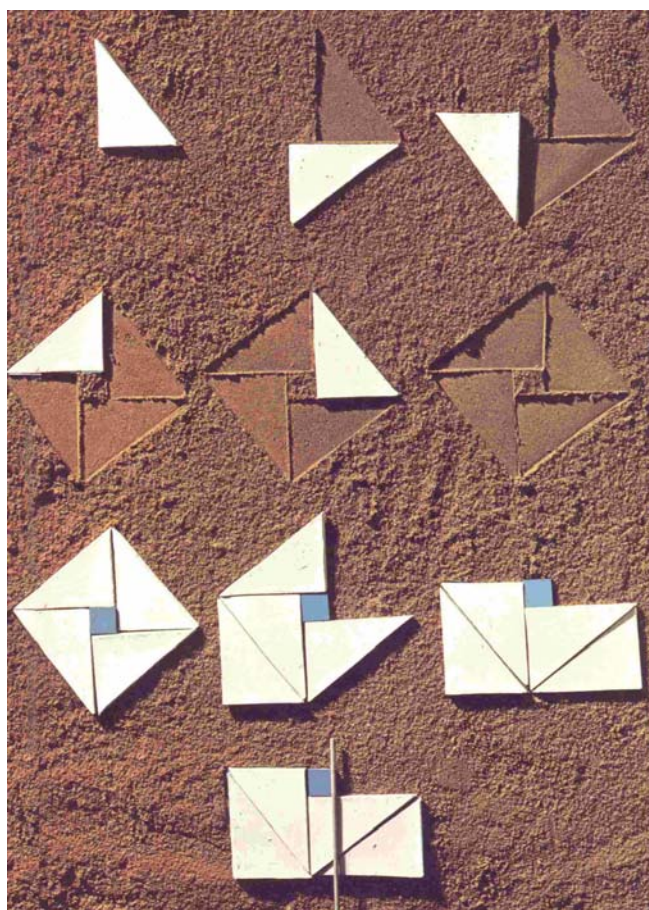
Luego en el mundo de la visión, en la imagen vertical plana que nuestros ojos nos presentan, un ángulo recto se define por su cuádruple rotación sobre sí mismo. La misma definición se aplica también al mundo horizontal de experiencias, en el cual, de hecho, nos movemos. Consideremos ese mundo, el mundo de la Tierra plana y del mapa y de los puntos de la brújula. Heme aquí mirando los Estrechos de Samos y Asia Menor, hacia el sur. Utilizo una baldosa triangular como indicador y la ubico también hacia el sur. (He dado al indicador la forma de un triángulo rectángulo con el fin de poner sus cuatro rotaciones lado a lado.) Si giro la baldosa triangular en ángulo recto, apuntará hacia el oeste. Si la giro en un segundo ángulo recto, apuntará al norte. Y si después la hago girar en un tercer ángulo recto, apuntará al este. Y, finalmente, el cuarto giro la hará apuntar de nuevo hacia el sur, o sea: en la dirección de Asia Menor, en la dirección de la cual partimos.

No sólo el mundo natural sino el mundo que estamos construyendo se basa en esa relación. Ha sido así desde la época en que los babilonios construyeran los Jardines Colgantes, e incluso



antes, desde la época en que los egipcios construyeron las pirámides. Estas culturas sabían ya de un modo práctico que hay una escuadra del constructor en la que las relaciones numéricas dictan y crean el ángulo recto. Los babilonios conocían muchas, tal vez miles de fórmulas sobre este particular, hacia el año 2000 a. de C. Los hindúes y los egipcios conocían algunas. Los egipcios, según parece, usaron siempre un juego de escuadra con los lados del triángulo hecho de dos, tres, cuatro o cinco unidades. No fue sino hasta 500 a. de C., más o menos, que Pitágoras deslindó este conocimiento del mundo de los hechos empíricos para encauzarlo en lo que hoy llamaríamos el mundo de las pruebas. Es decir, se formuló esta pregunta: «¿Cómo surgen los números que conforman el triángulo del constructor del hecho de que al girar un ángulo recto cuatro veces señale al mismo lugar?».

Su prueba, según creemos, funcionó así. (No es la prueba que aparece en los libros escolares.) Los cuatro puntos principales – sur, oeste, norte y este – de los triángulos que forman el cruce del compás, son las esquinas de un cuadrado. Muevo los cuatro triángulos de forma tal que el lado más grande de cada uno termina en el punto principal de su vecino. He construido un cuadrado cuyos lados son los más largos de cada triángulo rectángulo, la hipotenusa. Únicamente con el objeto de saber qué forma parte del área comprendida y qué no, voy a colocar un azulejo adicional en la pequeña área cuadrada interior, hasta ahora vacía. (Utilizo azulejos porque muchos de sus diseños, en Roma y en el Oriente, se derivan, a partir de entonces, de esta especie de matrimonio entre la relación matemática y los conceptos de la naturaleza.)



*Figura 21.* Pitágoras deslindó este conocimiento del mundo de los hechos empíricos, para encauzarlo en lo que hoy llamaríamos el mundo de las pruebas.

*La prueba pitagórica descrita en el texto, en que, un triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos.*

Tenemos ahora un cuadrado formado por la hipotenusa y podemos, mediante cálculos, relacionar éste con los cuadrados de los dos lados más pequeños. Pero así se perdería de vista la estructura natural y la interiorización esencial de la figura. No hay necesidad de calcular. Un juego sencillo que los niños y los matemáticos practican demostrará aún mis. Transpongamos dos triángulos a posiciones nuevas. Movamos el triángulo que señalaba hacia el sur de modo que su lado más largo esté junto al lado más largo del triángulo que señalaba hacia el norte. Y movamos el triángulo que señalaba hacia el este de modo que su lado más largo esté junto al lado más largo del triángulo que señalaba hacia el oeste.

Así habremos construido una figura en forma de L de área igual (claro, porque está formada de las mismas piezas), cuyos lados percibimos en términos de los lados más pequeños de los triángulos rectángulos. Para aclarar visualmente la composición de esta figura en forma de L, la dividimos con una raya, separando la parte vertical de la horizontal. Queda entonces claro que ésta un cuadrado formado por los lados más cortos del triángulo; y que aquélla es un cuadrado basado en el más largo de los dos lados que forman el ángulo recto.

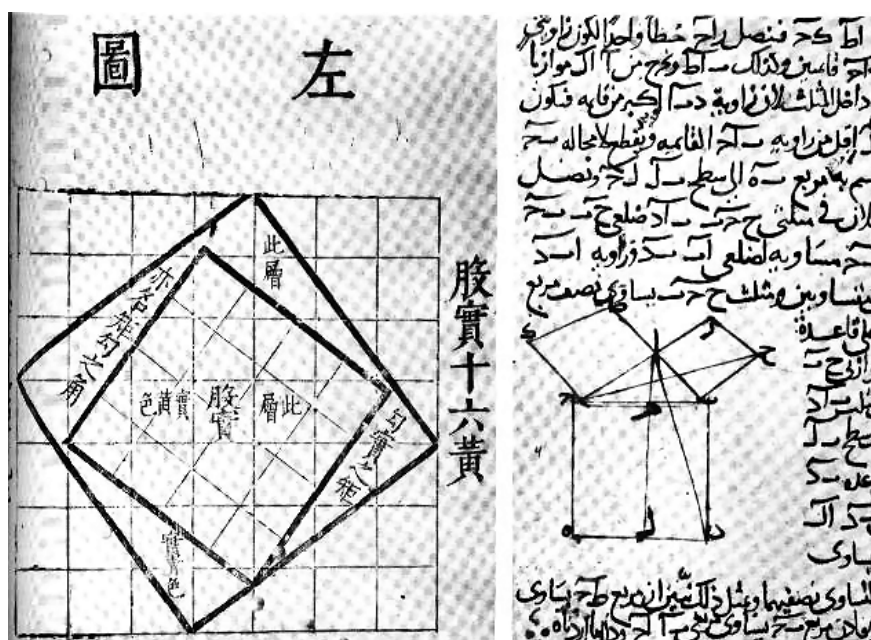


Figura 22. Pitágoras demostró así un teorema general: no sólo para el triángulo egipcio de proporciones 3:4:5, o cualquier triángulo babilónico, sino para todo triángulo que contenga un ángulo recto.

Página de una versión árabe de 1285 d. de C., y un impreso chino del teorema, asociado en la historia china con Chou Pei, contemporáneo de Pitágoras.

Pitágoras demostró así un teorema general: no sólo para el triángulo egipcio de proporciones 3:4:5, o cualquier triángulo babilónico, sino para todo triángulo que contenga un ángulo recto. Demostró que el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma del cuadrado de los catetos. Por ejemplo, los lados tres, cuatro y cinco forman un ángulo recto porque

$$\begin{aligned}
 5^2 &= 5 \times 5 = 25 \\
 &= 16 + 9 = 4 \times 4 + 3 \times 3 \\
 &= 4^2 + 3^2
 \end{aligned}$$

Y lo mismo es cierto para los lados de los triángulos encontrados por los Babilonios, sean los simples como 8:15:17 o los más formidables como 3367:3456:4825, lo cual no deja lugar a

duda de que eran hábiles para la aritmética.

Hasta hoy, el teorema de Pitágoras sigue siendo el teorema individual más importante de toda la matemática. Parece extraordinario decirlo, pero no es una extravagancia; porque lo que estableció Pitágoras es una caracterización fundamental del espacio en que nos movemos, traducido por primera vez a números. Y el ajuste exacto de los números describe las leyes exactas que regulan el universo. En efecto, los números que componen los triángulos rectángulos han sido propuestos como posibles mensajes a otros planetas, en búsqueda de prueba de la existencia de vida racional en éstos.

El caso es que el teorema de Pitágoras, en la forma en que lo he demostrado. Es una elucidación de la simetría del espacio plano; el ángulo recto es el elemento de simetría que divide el plano en cuatro. Si el espacio plano tuviese un tipo de simetría diferente, el teorema no sería válido; sería válida alguna otra relación entre los lados de triángulos especiales. Y el espacio es una parte tan crucial de la naturaleza como lo es la materia, pese a que (al igual que el aire), es invisible; esto constituye el meollo de la ciencia geométrica, la simetría no es sólo una sutileza descriptiva; como otras ideas de Pitágoras, penetra en la armonía de la naturaleza.

Cuando Pitágoras demostró el gran teorema, ofreció cien bueyes a las musas, agradeciendo la inspiración. Es un gesto de orgullo y humildad a la vez, que todo científico siente aún en nuestros días cuando los números se ajustan y dicen: «Esto es parte de la llave de la estructura de la naturaleza misma».

Pitágoras era filósofo y algo así como una figura religiosa para sus discípulos. El hecho es que había en él algo de esa influencia asiática que dejó su huella en toda la cultura griega y que solemos dejar de lado. Pensamos en Grecia como parte de Occidente; pero Samos el límite de la Grecia Clásica, está situada a kilómetro y medio de la costa de Asia Menor. Esta fue la fuente de gran parte del pensamiento que inspiró a Grecia y que pasó de nuevo a Asia en los siglos posteriores antes de llegar a Europa occidental.

El conocimiento hace prodigiosos viajes y lo que nos puede parecer un salto en un instante de tiempo resulta ser una larga progresión de lugar en lugar, de una ciudad a otra. Las caravanas llevan junto con mercancías los métodos de comercio de sus países de origen: las pesas y medidas, los sistemas de cálculo, y tanto técnicas como ideas viajaron con ellos por Asia y el norte de Africa. Como un ejemplo entre muchos, la matemática de Pitágoras no nos llegó en forma directa. Inspiró la imaginación de los griegos; pero fue en Alejandría, la ciudad del Nilo, donde la ordenaron sistemáticamente. El hombre que creó el sistema y lo hizo famoso fue Euclides, y probablemente la llevó a Alejandría en el año 300 a. de C.

