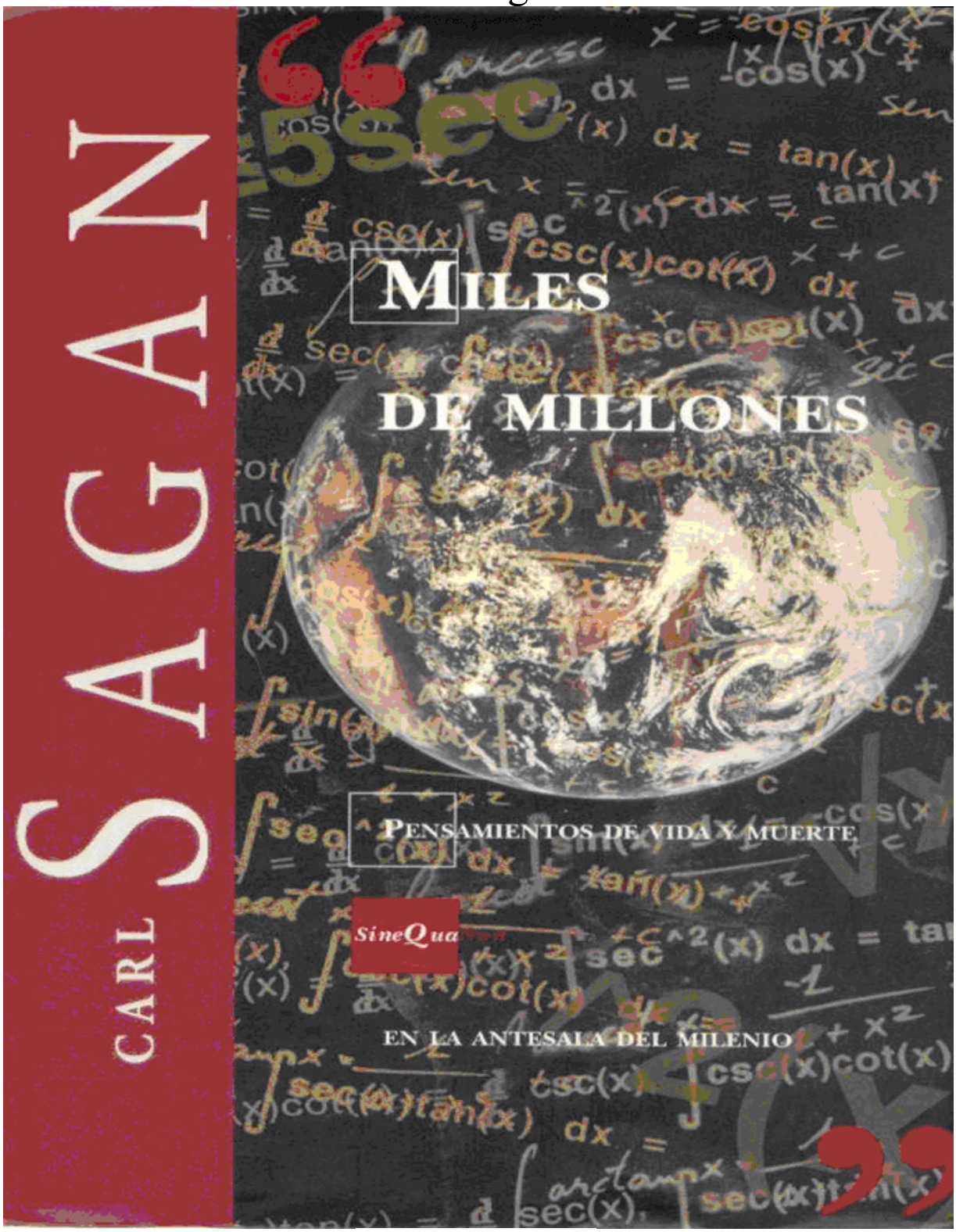
Miles de Millones
Carl Sagan



LIBROdot.com
http://www.librodot.com

A mi hermana, Cari, una entre seis mil millones

Primera Parte: ***LA FUERZA Y LA BELLEZA DE LA CUANTIFICACIÓN***

1. MILES Y MILES DE MILLONES

Hay quienes... creen que el número de [granos] de arena es infinito... Otros, aun sin considerarlo infinito, piensan que todavía no se ha mencionado un número lo bastante grande [...]. Pero voy a tratar de mostrarte [números que] superen no sólo el de una masa de arena equivalente a la Tierra [...] sino el de una masa igual en magnitud al Universo.

Arquímedes (h. 287-212 a. de C), *El arenario*

Jamás lo he dicho. De verdad. Bueno, una vez afirmé que quizás haya 100.000 millones de galaxias y 10.000 trillones de estrellas. Resulta difícil hablar sobre el cosmos sin emplear números grandes.

Es cierto que pronuncié muchas veces la frase «miles de millones» en la popularísima serie televisiva *Cosmos,* pero jamás dije «miles y miles de millones»; por una razón: resulta harto impreciso. ¿Cuántos millares de millones son «miles y miles de millones»? ¿Unos pocos? ¿Veinte? ¿Cien? «Miles y miles de millones» es una expresión muy vaga. Cuando adapté y actualicé la serie me entretuve en comprobarlo, y tengo la certeza de que nunca he dicho tal cosa.

Quien sí lo dijo fue Johnny Carson, en cuyo programa he aparecido cerca de treinta veces en todos estos años. Se disfrazaba con una chaqueta de pana, un jersey de cuello alto y un remedo de fregona a modo de peluca. Había creado una tosca imitación de mi persona, una especie de Doppelgänger[1] que hablaba de «miles y miles de millones» en la televisión a altas horas de la noche.

La verdad es que me molestaba un poco que una mala reproducción de mí mismo fuese por ahí, diciendo cosas que a la mañana siguiente me atribuirían amigos y compañeros (pese al disfraz, Carson —un competente astrónomo aficionado— a menudo hacía que mi imitación hablase en términos verdaderamente científicos).

Por sorprendente que parezca, lo de «miles y miles de millones» cuajó. A la gente le gustó cómo sonaba. Aun ahora me paran en la calle, cuando viajo en un avión o en una fiesta y me preguntan, no sin cierta timidez, si no me importaría repetir la dichosa frase.

—Pues mire, la verdad es que nunca dije tal cosa —respondo.

—No importa —insisten—. Dígalo de todas maneras.

Me han contado que Sherlock Holmes jamás contestó: «Elemental, mi querido Watson» (al

[1] En el antiguo folclore germano, el doble fantasmal de alguien. Cuando se encontraban la persona original y su contrafigura, era signo seguro de la muerte inminente de la primera. *(N. del T.)*

menos en las obras de Arthur Conan Doyle), que James Cagney nunca exclamó: «Tú, sucia rata», y que Humphrey Bogart no dijo: «Tócala otra vez, Sam»; pero poco importa, porque estos apócrifos han arraigado firmemente en la cultura popular.

Todavía se pone en mi boca esta expresión tontorrona en las revistas de informática («Como diría Carl Sagan, hacen falta miles y miles de millones de bits»), en la sección de economía de los periódicos, cuando se habla de lo que ganan los deportistas profesionales y cosas por el estilo.

Durante un tiempo tuve una reticencia pueril a pronunciar o escribir esa expresión por mucho que me lo pidieran, pero ya la he superado, así que, para que conste, ahí va:

«Miles y miles de millones.»

¿Por qué resulta tan pegadizo eso de «miles y miles de millones»? Antes, la expresión más corriente para referirse a un número grande era «millones»: los enormemente ricos eran millonarios; la población de la Tierra en tiempos de Jesús sumaba quizás unos 250 millones de personas; había casi cuatro millones de estadounidenses en la época de la Convención Constitucional de 1787 —al comenzar la Segunda Guerra Mundial eran 132 millones—; hay 150 millones de kilómetros de la Tierra al Sol; unos 40 millones de personas hallaron la muerte en la Primera Guerra Mundial y 60 millones en la Segunda; un año tiene 31,7 millones de segundos (como puede comprobarse fácilmente); y a finales de la década de los ochenta los arsenales nucleares globales contenían un poder explosivo suficiente para destruir un millón de ciudades como Hiroshima. A casi todos los efectos, y durante largo tiempo, «millón» fue la quintaesencia de un número grande.

No obstante, los tiempos han cambiado. Ahora hay muchas fortunas que ascienden a miles de millones, y no sólo por culpa "de la inflación; está bien determinado que la edad de la Tierra es de 4.600 millones de años; la población humana se acerca a los 6.000 millones; cada cumpleaños representa otros mil millones de kilómetros alrededor del Sol (en torno al cual la Tierra viaja a una velocidad muy superior a la de la sonda *Voyager* alejándose de nuestro planeta).

Asimismo cuatro bombarderos B-2 cuestan mil millones de dólares (algunos dicen que dos mil o incluso cuatro mil millones); el presupuesto de defensa de Estados Unidos, teniendo en cuenta los fondos reservados, supera los 300.000 millones de dólares al año; se ha estimado en cerca de mil millones el número de muertos a corto plazo en una guerra nuclear a gran escala entre Estados Unidos y Rusia; unos pocos centímetros representan mil millones de átomos hombro con hombro; y ahí están todos esos miles y miles de millones de estrellas y galaxias.

Un viejo chiste cuenta el caso de un conferenciante que, en un planetario, explica a sus oyentes que al cabo de 5.000 millones de años el Sol se hinchará hasta convertirse en una gigante roja, engullendo planetas como Mercurio y Venus, y finalmente quizá también la Tierra. Tras la charla, un oyente inquieto le aborda:

—Perdóneme, doctor. ¿Dijo usted que el Sol abrasará la Tierra dentro de cinco mil millones de años?

—Sí, más o menos.

—Gracias a Dios. Por un momento creí que había dicho cinco millones.

Por interesante que pueda resultar para el destino de la Tierra, poco importa para nuestra vida personal el que vaya a durar cinco millones o 5.000 millones. La distinción, sin embargo, es mucho más vital en cuestiones tales como los presupuestos públicos, la población mundial o las bajas en una guerra nuclear.

Aunque la popularidad de la expresión «miles y miles de millones» no se ha extinguido por completo, esos números parecen haberse empequeñecido, y comienzan a estar obsoletos.

Ahora se vislumbra en el horizonte, o quizá no tan lejos, un número más a la moda: el billón se cierne sobre nosotros.

Los gastos militares mundiales ascienden ya a casi un billón de dólares al año; la deuda total de todos los países en vías de desarrollo se acerca a los dos billones de dólares (era de 60.000 millones en 1970); el presupuesto anual del Gobierno de Estados Unidos ronda también los dos billones de dólares. La deuda nacional gira en torno a los cinco billones; el coste estimado del proyecto, técnicamente dudoso, de la Guerra de las Galaxias en la era Reagan oscilaba entre uno y dos billones de dólares; y todas las plantas de la Tierra pesan un billón de toneladas. Estrellas y billones poseen una afinidad natural: la distancia desde nuestro sistema solar a la estrella más cercana, Alfa Centauri, es de unos 40 billones de kilómetros.

El desconcierto entre millones, billones y trillones sigue siendo endémico en la vida cotidiana; es rara la semana en que no se comete una equivocación en las noticias de la televisión (por lo general entre millones y billones). Así que tal vez sea preciso que dedique un momento a establecer algunas distinciones. Un millón es un millar de millares, o un uno seguido de seis ceros; un billón es un millón de millones, o un uno seguido de 12 ceros, y un trillón, un millón de billones, o un uno seguido de 18 ceros.

En Europa, el número «mil millones» recibe otras denominaciones, como *milliard,* millardo, etc. Coleccionista de sellos desde la niñez, poseo uno sin matar, emitido en el momento álgido de la inflación alemana de 1923, cuyo valor era de «50 *milliarden».* Hacían falta 50.000 millones de marcos para franquear una carta (en aquel tiempo se necesitaba una carretilla cargada de billetes para ir a la panadería o a la tienda de comestibles).

Una manera segura de saber de qué número estamos hablando consiste sencillamente en contar cuántos ceros siguen al uno. Sin embargo, cuando los ceros son muchos la tarea puede resultar un tanto tediosa, por eso los agrupamos en tríadas separadas por puntos. Así, un trillón es 1.000.000.000.000.000.000. Para números mayores que éste, basta con contar tríadas de ceros. Pero todo sería mucho más fácil si, al denotar un número grande, indicásemos directamente cuántos ceros hay después del uno.