Evidentemente, Euclides pertenecía a la tradición pitagórica. Cuando un oyente le preguntó cuál era el uso práctico de algún teorema, se dice que Euclides dijo desdeñosamente a su esclavo: «El quiere lucrarse del conocimiento, dale una moneda». La reprobación estaba quizás inspirada en el proverbio de la hermandad pitagórica, que traducido se aproxima a: «Un diagrama y mi paso; no un diagrama y una moneda», siendo «un paso» un paso en el conocimiento, o lo que yo he denominado el ascenso del hombre.

El impacto de Euclides como modelo de razonamiento matemático fue inmenso e imperecedero. Su libro *Elementos de geometría* ha sido traducido y copiado hasta nuestros tiempos más que cualquier otro libro a excepción de la Biblia. Aprendí matemática con un profesor que citaba textualmente los teoremas de la geometría usando los números que Euclides les había asignado cosa que era muy común hace 50 años y, en el pasado, el sistema estándar de referencia. Cuando, hacia 1680, John Aubrey escribió un tratado sobre cómo Thomas Hobbes en su edad madura «se enamoró de la geometría» y, por tanto, de la filosofía, explicó que todo empezó cuando Hobbes vio en la «biblioteca de un caballero» un ejemplar de los *Elementos* de Euclides, abierto en *47 Element libri I*. La proposición 47 del Libro I de los *Elementos* de Euclides es el famoso teorema de Pitágoras.

La otra ciencia practicada en Alejandría en época cercana al nacimiento de Cristo era la astronomía. De nuevo percibimos el flujo de la historia en la resaca de la leyenda: cuando la Biblia nos dice que tres hombres sabios siguieron una estrella hasta Belén, nos parece oír el eco de una época en que los sabios se dedicaban a observar las estrellas. El secreto de los cielos que los sabios buscaban en la antigüedad fue interpretado por un griego llamado Claudio Ptolomeo, que trabajaba en Alejandría hacia el año 150 d. de C. Su trabajo llegó a Europa a través de textos árabigos, pues las ediciones originales griegas se perdieron en gran parte, algunas en el saqueo de la gran biblioteca de Alejandría cometido por fanáticos cristianos en el año 389 d. de C., otras en las guerras e invasiones que asolaron el Mediterráneo oriental durante las Edades Bárbaras.

El modelo de los ciclos que Ptolomeo construyó es maravillosamente complejo, pero parte de una analogía simple. La Luna gira alrededor de La Tierra, evidentemente, y a Ptolomeo le pareció igualmente evidente que los planetas y el Sol hacían lo mismo. (Los antiguos pensaban que la Luna y el Sol eran planetas.) Los griegos creían que el círculo era la forma perfecta del movimiento, y así Ptolomeo situaba a los planetas girando en círculo, o por círculos girando a su vez en otros círculos. A nosotros nos puede parecer esto simple y artificial; sin embargo, el sistema fue una invención muy hermosa y práctica y sirvió como artículo de fe para árabes y cristianos hasta finales de la Edad Media. Duró 1400 años, mucho más de lo que una teoría científica reciente puede esperar sobrevivir sin cambio radical.

Es pertinente reflexionar ahora sobre por qué la astronomía se desarrolló tan temprano y tan elaboradamente y se convirtió en el arquetipo de las ciencias físicas. Por sí mismas, las estrellas son objetos naturales que no deberían despertar la curiosidad humana. El cuerpo humano debería ser mejor candidato para este primer interés sistemático. ¿Por qué entonces la astronomía avanzó como ciencia antes que la medicina? ¿Por qué miraba la medicina a las estrellas por presagios para predecir las influencias favorables y adversas que compiten por la vida de un paciente, cuando el recurrir a la astrología refleja, sin duda, la abdicación de la medicina como ciencia? Desde mi punto de vista, la principal razón es que los movimientos observados en las estrellas se podían calcular, y desde tiempos remotos (quizás 3000 años a. de C. en Babilonia) se prestaban a la matemática. La importancia de la astronomía reside en la peculiaridad de que puede ser tratada matemáticamente; y el progreso de la física, y más recientemente de la biología, también ha dependido del descubrimiento de formulaciones de sus leyes que pueden ser escritas como modelos matemáticos.

De vez en cuando, la propagación de ideas exige un nuevo impulso. El advenimiento del Islam en el año 600 d. de C. constituyó este nuevo y poderoso impulso. Empezó como un acontecimiento local de resultados imprevisibles; pero una vez que Mahoma conquista la Meca en el año 630 d. de C. el Islam tomó por asalto el mundo oriental. En cien años conquistó Alejandría, estableció un fabuloso centro de estudios en Bagdad y amplió sus fronteras por el este más allá de Isbajam, en Persia. Por el año 730 d. de C. el imperio musulmán se extendió desde España y el sur de Francia hasta las fronteras de China y la India: un imperio de espectacular fuerza y cultura, mientras Europa caía paulatinamente en el oscurantismo.

Bajo esta religión proselitista, la ciencia de las naciones conquistadas fue absorbida con gusto cleptomaníaco. Al mismo tiempo, hubo un surgimiento de habilidades locales sencillas que habían sido despreciadas. Por ejemplo, fueron construidas las primeras mezquitas con cúpula, empleando como instrumento único la antigua escuadra que aún se usa en nuestros días. La mezquita de Masjid-i-Jomi en Isbajam (la mezquita de viernes) es uno de los monumentos más impresionantes de los comienzos del Islam. Fue en centros como éste que los conocimientos de Grecia y el Oriente fueron acumulados, absorbidos y diversificados.

Mahoma había dicho que el Islam no iba a ser una religión de milagros; su contenido intelectual se hizo un modelo de contemplación y de análisis. Los escribas mahometanos despersonalizaron y formalizaron la imagen de la divinidad: el misticismo del Islam no es sangre y vino, carne y pan, sino un éxtasis sobrenatural.

## La música de las esferas

*Alá es la luz de los cielos y de la tierra. Su luz puede ser comparada con la de un nicho que resguarda una lámpara, la lámpara dentro de un cristal brillante como las estrellas, luz sobre luz en los templos que Alá determinó que se construyeran para recordar su nombre es alabado al amanecer y al atardecer por hombres a quienes ni el comercio ni el lucro pueden hacerles olvidarlo.*

Una de las invenciones griegas que el Islam perfeccionó y difundió fue el astrolabio. Como instrumento de observación es muy primitivo, pues solamente puede medir la altura del Sol o de una estrella, y eso inexactamente. Pero uniendo estas observaciones con uno o más mapas astronómicos, el astrolabio permitía al viajero desarrollar un esquema elaborado de cálculo para determinar las latitudes, el amanecer y el atardecer, la hora de los rezos y la dirección de la Meca al viajero. En adición al mapa astronómico, el astrolabio estaba adornado con detalles astrológicos y religiosos, para comodidad mística.

Por mucho tiempo, el astrolabio fue el reloj de bolsillo y la regla de cálculo del mundo. En 1391, cuando el poeta Geoffiey Chaucer escribió un texto para enseñar a su hijo a usar el astrolabio, lo copió de un astrónomo árabe del siglo VIII.

Hacer cálculos era un goce sin fin para los eruditos moros. Les gustaban los problemas, disfrutaban hallando métodos ingeniosos para resolverlos; a veces convirtieron sus métodos en instrumentos mecánicos. La computadora astronómica era un instrumento de cálculo más elaborado que el astrolabio; algo así como un calendario automático, hecho en el califato de Bagdad en el siglo XIII. Los cálculos que puede efectuar no son profundos: una alineación de cuadrantes para hacer pronósticos, pero es testimonio de la destreza mecánica de aquellos que lo hicieron hace setecientos años y de su pasión por jugar con números,

La innovación más importante realizada por los ansiosos, inquisitivos y tolerantes sabios árabes, fue la escritura de los números. Las anotaciones numéricas de los europeos eran todavía entonces del tosco estilo romano, en el que el número se constituye de la agregación de sus partes. Por ejemplo 1825 se escribe MDCCCXXV, debido a que es la suma de M=1000, D=500, C+C+C=100+100+100, XX=10+10 y V=5. El Islam cambió esto por el moderno sistema decimal que todavía llamamos arábigo. En la nota al margen de un manuscrito árabe (abajo), los números de la fila de arriba son 18 y 25. Reconocemos inmediatamente el 1 y el 2 por ser nuestros propios símbolos (aunque el 2 está colocado de punta). Para escribir 1825, los cuatro símbolos se acomodan sencillamente, en orden seguido como un sólo número; puesto que es el espacio que ocupa cada uno de los símbolos el que anuncia si representa millares, centenas, decenas o unidades.



Figura 23. Al principio del manuscrito ilustrado, se muestran los dígitos 1 al 9. Estos se leen de izquierda a derecha.

٩ ٨ ٧ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١

Empero, un sistema que describe magnitudes por ubicación debe ofrecer la posibilidad del espacio vacío. La anotación árabe requería de la invención del 0. El símbolo para el cero aparece dos veces en esta página y varias más en las páginas siguientes, siendo igual al nuestro. Las palabras *cero* y *cifra* son árabes, como también las palabras *álgebra*, *almanaque*, *cenit* y

## La música de las esferas

una docena más usadas tanto en matemática como en astronomía. Los árabes trajeron de la India el sistema decimal cerca del año 750 d. de C., pero no arraigó en Europa sino hasta quinientos años después.

Probablemente fue el enorme tamaño del imperio morisco lo que hizo que se conviniera en una especie de bazar del conocimiento, cuyos eruditos incluían cristianos heréticos en el oriente y judíos infieles en el occidente. Pero fue una cualidad del Islam, como religión, que aunque propugnaba la conversión de la gente, no desdeñaba sus conocimientos. En el oriente su monumento es la ciudad persa de Isbajam. En el occidente sobrevive otro notable lugar: la Alhambra, en el sur de España.

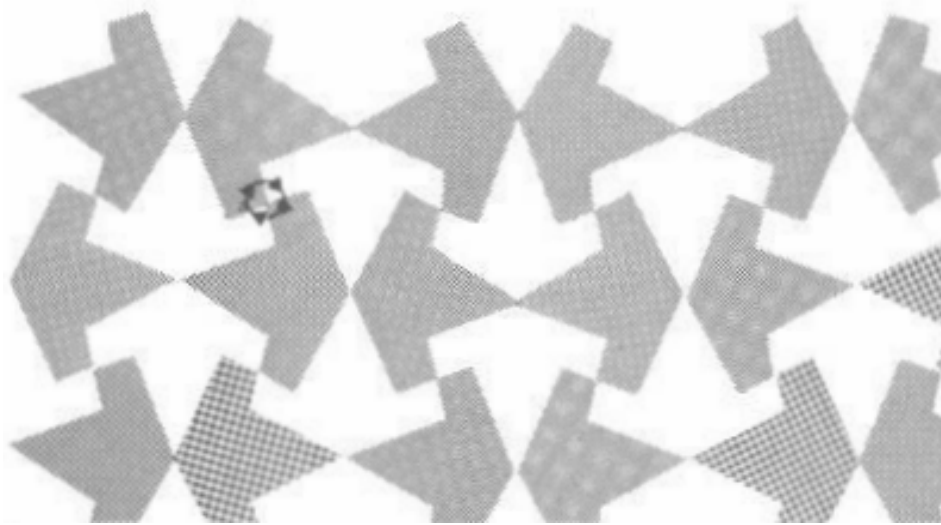
Vista desde fuera, la Alhambra es una fortaleza cuadrada y escueta que no muestra el estilo árabe; pero por dentro no es una fortaleza sino un palacio, un palacio diseñado deliberadamente para plasmar en la tierra los deleites del cielo. La Alhambra es una construcción tardía. Tiene la lasitud de un imperio más allá de su apogeo, ya no aventurero, y confiado en su seguridad. La religión de la meditación se ha vuelto sensual y autosatisfecha. Resuena con la música del agua, cuyo ritmo sinuoso se percibe en todas las melodías árabes, aunque éstas están basadas en la escala pitagórica. Cada atrio es recuerdo y eco de un sueño a través del cual el sultán flotaba (porque no caminaba, pues era llevado en andas). La Alhambra es lo más aproximado a la descripción del paraíso del Corán.