Esto es lo que han hecho los científicos y los matemáticos, que son personas prácticas. Es lo que se llama «notación exponencial». Uno escribe el número 10 y luego, a la derecha y arriba, un número pequeño que indica cuántos ceros hay después del uno. Así, 10^6 = 1.000.000, 10^9 = = 1.000.000.000, 10^{12} = 1.000.000.000.000, etc. Esos superíndices reciben el nombre de exponentes o potencias; por

NÚMEROS GRANDES

Nombre	*Numero*	*Notación científica*	*Tiempo que llevaría contar desde cero hasta el número (a razón de una cifra por segundo, día y noche)*
Uno	1	10^0	1 segundo
Mil	1.000	10^3	17 minutos
Millón	1.000.000	10^6	12 días
Mil millones	1.000.000.000	10^9	32 años
Billón	1.000.000.000.000	10^{12}	32.000 años (tiempo superior al de la existencia de civilización en la Tierra)

Mil billones	1.000.000.000.000.000	10^{15}	32 millones de años (tiempo superior al de la presencia de seres humanos en la Tierra
Trillón	1.000.000.000.000.000.000	10^{18}	32.000 millones de años (más que la edad del Universo)

Los números mayores reciben los nombres de cuatrillón (10^{24}), quintillón (10^{30}), sextillón (10^{36}), septillón (10^{42}), octillón (10^{48}), nonillón (10^{54}) y decillón (10^{60}). La Tierra tiene una masa de 6.000 cuatrillones de gramos.

Cabe también describir con palabras esta notación científica o exponencial. Así, un electrón tiene un grosor de un femtómetro (10^{-15} m); la luz amarilla posee una longitud de onda de medio micrómetro (0,5 mm); el ojo humano apenas puede ver un bichito de una décima de milímetro (10^{-4} m); la Tierra tiene un radio de 6.300 Km (6,3 Mm) y una montaña puede pesar 100 petagramos (100 Pg = 10^{17} g). He aquí una lista completa de los prefijos:

atto-	a	10^{-18}	deca-	-	10^{1}
femto-	f	10^{-15}	hecto-	-	10^{2}
pico-	p	10^{12}	kilo-	k	10^{3}
nano-	n	10^{-9}	mega-	M	10^{6}
micro-	η	10^{-6}	giga-	G	10^{9}
mili-	m	10^{-3}	tera-	T	10^{12}
centi-	c	10^{-2}	peta-	P	10^{15}
deci-	d	10^{-1}	exa-	E	10^{18}

ejemplo, 10^9 es «10 elevado a 9» (a excepción de 10^2 y 10^3 que reciben respectivamente los nombres de «10 al cuadrado» y «10 al cubo»). La expresión «elevado a», al igual que «parámetro» y otros términos científicos, está introduciéndose en el lenguaje cotidiano, pero al hacerlo su significado se va enturbiando y tergiversando.

Además de su claridad, la notación exponencial posee otro aspecto maravillosamente beneficioso: permite multiplicar dos números cualesquiera sumando los exponentes adecuados. Así, 1.000 X 1.000.000.000 es 10^3 X 10^9 = 10^{12}. Incluso se pueden multiplicar números mayores: si en una galaxia típica hay 10^{11} estrellas y en el cosmos hay 10^{11} galaxias, entonces hay 10^{22} estrellas en el cosmos.

Todavía existe, sin embargo, cierta resistencia a la notación exponencial entre aquellos a quienes las matemáticas les dan grima (aunque simplifica y no complica las cosas) y entre algunos tipógrafos que parecen sentir la necesidad irrefrenable de escribir 109 en vez de 10^9 (no es éste el caso, como puede verse).

En el cuadro de la página 17 figuran los primeros números grandes que tienen nombre propio. Cada uno es mil veces mayor que el precedente. Por encima del trillón casi nunca se emplean los nombres. Contando día y noche un número cada segundo, necesitaríamos más de una semana para pasar de uno a un millón. Contar mil millones nos llevaría media vida. No podríamos llegar a un trillón aun cuando dispusiéramos de toda la edad del universo.

Una vez dominada la notación exponencial, podemos operar fácilmente con cifras inmensas, como el número aproximado de microbios en una cucharadita de tierra (10^8), el de granos de arena en todas las playas (quizá 10^{20}), el de seres vivos en la Tierra (10^{29}), el de átomos en toda la biosfera (10^{41}), el de núcleos atómicos en el Sol (10^{57}), o el de partículas elementales (electrones, protones, neutrones) en todo el cosmos (10^{80}). Esto no significa que uno sea capaz de «figurarse» un billón o un trillón de objetos; de hecho, nadie podría, pero la notación

exponencial permite «pensar» y calcular con tales números. Lo cual no está nada mal para unos seres autodidactas que se bastaban con los dedos de las manos y los pies para contar a sus semejantes.

Los números grandes son, desde luego, una parte esencial de la ciencia moderna; pero no quisiera dar la impresión de que fueron inventados en nuestra época.

La aritmética india está familiarizada desde hace mucho tiempo con los números grandes. En los periódicos indios es fácil encontrar referencias a multas o gastos de un *laj* o un *crore* de rupias. La clave es ésta: *das* = 10; *san* = 100; *bazar* = = 1.000; *laj* = 10^5; *crore* = 10^7; *arahb* = 10^9; *carahb* = 10^{11}; *nie* = 10^{13}; *padham* = 10^{15}; *sanj* = 10^{17}. Antes de que su cultura fuese aniquilada por los europeos, los mayas del antiguo México concibieron una escala cronológica que superaba con creces los escasos miles de años transcurridos desde la creación del mundo según la creencia europea. Entre las ruinas de Coba, en Quintana Roo, hay inscripciones que muestran que los mayas concebían un universo con una antigüedad del orden de 10^{29} años. Los hindúes sostenían que la encarnación presente del universo tenía 8,6 X 10^9 años (muy cerca de la diana). Y en el siglo III a. de C. el matemático siciliano Arquímedes, en su libro *El arenario,* estimó que harían falta 10^{63} granos de arena para llenar el cosmos. Incluso entonces, en las cuestiones realmente grandes, miles y miles de millones no pasaban de ser calderilla.

2. EL AJEDREZ PERSA

No puede existir un lenguaje más universal y simple, más carente de errores y oscuridades, y por lo tanto más apto para expresar las relaciones invariables de las cosas naturales [...]. [Las matemáticas] parecen constituir una facultad de la mente humana destinada a compensar la brevedad de la vida y la imperfección de los sentidos.

JOSEPH FOURIER,

Théorie analytique de la chaleur.

Discurso preliminar (1822)

La primera vez que escuché este relato, la acción transcurría en la antigua Persia. Pero pudo haber sido en la India o incluso en China. En cualquier caso, sucedió hace mucho tiempo.

El gran visir, el primer consejero del rey, había inventado un nuevo juego. Se jugaba con piezas móviles sobre un tablero cuadrado formado por 64 escaques rojos y negros. La pieza más importante era el rey. La seguía en valor el gran visir (tal como cabía esperar de un juego inventado por un gran visir). El objeto del juego era capturar el rey enemigo y, a consecuencia, recibió en lengua persa el nombre de *shah-mat (shah* por «rey», *mat* por «muerto»). Muerte al rey. En Rusia, quizá como vestigio de un sentimiento revolucionario, sigue llamándose *shajmat.* Incluso en inglés hay un eco de esta designación: el movimiento final recibe el nombre de *checkmate*[*]. El juego es, por descontado, el ajedrez. Con el paso del tiempo evolucionaron las piezas, los movimientos y las reglas. Ya no existe, por ejemplo, el gran visir; se ha transfigurado en una reina de poderes formidables.

Por qué deleitó tanto a un rey la invención de un juego llamado «muerte al rey» es un misterio, pero, según la historia, se sintió tan complacido que pidió al gran visir que determinara su recompensa por tan maravillosa invención. Éste ya tenía la respuesta preparada; era un hombre modesto, explicó al shah, y sólo deseaba una modesta gratificación. Señalando las ocho columnas y las ocho filas de escaques del tablero que había inventado, solicitó que le entregase un solo grano de trigo por el primer escaque, dos por el segundo, el doble de eso por el tercero y así sucesivamente hasta que cada escaque recibiese su porción de trigo. No, replicó el rey, era un premio harto mezquino para una invención tan importante. Le ofreció joyas, bailarinas, palacios. Pero el gran visir, bajando la mirada, lo rechazó todo. Sólo le interesaban aquellos montoncitos de trigo. Así que, maravillado en secreto ante la humildad y la moderación de su consejero, el rey accedió.

Sin embargo, cuando el senescal empezó a contar los granos, el monarca se encontró con una desagradable sorpresa. Al principio el número de granos de trigo era bastante pequeño: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1.024..., pero en las cercanías del escaque sexagésimo cuarto las cifras se tornaban colosales, amedrentadoras (véase recuadro de la página 31). De hecho, el número final rondaba los 18,5 trillones de granos. Tal vez el gran visir se había sometido a una dieta rica en fibra.

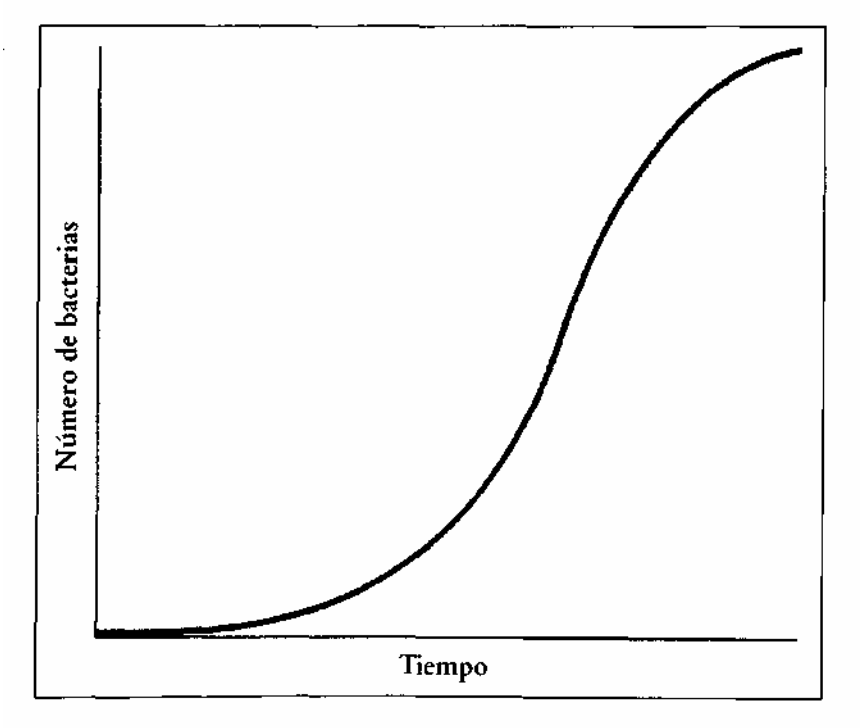
¿Cuánto pesan 18,5 trillones de granos de trigo? Si cada grano mide un milímetro, entonces todos juntos pesarían unos 75.000 millones de toneladas métricas, mucho más de lo que podían contener los graneros del shah. De hecho, es el equivalente de la producción actual de trigo en todo el mundo multiplicada por 150. No nos ha llegado el relato de lo que pasó inmediatamente después. Ignoramos si el rey, maldiciéndose a sí mismo por haber desatendido el estudio de la aritmética, entregó el reino al visir o si éste experimentó las tribulaciones de un nuevo juego llamado *visirmat.*

La historia del ajedrez persa quizá no sea más que una fábula, pero los antiguos persas e indios eran brillantes exploradores en el terreno de las matemáticas y sabían qué números tan

[*] Naturalmente, ese eco existe también en el término castellano de «jaque mate». (N. *del T.)*

enormes se alcanzan al multiplicar repetidamente por dos. Si el ajedrez hubiera sido inventado con 100 (10 X 10) escaques en vez de 64 (8 X 8), la deuda en granos de trigo habría pesado tanto como la Tierra. Una sucesión de números como ésta, en la que cada uno es un múltiplo fijo del anterior, recibe el nombre de progresión geométrica, y el proceso se denomina crecimiento exponencial. Los crecimientos exponenciales aparecen en toda clase de ámbitos importantes, familiares o no. Un ejemplo es el interés compuesto. Si, pongamos por caso, un antepasado nuestro ingresó en el banco 10 dólares hace 200 años (poco después de la Revolución de Estados Unidos) a un interés anual constante del 5 %, ahora nuestra fortuna ascendería a 10 X $(1,05)^{200}$, es decir, 172.925,81 dólares. Pero pocos son los antepasados que se interesen por la fortuna de sus remotos descendientes, y 10 dólares eran bastante dinero en aquellos días ($(1,05)^{200}$ significa simplemente 1,05 por sí mismo 200 veces). Si ese antepasado nuestro hubiera conseguido un interés del 6 %, ahora tendríamos más de un millón de dólares; al 7 % la cifra superaría los 7,5 millones, y a un exorbitante 10 % tendríamos la espléndida suma de 1.900 millones de dólares.

Otro tanto sucede con la inflación. Si la tasa de inflación es del 5 % anual, un dólar valdrá 0,95 dólares al cabo de un año, $(0,95)^2 = 0,91$ al cabo de dos; 0,61 al cabo de 10; 0,37 dólares al cabo de 20, etc. Se trata de una cuestión de gran importancia práctica para aquellos jubilados cuya pensión no aumenta de acuerdo con la inflación.



El ámbito más corriente donde se producen duplicaciones repetidas y, por tanto, un crecimiento exponencial, es el de la reproducción biológica. Consideremos primero el caso simple de una bacteria que se reproduce por bipartición. Al cabo de un tiempo se dividen también cada una de las dos bacterias hijas. Mientras haya alimento suficiente en el ambiente y no exista veneno alguno, la colonia bacteriana crecerá de modo exponencial. En condiciones muy favorables la población de bacterias puede llegar a doblarse cada 15 minutos. Esto significa cuatro duplicaciones por hora y 96 diarias. Aunque una bacteria sólo pesa alrededor de una billonésima de gramo, tras un día de desenfreno asexual sus descendientes pesarán en conjunto tanto como una montaña; en poco más de día y medio pesarán tanto como la Tierra, en dos días más que el Sol... Y en no demasiado tiempo todo el universo estará constituido por bacterias. No es una perspectiva muy agradable, pero por fortuna nunca sucede. ¿Por qué? La razón es que un crecimiento exponencial de este tipo siempre tropieza con algún obstáculo natural. Los bichos se quedan sin comida, o se envenenan mutuamente, o les da vergüenza reproducirse cuando no disponen de intimidad para hacerlo. Los crecimientos exponenciales

no pueden continuar indefinidamente porque se lo zamparían todo. Mucho antes que eso encuentran algún impedimento. El resultado es que la curva exponencial se allana (véase ilustración en la página anterior.)

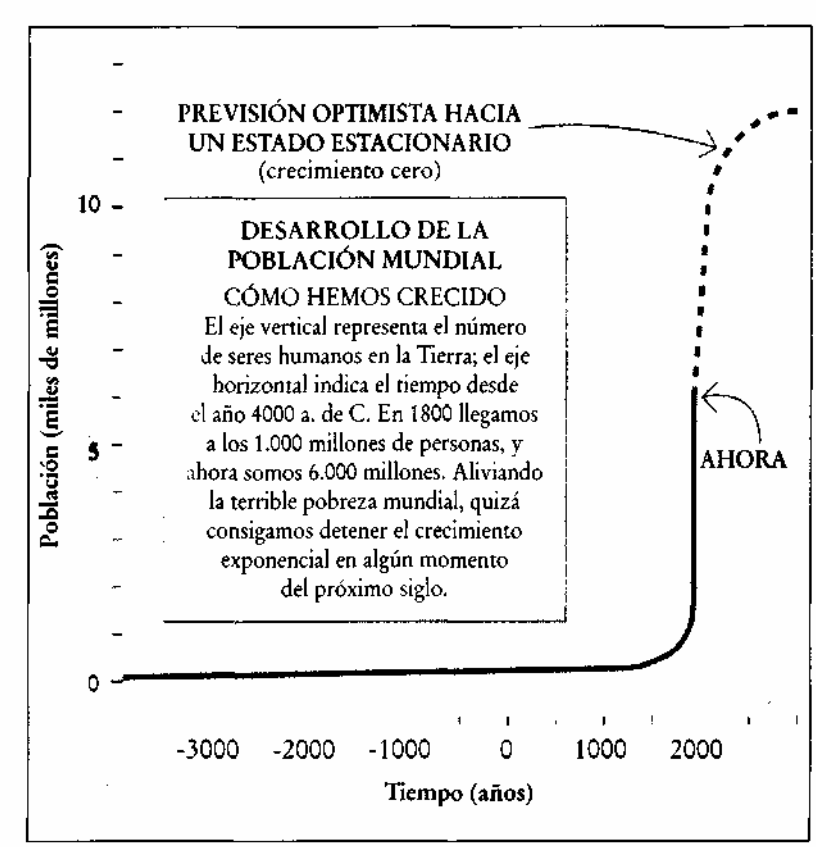
Este hecho es muy importante para la epidemia del SIDA. Ahora mismo, en muchos países, el número de personas con síntomas de sida crece de manera exponencial, doblándose en aproximadamente un año. Es decir, cada año el número de casos de sida se duplica con respecto al del año anterior. El sida ya ha adquirido proporciones catastróficas. Si continuara creciendo exponencialmente constituiría un desastre sin precedentes. Dentro de 10 años habría mil veces más casos de sida, y en 20 años un millón de veces más. Pero un millón de veces el número de personas que ya han contraído el sida es mucho más que el número de los habitantes de la Tierra. De no existir impedimentos naturales a la continuada duplicación anual de la enfermedad, y si ésta fuese invariablemente fatal (esto es, si no se hallase un modo de curarla), todo el mundo moriría de sida, y pronto.

Ahora bien, algunas personas parecen tener una inmunidad natural a este mal. Además, según el Centro de Enfermedades Transmisibles del Servicio de Sanidad Pública de Estados Unidos, al principio el crecimiento de la enfermedad en este país estuvo limitado casi exclusivamente a grupos vulnerables, en buena parte sexualmente aislados del resto de la población (sobre todo varones homosexuales, hemofílicos y consumidores de drogas por vía parenteral). Si no se encuentra un remedio para el sida, morirá la mayoría de quienes comparten jeringuillas hipodérmicas para el empleo de drogas por vía parenteral; no todos, porque existe un pequeño porcentaje de personas que tiene una resistencia natural, pero sí la mayoría. Cabe decir lo mismo respecto de los varones homosexuales promiscuos que no toman precauciones; no es éste, sin embargo, el caso de quienes utilizan convenientemente el preservativo, de quienes mantienen relaciones monógamas a largo plazo y, una vez más, de la fracción pequeña de los que son inmunes por naturaleza. Las parejas estrictamente heterosexuales que mantienen una relación monógama que se remonta a principios de la década de los ochenta, aquellos que toman las debidas precauciones en la práctica del sexo y quienes no comparten jeringuillas —y son muchos— están, por así decirlo, resguardados del SIDA. Una vez que se hayan allanado las curvas de los grupos demográficos de mayor riesgo, otros ocuparán su lugar (ahora, en Estados Unidos la enfermedad parece estar creciendo entre los jóvenes heterosexuales de uno y otro sexo, en quienes la pasión se impone a menudo a la prudencia). Muchos morirán, otros tendrán suerte o poseerán inmunidad natural, algunos se abstendrán, y su grupo será reemplazado por otro de mayor riesgo, tal vez la próxima generación de varones homosexuales. Cabe esperar que con el tiempo se allane la curva exponencial, pues ello significaría que la población de la Tierra no está condenada a morir por esta causa (escaso consuelo para las numerosas víctimas y sus allegados).

El crecimiento exponencial constituye también la idea crucial que subyace tras la crisis demográfica mundial. Durante la mayor parte del tiempo en que la Tierra ha estado habitada por seres humanos, su población ha sido estable, con nacimientos y muertes casi perfectamente equilibrados. Tal situación recibe el nombre de «estado estacionario». Tras la invención de la agricultura —incluyendo la siembra y la recolección de aquel trigo cuyos granos ambicionaba el gran visir— la población humana comenzó a crecer, entrando en una fase exponencial, lo que es muy diferente de un estado estacionario. Ahora mismo, la población mundial tarda unos cuarenta años en duplicarse. Al cabo de ese periodo seremos el doble de gente. Como señaló en 1798 el clérigo inglés Thomas Malthus, cualquier incremento concebible en la producción de alimentos será inútil si la población a la que están destinados crece exponencialmente —Malthus habló de progresión geométrica—. Contra el desarrollo demográfico exponencial no podrá ninguna revolución verde, ni la agricultura hidropónica ni el cultivo de los desiertos.

Tampoco existe solución extraterrestre a ese problema. En la actualidad, hay cada día 240.000 nacimientos más que defunciones. Estamos muy lejos de poder enviar al espacio 240.000 personas cada veinticuatro horas. Ningún asentamiento en órbita terrestre, en la Luna o en

otros planetas lograría hacer mella de manera perceptible en la explosión demográfica. Aunque fuese posible enviar a todos los habitantes de la Tierra a planetas de estrellas lejanas en naves que viajasen más rápido que la luz, poco cambiaría. Todos los



planetas habitables de la Vía Láctea quedarían colmados en cerca de un milenio. A menos que reduzcamos nuestra tasa de reproducción. Nunca hay que subestimar un crecimiento exponencial.

En el gráfico de arriba se muestra el crecimiento de la población de la Tierra a lo largo del tiempo. Nos hallamos claramente en una fase de abrupto crecimiento exponencial (o estamos a punto de salir de ella). Ahora bien, muchos países (Estados Unidos, Rusia y China, por ejemplo) han llegado o están llegando a un punto en que su población dejará de crecer y se aproximará a un estado estacionario. Es lo que se conoce como «crecimiento cero». Incluso así, dado el enorme poder de los crecimientos exponenciales, basta con que una pequeña fracción de la comunidad humana siga reproduciéndose exponencialmente para que la situación sea esencialmente la misma: la población del mundo crecerá de modo exponencial, aunque muchas naciones estén en una situación de crecimiento cero.

Existe una correlación global bien documentada entre la pobreza y las tasas de natalidad elevadas. En países grandes y pequeños, capitalistas y comunistas, católicos y musulmanes, occidentales y orientales, el crecimiento demográfico exponencial se reduce o se detiene en casi todos los casos cuando desaparece la pobreza extrema. De manera cada vez más apremiante, a nuestra especie le conviene que cada lugar del planeta alcance a largo plazo esta transición demográfica. Por esta razón, el contribuir a que otros países consigan hacerse autosuficientes no es sólo un acto elemental de decencia humana, sino que también redunda en beneficio de las naciones más ricas en disposición de prestar ayuda. Una de las cuestiones cruciales en la crisis demográfica mundial es la pobreza.

Resultan interesantes las excepciones a esta transición demográfica. Algunas naciones con elevadas rentas per cápita todavía tienen tasas de natalidad altas. Pero se trata de países donde apenas son accesibles los anticonceptivos y/ o las mujeres carecen de todo poder político efectivo. No es difícil establecer la conexión.

En la actualidad la población mundial asciende a unos 6.000 millones de seres humanos. Si el periodo de duplicación se mantiene constante, dentro de 40 años habrá 12.000 millones; dentro de 80, 24.000 millones; al cabo de 120 años, 48.000 millones... Sin embargo, pocos creen que la Tierra pueda dar cabida a tanta gente. Habida cuenta del poder de este incremento exponencial, abordar ahora el problema de la pobreza global parece más barato y mucho más humano que cualquier solución que podamos adoptar dentro de muchas décadas. Nuestra tarea consiste en lograr una transición demográfica mundial y allanar esa curva exponencial (mediante la eliminación de la pobreza extrema, el logro de métodos anti-conceptivos seguros, eficaces y accesibles a todos y la extensión del poder político real de las mujeres en los ámbitos ejecutivo, legislativo, judicial, militar y en las instituciones que influyen en la opinión pública). Si fracasamos, el trabajo lo harán otros procesos que escaparán a nuestro control.

A propósito...