*Bendita será la recompensa para aquellos que trabajen pacientemente y confíen en Alá. Aquellos que abracen la fe verdadera y hagan buenas obras serán hospedados para siempre en las mansiones del Paraíso donde hermosos ríos correrán bajo sus pies... y serán honrados en los jardines de las delicias, sobre mullidas poltronas, cara a cara. De una fuente se les llevará un cáliz de contenido límpido y delicioso para quienes lo liben... Sus esposas se reclinarán sobre suaves almohadones verdes y hermosas alfombras.*

La Alhambra es el último y más exquisito monumento de la civilización árabe en Europa. El último rey moro reinó aquí hasta 1492, cuando la reina Isabel de España apoyaba la aventura de Colón. Es un enjambre de patios y cámaras, y la Sala de las Camas es el lugar más secreto del palacio. Aquí, las mujeres del harén venían después del baño a reclinarsen desnudas. Músicos ciegos tocaban en la galería, mientras los eunucos lo vigilaban todo. El sultán observaba desde arriba y mandaba abajo una manzana para indicar a la mujer de su agrado que pasaría la noche con él.

En una civilización occidental, este salón estaría lleno de maravillosos dibujos de formas femeninas, pinturas eróticas. Aquí no es así. La representación del cuerpo humano estaba prohibida a los mahometanos. Incluso el estudio de la anatomía estaba prohibido y esto representó una gran desventaja para la ciencia musulmana. Por eso encontramos aquí figuras geométricas coloridas pero extraordinariamente simples. El artista y el matemático en la civilización árabe constituían una unidad. Y esto lo afirmo literalmente. Estas figuras representan el alto grado de exploración de los árabes acerca de las sutilezas y simetrías del espacio mismo: el espacio plano bidimensional, que llamamos ahora el plano euclidiano, caracterizado primero por Pitágoras.

Entre la multitud de diseños, empiezo con uno muy sencillo. En él se repiten el motivo de dos hojas oscuras horizontales y el de dos hojas claras verticales. Las simetrías evidentes aquí son traslaciones (es decir, cambios paralelos en el diseño) y reflejos horizontales o verticales. Pero notemos un punto más delicado. Los árabes eran afectos a los diseños en que las partes oscuras del diseño fuesen idénticas a las partes claras. Y así, si por un momento ignoramos los colores, podemos observar que se puede girar una figura oscura en ángulo recto a la posición de la siguiente clara, y después (siempre alrededor del mismo punto) a la siguiente posición y finalmente de nuevo a su posición original. Y la rotación recrea correctamente todo el diseño; cada hoja de éste alcanza la posición de otra hoja, sin importar lo lejos que se encuentren del centro de rotación.



La reflexión en una línea horizontal al igual que la reflexión en una línea vertical constituye una simetría doble del diseño en color. Mas si pasamos por alto los colores, notaremos que existe una simetría cuádruple. Esta se produce mediante la operación de rotación a través de un ángulo recto, cuatro veces repetido, por la cual demostré antes el teorema de Pitágoras; y de ahí que el diseño carente de color se parezca, por su simetría, al cuadrado de Pitágoras.

Cambiamos ahora a un diseño mucho más sutil. Estos triángulos ondulados en cuatro colores forman siempre un mismo tipo de simetría muy sencillo, en dos direcciones. Podemos cambiar el diseño horizontal o verticalmente en nuevas e idénticas posiciones. la forma ondulada no es irrelevante. Es poco común el encontrar un sistema simétrico que no dé cabida a la reflexión. No obstante, éste no es así, porque todos los triángulos son de movimiento diestro y no se podrán reflejar sin convertirlos en siniestros.

Supongamos ahora que desconocemos la diferencia entre el verde, el amarillo, el negro y el azul. y pensamos simplemente en la disparidad entre triángulos oscuros y triángulos claros, entonces habrá también una simetría de rotación. Fijemos de nuevo nuestra atención en un punto de conjunción: se concentran ahí seis triángulos que son alternadamente oscuros y claros. Se puede rotar ahí un triángulo oscuro a la posición del triángulo oscuro siguiente, después a la posición del siguiente, y por fin a su posición original: una simetría triple que hace rotar todo el diseño.



Y, ciertamente, las simetrías posibles no acaban necesariamente aquí. Si nos olvidamos por completo de los colores, entonces se manifiesta una rotación menor merced a la cual podemos mover un triángulo oscuro al espacio del triángulo claro anexo, debido a que su forma es idéntica. Después, esta operación de rotación aparece en el triángulo oscuro, en el claro, en el oscuro, en el claro y vuelve finalmente al triángulo oscuro original: una simetría séxtuplo del espacio que hace rotar todo el diseño. Y la simetría séxtuplo es en realidad la que todos conocemos mejor, porque es la simetría de los copos de nieve.

A estas alturas, el no-matemático se preguntará, «¿Y qué? ¿Es a eso a lo que se refieren los matemáticos? ¿Han dedicado su tiempo a esta especie de juego elegante los profesores árabes y los matemáticos modernos?» Para esto la respuesta inesperada es: Bueno, esto no es un juego. Nos pone cara a cara con algo que es difícil de recordar, y que es que vivimos en un tipo especial de espacio – tridimensional, plano – y las propiedades de tal espacio son inquebrantables. Al preguntarnos cuáles son las operaciones que hacen girar un diseño sobre sí mismo, estamos descubriendo las leyes invisibles que rigen nuestro espacio. Existen sólo algunas clases de simetría que nuestro espacio puede soportar, no únicamente en los diseños producidos por el hombre sino, además en las regularidades impuestas por la propia naturaleza en sus estructuras atómicas fundamentales.

Las estructuras que virtualmente encierran los diseños naturales del espacio son los cristales. Y cuando observamos alguno que no ha sido tocado por mano humana ninguna – digamos, el espato de Islandia – nos quedamos atónitos al percatarnos de que no hay causa aparente que explique el porqué de la regularidad de sus caras. Ni siquiera resulta explicable el que sus caras sean planas. Así es como se presentan los cristales; estamos acostumbrados a verlos regulares y simétricos; pero, ¿por qué? No fueron hechos así por el hombre sino por la naturaleza. La cara es plana porque fue así que los átomos tuvieron que unirse. La llanura, la regularidad, han sido forzadas por el espacio sobre la materia tan definitivamente como el espacio dio a los diseños moros las simetrías que he analizado.

Tomemos algunos bellos cubos de piritas. O el que para mí es el más exquisito de los cristales, la fluorita, un octaedro (que presenta la misma forma natural del cristal del diamante). Sus simetrías les son impuestas por la naturaleza del espacio en que vivimos: las tres dimensiones, la llanura dentro de la cual vivimos. Y ninguna estructura atómica puede romper esta ley crucial de la naturaleza. Al igual que las unidades que componen un diseño, los átomos de un cristal se encuentran hacinados en todas direcciones. Es así que un cristal, del mismo modo que un diseño, debe poseer una forma que pueda extenderse o repetirse indefinidamente y en todas direcciones. Es por ello que las caras de un cristal presentan únicamente determinadas formas; no pueden tener otras simetrías que las de diseños. Por ejemplo, las únicas rotaciones que les son posibles son de dos a cuatro veces por vuelta completa, o de tres a seis veces... y nada más. Y no cinco veces. No se puede hacer una estructura atómica que forme triángulos que encajen regularmente cinco a la vez en un espacio.

La gran realización de la matemática árabe fue el concebir estas formas de diseño, agotando de un modo práctico las posibilidades de las simetrías del espacio (al menos en dos dimensiones). Y contiene una maravillosa finalidad de mil años de antigüedad. El rey, las mujeres desnudas, los eunucos y los músicos ciegos crearon un bello diseño formal en que la exploración de lo existente era perfecta, pero el cual, por desgracia, no perseguía cambio alguno. No hay nada nuevo en matemática, debido a que tampoco lo hay en el pensamiento humano, hasta que el ascenso del hombre avanzara hacia una dinámica diferente.

El cristianismo empezó a resurgir en el norte de España hacia el año 1000 d. de C., en aldeas como la villa de Santillana, ubicada en una franja costera nunca conquistada por los moros. Es una religión surgida de la tierra, expresada en las imágenes sencillas de la villa, el buey, el asno, el Cordero de Dios. Las imágenes con motivos animales serían inconcebibles en la religión musulmana. Y no sólo se admiten las formas animales; el Hijo de Dios es un niño, su madre es una mujer que es objeto de veneración personal. Cuando la Virgen es llevada en



procesión, nos hallamos ante un universo de visión diferente: no de conceptos abstractos, sino de vida abundante e irreprimible.

Cuando el cristianismo reconquistó España, la emoción de la lucha se hallaba en la frontera. Aquí, moros y cristianos, e incluso judíos, se mezclaron y forjaron una extraordinaria cultura de múltiples credos. En 1085, el centro de esta cultura mixta se fijó por un tiempo en la ciudad de Toledo. Era Toledo el puerto intelectual de acceso a la Europa cristiana para todos los clásicos que los árabes habían traído desde Grecia, desde el Oriente Medio, desde Asia.

Consideramos a Italia como cuna del Renacimiento. Mas la concepción se realizó en España en el siglo XII y se simboliza y expresa por medio de la famosa escuela de traductores de Toledo, donde los textos antiguos pasaron del griego (que Europa había olvidado), a través del árabe y el hebreo, al latín. En Toledo, entre otros avances intelectuales, se formuló un conjunto de tablas astronómicas, una suerte de enciclopedia de las posiciones de las estrellas. Es característico de la ciudad y de la época en que las tablas son cristianas; pero los números son arábigos y ya prácticamente iguales a los modernos.

El más famoso de los traductores, y el más brillante, fue Gerardo de Cremona, que había llegado de Italia con el fin específico de encontrar una copia del libro de astronomía del Ptolomeo, el *Almagest*, y permaneció en Toledo para traducir a Hipócrates, Arquímedes, Galeno, Euclides: los clásicos de la ciencia griega.

Y sin embargo, para mí personalmente, el hombre más notable que fue traducido, y a largo plazo el más influyente, no era griego. Esto se debe a mi interés en la percepción de los objetos en el espacio. Y este es un tema en el cual los griegos estaban totalmente equivocados. Fue entendido por vez primera hacia 1000 d. de C. por un matemático excéntrico, conocido como Alhazén, que fue realmente la única mente científica original producida por la cultura árabe. Los griegos habían creído que la luz parte de los ojos hacia el objeto. Alhazén fue el primero en reconocer que vemos un objeto porque cada uno de sus puntos dirige y refleja un rayo hacia el ojo. El concepto griego no podía explicar cómo un objeto, digamos mi mano, parece cambiar de tamaño cuando se mueve. En el concepto de Alhazén está claro que los rayos en forma de cono que proceden del contorno y de la forma de mi mano se estrechan conforme la aparto de mis ojos. Conforme la aproximo a éstos, el cono de rayos que entra al ojo aumenta y produce un ángulo mayor. Y esto, y sólo esto, explica la diferencia de tamaño. Es una noción tan sencilla que resulta inconcebible que los científicos casi no le prestasen atención (excepción hecha de Roger Bacon) durante seiscientos años. Mas los artistas se ocuparon de ella mucho antes y de un modo práctico. El concepto del cono de rayos desde un objeto al ojo se convierte en el fundamento de la perspectiva. Y la perspectiva es el nuevo concepto que actualmente revivifica la matemática.

El entusiasmo por la perspectiva pasó al arte en el norte de Italia, en Florencia y Venecia, en el siglo XV. En un manuscrito de la *Optica* de Alhazén – una traducción – que se encuentra en la Biblioteca Vaticana de Roma, se encuentran unas anotaciones de Lorenzo Ghiberti, quien realizó las famosas perspectivas de bronce de las puertas del Bautisterio de Florencia. No fue el primer pionero de la perspectiva – que puede haber sido Filippo Brunelleschi –, y eran tantos que llegaron a formar una escuela identificable de la perspectiva. Era una escuela de pensamiento, pues su mira no era simplemente producir figuras que parecieran vivas, sino crear la sensación de su movimiento en el espacio.

El movimiento se hace evidente en cuanto comparamos alguna obra de los perspectivistas con otra anterior. La pintura de Carpaccio con Santa Ursula abandonando un puerto vagamente veneciano, fue realizada en 1495. El efecto obvio es el de proporcionar una tercera dimensión al espacio visual, justamente como el oído de aquella época percibe otra profundidad y otra dimensión en las nuevas armonías de la música europea. Pero el efecto fundamental no es tanto de profundidad como de movimiento. Al igual que la nueva música, la pintura y sus elementos poseen movimiento. Pero sobre todo, se aprecia que el ojo del pintor está en movimiento.

Comparémoslo con un fresco de Florencia pintado un siglo antes, hacia 1350 d. de C. Es una

vista a extramuros de la ciudad, en la que el pintor mira ingenuamente por encima de los muros y los tejados de las edificaciones tal como si estuviesen acomodados en filas. Pero no se trata de una cuestión de destreza, sino de intención. No hay ningún intento de perspectiva, porque el pintor consideraba que debía registrar las cosas no como se ven, sino como son: una visión divina, un mapa de verdad eterna.

El pintor de perspectiva tiene una intención diferente. Nos aparta deliberadamente de toda visión absoluta y abstracta. Nos presenta no tanto un lugar cuanto un momento, un momento breve: un punto de vista en el tiempo más bien que en el espacio. Todo esto fue realizado por medios precisos y matemáticos. La técnica ha sido cuidadosamente consignada por el artista alemán Alberto Durero, que viajó a Italia en 1506 para aprender «el arte secreto de la perspectiva». Por supuesto que Durero también se ha fijado un momento en el tiempo; y si volvemos a crear la escena, veremos al artista elegir el momento dramático.

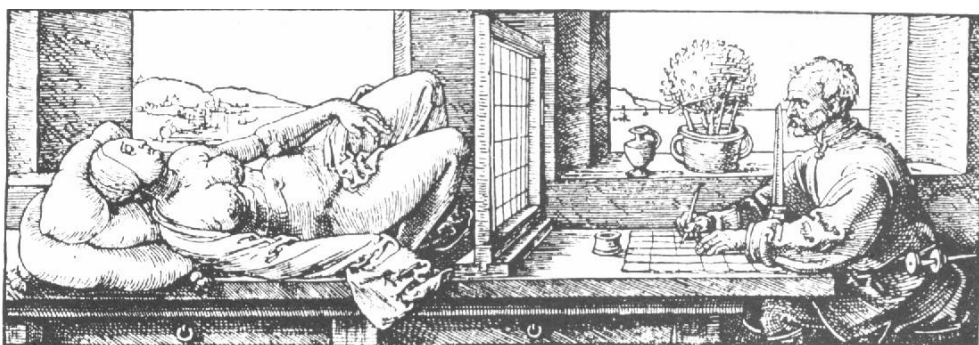


Figura 24. Durero se ha fijado un momento en el tiempo.

*“Colóquese un marco con una trama de hilos entre el ojo y la modelo desnuda que se esté dibujando y dibújense estos mismos cuadros en el papel. Póngase un punto en la red que servirá como punto fijo.” Así fue como Leonardo describió el uso de una rejilla como esta.*

Pudo haberse detenido antes en su inspección alrededor de la modelo. O pudo haberse movido y congelado la visión en un momento posterior. Pero decidió abrir los ojos, como el obturador de una cámara fotográfica, en el momento determinante en que podía ver de lleno a la modelo. La perspectiva no constituye un solo punto de vista; para el pintor es una operación activa y continua.

En la perspectiva primitiva se solía emplear una mira y una rejilla para capturar el instante de la visión. La mira proviene de la astronomía y el papel cuadrículado en que se esbozaba la pintura es en la actualidad un recurso de la matemática. Todos los detalles naturales en que Durero se deleitaba son expresiones de la dinámica de la época: el buey y el asno, el rubor de la juventud en las mejillas de la Virgen. El cuadro es *La adoración de los magos*. Los tres sabios de Oriente han encontrado su estrella, y lo que ésta anuncia es el nacimiento del tiempo.

El cáliz en el centro de la pintura de Durero fue una pieza de prueba en la enseñanza de la perspectiva. Por ejemplo, contamos con el análisis de Uccello de la forma del cáliz podemos girarlo mediante una computadora, justamente como lo giraba el pintor de perspectiva. Su ojo funcionaba como un plato giratorio para seguir y explorar la forma cambiante, la elongación de los círculos en elipses, y capturar el momento en el tiempo como un trazo en el espacio.

Analizar el movimiento cambiante de un objeto, como yo puedo hacer mediante una computadora, era algo totalmente ajeno a las mentalidades griega e islámica. Estos buscaban siempre lo inmutable y estático, un mundo sin tiempo en perfecto orden. La forma más perfecta para ellos era el círculo. El movimiento debe desarrollarse suave y uniformemente en círculos; esa era la armonía de las esferas.



Figura 25. *El buey y el asno, el rubor de la juventud en la mejilla de la Virgen.*  
"La adoración de los Magos" de Durero. Uffizi, Florencia

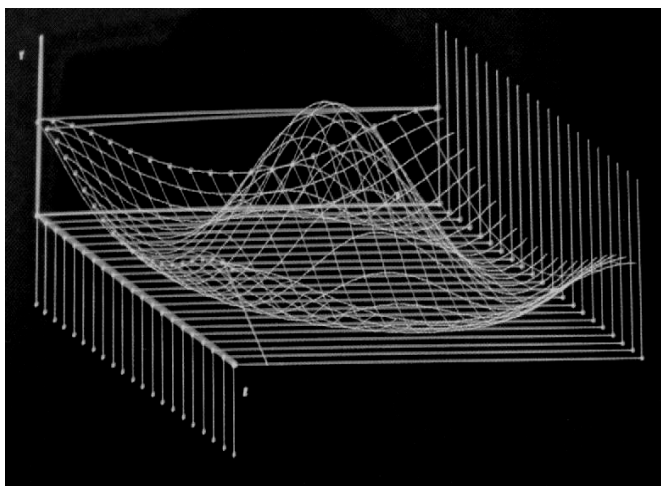
Debido a esto, el sistema ptolomeico estaba construido a base de círculos, recorridos uniforme e imperturbablemente por el tiempo. Pero los movimientos en el mundo real no son uniformes. Cambian de dirección y de velocidad a cada instante, y no pueden ser analizados a menos que se invente una matemática en que el tiempo sea una variable. Esto constituye un problema teórico en los cielos, pero es práctico e inmediato en la Tierra: en el vuelo de un proyectil, en el crecimiento acelerado de una planta, en la caída de una gota de un líquido que pasa por cambios bruscos de forma y dirección. El Renacimiento carecía del equipo técnico para detener de un momento a otro los cuadros de la película. En cambio, el Renacimiento poseía el equipo intelectual: el ojo interno del pintor y la lógica del matemático.

Fue así como Johannes Kepler, después del año 1600, se convenció de que el movimiento de un planeta no es circular ni uniforme. Es una elipse a lo largo de la cual se desplaza el planeta a velocidades variables. Esto significa que la vieja matemática de diseños estáticos ya no basta, como tampoco la matemática del movimiento uniforme. Se necesita una nueva matemática para definir y operar con el movimiento instantáneo.

La matemática del movimiento instantáneo fue inventada por dos mentes superiores de fines del siglo XVI Isaac Newton y Gottfried Wilhelm Leibniz. Actualmente nos resulta tan familiar, que consideramos el tiempo como un elemento natural en la descripción de la naturaleza; pero esto no siempre fue así. Fueron ellos los que aportaron el concepto de tangente, el concepto de aceleración, el concepto de pendiente, el concepto de infinitesimal, de diferencial. Existe una palabra que ha sido olvidada pero que es en realidad la mejor denominación para aquel flujo del tiempo detenido por Newton como un obturador: *Fluxiones* fue el nombre dado por Newton a lo que hoy día solemos llamar (según Leibniz) el cálculo diferencial. Considerarlo meramente una técnica más avanzada sería perder su contenido real. En él, la matemática se convierte en una forma dinámica de pensamiento, lo cual constituye un gran paso mental en el ascenso del hombre. El concepto técnico que lo hace funcionar es, muy extrañamente, el concepto de un paso infinitesimal; y la innovación intelectual consistió en conferir un significado riguroso. Pero podemos dejar para los profesionales el concepto técnico y conformarnos con denominarlo la matemática del cambio.

## La música de las esferas

Las leyes de la naturaleza habían sido siempre conformadas de cifras desde que Pitágoras afirmara que constituyen el lenguaje de la naturaleza. Pero ahora el lenguaje de la naturaleza tenía que incluir cifras para describir el tiempo. Las leyes de la naturaleza se convierten en leyes del movimiento y la propia naturaleza se transforma no en una serie de cuadros estáticos sino en un proceso móvil.



*Figura 26. La matemática se convierte en una forma dinámica de pensamiento, lo cual constituye un gran paso mental en el ascenso del hombre.*

*Gráfica generada por computadora de las trayectorias de partículas subatómicas*

## 6 EL MENSAJERO CELESTE

La primera ciencia que en sentido moderno se desarrolló en las civilizaciones mediterráneas fue la astronomía. Resulta natural llegar a la astronomía directamente desde la matemática; después de todo la astronomía se desarrolló primero y se trocó en modelo de todas las demás ciencias, precisamente porque se podía expresar en números exactos. Esto no constituye una idiosincrasia de mi parte. Lo que sí es idiosincrásico de mi parte es que he elegido iniciar el drama de la primera ciencia mediterránea en el Nuevo Mundo.

Existen rudimentos de astronomía en todas las culturas, y tenían evidente importancia en el sentir de los pueblos primitivos de todo el orbe. Hay una clara razón para ello. La astronomía es el conocimiento que nos guía a través del ciclo de las estaciones por ejemplo, por el movimiento aparente del Sol. De esta manera se puede fijar el tiempo en que los hombres deben sembrar, cosechar, desplazar sus rebaños, etc. Por lo tanto, todas las culturas establecidas poseen un calendario que guía sus planes; esto ocurrió así en el Nuevo Mundo al igual que en las cuencas fluviales de Babilonia y Egipto.

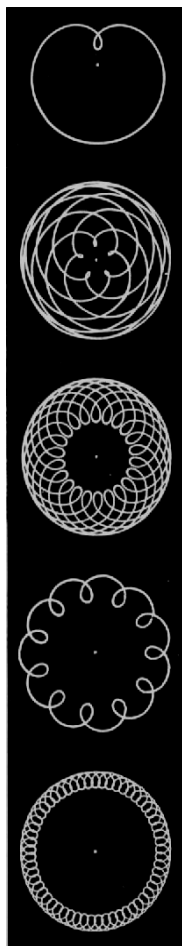
Un ejemplo de esto es la civilización maya que florecía antes del año 1000 d. de C, en el istmo americano comprendido entre los Océanos Atlántico y Pacífico. Tiene derecho a ser considerada como la más importante de las culturas americanas: poseía un lenguaje escrito, destreza en la ingeniería y en las artes originales. Los grandes templos mayas, con sus empinadas pirámides, alojaban algunos astrónomos, y tenemos el retrato de un grupo de ellos en un gran altar de piedra que ha sobrevivido. Este altar conmemora un congreso astronómico antiguo reunido en el año 776 d. de C. Dieciséis matemáticos se reunieron aquí, en el famoso centro de la ciencia maya, la ciudad sagrada de Copán en América Central.