La fisión nuclear fue concebida por vez primera en septiembre de 1933 por un físico húngaro emigrado a Londres llamado Leo Szilard. Tras preguntarse si el hombre sería capaz de desencadenar las vastas energías encerradas en el núcleo del átomo, Szilard pensó en lo que sucedería si se lanzara un neutrón contra un núcleo atómico (al carecer de carga eléctrica, un neutrón no sería repelido por los protones del núcleo y chocaría directamente contra éste). Mientras aguardaba a que cambiase un semáforo en un cruce de Southhampton Row, se le ocurrió que quizás existiera alguna sustancia, algún elemento químico, que escupiese dos neutrones cuando sufriera el impacto de uno. Cada uno de esos neutrones podría liberar más neutrones, y de repente Szilard tuvo la visión de una reacción nuclear en cadena, capaz de producir incrementos exponenciales de neutrones y de destrozar átomos a diestro y siniestro. Aquella tarde, en su pequeña habitación del hotel Strand Palace, calculó que, en el caso de conseguir una reacción en cadena controlada, con apenas unos kilos de materia se podría obtener energía suficiente para cubrir las necesidades de una ciudad pequeña durante todo un año... o, si la energía se liberaba de repente, para destruirla en el acto. Szilard emigró más tarde a Estados Unidos, donde inició una búsqueda sistemática entre todos los elementos químicos

EL CÁLCULO QUE EL REY DEBERÍA HABER EXIGIDO A SU VISIR

No es para asustarse. Se trata de un cálculo muy fácil. Pretendemos averiguar cuántos granos de trigo correspondían a todo el ajedrez persa.

Una manera elegante (y perfectamente exacta) de calcularlo es la siguiente:

El exponente nos dice cuántas veces tenemos que multiplicar 2 por sí mismo. $2^2 = 4$. $2^4 = 16$. $2^{10} = 1.024$, etc. Llamaremos S al número total de granos del tablero de ajedrez, desde 1 en el primer escaque a 2^{63} en el sexagésimo cuarto. Entonces, sencillamente,

$$S = 1 + 2 + 2^2 + 2^3 + ... + 2^{62} + 2^{63}$$

Multiplicando por dos ambos términos de la ecuación, tendremos

$$2S = 2 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + ... + 2^{63} + 2^{64}$$

Restando la primera ecuación de la segunda, tenemos

$$2S - S = S = 2^{64} - 1,$$

que es la respuesta exacta.

¿Cuánto supone esto en una notación ordinaria de base 10? Si 2^{10} se aproxima a 1.000, o 10^3 (dentro de un 2,4 %), entonces $2^{20} = 2^{(10X2)} = (2^{10})^2$ = aproximadamente $(10^3)^2 = 10^6$, que es 10 multiplicado por sí mismo seis veces. De igual modo, $2^{60} = (2^{10})^6$ = aproximadamente $(10^3)^6 = 10^{18}$. Así, $2^{64} = 2^4$ X 2^{60} = aproximadamente 16 X 10^{18}, o 16 seguido de 18 ceros, es decir, 16 trillones de granos. Un cálculo más exacto arroja 18,6 trillones de granos.

para comprobar si alguno despedía más neutrones de los que recibía. El uranio pareció ser un candidato prometedor. Szilard convenció a Albert Einstein de que escribiese su famosa carta al presidente Roosevelt, apremiándolo para que Estados Unidos construyese una bomba atómica. Szilard desempeñó un papel relevante en la primera reacción en cadena del uranio, lograda en 1942 en Chicago, lo que, de hecho, condujo a la bomba atómica. Después de eso pasó el resto de su vida advirtiendo de los peligros del arma que fue el primero en concebir. Había descubierto, por otros medios, el poder terrible del crecimiento exponencial.

Todo el mundo tiene dos progenitores, cuatro abuelos, ocho bisabuelos, 16 tatarabuelos, etc. Por cada generación que retrocedamos, tendremos el doble de antepasados directos. Cabe advertir que este problema guarda mucha semejanza con el del ajedrez persa. Si, por ejemplo, cada 25 años surge una nueva generación, entonces 64 generaciones atrás serán 64 X 25 = 1.600 años, es decir, justo antes de la caída del imperio romano. De este modo (véase recuadro) cada uno de los que ahora vivimos tenía en el año 400 unos 18,5 trillones de antepasados directos..., o así parece. Y eso sin hablar de los parientes colaterales. Ahora bien, esa cifra supera con creces la población de la Tierra en cualquier época; es muy superior incluso al número acumulado de seres humanos nacidos a lo largo de toda la historia de nuestra especie. Algo falla en nuestro cálculo. ¿Qué es? Bueno, hemos supuesto que todos esos antepasados directos eran personas diferentes. Sin embargo, no es ése el caso. Un mismo antepasado se encuentra emparentado con nosotros por numerosas vías diferentes. Nos hallamos vinculados de forma repetida y múltiple con cada uno de nuestros parientes, y muchísimo más con los antepasados remotos.

Algo parecido sucede con el conjunto de la población humana. Si retrocedemos lo suficiente, dos personas cualesquiera de la Tierra encontrarán un antepasado común. Siempre que sale elegido un nuevo presidente de Estados Unidos, alguien —generalmente un inglés— descubre que el nuevo mandatario está emparentado con la reina o el rey de Inglaterra. Se considera que esta circunstancia liga a los pueblos de habla inglesa. Cuando dos personas proceden de una misma nación o cultura, o del mismo rincón del mundo, y sus genealogías están bien trazadas, es probable que se acabe por descubrir a su último antepasado común. En cualquier caso, las relaciones están claras: todos los habitantes de la Tierra somos primos.

Los crecimientos exponenciales aparecen también corrientemente asociados al concepto de «vida media». Un elemento radiactivo «padre» —plutonio, por ejemplo, o radio— se descompone en otro elemento «hijo», tal vez menos peligroso. Ahora bien, no lo hace de forma inmediata, sino estadística. Al cabo de cierto tiempo la desintegración ha afectado a la mitad de los átomos, y a este periodo se le denomina vida media. La mitad de lo que queda se desintegra en otra vida media, y la mitad del resto en una nueva vida media, etc. Por ejemplo, si la vida media fuese de un año, la mitad se desintegraría en un año, la mitad de la mitad, o todo menos un cuarto, desaparecería en dos años, todo menos un octavo en tres años, todo menos una milésima en 10 años, etc. Los diferentes elementos tienen distintas vidas medias. La vida media es un criterio básico cuando se trata de decidir qué se hace con los residuos radiactivos de las centrales nucleares o cuando se considera la lluvia radiactiva en una guerra atómica. Representa una decadencia exponencial, del mismo modo que el ajedrez persa supone un crecimiento exponencial.

La desintegración radiactiva es uno de los métodos principales para datar el pasado. Si podemos medir en una muestra la cantidad de material radiactivo padre y la cantidad de material hijo producto de la desintegración, cabe determinar la antigüedad de esa muestra. Es así como hemos descubierto que el llamado Santo Sudario de Turín no es la sábana con que se envolvió el cuerpo de Jesús, sino un engaño piadoso del siglo XIV (cuando fue denunciado como tal por las autoridades eclesiásticas), que los seres humanos prendían hogueras hace millones de años, que los fósiles más antiguos de la Tierra tienen al menos 3.500 millones de años, y que la edad de nuestro planeta es de 4.600 millones de años. El cosmos es, desde luego, miles de millones de años más viejo. Cuando uno comprende los crecimientos exponenciales, tiene en sus manos la clave de muchos de los secretos del universo.

Conocer algo de forma meramente cualitativa es conocerlo de manera vaga. Si tenemos conocimiento cuantitativo —captando alguna medida numérica que lo distinga de un número infinito de otras posibilidades— estamos comenzando a conocerlo en profundidad, comprendemos algo de su belleza y accedemos a su poder y al conocimiento que proporciona. El miedo a la cuantificación supone limitarse, renunciar a una de las perspectivas más firmes para entender y cambiar el mundo.

3. LOS CAZADORES DE LA NOCHE DEL LUNES

El instinto de la caza tiene [un] [...] origen remoto en la evolución de la raza. El instinto cazador y el de lucha se combinan en muchas manifestaciones [...] Puesto que el afán sanguinario de los seres humanos es una parte primitiva de nosotros, resulta muy difícil erradicarlo, sobre todo cuando se promete como parte de la diversión una pelea o una cacería.

William James, *Psychology,* XXIV (1890)

No podemos evitarlo. Cada año, al comenzar el otoño, las tardes de los domingos y las noches de los lunes abandonamos todo para contemplar las pequeñas imágenes en movimiento de 22 hombres que se acometen, caen, se levantan y dan patadas a un objeto alargado hecho con la piel de un animal. De vez en cuando, tanto los jugadores como los sedentarios espectadores son presa de arrebatos de éxtasis o de desesperación ante el desarrollo del partido. Por todo el territorio estadounidense, personas (casi exclusivamente hombres) con la mirada fija en la pantalla de cristal vitorean o gruñen al unísono. Dicho así parece, sin embargo, una estupidez, pero una vez que nos aficionamos a ello resulta difícil resistirse. Lo sé por experiencia.

Los atletas corren, saltan, golpean, tiran, lanzan, chutan, se agarran..., y es emocionante ver a seres humanos hacerlo tan bien. Luchan hasta caer al suelo. Se afanan en recoger o golpear con un palo o con el pie algo de color pardo o blanco que se mueve con rapidez.

En algunos juegos, tratan de dirigir esa cosa hacia lo que llaman «portería»; en otros, los participantes salen corriendo y luego vuelven a «casa». El trabajo en equipo lo es casi todo, y admiramos cómo encajan las diferentes partes para formar un conjunto maravilloso.

Ahora bien, la mayoría de nosotros no nos ganamos la vida con estas destrezas. ¿Por qué nos atrae tanto ver a otros correr o chutar? ¿Por qué es transcultural esta necesidad? (Los antiguos egipcios, los persas, los romanos, los mayas y los aztecas también jugaban a la pelota; el polo es de origen tibetano.)

Hay estrellas del deporte que ganan cincuenta veces el salario anual del presidente de Estados Unidos; los hay que, tras retirarse, consiguen ser elegidos para ocupar altos cargos. Son héroes nacionales. ¿Por qué, exactamente? Existe aquí algo que trasciende la diversidad de los sistemas políticos, sociales y económicos. Algo muy antiguo.

La mayor parte de los principales deportes se hallan asociados con una nación o con una ciudad y son símbolo de patriotismo y de orgullo cívico. Nuestro equipo nos representa —en tanto pueblo— frente a otros individuos de algún lugar diferente, habitado por seres extraños y, quizás, hostiles. (Cierto que la mayoría de «nuestros» jugadores no son realmente «nuestros». Se trata de mercenarios que, sin reparo alguno, abandonan el equipo de una ciudad para ingresar en el rival: un jugador de los Pirates [piratas] de Pittsburgh se convierte en miembro de los Angels [ángeles] de California; un integrante de los Padres de San Diego asciende a la categoría de miembro de los Cardinals [cardenales] de St. Louis; un Warrior [guerrero] de California es coronado como uno más de los Kings [reyes] de Sacramento. En ocasiones, todo un equipo emigra a otra ciudad.)

Una competición deportiva es un conflicto simbólico apenas enmascarado. No se trata de ninguna novedad. Los cherokee llamaban «hermano pequeño de la guerra» a su propia versión de *lacrosse*[*] Y ahí están las palabras de Max Rafferty, ex superintendente de instrucción pública de California, quien, tras calificar a los enemigos del fútbol americano universitario de «imbéciles, inútiles, rojos y melenudos extravagantes y charlatanes», llegó a decir: «Los futbolistas [...] poseen un espléndido espíritu combativo que es América misma.»

[*] Juego de origen canadiense en el que se utilizan raquetas de mango largo para atrapar, llevar o lanzar la pelota a la portería del adversario. *(N. del T.)*

(Merece la pena reflexionar sobre la cuestión.)

A menudo se cita la opinión del difunto entrenador Vince Lombardi, quien afirmó que lo único que importa es ganar. George Allen, ex entrenador de los Redskins [pieles rojas] de Washington, lo expresó de esta manera: «Perder equivale a morir.»

Hablamos de ganar y perder una guerra con la misma naturalidad con que se habla de ganar y perder un partido. En un anuncio televisivo del ejército norteamericano aparece un carro de combate que destruye a otro en unas maniobras, después de lo cual el jefe del vehículo victorioso dice: «Cuando ganamos, no gana una sola persona, sino todo el equipo.» La relación entre deporte y combate resulta por demás clara. Los *fans* (abreviatura de «fanáticos») llegan a cometer toda clase de desmanes, incluso a matar, cuando se sienten vejados por la derrota de su equipo, se les impide celebrar la victoria o consideran que el arbitro ha cometido una injusticia.