Los mayas poseían un sistema aritmético mucho más avanzado que el europeo; por ejemplo, tenían un símbolo para el cero. Eran buenos matemáticos; no obstante, nunca describieron los movimientos de los astros, exceptuando los más sencillos. En cambio, sus rituales estaban obsesionados con el paso del tiempo, y esta preocupación formal dominaba su astronomía tanto como sus poemas y leyendas. Cuando la gran conferencia se reunió en Copán, los sacerdotes astrónomos mayas se hallaban en dificultades.

Podríamos suponer que tan grave dificultad, que había hecho reunir a estos delegados procedentes de centros muy distantes, se relacionaría con algún problema real de observación. Pero estaríamos equivocados. El congreso fue llamado para resolver un problema aritmético de computación que había inquietado perennemente a los guardianes mayas del calendario. Llevaban ellos dos calendarios, uno sagrado y otro profano, los cuales nunca marchaban al mismo paso; y dedicaban su habilidad a tratar de detener la desviación entre ambos. Los astrónomos mayas poseían solamente reglas simples acerca de los movimientos planetarios en el cielo y carecían de cualquier concepto sobre su mecánica. Su concepto de la astronomía era puramente formal, limitándose a mantener correctos sus calendarios. Esto es todo lo que se realizó en 776 d. de C, cuando los delegados posaron orgullosamente para sus retratos.

El hecho es que la astronomía no se detiene en el calendario. Tenía otro uso entre los pueblos primitivos, que, sin embargo, no era universal. Los movimientos de las estrellas en el cielo nocturno también pueden servir como guía al viajero, y particularmente al viajero marítimo que carece de otras señales. Este es el significado de la astronomía para los navegantes del Mediterráneo en el Viejo Mundo. Pero por lo que podemos juzgar hasta ahora, las gentes del Nuevo Mundo no usaban la astronomía como guía científica para los viajes terrestres y

marítimos. Y sin la astronomía es realmente imposible encontrar el camino en grandes distancias o poseer una teoría acerca de la forma de la Tierra y de las tierras y mares en ésta. Colón trabajaba con una astronomía arcaica y, para nosotros, rústica cuando zarpó hacia el otro lado del mundo: por ejemplo, él creía que la Tierra era mucho más pequeña de lo que es en realidad. Sin embargo, Colón encontró el Nuevo Mundo o puede ser accidente que el Nuevo Mundo nunca concibiera que la Tierra fuese redonda y nunca saliera en busca del Viejo. Fue el Viejo Mundo el que navegó alrededor de la Tierra hasta descubrir el Nuevo.



*Figura 27. El sentir de que los cielos se movían alrededor de su eje y de que tal eje era la redonda tierra.*

*El diagrama muestra las órbitas de los planetas como se ven desde la tierra. El sistema de Ptolomeo trataba de explicar esto.*

La astronomía no es el ápice de la ciencia o de la investigación; pero es una prueba del temperamento y de la mente subyacente en una cultura. Los navegantes del Mediterráneo, desde el tiempo de los griegos, tenían una curiosidad peculiar que combinaba la aventura con la lógica – lo empírico con lo racional– en una sola forma inquisitiva. El Nuevo Mundo no funcionaba así.

¿No inventó nada el Nuevo Mundo? Por supuesto que sí. Aun una cultura tan primitiva como la de la Isla de Pascua originó una grandiosa invención, el cincelado de estatuas enormes y uniformes. No hay nada como ellas en el mundo, y la gente, como siempre, hace toda clase de preguntas marginales e irrelevantes sobre ellas; ¿Por qué las hicieron así? ¿Cómo fueron transportadas? ¿Cómo llegaron hasta los lugares donde se encuentran? Pero éste no es el problema importante. Stonehenge, de una civilización mucho más temprana de la edad de piedra, fue mucho más difícil de construir; igual que Avebury y muchos otros monumentos. No, las culturas primitivas iban paso a paso a lo largo de estas enormes empresas comunales.

El interrogante crítico sobre estas estatuas es, ¿por qué se hicieron todas *iguales*? Ahí están sentadas, como Diógenes en su tonel, mirando hacia el cielo con las cuencas de los ojos vacías y observando cómo el Sol y las estrellas pasan sobre sus cabezas sin tratar nunca de entenderlos. Cuando los holandeses descubrieron esta isla el domingo de Pascua de 1722, afirmaron que tenían los elementos necesarios de un paraíso terrenal. Pero no era así. Un paraíso terrenal no está formado de esta repetición vacía, como un animal enjaulado yendo de aquí para allá y haciendo siempre lo mismo. Estas caras congeladas, estas figuras heladas de una época en declive, señalan una civilización que fracasó en dar el primer paso en el ascenso del conocimiento racional. Esta es la falla de las culturas del Nuevo Mundo, el extinguirse en su propia Glaciación simbólica.



Figura 28. Un paraíso en la Tierra no está hecho por representaciones vacías.  
*Una fila de cabezas de piedra en bahía Moais, Isla de Pascua.*

La Isla de Pascua se encuentra a más de mil quinientos kilómetros de la isla habitada más cercana: la Isla Pitcairn, hacia el oeste. Está a más de dos mil kilómetros de la siguientes, las Islas Juan Fernández hacia el este, donde Alexander Selkirk, el auténtico Robinsón Crusoe, quedó desamparado en 1704. Distancias como éstas no pueden ser navegadas a no ser que se posea un mapa celeste y de las posiciones de las estrellas que sirva para indicar la ruta. La gente pregunta con frecuencia acerca de la Isla de Pascua, ¿cómo llegaron los hombres a ella? Llegaron por accidente: esto no se cuestiona. La cuestión es ¿por qué no pudieron marcharse? No pudieron marcharse porque carecían de cualquier noción del movimiento de las estrellas, mediante el cual poder encontrar su camino.

¿Por qué no? Una razón obvia es que en el cielo meridional no hay Estrella Polar. Sabemos que esto es importante porque juega un papel primordial en la migración las aves, las cuales encuentran su camino gracias a la Estrella Polar. Esto explica quizá por qué la migración de aves se da mayormente en el hemisferio norte y no en el sur.

La ausencia de la Estrella Polar puede ser significativa aquí, en el hemisferio sur, pero no en todo el Nuevo Mundo. Pues ahí está la América Central, y México, y toda clase de lugares que tampoco contaban con la astronomía y que, no obstante, están al norte del ecuador.

¿Qué falló allí? Nadie lo sabe. Yo creo que les faltaba la gran imagen dinámica que movió al

## El mensajero celeste

Viejo Mundo: la rueda. Esta era sólo un juguete en el Nuevo Mundo. Pero en el Viejo Mundo constituía la imagen más grande de la poesía y de la ciencia: todo se fundaba en ella. Esta idea de los cielos moviéndose alrededor de su eje fue la inspiración de Cristóbal Colón al zarpar en 1492, y tal eje era la redondez de la tierra. La había recibido de los griegos, quienes creían que las estrellas estaban fijadas sobre esferas que producían música conforme giraban. Ruedas dentro de ruedas. Tal era el sistema de Ptolomeo, vigente durante más de mil años.

Más de un siglo antes de la partida de Cristóbal Colón, el Viejo Mundo ya había fabricado un espléndido reloj de los cielos estrellados. Fue hecho por Giovanni De Dondi, en Padua, hacia 1350. Le llevó dieciséis años el construirlo, y es una pena que el original no haya sobrevivido. Felizmente, ha sido posible construir un duplicado merced a los planos originales, y el Smithsonian Institute de Washington alberga este maravilloso modelo de la astronomía clásica que diseñó Giovanni De Dondi.

Pero más importante que la maravilla mecánica es el concepto intelectual, que proviene de Aristóteles y Ptolomeo y los griegos. El reloj de De Dondi manifiesta su visión de los planetas observándolos desde la Tierra. A partir de ésta hay siete planetas, o al menos eso creían los antiguos, puesto que incluían también al Sol como planeta de la Tierra. Así, el reloj presenta siete esferas o cuadrantes, en cada una de las cuales gira un planeta. La órbita del planeta en su cuadrante es (aproximadamente) la misma que podemos observar desde la Tierra: el reloj es casi tan exacto como las observaciones que se realizaban en su época. Cuando la órbita parece circular vista desde la Tierra, es circular en el cuadrante; eso era fácil. Pero donde la órbita de un planeta, vista desde la Tierra, forma una curva cerrada, De Dondi crea una combinación mecánica a base de ruedas que reproduce el epiciclo (es decir, el giro de círculos en círculos) como había sido descrito por Ptolomeo. Aparece primero el Sol: una órbita circular, como ellos la veían. El siguiente cuadrante muestra a Marte: su movimiento se efectúa mediante una rueda de reloj dentro de la rueda. Sigue Júpiter: ruedas más complejas dentro de otras. Después Saturno: ruedas dentro de ruedas. Viene después la Luna: ¿no es una delicia la interpretación de De Dondi? Su cuadrante es simple, porque es realmente un planeta de la Tierra, y su órbita se presenta como circular. Por fin llegamos a los cuadrantes de dos planetas que se ubican entre nosotros y el Sol; o sea, Mercurio y finalmente Venus, Y de nuevo lo mismo: la rueda que transporta a Venus gira dentro de una rueda hipotética más grande.

Conforma un concepto intelectual maravilloso; muy complejo, pero lo que lo hace aún más formidable es que en el año 150 d. de C, no mucho después del nacimiento de Jesucristo, los griegos pudieran concebir y expresar en matemáticas esta soberbia construcción. Luego, ¿qué hay de errado en ella? Tan sólo una cosa: que presenta siete cuadrantes para el firmamento y el firmamento debe contar con una maquinaria, no con siete. Y esta maquinaria no fue descubierta hasta que Copérnico situó al Sol en el centro del firmamento en 1543.

Nicolás Copérnico fue un distinguido eclesiástico y humanista intelectual polaco, que nació en 1473. Había estudiado derecho y medicina en Italia; aconsejó a su gobierno en la reforma de la moneda; y el Papa solicitó su ayuda en la reforma del calendario. Durante al menos veinte años de su vida se dedicó a la teoría moderna de que la naturaleza debe ser simple. ¿Por qué eran tan complicadas las órbitas de los planetas? Porque, pensaba, las observamos desde el sitio en que nos encontramos: la Tierra. Al igual que los pioneros de la perspectiva, Copérnico se preguntó: ¿Por qué no mirarlas desde otro lugar? Existían razones renacentistas de peso, más emocionales que intelectuales, que le hicieron elegir el dorado Sol como el otro lugar.

*En el centro de todo reina el Sol. ¿Podríamos colocar a esta luminaria en mejor sitio en este templo incomparable desde el cual iluminar todo a la vez? Con verdad se le denomina la Lámpara, la Mente, el Regidor del Universo: Hermes Trismegistus lo llama el Dios Visible, Sófocles en su Electra lo denomina el Omnividente. Así, el Sol está en su trono real, gobernando a sus hijos, los planetas que giran en su alrededor.*



## El mensajero celeste

Sabemos que Copérnico había pensado, durante mucho tiempo, en situar al Sol en el centro del sistema planetario. Puede que escribiera el primer esbozo tentativo y no matemático de su concepto antes de los cuarenta años de edad. Empero, no se trataba de una teoría que proponer a la ligera en una época de crisis religiosa. Hacia 1543, cerca de los setenta años de edad, se decidió finalmente Copérnico a publicar su descripción matemática del firmamento, llamada por él *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, *La revolución de las órbitas celestes*, como un solo sistema que se mueve alrededor del Sol. (La palabra «revolución» tiene ahora una connotación no precisamente astronómica, y que no es accidental. Es una consecuencia de esta época y de este tema.) Copérnico murió en ese mismo año. Se ha dicho que sólo vio en una ocasión un ejemplar de su libro, cuando le fue puesto en las manos en su lecho de muerte.

La llegada del renacimiento como una sola acometida – en religión, arte, literatura, música y ciencias matemáticas – constituyó una colisión de frente con todo el sistema medieval. A nosotros nos parece incidental la inclusión de la mecánica de Aristóteles y la astronomía de Ptolomeo dentro del sistema medieval. Pero para los contemporáneos de Copérnico representaban el orden natural y visible del mundo. La rueda como ideal griego del movimiento perfecto se había convertido en un dios petrificado, tan rígido como el calendario maya o las figuras esculpidas en la Isla de Pascua.

El sistema de Copérnico parecía antinatural en su tiempo, pese a que en él los planetas se siguen desplazando en círculos. (Fue un hombre más joven, Johannes Kepler, trabajando después en Praga, quien demostró que las órbitas son realmente elípticas) Esto no inquietaba al hombre de la calle ni al del púlpito. Estaban cometidos a la rueda de los cielos: los ejércitos del cielo deberán marchar alrededor de la Tierra. Esto se había convertido en artículo de fe, tal y como si la Iglesia se hubiese hecho a la idea de que el sistema de Ptolomeo había sido inventado no por un griego levantino sino por el mismo Todopoderoso. Es claro que no se trataba de una cuestión de doctrina, sino de autoridad. La controversia no se hizo crítica hasta setenta años después, en Venecia.

Dos grandes hombres nacieron en el año 1564: uno fue William Shakespeare, en Inglaterra el otro Galileo Galilei, en Italia. Cuando Shakespeare escribe sobre el drama del poder en su propia época, en dos ocasiones lo sitúa en la República de Venecia: primero en *El mercader de Venecia* y después en *Otelo*. Esto es porque en 1600 el Mediterráneo era aún el centro del mundo, y Venecia el eje del Mediterráneo. A esta ciudad llegaban a trabajar los ambiciosos, porque podían hacerlo libremente, sin restricciones: mercaderes, aventureros e intelectuales; una pléyade de artistas y artesanos se apiñaban en las calles, tal y como lo hacen hoy día.

Los venecianos tenían fama de ser gente misteriosa y taimada. Venecia era un puerto libre, como se denominaría actualmente, lo que le daba cierto aire conspiratorio como ocurre con Lisboa y Tánger. Fue en Venecia donde un falso benefactor atrapó a Giordano Bruno en 1592 y lo entregó a la Inquisición, que lo puso en la hoguera en Roma ocho años después.

Ciertamente, los venecianos eran un pueblo práctico. Galileo había desarrollado trabajos importantes en ciencia fundamental en Pisa. Pero lo que hizo que los venecianos le contratasen como profesor de matemáticas en Padua fue, según sospecho, su talento para los inventos prácticos. Algunos de éstos se conservan en la colección histórica de la *Accademia Cimento* de Florencia, y están primorosamente concebidos y realizados. Ahí se encuentra un aparato de vidrio con circunvoluciones para medir la expansión de los líquidos, bastante parecido a un termómetro; y una delicada balanza hidrostática para encontrar la densidad de objetos preciosos, basada en el principio de Arquímedes. Y hay también algo que Galileo, que era un vendedor muy hábil, llamó «compás militar», que es era realidad un instrumento de cálculo no muy distinto a una regla de cálculo moderna. Galileo los elaboraba y vendía en su propio taller. Escribió un manual para su «compás militar» y lo publicó en su propia casa; fue uno de los primeros trabajos impresos de Galileo. Era ésta la ciencia comercial prudente que los venecianos admiraban.

De este modo, no es sorprendente que, a fines de 1608, unos fabricantes flamencos de anteojos

## El mensajero celeste

que habían inventado una forma primitiva de catalejo, intentasen venderla a la República de Venecia. Mas, por supuesto, la república tenía a su servicio, en la persona de Galileo, a un científico y matemático inmensamente más poderoso que cualquier otro en el norte de Europa – y a un publicista de primera – que, al fabricar un telescopio, reunió al Senado veneciano en lo alto del *Campanile* para demostrarlo.

Galileo era un hombre de baja estatura, fornido y dinámico, pelirrojo y con bastantes más hijos de los que un soltero debe tener. Tenía cuarenta y cinco años cuando supo del invento flamenco, y la noticia le electrizó. Caviló durante una noche sobre este invento, y diseñó un instrumento prácticamente tan bueno como aquel, con un triple aumento, que es solo ligeramente superior a los binoculares de teatro. Pero antes de la demostración en el *Campanile* de Venecia, subió el aumento a ocho o diez, logrando así un verdadero telescopio. Mediante éste, desde lo alto del *Campanile*, donde el horizonte dista alrededor de treinta kilómetros, pueden no sólo verse los barcos de vela en el mar, sino incluso identificarlos hasta más de dos horas después de haber levado anclas. Y esto valía mucho dinero para los comerciantes del Rialto.

Galileo narró estos sucesos a su cuñado en Florencia, en una carta fechada el 29 de agosto de 1609:

*Debes saber, entonces, que hace cerca de dos meses desde que se difundió aquí la noticia de que en Flandes se le había presentado al conde Mauricio un catalejo, elaborado de manera tal que las cosas muy distantes parecen estar sumamente cerca, así que se puede ver con claridad a un hombre que se encuentre a tres kilómetros de distancia. Este me pareció un efecto tan maravilloso, que me dio ocasión para meditar; y como me pareció que debía estar fundado en la ciencia de la perspectiva, me propuse lograr su fabricación; la que por fin conseguí, y tan perfectamente que uno que yo hice superó con gran ventaja la fama del invento flamenco. En cuanto llegó la noticia de que yo había hecho uno a Venecia, a los seis días fui requerido por la Señoría, pidiéndoseme que hiciera una demostración ante ésta y el Senado en pleno, causando un asombro infinito a todos; y hubo numerosos caballeros y senadores que, pese a su avanzada edad, subieron en más de una ocasión las escaleras de los campanarios más altos de Venecia para observar veleros y naves que se hallaban tan distantes que, viniendo a toda velocidad hacia el puerto, no se podrían ver sin mi catalejo sino hasta dos horas después. Pues de hecho la función de este instrumento es la de representar un objeto que esta, por ejemplo, a setenta y cinco kilómetros de distancia, tan grande y tan próximo como si estuviese solamente a siete kilómetros y medio.*

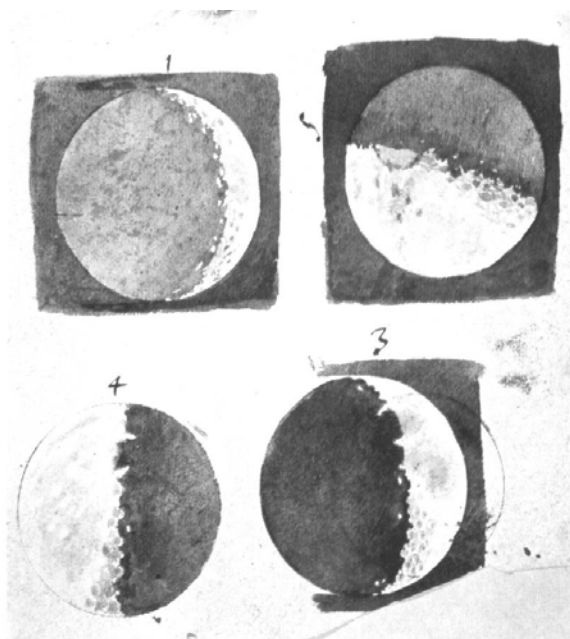


Figura 29. “Muy hermoso y encantador espectáculo es el contemplar el cuerpo de la luna.”  
Dibujos de Galileo de las fases de la luna, vistas a través de uno de sus telescopios en 1610.

## El mensajero celeste

Galileo es el creador del método científico moderno. Y lo creó en los seis meses subsiguientes a su triunfo en el *Campanile*, triunfo que le hubiera bastado a cualquier otra persona. Se le ocurrió que no era suficiente convertir el juguete de Flandes en instrumento de navegación. Se podía convertir también en instrumento de investigación, idea que resultaba completamente novedosa para la época. Subió a treinta el aumento y lo apuntó hacia las estrellas. De esta manera realizaba por vez primera lo que consideramos ciencia práctica: construir el aparato, realizar el experimento y publicar los resultados. Y efectuó esto entre septiembre de 1609 y 1610, cuando publicó en Venecia su espléndido libro *Sidereus Nuncius, El mensajero celeste*, que ofrecía un relato ilustrado de sus nuevas observaciones astronómicas. ¿Qué contaba?

*[He visto] estrellas por miríadas. nunca antes vistas, las cuales sobrepasan, en número más de diez veces a las antes conocidas.*

*Mas lo que mayor asombro causará seguramente, y lo que de hecho me hace llamar la atención de los astrónomos y de los filósofos es, a saber, que he descubierto cuatro planetas, ninguno de los cuales ha sido conocido ni observado por astrónomo alguno anterior mi.*

Se trataba de los satélites de Júpiter. En *El mensajero celeste* cuenta también cómo enfocó el telescopio hacia la Luna. Galileo fue el primero en publicar mapas de la Luna. Contamos con sus acuarelas originales.

*Muy hermoso y encantador espectáculo es el contemplar el cuerpo de la Luna... Ciertamente que no posee una superficie lisa y pulida, sino más bien accidentada e irregular y, al igual que la faz de la Tierra, se encuentra colmada de grandes protuberancias, abismos profundos y sinuosidades.*

El embajador británico ante la corte de los Dogos en Venecia, sir Henry Wotton, escribió a sus superiores en Inglaterra el día de la aparición de *El mensajero celeste*:

*El profesor de matemáticas de Padua ha... descubierto cuatro nuevos planetas que giran en derredor de la esfera de Júpiter, entre muchas otras estrellas fijas desconocidas; asimismo... que la Luna no es esférica sino que presenta múltiples prominencias... El autor ha gastado una fortuna por convertirse en sumamente famoso o en sumamente ridículo. En la próxima nave enviaré a vuestra excelencia uno de los instrumentos [ópticos] que han sido hechos por este hombre.*

La noticia causó sensación. Creó una fama aún más grande que su triunfo ante la comunidad de comerciantes. Sin embargo, no era bien visto por todos, pues lo que Galileo observaba en el cielo y revelaba a todo aquel dispuesto a mirar, era que el cielo ptolemeico simplemente no funcionaba. La poderosa intuición de Copérnico había acertado y quedaba ahora abierta y revelada. Y como ha sucedido con muchos otros resultados científicos recientes, no era del agrado de los grupos conservadores y prejuiciosos de la época.

Galileo pensaba que todo lo que tenía que hacer era demostrar que Copérnico tenía razón, y que todo mundo le escucharía. Este fue su primer error: el error de ser ingenuo con respecto a los motivos de la gente, error cometido con tanta frecuencia por los científicos. Creía también que su fama era ya lo suficientemente grande como para permitirle retornar a su natal Florencia, abandonar la monótona cátedra de Padua, que se había convertido en una carga bastante pesada, y alejarse del amparo de la esencialmente anticlerical y segura República de Venecia. Este fue su segundo y, a fin de cuentas, fatal error.

Las victorias de la Reforma Protestante en el siglo dieciséis habían llevado a la Iglesia Católica Romana a organizar una feroz Contrarreforma. La reacción contra Lutero se hallaba en pleno auge se luchaba en Europa por la autoridad. Se inició en 1618 la Guerra de los treinta años. En 1622, Roma creó la institución para la propagación de la fe, de la cual se deriva la palabra *propaganda*. Católicos y protestantes se enfrascaban en lo que hoy llamaríamos una guerra fría, en la cual, ¡de haberlo sabido Galileo!, no había cuartel para hombre grande o pequeño. El criterio era muy simple en ambos lados: quien no está con nosotros es un hereje. Hasta un intérprete de la fe tan poco mundano como el cardenal Bellarmine había considerado intolerables las especulaciones astronómicas de Giordano Bruno y le había enviado a la hoguera. La Iglesia era un gran poder temporal, y en esos años aciagos se batía en una cruzada política en la que todos los medios eran justificados por los fines: la ética del estado policial.