En 1985, la primera ministra británica no pudo por menos que denunciar la conducta agresiva de algunos de sus compatriotas aficionados al fútbol, que atacaron a grupos de seguidores italianos por haber tenido la desfachatez de aplaudir a su propio equipo. Las tribunas se vinieron abajo y murieron docenas de personas. En 1969, después de tres encarnizados partidos de fútbol, carros de combate de El Salvador cruzaron la frontera de Honduras y bombarderos de aquel país atacaron puertos y bases militares de éste. En esta «guerra del fútbol», las bajas se contaron por millares.

Las tribus afganas jugaban al polo con las cabezas cortadas de sus enemigos, y hace 600 años, en lo que ahora es Ciudad de México, había un campo de juego donde, en presencia de nobles revestidos de sus mejores galas, competían equipos uniformados. El capitán del equipo perdedor era decapitado y su cráneo expuesto con los de sus antecesores (se trataba, probablemente, del más apremiante de los acicates).

Supongamos que, sin tener nada mejor que hacer, saltamos de un canal de televisión a otro sirviéndonos del mando a distancia y aparece una competición en la que no estemos emocionalmente interesados, como puede ser un partido amistoso de voleibol entre Birmania y Tailandia. ¿Cómo decide uno por qué equipo se inclina? Ahora bien, ¿por qué inclinarse por uno u otro, por qué no disfrutar sencillamente del juego? A la mayoría nos cuesta adoptar esta postura neutral. Queremos participar en el enfrentamiento, sentirnos partidarios de un equipo. Simplemente nos dejamos arrastrar y nos inclinamos por uno de los competidores: «¡Hala, Birmania!» Es posible que en un principio nuestra lealtad oscile, primero hacia un equipo y luego hacia el otro. A veces optamos por el peor. Otras, vergonzosamente, nos pasamos al ganador si el resultado es previsible (cuando en un torneo un equipo pierde a menudo suele ser abandonado por muchos de sus seguidores). Lo que anhelamos es una victoria sin esfuerzo. Deseamos participar en algo semejante a una pequeña guerra victoriosa y sin riesgos.

En 1996, Mahmoud Abdul-Rauf, base de los Nuggets [pepitas de oro] de Denver, fue suspendido por la NBA. ¿Por qué? Pues porque Abdul-Rauf se negó a guardar las supuestas debidas formas durante la interpretación prescriptiva del himno nacional. La bandera de Estados Unidos representaba para él un «símbolo de opresión» ofensivo para su fe musulmana. La mayoría de los demás jugadores defendieron el derecho de Abdul-Rauf a expresar su opinión, aunque no la compartían. Harvey Araton, prestigioso comentarista deportivo de *The New York Times,* se mostró extrañado. Interpretar el himno nacional en un acontecimiento deportivo «es, reconozcámoslo, una tradición absolutamente idiota en el mundo de hoy», explicó, «al contrario de cuando surgió, al comienzo de los partidos de béisbol durante la Segunda Guerra Mundial, nadie acude a un acontecimiento deportivo como expresión de patriotismo». En contra de esto, yo diría que los acontecimientos deportivos tienen mucho que ver con cierta forma de patriotismo y de nacionalismo[*].

[*] La crisis se resolvió cuando Abdul-Rauf accedió a cuadrarse durante la interpretación del himno, pero rezando en vez de cantar.

Los primeros certámenes atléticos organizados de que se tiene noticia se celebraron en la Grecia preclásica hace 3.500 años. Durante los Juegos Olímpicos originarios las ciudades-estado en guerra hacían una tregua. Los Juegos eran más importantes que las contiendas bélicas. Los hombres competían desnudos. No se permitía la presencia de espectadoras. Hacia el siglo VIII a. de C., los Juegos Olímpicos consistían en carreras (muchísimas), saltos, lanzamientos diversos (incluyendo el de jabalina) y lucha (a veces a muerte). Aunque pruebas individuales, son un claro antecedente de los modernos deportes de equipo.

También lo es la caza de baja tecnología. Tradicionalmente, la caza se considera un deporte siempre y cuando uno no se coma lo que captura (requisito de cumplimiento mucho más fácil para los ricos que para los pobres). Desde los primeros faraones, la caza ha estado asociada con las aristocracias militares. El aforismo de Oscar Wilde acerca de la caza británica del zorro, «lo indecible en plena persecución de lo incomible», expresa el mismo concepto dual. Los precursores del fútbol, el hockey, el rugby y deportes similares eran desdeñosamente denominados «juegos de la chusma», pues se los consideraba sustitutos de la caza, vedada a aquellos jóvenes que tenían que trabajar para ganarse la vida.

Las armas de las primeras guerras tuvieron que ser útiles cinegéticos. Los deportes de equipo no son sólo ecos estilizados de antiguas contiendas, sino que satisfacen también un casi olvidado impulso cazador. Las pasiones que despiertan los deportes son tan hondas y se hallan tan difundidas que es muy probable que estén impresas ya no en nuestro cerebro, sino en nuestros genes. Los 10.000 años transcurridos desde la introducción de la agricultura no bastan para que tales predisposiciones se desvanezcan. Si queremos entenderlas, debemos remontarnos mucho más atrás.

La especie humana tiene centenares de miles de años de antigüedad (la familia humana, varios millones). Hemos llevado una existencia sedentaria —basada en la agricultura y en la domesticación de animales— sólo durante el último 3 % de este periodo, el que corresponde a la historia conocida. En el 97 % inicial de nuestra presencia en la Tierra cobró existencia casi todo lo que es característicamente humano. Así, un poco de aritmética acerca de nuestra historia sugiere que las pocas comunidades supervivientes de cazadores-recolectores que no han sido corrompidas por la civilización pueden decirnos algo sobre aquellos tiempos.

Vagamos con nuestros pequeños y todos los enseres a la espalda, siguiendo la caza, en busca de pozas. Por un tiempo, establecemos un campamento y luego partimos. Para proporcionar comida al grupo, los hombres se dedican principalmente a cazar y las mujeres a recolectar vegetales. Carne y patatas. Una típica, banda nómada, por lo general formada por parientes, cuenta con unas pocas docenas de individuos; aunque anualmente muchos centenares de nosotros, con la misma lengua y cultura, nos reunimos para celebrar ceremonias religiosas, comerciar, concertar matrimonios y narrar historias. Hay muchas historias acerca de la caza.

Me concentro aquí en los cazadores, que son hombres. Ahora bien, las mujeres poseen un significativo poder social, económico y cultural. Recogen bienes esenciales —nueces, frutos, tubérculos y raíces—, así como hierbas medicinales, cazan pequeños animales y proporcionan información estratégica sobre los movimientos de los animales grandes. Los hombres también dedican parte de su tiempo a la recolección y a las tareas «domésticas» (aunque no hay viviendas fijas). Pero la caza —sólo para alimentarse, nunca por deporte— es la ocupación permanente de todo varón sano.

Los chicos preadolescentes acechan con sus arcos y flechas aves y pequeños mamíferos. Para cuando llegan a adultos ya son expertos en procurarse armas, en cazar, descuartizar la presa y llevar al campamento los trozos de carne. El primer mamífero grande cobrado por un joven señala la mayoría de edad de éste. En su iniciación, lo marcan en el pecho o en los brazos con incisiones ceremoniales y frotan los cortes con hierbas para que, cuando cicatricen, quede un tatuaje. Son como condecoraciones de campaña; basta observar su pecho para hacernos una idea de su experiencia en combate.

A partir de una maraña de huellas de pezuñas podemos deducir exactamente cuántos animales pasaron, la especie, el sexo y la edad, si alguno está lisiado, cuánto tiempo hace que cruzaron y a qué distancia se encuentran. Capturamos algunas piezas jóvenes en campo abierto mediante lazos, hondas, bumeranes o pedradas certeras. Podemos acercarnos con audacia y matar a estacazos a los animales que todavía no han aprendido a temer a los hombres. A distancias mayores, contra presas más cautelosas, lanzamos venablos o flechas envenenadas. A veces estamos de suerte y con una diestra acometida tendemos una emboscada a toda una manada o logramos que se precipite por un tajo.

Entre los cazadores resulta esencial el trabajo en equipo. Para no asustar a la presa, hemos de comunicarnos mediante el lenguaje de los signos. Por la misma razón, tenemos que dominar nuestras emociones; tanto el miedo como el júbilo resultan peligrosos. Nuestros sentimientos hacia la presa son ambivalentes. Respetamos a los animales, reconocemos nuestro parentesco, nos identificamos con ellos. Ahora bien, si reflexionamos demasiado acerca de su inteligencia o su devoción por las crías, si nos apiadamos de ellos, si los reconocemos en exceso como parientes nuestros, se debilitará nuestro afán por la caza; conseguiremos menos alimento y pondremos en peligro a nuestra gente. Estamos obligados a marcar una distancia emocional entre nosotros y ellos.

Tenemos que considerar, pues, que durante millones de años nuestros antepasados varones fueron nómadas que lanzaban piedras contra las palomas, corrían tras las crías de antílope y las derribaban a fuerza de músculos, o formaban una sola línea de cazadores que gritando y corriendo trataban de espantar una manada de jabalís verrugosos. Sus vidas dependían de la destreza cinegética y del trabajo en equipo. Gran parte de su cultura estaba tejida en el telar de la caza. Los buenos cazadores eran también buenos guerreros. Luego, tras un largo periodo —tal vez unos cuantos miles de siglos—, muchos varones iban a nacer con una predisposición natural para la caza y el trabajo en equipo. ¿Por qué? Porque los cazadores incompetentes o faltos de entusiasmo dejaban menos descendencia.

No creo que el modo de aguzar la punta de piedra de una lanza o de emplumar una flecha esté impreso en nuestros genes, pero apuesto a que sí lo está la atracción por la caza. La selección natural contribuyó a hacer de nuestros antepasados unos soberbios cazadores.

La más clara prueba del éxito del estilo de vida del cazador-recolector es el simple hecho de que se extendió por seis continentes y duró millones de años (por no mencionar las tendencias cinegéticas de primates no humanos). Estos números hablan con elocuencia.

Tales inclinaciones tienen que seguir presentes en nosotros después de 10.000 generaciones en las que matar animales fue nuestro valladar contra la inanición. Y ansiamos ejercerlas, aunque sea a través de otros. Los deportes de equipo proporcionan una vía.

Una parte de nuestro ser anhela unirse a una minúscula banda de hermanos en un empeño osado e intrépido. Podemos advertirlo incluso en los videojuegos y juegos de rol tan populares entre los varones preadolescentes y adolescentes. Todas las virtudes masculinas tradicionales —laconismo, maña, sencillez, precisión, estabilidad, profundo conocimiento de los animales, trabajo en equipo, amor por la vida al aire libre— eran conductas adaptativas en nuestra época de cazadores-recolectores.

Todavía admiramos estos rasgos, aunque casi hemos olvidado por qué.

Al margen de los deportes, son escasas las vías de escape accesibles. En nuestros varones adolescentes aún podemos reconocer al joven cazador, al aspirante a guerrero: salta por los tejados, conduce una moto sin casco, alborota en la celebración de una victoria deportiva. En ausencia de una mano firme, es posible que esos antiguos instintos se desvíen un tanto (aunque nuestra tasa de homicidios sigue siendo aproximadamente la misma que la de los cazadores-recolectores supervivientes). Tratamos de que ese afán residual por matar no se vuelque en seres humanos, algo que no siempre conseguimos.

Me preocupa lo poderosos que pueden llegar a ser los instintos de la caza. Me inquieta que el

fútbol de la noche del lunes no sea una vía de escape suficiente para el cazador moderno para ellos mismos por varias razones: porque sus economías solían ser saludables (muchos disponían de más tiempo libre que nosotros); porque, como nómadas, tenían escasas posesiones y apenas conocían el hurto y la envidia; porque consideraban la codicia y la arrogancia no ya males sociales, sino algo muy próximo a la enfermedad mental; porque las mujeres poseían un auténtico poder político y tendían a constituir una influencia estabilizadora y apaciguadora antes de que los chicos varones echaran mano de sus flechas envenenadas, y porque, cuando se cometía un delito serio —un homicidio, por ejemplo— era el grupo quien, colectivamente, juzgaba y castigaba.

Muchos cazadores-recolectores organizaron democracias igualitarias. No había jefes. No existía una jerarquía política o corporativa por la que soñar en ascender. No había nadie contra quien rebelarse.

Así pues, varados como estamos a unos cuantos centenares de siglos de donde deberíamos estar, y viviendo como vivimos, aunque no por culpa nuestra, una época de contaminación ambiental, jerarquía social, desigualdad económica, armas nucleares y perspectivas menguantes, con las emociones del pleistoceno pero sin las salvaguardias sociales de entonces, quizá pueda perdonársenos un poco de fútbol el lunes por la noche.