Me da la impresión de que Galileo era extrañamente inocente en relación con el mundo de la política, y más todavía al pensar que podía burlarlo porque era más listo. Durante más de veinte años caminó por una senda que inevitablemente le conducía a su perdición. Costó mucho tiempo socavarle; mas nunca hubo duda alguna de que Galileo sería silenciado, pues era absoluta la división entre él y las autoridades. Estas pensaban que la fe debería dominar; y Galileo creía que la verdad debería persuadir.

La confrontación de principios y, por supuesto, de personalidades se hizo patente en su juicio de 1633. Pero todo juicio político tiene una larga historia oculta que se ha manifestado detrás del escenario. Y la historia subyacente de lo ocurrido con antelación al juicio se encuentra bajo llave en los Archivos secretos del Vaticano. Entre todos estos corredores repletos de documentos, hay una modesta caja fuerte en la cual el Vaticano conserva los documentos que considera cruciales. Aquí se halla, por ejemplo, la petición de divorcio de Enrique VIII, cuyo rechazo acarrió la Reforma inglesa y la ruptura con Roma. Del juicio de Giordano Bruno no se conservan muchos documentos, pues la mayor parte fue destruida; pero lo que perdura se encuentra ahí.

Y allí está el famoso Códice 1181; *Procedimientos contra Galileo Galilei*. El proceso tuvo lugar en 1633. Y lo primero que salta a la vista es que los documentos empiezan, ¿cuándo? En 1611, en el momento del triunfo de Galileo en Venecia, en Florencia y aquí en Roma, se acumulaba información secreta contra Galileo para ser presentadas ante el Santo Oficio de la Inquisición. La evidencia del documento más antiguo, que no aparece en este legajo, es que el cardenal Bellarmine instigó investigaciones contra él. Los informes están archivados en 1613, 1614 y 1615. Galileo empieza a alarmarse por entonces. Sin ser requerido, se presenta en Roma con el propósito de convencer a sus amigos de entre los cardenales de que no prohibiesen el sistema copernicano del mundo.

Mas ya era demasiado tarde. Fechadas en febrero de 1616, he aquí las palabras formales que aparecen esquemáticamente en el código, traducidas libremente:

*Proposiciones a ser prohibidas:  
que el Sol se ubica inamovible en el centro del cielo;  
que la Tierra no se encuentra en el centro del cielo y  
que no es inamovible, sino que obedece a un  
movimiento doble.*

Galileo parecía estar al margen de cualquier censura severa. De todos modos, fue requerida su presencia ante el gran cardenal Bellarmine y fue convencido, y cuenta con una carta en que Bellarmine afirma esto, de no sostener ni defender el sistema copernicano del mundo; pero ahí termina el documento. Desgraciadamente, existe un documento en este registro que va más allá y del que dependería el juicio. Pero esto ocurriría diecisiete años después.

Mientras tanto, Galileo regresa a Florencia convencido de dos cosas. La primera, que no ha llegado todavía el momento de defender públicamente a Copérnico. La segunda, piensa que la ocasión llegará. Tiene razón en cuanto a la primera; en cuanto a la segunda, no. No obstante, Galileo decidió aguardar, ¿hasta cuándo? Hasta que un cardenal intelectual fuese elegido Papa: Maffeo Barberini.

Esto ocurrió en 1623, cuando Maffeo Barberini se convirtió en el Papa Urbano VIII. El nuevo Papa era amante de las artes, Le gustaba la música: comisionó al compositor Gregorio Allegri para que escribiera un *Miserere* para nueve voces, que durante mucho tiempo estuvo reservado para el Vaticano. Al nuevo Papa le gustaba la arquitectura. Deseaba convertir San Pedro en el centro de Roma. Encargó al escultor y arquitecto Gianlorenzo Bernini la terminación de los interiores de San Pedro, y Bernini diseñó el audaz y elevado *baldaquino* sobre el trono papal, que constituye la única adición valiosa al diseño original de Miguel Angel. En sus años mozos, el Pontífice intelectual también había escrito poemas, uno de los cuales era un soneto de alabanzas a Galileo por sus escritos astronómicos.

## El mensajero celeste

El Papa Urbano VIII se consideraba a sí mismo como un innovador. Poseía una mente segura e impaciente:

*¡Yo sé más que todos los cardenales juntos! La sentencia de un Papa vivo vale más que todos los decretos de cien Papas muertos,*

dijo imperiosamente. Pero en realidad, Barberini como Papa resultó ser un barroco puro: pródigo nepotista, extravagante, dominante, inflexible en sus designios y absolutamente sordo para las ideas de otros. Incluso mandó matar los pájaros de los jardines vaticanos porque le molestaban.



*Figura 30. Hay una modesta caja fuerte en la cual el Vaticano conserva los documentos que considera cruciales.*

*El autor en los Archivos Secretos del Vaticano examinando los documentos del juicio de Galileo.*

Galileo llegó con optimismo a Roma en 1624, y sostuvo en los jardines seis largas conversaciones con el Papa recién elegido. Tenía esperanzas de que el intelectual Pontífice suspendiera, o cuando menos pasara por alto, la prohibición de 1616 respecto a la imagen del mundo de Copérnico. Pero sucedió que el Papa Urbano VIII no quiso ni considerar esto. Empero, Galileo aún esperaba – y los dignatarios de la corte papal suponían – que Urbano VIII permitiría fluir sigilosamente las nuevas ideas científicas dentro de la Iglesia, hasta que, de manera imperceptible, reemplazasen a las antiguas. Después de todo, así se habían introducido en la doctrina cristiana las ideas paganas de Ptolomeo y de Aristóteles. Así, pues, Galileo suponía que el Papa estaba de su lado, dentro de los límites que su posición le imponía, hasta que llegó el momento de comprobarlo. Y resultó que Galileo estaba rotundamente equivocado en sus apreciaciones.

A nivel intelectual, sus puntos de vista habían sido en realidad irreconciliables desde el principio. Galileo había sostenido siempre que la comprobación final de una teoría debía ser encontrada en la naturaleza.

*Yo considero que en las discusiones sobre problemas físicos deberíamos partir no de la autoridad de los pasajes bíblicos, sino de las experiencias de los sentidos y de las demostraciones necesarias. Dios no se manifiesta de manera menos excelente en las acciones de la Naturaleza que en las sagradas declaraciones de la Biblia.*

Urbano VIII objetó que no puede haber una prueba final para los designios de Dios, e insistió en que Galileo hiciera esta aclaración en su libro.

## El mensajero celeste

*Sería una impudencia extravagante para cualquiera el pretender limitar y confinar el poder y la sabiduría divinos a una conjetura particular de su cosecha.*

Tal estipulación era particularmente importante para el Papa. En efecto, impedía a Galileo la formulación de cualquier conclusión definitiva (incluso la conclusión negativa de que Ptolomeo estaba equivocado), porque infringiría el derecho de Dios a regir el universo mediante milagros, en vez de mediante la ley natural.

La prueba vino en 1632, cuando por fin Galileo logró que su libro, *Diálogo sobre los grandes sistemas del mundo*, fuese impreso. Urbano VIII se escandalizó.

*Vuestro Galileo ha osado entremeterse en cosas que no debería, y en los temas más importantes y peligrosos que pueden removerse en estos días,*

escribió al embajador de la Toscana el 4 de septiembre de aquel año. En el mismo mes llegaría la orden fatal:

*Su Santidad encarga al Inquisidor de Florencia que informe a Galileo en nombre del Santo Oficio, de que deberá comparecer lo antes posible en el curso del mes de octubre en Roma, ante el Comisario General del Santo Oficio.*

El Papa, Maffeo Barberini el amigo, Urbano VIII, lo había entregado personalmente en manos del Santo Oficio de la Inquisición, cuyo proceso era irreversible.



*Figura 31. Dictaminaron diez jueces. Uno de ellos era hermano del Papa y otro su sobrino. Aguada de Urbano VIII dando la bendición. Su hermano Antonio sostiene la vela. El tercer cardenal es su sobrino Francisco, que se abstuvo de votar en el juicio de Galileo.*

El monasterio dominicano de Santa María Sopra Minerva era el sitio en que la Santa Inquisición Romana Universal procedía contra aquellos cuya lealtad estaba en cuestión. Había sido creada por el Papa Paulo III en 1542, con objeto de contener la difusión de las doctrinas reformistas, siendo instituida especialmente «contra la depravación herética en toda la Cristiandad». A partir de 1571, se le había también conferido el poder de juzgar la doctrina escrita, y había instituido el Índice de Libros Prohibidos. Las reglas de procesamiento eran estrictas y precisas. Habían sido formalizadas en 1588 y, por supuesto, no eran las reglas de una corte. El prisionero carecía de una copia de las acusaciones y de la evidencia; además, carecía de defensor.

Diez jueces dictaminaron en el proceso de Galileo: todos cardenales y todos dominicos. Uno de ellos era hermano del Papa y otro su sobrino. El juicio fue conducido por el Comisario General de la Inquisición. El salón en el cual se celebró el juicio de Galileo forma parte actualmente del

## El mensajero celeste

edificio de Correos de Roma; pero sabemos cómo era su aspecto en 1633: una sala de reuniones fantasmal del comité de un club de caballeros.

Sabemos también exactamente los pasos recorridos por Galileo hasta llegar a esta situación crítica. Se inició en aquellos paseos por los jardines en compañía del nuevo Papa, en 1624. Era obvio que el Papa no permitiría que la doctrina de Copérnico fuera emitida abiertamente. Pero había otra forma; y en 1625 Galileo empezó a escribir, en italiano, el *Diálogo sobre los grandes sistemas del mundo*, en que un orador ponía objeciones a la teoría, mientras que otros dos, bastante más inteligentes, le respondían.

Pues es un hecho que la teoría de Copérnico no es evidente de por sí. No está claro cómo puede la Tierra circunvalar el Sol una vez al año, o girar sobre su propio eje una vez al día, sin que seamos desplazados. No está claro cómo, al dejarse caer un peso desde lo alto de una torre, éste cae verticalmente sobre una Tierra giratoria. Galileo respondió a estas objeciones, virtualmente en nombre de Copérnico, fallecido mucho tiempo atrás. Debemos tener muy en cuenta que Galileo desafió al clero en 1616 y en 1633 en defensa de una teoría que no era propia, sino de un hombre ya fallecido, porque creía que era verdadera.

Pero en su propio nombre Galileo introdujo en el libro la idea que nos trasmite toda su obra científica, desde que, en su juventud en Pisa, se había tomado el pulso al tiempo que observaba un péndulo. Es ésta la noción de que las leyes aquí en la Tierra se extienden al universo hasta traspasar las esferas de cristal. Las fuerzas en el cielo son de la misma naturaleza que las de la Tierra, es la aseveración de Galileo; de manera que los experimentos mecánicos que realizamos aquí nos pueden proporcionar información acerca de las estrellas. Al apuntar su telescopio hacia la Luna, hacia Júpiter o hacia las manchas solares, ponía fin a la creencia clásica de que los cielos son perfectos e inmutables y que únicamente la Tierra está sujeta a las leyes del cambio.

El libro estaba terminado para 1630, y a Galileo no le fue fácil obtener la licencia. Los censores lo vieron con simpatía, mas pronto se hizo patente que había fuerzas poderosas contra la obra. Empero, Galileo obtuvo por fin no menos de cuatro *imprimatur*, y a principios de 1632 se publicó el libro en Florencia. El éxito fue inmediato, como inmediato fue el desastre para su autor. Casi al mismo tiempo llegaba de Roma el clamor: «Detened las prensas. Comprad todos los ejemplares (que para entonces se habían vendido), Galileo deberá venir a Roma a responder por ello». Y nada que él dijese podía contravenir la orden: su edad (tenía cerca de setenta años), su enfermedad (que era real), la protección del Gran Duque de Toscana; nada contaba. Tenía que presentarse en Roma.

Estaba claro que el mismo Papa estaba muy ofendido por el libro. Había encontrado al menos un pasaje, en que había insistido mucho, en boca del personaje que da la impresión de ser un simplón. La Comisión Preparatoria del juicio lo afirma tajantemente: la estipulación que yo cité antes y que era tan importante para el Papa ha sido puesta «*in bocca di un sciocco*», el defensor de la tradición al que Galileo puso el nombre «Simplicius». Es posible que el Papa viera en Simplicius su propia caricatura; seguramente se sintió insultado. Creyó que Galileo se había burlado de él y que sus propios censores le habían fallado.

Así, el 12 de abril de 1633, Galileo fue traído a esta sala, se sentó a esta mesa y respondió a las preguntas del Inquisidor. Las preguntas le fueron dirigidas cortésmente en medio de la atmósfera intelectual que reinaba en la Inquisición: en latín, en tercera persona. ¿Cómo fue traído a Roma? ¿Es suyo este libro? ¿Por qué decidió escribirlo? ¿Qué contiene su libro? Eran todas preguntas esperadas por Galileo; esperaba defender su obra. Pero entonces surgió una pregunta inesperada.

Inquisidor: *¿Estaba en Roma, en el año 1616 en particular, y con qué propósito.*

Galileo: *Estuve en Roma en el año 1616 porque, teniendo conocimiento de las dudas expresadas sobre las opiniones de Nicolás Copérnico, me decidí a venir para indagar qué posición era conveniente adoptar.*

## El mensajero celeste

Inquisidor: *Permítasele decir qué fue decidido y qué se le dio a conocer entonces.*

Galileo: *En el mes de febrero de 1616, el cardenal Bellarmine me expresó que el sostener la opinión de Copérnico como un hecho comprobado era contrario a las Sagradas Escrituras. Por lo tanto, no podía ser sostenida ni defendida, en cambio, podía tomarse y emplearse como hipótesis. Para confirmar esto, conservo un certificado del cardenal Bellarmine, fechado el 26 de mayo de 1616.*

Inquisidor: *¿Le fue indicado por otro en aquella ocasión algún otro precepto?*

Galileo: *No recuerdo que se me haya dicho u ordenado nada más.*

Inquisidor: *Si se le declara que, en presencia de testigos, se le dieron instrucciones de que no debía sostener ni defender la citada opinión, ni enseñarla en cualquier forma, permítasele ahora que diga si es que recuerda.*

Galileo: *Recuerdo que las instrucciones fueron que no debía ni sostener ni defender la dicha opinión. Los otros dos particulares, es decir, ni enseñarla ni considerarla de cualquier manera, no están expresados en el certificado en que me apoyo.*

Inquisidor: *Después del susodicho precepto, ¿obtuvo permiso para escribir el libro?*

Galileo: *No solicité permiso para escribir este libro en virtud de que consideré que no desobedecía las instrucciones que me habían sido dadas.*

Inquisidor: *Cuando solicitó permiso para imprimir el libro, ¿reveló el mandato de la Santa Congregación del que hablamos?*

Galileo: *Nada dije cuando solicité permiso para publicarlo, puesto que en el libro no sostenía ni defendía la opinión.*

Galileo contaba con un documento firmado en que sólo se le prohibía sostener o defender la teoría de Copérnico, tal y como si fuera un hecho demostrado. Era ésta una prohibición impuesta sobre todo católico de la época. La Inquisición mantenía que existía un documento que prohibía a Galileo, y sólo a Galileo, el enseñarla *de cualquier manera*, es decir: aun por medio de la discusión o especulación o como una hipótesis. La Inquisición no tenía que mostrar tal documento. No era parte de las reglas del proceso. Pero nosotros tenemos el documento: se encuentra en los Archivos Secretos, y es manifiestamente una falsificación o, visto con benevolencia, un borrador para una reunión sugerida pero que fue rechazado. No está firmado por el cardenal Bellarmine. Ni por los testigos. Ni por el notario. No está firmado por Galileo para demostrar que lo recibió.

¿Tuvo que rebajarse realmente la Inquisición a utilizar argucias legales, como «sostener o defender» o «enseñar de cualquier manera», frente a documentos que no resistirían el examen cuidadoso de cualquier corte legal? Pues, sí, tuvo que hacerlo. No había nada más que hacer. El libro había sido publicado; había sido aprobado por varios censores. Ya podía el Papa enfurecerse contra los censores (arruinó a su propio secretario por haber ayudado a Galileo). Pero tenía que crearse una conciencia pública de que el libro sería condenado (aparecería en el Índice durante doscientos años) *debido a un engaño tramado por Galileo*. Es por ello que el juicio evitó cualquier tema sustancial, tanto en el libro como en Copérnico, y se entretuvo con fórmulas y documentos. Se quería dar la impresión de que Galileo había engañado deliberadamente a los censores y que había actuado de manera no sólo desafiante sino deshonestamente.

La corte no se volvió a reunir, para nuestra sorpresa, el juicio acabó aquí. No obstante, Galileo fue traído a esta habitación en dos ocasiones más y se le permitió declarar en su favor; pero no se le formularon preguntas. Se pronunció la sentencia en una junta de la Congregación del Santo Oficio presidida por el Papa, determinándose exactamente los pasos a seguir. El científico disidente tendría que ser humillado; se requería una demostración de gran autoridad no solamente en la acción sino también en la intención. Galileo tendría que retractarse; y se le mostrarían los instrumentos de tortura como si fuesen a ser utilizados.



## El mensajero celeste

Lo que esta amenaza significa para un hombre que se había iniciado como médico, lo podemos juzgar por el testimonio de un contemporáneo suyo que había sido torturado en el potro y que había sobrevivido. Se trata del inglés William Lithgow, torturado en 1620 por la Inquisición española.

*Me llevaron al potro y me colocaron sobre él. Mis piernas fueron pasadas por los dos lados del potro de tres tablones. Me ataron una cuerda a los tobillos. Al avanzar las palancas, la fuerza de mis rodillas contra los tablones rompió los tendones de mis nalgas y las tapas de mis rodillas se hicieron pedazos. Mis ojos empezaron a salirse de sus órbitas, de mi boca salía espuma y me castañeteaban los dientes como redoble de tambor. Me temblaban los labios, mis gemidos eran terribles y la sangre brotaba de mis brazos, tendones, manos y rodillas. Al ser liberado de tales pináculos de dolor fui echado en el suelo, con esta incesante imploración: ¡Confiesa! ¡Confiesa!».*

Galileo no fue torturado. Sólo, en dos ocasiones, fue amenazado con la tortura. Su imaginación haría el resto. Este era el objetivo del juicio: el mostrar a los hombres de imaginación que no estaban inmunes al proceso del temor primitivo, fiero e irreversible. Pero Galileo ya había decidido retractarse.

*Yo, Galileo Galilei; hijo del finado Vincenzo Galilei, florentino, de setenta años de edad, compareciendo personalmente ante este tribunal, y de rodillas ante vosotros, eminentísimos y reverendísimos señores cardenales, inquisidores generales contra la depravación herética en toda la Cristiandad, teniendo ante mis ojos y tocando con mis manos los santos evangelios, juro que siempre he creído, como lo sigo haciendo y con la ayuda de Dios seguiré creyendo en el futuro todo lo que sostiene, predica y enseña la Santa Iglesia Católica, Apostólica y Romana. Pero considerando que, después de un mandato judicial de éste Santo Oficio, a efecto de que yo abandone la falsa opinión que el Sol es centro del mundo y que es inamovible, y que la Tierra no es el centro del mundo, y que se mueve, y que no debería sostener, defender ni enseñar de ninguna manera, verbalmente o por escrito, la susodicha doctrina, y después de haber sido notificado que tal doctrina contraviene las Sagradas Escrituras, escribí y publiqué un libro en que discuto esta doctrina, ya condenada, y en el cual presento argumentos que a las claras están a su favor, sin presentar solución alguna a ellos; y es por esta razón que el Santo Oficio ha pronunciado vehementemente que soy sospechoso de herejía, es decir, de haber sostenido y creído que el Sol es el centro del mundo y es inamovible, y que la Tierra no constituye el centro y se mueve.*

*Por la tanto, deseando borrar de las mentes de vuestras eminencias, así como de las de todos los fieles cristianos, esta grave sospecha, concebida razonablemente en mi contra, con el corazón contrito e inquebrantable te, yo abjuro, maldigo y detesto los susodichos errores y herejías, y en general cualquier otro error y ofensa contrario a la dicha Santa Iglesia; asimismo, juro que en lo futuro nunca expresaré ni aseveraré, verbalmente o por escrito, nada que pueda dar ocasión a sospecha similar contra mi persona; y de llegar a tener conocimiento de cualquier herejía o persona sospechosa de herejía, lo denunciaré al Santo Oficio, o al inquisidor y ordinario del lugar en que me encuentre. Juro y prometo, además, acatar y observar íntegramente todas las penitencias que me hayan sido o me sean impuestas por este Santo Oficio. Y, en caso de contravenir (¡que Dios no lo permita!) cualquiera de éstas mis promesas, protestas y juramentos, me someteré a todas las penas y penitencias impuestas y promulgadas por los sagrados cánones y otras constituciones, en general y en particular, contra tales delinquentes. Así sea con la ayuda de Dios y estos santos evangelios que sostengo con mis manos.*

*Yo, el antedicho Galileo Galilei, he abjurado, jurado, prometido y me he obligado a cumplir lo que antes he declarado y como testimonio de la verdad aquí manifestada, he escrito con mi propia mano el presente documento de mi abjuración, y leído palabra por palabra en Roma, en el Convento de Minerva, este vigésimo segundo día de junio de 1633. Yo Galileo Galilei, he abjurado, con mi propia mano, como antes lo he declarado.*

Galileo fue confinado por el resto de su vida en su propia villa en Arcetri, cerca de Florencia, bajo estricto arresto domiciliario. El Papa era implacable. Nada se publicaría. La doctrina prohibida no sería discutida. Galileo no podía ni siquiera hablar con protestantes. El resultado, a partir de entonces, fue el silencio entre los científicos católicos de todas partes. El más grande de los contemporáneos de Galileo, René Descartes, dejó de publicar en Francia y se marchó finalmente a Suecia.

Galileo determinó hacer una cosa. Iba a escribir el libro que el proceso había interrumpido: el

## El mensajero celeste

libro sobre las *Nuevas ciencias*, que trataría sobre física, no en las estrellas sino en relación con la materia aquí en la Tierra. Lo terminó en 1636, o sea tres años después del juicio, siendo un anciano de setenta y dos años. Por supuesto que no lo pudo publicar, hasta que finalmente algunos protestantes de Leyden, en los Países Bajos, lo imprimieron dos años después. Para entonces Galileo estaba completamente ciego. Escribió sobre sí mismo:

*¡Ay de mí!... Galileo, tu devoto amigo y siervo, lleva un mes total e incurablemente ciego; de modo que este cielo, esta tierra, este universo, que merced a mis notables observaciones y claras demostraciones he aumentado a cien, no, a mil veces más allá de los límites universalmente aceptados por los sabios de todas las épocas anteriores, se han reducido para mí al estrecho alcance de mis propias sensaciones corporales.*

Entre aquellos que visitaron a Galileo en Arcetri estaba el joven poeta John Milton, de Inglaterra, quien se preparaba para su obra cumbre, un poema épico que había planeado. Resulta irónico que cuando Milton llegó a escribir el gran poema, treinta años después, estaba completamente ciego, y también dependía de la ayuda de sus hijos para terminarlo.

Al final de su vida, Milton se identificaba a sí mismo con Sansón Agonistes, Sansón entre los filisteos,

*Sin ojos, en Gaza, en el molino, entre esclavos,*

quien destruyó el imperio filisteo en el instante de su muerte. Y fue eso lo que hizo Galileo, contra su propia voluntad. El resultado del proceso y de la confinación impuso un alto total a la tradición científica en el Mediterráneo. A partir de ese momento, la Revolución Científica se trasladó al norte de Europa. Galileo murió, prisionero aún en su casa, en 1642. El día de Navidad de aquel mismo año, en Inglaterra, nació Isaac Newton.