EQUIPOS Y TOTEMS

Los equipos asociados con ciudades tienen nombres: los Lions [leones] de Seibu, los Tigers [tigres] de Detroit, los Bears [osos] de Chicago. Leones, tigres y osos, águilas y págalos, llamas y soles... Tomando en consideración las diferencias ambientales y culturales, los grupos de cazadores-recolectores de todo el mundo ostentan nombres similares, a veces llamados tótems.

Durante los muchos años que pasó entre los !kung, bosquimanos del desierto de Kalahari, en Botswana, el antropólogo Richard Lee elaboró una lista de tótems típicos (véase columna derecha del cuadro), por lo general anteriores al contacto con los europeos. Los Pies Cortos son, en mi opinión, primos de los Red Sox [medias rojas] y los White Sox [medias blancas]; los Luchadores, de los Raiders [asaltantes], los Gatos Monteses, de los Bengals [tigres de Bengala]; los Cortadores, de los Clippers [esquiladores]. Lógicamente, existen diferencias según los distintos estadios tecnológicos y, quizás, el diverso grado de modestia, autoconocimiento y sentido del humor. Es difícil imaginar un equipo de fútbol americano que se llamara los Diarreas, los Charlatanes (sería mi favorito, pues estaría formado por hombres sin problemas de autoestima) o los Dueños (en este caso la gente pensaría de inmediato en los jugadores que lo integrasen, lo que causaría no poca consternación a los auténticos propietarios del club).

De arriba abajo se relacionan nombres «totémicos» dentro de las siguientes categorías: aves, peces, mamíferos y otros animales; plantas y minerales; tecnología; personas, indumentaria y ocupaciones; alusiones míticas, religiosas, astronómicas y geológicas, y colores.

Equipos de baloncesto de la NBA de Estados Unidos	*Equipos de fútbol americano de la liga nacional de Estados Unidos*	*Equipos de la primera división de Béisbol de Japón*	*Equipos de la primera división de béisbol de Estados Unidos*	*Nombres de grupos !Kung*
Halcones	Cardenales	Halcones	Arrendajos	Osos Hormigueros
Rapaces	Águilas	Golondrinas	Cardenales	Elefantes
Gamos	Halcones	Carpas	Oropéndolas	Jirafas
Toros	Cuervos	Búfalos	Mantarrayas	Impalas
Osos Grises	Págalos	Leones	Merlines'	Chacales
Lobos Grises	Delfines	Tigres	Cachorros	Rinocerontes
Avispas	Osos	Ballenas	Tigres	Antílopes
Pepitas de Oro	Tigres de Bengala	Estrellas de Mar	Serpientes de Cascabel	Gatos Monteses
Esquiladores	Picos	Bravos	Expos	Hormigas

Calor	Broncos	Luchadores	Bravos	Piojos
Pistones	Potros	Marinos	Cerveceros	Escorpiones
Cohetes	Jaguares	Dragones Gigantes	Regateros	Tortugas
Espuelas	Leones	Oriones	Indios	Melones Amargos
Supersónicos	Panteras	Ola Azul	Gemelos	Raíces Largas
Jinetes	Arietes		Yanquis	Raíces Medicinales
Celtas	Reactores		Medias Rojas	Enyugados
Reyes	Bucaneros		Medias Blancas	Cortadores
Antiguos Holandeses	Corceles		Atletas	Charlatanes
Inconformistas	Adalides		Metropolitanos	Fríos
Lacustres	Vaqueros		Reales	Diarreas
Encestadores	Los del 49		Filadelfienses	Luchadores Miserables
Trotadores	Petroleros		Piratas	Luchadores
Los del 76	Embaladores		Marineros	Dueños
Pioneros	Patriotas		Batidores	Penes
Guerreros	Asaltantes		Gigantes	Pies Cortos
Jazz	Píeles Rojas		Ángeles	
Mágicos	Santos		Padres	
Soles	Metalúrgicos		Astros	
Brujos	Vikingos		Rocosos	
	Gigantes		Rojos	
	Pardos			

4. LA MIRADA DE DIOS , Y EL GRIFO QUE GOTEA

Cuando te alzas por el horizonte oriental, colmas cada comarca con tu belleza [...]. Aunque te halles lejos, tus rayos están en la ***Tierra***

Eknatón, *Himno al Sol* (h. 1370 a. de C.)

En el Egipto faraónico de la época de Eknatón, la ahora extinguida religión monoteísta que adoraba al Sol consideraba que la luz era la mirada de Dios. Por aquel entonces la visión se concebía como una especie de emanación que procedía del ojo. La vista era algo así como un radar, que alcanzaba y tocaba los objetos contemplados. El Sol —sin el cual poco más que las estrellas resultaba visible— bañaba, iluminaba y calentaba el valle del Nilo. Habida cuenta de la física del tiempo y de la existencia de una generación de adoradores del Sol, tenía cierto sentido describir la luz como la mirada de Dios. Tres mil trescientos años más tarde, una metáfora más profunda, aunque mucho más prosaica, proporciona una mejor comprensión de la luz.

Estamos sentados en la bañera y el grifo gotea. Una vez cada segundo, por ejemplo, una gota cae en la tina. Esta gota genera una onda que se extiende formando un círculo perfecto y bello, y cuando llega a los bordes de la bañera rebota. La onda reflejada es más débil y después de uno o más rebotes ya no logramos distinguirla.

Nuevas ondas llegan a los límites de la bañera, cada una provocada por otra gota que cae del grifo. Un pato de goma sube y baja al paso de cada onda. El nivel del agua está claramente un poco más alto en la cresta de la onda que se mueve y algo más bajo en el valle entre dos crestas.

La «frecuencia» de una onda es sencillamente el tiempo transcurrido entre el paso de dos crestas por el punto de observación, en este caso, un segundo. Como cada gota crea una onda, la frecuencia equivale al ritmo de goteo. La longitud de onda es sencillamente la distancia entre crestas sucesivas, en este caso del orden de 10 centímetros. Ahora bien, si cada segundo pasa una onda y median 10 centímetros entre una y otra, su velocidad es de 10 centímetros por segundo. La velocidad de una onda, concluimos después de reflexionar por un instante, es la frecuencia multiplicada por la longitud de onda.

Las ondas en una bañera y las olas del océano son bidimensionales; se propagan como círculos sobre la superficie del agua a partir de un punto. Las ondas sonoras, en cambio, son tridimensionales, es decir, se difunden por el aire en todas direcciones a partir de su punto de origen. En las crestas de una onda sonora el aire está algo comprimido; en los valles, el aire se enrarece. Nuestro oído detecta esas diferencias de presión. Cuanto más a menudo llegan (cuanto mayor es la frecuencia), más agudo es el tono.

Los tonos musicales dependen exclusivamente de la frecuencia de las ondas sonoras. La nota do mayor es el tono correspondiente a 263 vibraciones por segundo (los físicos dirían 263 hercios)[*]. ¿Cuál sería la longitud de onda del do mayor? ¿Qué distancia habría entre cresta y cresta si las ondas sonoras fuesen visibles? Al nivel del mar, el sonido se desplaza a unos 340 metros por segundo (1.224 kilómetros por hora). Al igual que en la bañera, la longitud de onda será la velocidad de la onda dividida por la frecuencia, alrededor de 1,3 metros para el do mayor (aproximadamente la estatura de un niño de nueve años).

Existe una suerte de acertijo concebido para confundir a la ciencia y que dice algo así: «¿Qué es un do mayor para una persona sorda de nacimiento?» Pues lo mismo que para el resto de nosotros: 263 hercios, una frecuencia determinada y única correspondiente a esta nota y a ninguna otra. Si uno no es capaz de oírla directamente, puede percibirla de forma inequívoca con un amplificador de sonido y un osciloscopio. Claro está que se trata de una experiencia distinta de la percepción humana habitual de las ondas sonoras, porque emplea la vista en

[*] Una octava por encima del do mayor es 526 hercios; dos octavas, 1.052 hercios, etc.

lugar del oído, pero ¿qué más da? Toda la información se encuentra allí. Es posible captar acordes, *staccato, pizzicato y* timbre. Podemos asociarla con las otras veces que hayamos «oído» el do mayor. Tal vez la representación electrónica del do mayor no sea comparable en lo emotivo a la sensación auditiva, pero incluso esto puede ser cuestión de experiencia. Dejando al margen genios como Beethoven, uno puede ser más sordo que una tapia y aun así «experimentar» la música.

Ésta es también la solución de un antiguo enigma: si un árbol cae en el bosque pero no hay allí nadie para oírlo, ¿se produce un sonido? Desde luego que no, si definimos el sonido en términos de un oyente. Pero ésta es una definición excesivamente antropocéntrica. Resulta evidente que, si el árbol cae, creará ondas sonoras que puede detectar, por ejemplo, una grabadora; al reproducirlas reconoceremos el sonido de un árbol al caer en un bosque. No hay ningún misterio en ello.

Pero el oído humano no es un detector perfecto. Existen frecuencias (por debajo de 20 oscilaciones por segundo) que son demasiado bajas para que podamos oírlas, aunque las ballenas se comunican perfectamente en esos tonos. De igual manera, hay frecuencias (por encima de las 20.000 oscilaciones por segundo) demasiado altas para el oído humano, si bien los perros las detectan sin dificultad (recordemos que responden cuando se los llama con un silbato ultrasónico). Existen dominios sonoros —un millón de oscilaciones por segundo, por ejemplo- que son y serán siempre inaccesibles a la percepción humana directa. Aunque nuestros órganos sensoriales están magníficamente adaptados, tienen limitaciones físicas fundamentales.

Es natural que nos comuniquemos a través del sonido. Otro tanto hacen nuestros parientes primates. Somos gregarios y mutuamente interdependientes; tras nuestro talento comunicativo subyace, pues, una auténtica necesidad. A lo largo de los últimos millones de años nuestro cerebro creció a un ritmo sin precedentes, y en la corteza cerebral se desarrollaron regiones especializadas en el lenguaje. Nuestro vocabulario se multiplicó, con lo que cada vez pudimos expresar más cosas mediante sonidos.

En nuestra etapa de cazadores-recolectores el lenguaje se hizo esencial para planificar las actividades de la jornada, educar a los niños, forjar amistades, advertir a los demás del peligro y sentarnos en torno al fuego después de cenar para contarnos relatos bajo el cielo estrellado. Con el tiempo inventamos la escritura fonética, que permitió trasladar los sonidos al papel y con ello, sólo con mirar una página, oír la voz de alguien dentro de nuestra cabeza (una invención tan difundida en los últimos milenios que apenas nos hemos parado a considerar lo sorprendente que es). En realidad, el lenguaje no es una forma de comunicación instantánea: cuando emitimos un sonido, creamos ondas que se desplazan por el aire a una velocidad finita. A efectos prácticos, sin embargo, sí lo es. Por desgracia, nuestros gritos no llegan muy lejos. Es sumamente difícil mantener una conversación coherente con alguien situado a sólo 100 metros de distancia.

Hasta hace relativamente poco tiempo la densidad de la población humana era muy baja. Apenas había razón para comunicarse con nadie a más de 100 metros de distancia. Fuera de los miembros de nuestro grupo familiar nómada, pocos se acercaban lo suficiente para comunicarse con nosotros. En las raras ocasiones en que esto sucedía, reaccionábamos por lo general de manera hostil. El etnocentrismo —la idea de que nuestro pequeño grupo, sea cual fuere, es mejor que cualquier otro— y la xenofobia —ese miedo al extraño que induce a «disparar primero y preguntar después»— se hallan profundamente arraigados en nosotros. No son en modo alguno privativos de nuestra especie; todos nuestros parientes simios se comportan de manera similar, al igual que muchos otros mamíferos. Estas actitudes están auspiciadas o, como mínimo, acentuadas por las cortas distancias a las que es posible la comunicación.

Cuando dos grupos humanos se mantienen aislados durante largos periodos de tiempo, uno y otro comienzan a evolucionar lentamente en direcciones distintas. Los guerreros del grupo

vecino, por ejemplo, empiezan a lucir pieles de ocelote en vez del tocado de plumas de águila que, como todo el mundo sabe, es lo correcto, elegante y decoroso. Su lenguaje comienza a diferenciarse del nuestro, sus dioses tienen nombres raros y exigen ceremonias y sacrificios extraños. El aislamiento suscita diversidad, y tanto la baja densidad de población como el limitado radio de comunicaciones garantiza el aislamiento. La familia humana —originada en un pequeño enclave del África oriental hace unos pocos millones de años— se desperdigó, se separó y diversificó, y los otrora vecinos se tornaron extraños.

La inversión de esta tendencia —el movimiento hacia la confraternización y la reunificación de las tribus desperdigadas de la familia humana, la integración de la especie— ha tenido lugar sólo en tiempos recientes y gracias a los avances tecnológicos. La domesticación del caballo nos permitió enviar mensajes (y trasladarnos) a centenares de kilómetros en pocos días. Los progresos en la navegación a vela hicieron posible viajar a los más remotos rincones del planeta (aunque de forma todavía muy lenta: en el siglo XVIII hacían falta unos dos años para llegar por agua de Europa a China). Por aquel entonces, comunidades humanas muy alejadas entre sí podían enviarse embajadores e intercambiar productos de importancia económica. Sin embargo, para la gran mayoría de los chinos del siglo XVIII, los europeos no habrían resultado más exóticos de haber vivido en la Luna, y otro tanto puede decirse de los europeos respecto a los chinos. La integración y la desprovincialización auténticas del planeta requerían una tecnología que comunicase mucho más deprisa que el caballo o el barco de vela, que transmitiese información a todo el mundo y que fuese lo bastante barata para resultar accesible (al menos esporádicamente) al individuo medio. Semejante tecnología comenzó a hacerse realidad con la invención del telégrafo y el tendido de cables submarinos; se desarrolló sobremanera con la llegada del teléfono, que empleaba el mismo tipo de cables, y luego proliferó enormemente con la aparición de la radio, la televisión y los satélites de comunicaciones.

En la actualidad nos comunicamos de manera rutinaria e indiferente (sin detenernos siquiera a pensar en ello) a la velocidad de la luz. Pasar de la velocidad del caballo o del barco de vela a la de la luz supone multiplicar por casi cien millones. Por razones de física fundamental formuladas en la teoría especial de la relatividad de Einstein, sabemos que no hay forma de enviar información a velocidades superiores a la de la luz. En un siglo hemos llegado al límite. La tecnología es tan poderosa, y sus repercusiones tienen tan largo alcance, que nuestras sociedades aún no se han amoldado a la nueva situación.

Siempre que hacemos una llamada telefónica al otro lado del océano podemos advertir un breve intervalo desde que acabamos de formular una pregunta hasta que la persona con quien hablamos empieza a responder. Esa demora es el tiempo que necesita el sonido de nuestra voz para entrar por el teléfono, correr por los hilos conductores, alcanzar una estación transmisora, ser lanzado en forma de microondas hacia un satélite de comunicaciones situado en una órbita geosincrónica, ser enviado de vuelta a una estación receptora, correr otro tramo por los hilos, hacer vibrar un diafragma en el teléfono de destino (tal vez al otro lado del mundo) para crear ondas sonoras en un exiguo volumen de aire, penetrar en el oído de alguien, transmitir un mensaje electroquímico del oído al cerebro y, finalmente, ser entendido.

El viaje de ida y vuelta entre la superficie de la Tierra y el satélite es de un cuarto de segundo. Cuanto más separados estén el emisor y el receptor mayor será la demora. En las conversaciones con los astronautas de los *Apolos* en la Luna, la demora entre pregunta y respuesta era mayor. La razón es que el viaje de ida y vuelta de la luz (o de las ondas de radio) entre la Tierra y la Luna dura 2,6 segundos. Se necesitan 20 minutos para recibir un mensaje de una nave favorablemente situada en órbita marciana. En agosto de 1989 recibimos imágenes de Neptuno, incluidas sus lunas y sus anillos, tomadas por la nave *Voyager* 2; eran datos que procedían de los confines del sistema solar y que, a la velocidad de la luz, tardaron cinco horas en llegar hasta nosotros. Fue una de las comunicaciones a mayor distancia efectuadas por la especie humana.

En muchos contextos, la luz se comporta como una onda. Imaginemos, por ejemplo, la que penetra en una habitación a oscuras a través de dos ranuras paralelas. ¿Qué imagen arroja en una pantalla tras las ranuras? Respuesta: una imagen de las ranuras, más exactamente, una serie de bandas paralelas (lo que los físicos llaman un «patrón de interferencia»). En vez de desplazarse como una bala en línea recta, las ondas se propagan desde las dos ranuras con ángulos diversos. Allí donde coinciden dos crestas, tenemos una imagen luminosa de la ranura: una interferencia «constructiva»; y allí donde coinciden una cresta y un valle, tenemos oscuridad: una interferencia «destructiva». Éste es el comportamiento propio de una onda. Observaríamos lo mismo tratándose de olas que atravesaran dos agujeros abiertos en la pared de un dique al nivel de la superficie del agua.

Sin embargo, la luz también se comporta como un chorro de diminutos proyectiles, denominados fotones. Así se explica el funcionamiento de una célula fotoeléctrica ordinaria (como las que se incorporan en cámaras y calculadoras). Cada fotón que incide hace saltar un electrón de una superficie fotosensible; muchos fotones generan muchos electrones, un flujo de corriente eléctrica. ¿Cómo es posible que la luz sea simultáneamente una onda y una partícula? Tal vez resulte más adecuado pensar en otra cosa, ni onda ni partícula, algo que no tenga equivalencia inmediata en el mundo cotidiano de lo palpable, y que en unas circunstancias comparta las propiedades de una onda y en otras las de una partícula. Esta dualidad onda-partícula constituye otro recordatorio de un hecho crucial que para nosotros es una cura de humildad: la naturaleza no siempre se somete a nuestras predisposiciones y preferencias por lo que estimamos cómodo y fácil de entender.

Ahora bien, a casi todos los efectos la luz es similar al sonido. Las ondas luminosas son tridimensionales, poseen una frecuencia, una longitud de onda y una velocidad (la de la luz). Pero, cosa sorprendente, no requieren para su propagación un medio como el agua o el aire. La luz procedente del Sol y de estrellas lejanas llega hasta nosotros a pesar de que el espacio intermedio es un vacío casi perfecto. En el espacio, los astronautas sin contacto por radio son incapaces de oírse aunque sólo los separen unos centímetros. No existe aire que transporte el sonido. Sin embargo, pueden verse perfectamente. Si quieren oírse tendrán que hacer que sus cascos se toquen. Extraigamos el aire de nuestra habitación y no conseguiremos oír a ninguno de los presentes quejarse a causa de ello, aunque no nos resultará difícil verlos agitarse y dar boqueadas.

La luz ordinaria y visible —aquella que captan nuestros ojos— tiene una frecuencia muy elevada, del orden de 600 billones (6×10^{14}) de oscilaciones por segundo. Como la velocidad de la luz es de 30.000 millones (3×10^{10}) de centímetros por segundo (300.000 kilómetros por segundo), la longitud de onda de la luz visible es aproximadamente de 30.000 millones dividido por 600 billones, es decir, 0,00005 ($3 \times 10^{10} / 6 \times 10^{14} - 0{,}5 \times 10^{-4}$) centímetros, algo demasiado pequeño para poder verlo (suponiendo que fuese posible iluminar las ondas luminosas mismas).

Así como las diferentes frecuencias de sonido son percibidas por los seres humanos como distintos tonos musicales, las diferentes frecuencias de luz son percibidas como colores distintos. La luz roja tiene una frecuencia del orden de 460 billones ($4{,}6 \times 10^{12}$) de oscilaciones por segundo, y la luz violeta de 710 billones ($7{,}1 \times 10^{12}$) de oscilaciones por segundo. Entre ambas se encuentran los colores familiares del arco iris. Cada color corresponde a una frecuencia.

Como hicimos con la cuestión del significado de un tono musical para una persona sorda de nacimiento, podemos plantear la pregunta complementaria del significado del color para una persona ciega de nacimiento. De nuevo, la respuesta es una frecuencia determinada y única, que puede medirse con un dispositivo óptico y percibirse, si se quiere, como un tono musical. Una persona ciega puede distinguir, con el adiestramiento y el equipamiento adecuados, entre el rosa, el rojo manzana y el rojo sangre. Si dispusiese de la documentación espectrométrica necesaria sería capaz de distinguir más matices de color que el ojo humano no adiestrado. Sí,

existe una sensación del rojo que las personas videntes perciben hacia los 460 billones de hercios. Pero no creo que tras esta sensación haya nada más. No existe ninguna magia en ello, por bello que resulte.

Igual que hay sonidos demasiado agudos y demasiado graves para que podamos oírlos, también existen frecuencias de luz, o colores, fuera de nuestro campo de visión, y que van desde las mucho más altas (cerca del trillón —10^{18}— de oscilaciones por segundo para los rayos gamma) hasta las mucho más bajas (menos de una oscilación por segundo para las ondas largas de radio). Recorriendo el espectro lumínico, de las frecuencias más altas a las más bajas, podemos distinguir bandas amplias denominadas rayos gamma, rayos X, luz ultravioleta, luz visible, luz infrarroja y ondas de radio. Todas viajan a través del vacío, y cada una es una clase de luz tan legítima como la luz visible ordinaria.

Para cada una de estas gamas de frecuencia existe una astronomía propia. El cielo adquiere un aspecto diferente con cada régimen de luz. Por ejemplo, hay estrellas brillantes que resultan invisibles en la banda de los rayos gamma. Pero las enigmáticas explosiones de estos rayos, detectadas por observatorios orbitales al efecto son, sin excepción, casi completamente inapreciables en la banda de la luz visible ordinaria. Si contemplásemos el universo sólo en la banda visible —como hemos hecho durante la mayor parte de nuestra historia— ignoraríamos la existencia de fuentes de rayos gamma. Lo mismo puede decirse de las de rayos X, infrarrojos y ondas de radio (así como de las fuentes, más exóticas, de neutrinos y rayos cósmicos y, quizá, de ondas gravitatorias).

Estamos predispuestos en favor de la luz visible. Somos chovinistas en este aspecto, pues es la única clase de luz a la que nuestros ojos son sensibles. Ahora bien, si nuestro cuerpo pudiera transmitir y recibir ondas de radio, los seres humanos primitivos habrían conseguido comunicarse entre sí a grandes distancias; si ése hubiera sido el caso de los rayos X, nuestros antepasados habrían podido examinar el interior oculto de plantas, personas, otros animales y minerales. ¿Por qué, pues, la evolución no nos ha dotado de ojos sensibles a esas otras frecuencias lumínicas?

Cualquier material que escojamos absorbe la luz de ciertas frecuencias, pero no de otras. Cada sustancia tiene sus propias inclinaciones. Existe una resonancia natural entre la luz y la química. Algunas frecuencias, como los rayos gamma, son absorbidas de forma indiscriminada por todos los materiales. La luz emitida por una linterna de rayos gamma sería absorbida con facilidad por el aire a lo largo de su trayectoria. Los rayos gamma procedentes del espacio, que tienen que atravesar la atmósfera terrestre, quedan enteramente absorbidos antes de llegar al suelo. Por lo que respecta a los rayos gamma, al nivel de la superficie reina la oscuridad (excepto en torno a objetos tales como las armas nucleares). Si queremos ver rayos gamma procedentes del centro de la galaxia, debemos enviar nuestros instrumentos al espacio. Algo semejante sucede con los rayos X, la luz ultravioleta y la mayor parte de las frecuencias del infrarrojo.

Por otro lado, la mayoría de materiales absorbe mal la luz visible. El aire, por ejemplo, suele ser transparente a ella. Así pues, una de las razones de que veamos en la banda de frecuencias visible es que esta clase de luz atraviesa la atmósfera hasta llegar a nosotros. Unos ojos aptos para rayos gamma tendrían un uso muy limitado en una atmósfera opaca a éstos. La selección natural sabe hacer bien las cosas.

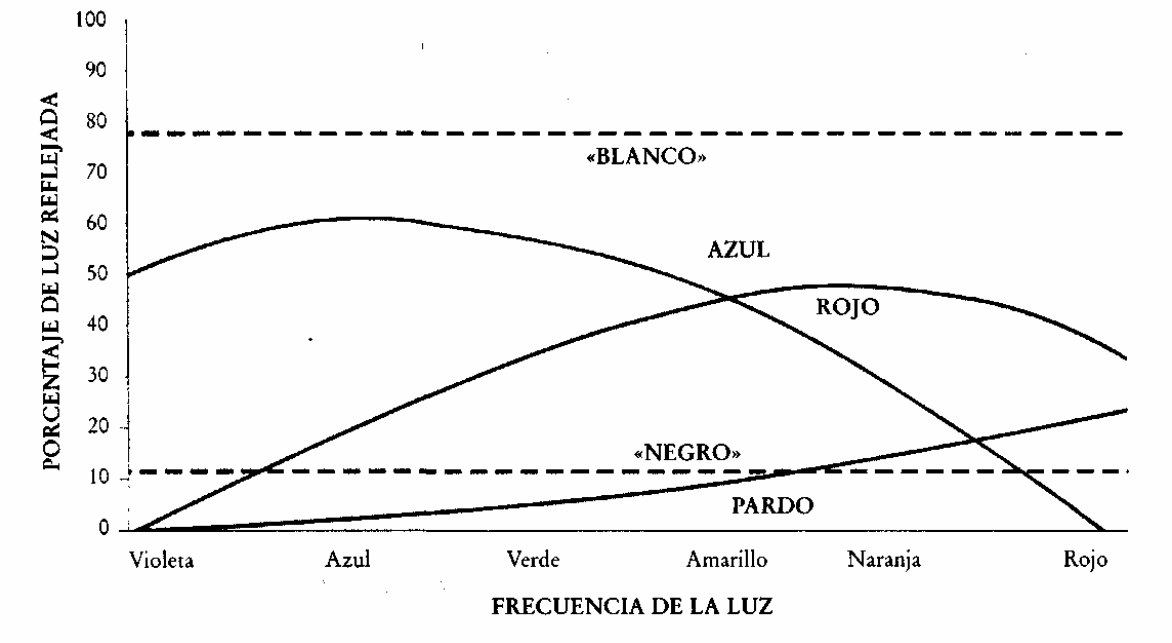
La otra razón de que percibamos la luz visible es que el Sol concentra casi toda su energía en esta banda. Una estrella muy caliente emite principalmente en el ultravioleta. Una estrella muy fría emite sobre todo en el infrarrojo. Pero el Sol, una estrella de temperatura media, consagra a la luz visible la mayor parte de su energía. Con una precisión notablemente alta, el ojo humano alcanza su sensibilidad máxima en la frecuencia correspondiente a la región amarilla del espectro, donde el Sol es más brillante.

¿Es posible que los seres de algún otro planeta tengan una sensibilidad visual máxima a

frecuencias muy distintas? No me parece probable. Casi todos los gases que abundan en el cosmos tienden a ser transparentes a la luz visible y opacos a las frecuencias próximas. Todas las estrellas, a excepción de las más frías, concentran gran cantidad de su energía en las frecuencias visibles, si no la mayor parte de ellas. El hecho de que tanto la transparencia de la materia como la luminosidad de las estrellas opten por la misma gama reducida de frecuencias parece ser sólo una coincidencia que se deriva de las leyes fundamentales de la radiación, la mecánica cuántica y la física nuclear, y que se puede aplicar, por lo tanto, no sólo a nuestro sistema solar, sino a todo el universo.

Tal vez existan excepciones ocasionales, pero creo que los seres de otros mundos, si los hay, probablemente verán en la misma banda de frecuencias que nosotros*.

Si a nuestros ojos la vegetación es verde, se debe a que refleja la luz de este color y absorbe la roja y la azul. Podremos trazar un esquema del grado de reflexión de la luz según sus diferentes colores. Algo que absorba la luz azul y refleje la



roja se verá rojo; algo que absorba la luz roja y refleje la azul se verá azul. Vemos blanco un objeto cuando refleja todos los colores más o menos por igual. Esto vale también para los materiales grises y negros. La diferencia entre blanco y negro no es cuestión de color, sino de la cantidad de luz reflejada, de modo, pues, que no se trata de términos absolutos, sino relativos.

El material natural más brillante puede que sea la nieve recién caída. Sin embargo, sólo refleja el 75 % de la luz incidente. Los materiales más oscuros que podemos encontrar en la vida diaria —como el terciopelo negro— aún reflejan un pequeño porcentaje de la luz que incide sobre ellos. «Tan diferente como el negro y el blanco» es un dicho que contiene un error conceptual. Blanco y negro son fundamentalmente la misma cosa, la diferencia sólo estriba en la cantidad relativa de luz reflejada, no en su color.

* Todavía me preocupa el que esta argumentación pueda estar infectada por un cierto chovinismo hacia la luz visible: seres como nosotros, que ven sólo la luz dentro de una estrecha banda de frecuencias, deducen que todo el mundo en el universo debe ver igual. Sabiendo hasta qué punto rebosa de chovinismo nuestra historia, no puedo evitar cierta suspicacia ante mi conclusión. Pero, hasta donde soy capaz de ver, esta idea no responde al engreimiento humano sino a una ley física.

Entre los seres humanos, la mayoría de «blancos» lo son bastante menos que la nieve recién caída (o incluso que un frigorífico de ese color), y la mayor parte de «negros» lo son menos que el terciopelo negro. Se trata de términos relativos, vagos, confusos.

La fracción de la luz incidente que refleja la piel humana (reflectancia) varía de modo considerable de un individuo a otro. La pigmentación de la piel se debe principalmente a una molécula orgánica llamada melanina, que el cuerpo elabora a partir de la tirosina, un aminoácido corriente en las proteínas. Los albinos padecen una anomalía hereditaria que impide la síntesis de melanina. Su piel y su pelo son de un blanco lechoso. El iris de sus ojos es rosado. Los animales albinos son raros en la naturaleza porque, por un lado, su piel proporciona escasa defensa contra la radiación solar y, por otro, carecen de camuflaje protector. Los albinos no suelen vivir mucho tiempo.

En Estados Unidos, casi todo el mundo es moreno. Nuestras pieles reflejan algo más la luz del extremo rojo del espectro visible que la del extremo azul. Es tan absurdo describir como «de color» a los individuos con un contenido elevado de melanina como calificar de «pálidos» a quienes lo tienen bajo.

Las diferencias significativas en la reflectancia de la piel sólo se manifiestan en la banda visible y en frecuencias inmediatamente adyacentes. Los descendientes de europeos nórdicos y aquellos cuyos antepasados procedían del África central son igual de negros en el ultravioleta y en el infrarrojo, donde casi todas las moléculas orgánicas, y no sólo la melanina, absorben la luz. Únicamente en la banda visible, donde muchas moléculas son transparentes, es posible la anomalía de la piel blanca. En la mayor parte del espectro todos los seres humanos somos negros[*].

La luz solar se compone de una mezcla de ondas con frecuencias correspondientes a todos los colores del arco iris. Hay algo más de amarillo que de rojo o azul, lo que explica en parte el tono amarillo del Sol.

Todos estos colores inciden, por ejemplo, en el pétalo de una rosa. ¿Por qué entonces la rosa se ve roja? Porque todos los colores aparte del rojo son sustancialmente absorbidos por el pétalo. La mezcla de ondas luminosas incide sobre la rosa. Las ondas rebotan una y otra vez bajo la superficie del pétalo y, como sucedía en la bañera, tras cada rebote se amortiguan, pero en cada reflexión las ondas azules y amarillas son absorbidas más que las rojas.

El resultado neto es que se refleja más luz roja que de cualquier otro color, y es por esto por lo que percibimos la belleza de una rosa roja. Sucede lo mismo con las flores azules o violetas, sólo que en este caso son la luz roja y la amarilla las absorbidas con preferencia, en tanto que la azul y la violeta se reflejan.

Existe un pigmento orgánico responsable de la absorción de luz en flores tales como las rosas y las violetas, de colores tan característicos que han adoptado sus nombres. Se denomina antocianina. Curiosamente, una antocianina típica se torna roja en un medio ácido, azul en un medio alcalino y violeta en un medio neutro. Así, las rosas son rojas porque contienen antocianina y su medio interno es un tanto ácido, mientas que las violetas son azules porque contienen antocianina en un medio interno alcalino.

Los pigmentos azules son poco frecuentes en la naturaleza, tal como lo demuestra la rareza de las rocas o arenas azules en la Tierra y en los otros planetas. Los pigmentos azules son bastante complejos; las antocianinas están compuestas de unos veinte átomos, cada uno más pesado que el hidrógeno, dispuestos en una estructura específica.

Los seres vivos utilizan los colores de muchas maneras: para absorber la luz solar y, a través de la fotosíntesis, producir alimento sólo a partir de aire y agua; para recordar a las aves que crían dónde están los gaznates de sus polluelos, para interesar a una pareja; para atraer a un

[*] Éstas son algunas de las razones por las que «afroamericano» es un término mucho más descriptivo que «negro».

insecto polinizador; para camuflarse y pasar inadvertidos, y, al menos entre los seres humanos, para deleitarse con su belleza. Pero todo esto sólo es posible gracias a la física de las estrellas, la química del aire y la soberbia maquinaria del proceso evolutivo, que nos ha conducido a una armonía tan espléndida con nuestro entorno físico.

Cuando estudiamos otros mundos, cuando examinamos la composición química de sus atmósferas o superficies —cuando intentamos comprender por qué es parda la bruma alta de Titán, una luna de Saturno, o rosado el terreno agrietado de Tritón, una luna de Neptuno— nos basamos en propiedades de las ondas luminosas, no muy diferentes de las del agua en la bañera. Dado que todos los colores que vemos —en la Tierra y en cualquier otra parte— sólo existen en función de aquellas longitudes de onda que se reflejan mejor, imaginar el Sol acariciando todo cuanto tiene a su alcance, concebir su luz como la mirada de Dios, es algo más que una idea poética. Pero quien quiera comprender mejor lo que sucede hará bien en pensar en un grifo que gotea.

5. CUATRO PREGUNTAS CÓSMICAS

Cuando en lo alto aún no habían recibido nombre los cielos,

ni mención tenía el firme suelo de abajo [...].

Ni estaba cubierta de cañizo una choza, ni existían marjales,

cuando aún no había divinidad alguna

que tuviera un nombre y cuyo destino se hallara determinado,

entonces surgieron los dioses...

Enuma. Elish,

Mito babilónico de la creación

(finales del tercer milenio a. de C.)*

Cada cultura tiene su mito de la creación, a través del cual se intenta comprender de dónde procede el universo y todo lo que contiene. Estos mitos pocas veces son algo más que cuentos concebidos por fabulistas. En nuestra época contamos también con un mito de la creación. Ahora bien, éste está basado en pruebas científicas, y reza más o menos así...

Vivimos en un universo en expansión, cuya vastedad y antigüedad están más allá de la comprensión humana ordinaria. Las galaxias que alberga se alejan precipitadamente unas de otras; son remanentes de una inmensa explosión, el Big Bang. Algunos científicos piensan que nuestro universo puede ser uno entre un vasto número —quizás infinito— de universos mutuamente aislados. Puede que unos crezcan y se colapsen, nazcan y mueran, en un instante. Otros quizá se expandan eternamente. Algunos podrían estar equilibrados de manera sutil y sufrir un gran número —tal vez infinito— de expansiones y contracciones. Nuestro propio universo o al menos su presente encarnación, se encuentra a unos 15.000 millones de años de su origen, el Big Bang.

Es posible que en esos otros universos las leyes de la naturaleza sean diferentes y la materia adopte otras formas. En muchos de ellos, carentes de soles y de planetas e incluso de elementos químicos de complejidad superior a la del hidrógeno y el helio, sería imposible la vida. Otros podrían tener una complejidad, una diversidad y una riqueza superiores a las del nuestro. Si existen otros universos, tal vez nunca podamos desentrañar sus secretos y mucho menos visitarlos. Pero en el nuestro disponemos de materia suficiente en la que ocuparnos. Nuestro universo contiene unos 100.000 millones de galaxias, una de las cuales es la Vía Láctea. *«Nuestra* Galaxia», solemos decir, aunque desde luego no somos sus dueños. Está compuesta de gases, polvo y unos 400.000 millones de soles. Uno de éstos, situado en un oscuro brazo espiral, es el Sol, la estrella local (hasta donde sabemos, anodina, vulgar, corriente). En su viaje de 250 millones de años en torno al centro de la Vía Láctea, acompaña al Sol todo un séquito de pequeños mundos. Algunos son planetas, otros, satélites, asteroides o cometas. Los seres humanos somos una de las 50.000 millones de especies que han prosperado y evolucionado en un pequeño planeta, el tercero a partir del Sol, al que llamamos Tierra. Hemos enviado naves para reconocer otros 70 mundos de nuestro sistema, y para penetrar en la atmósfera o posarse en la superficie de cuatro: la Luna, Venus, Marte y Júpiter. Estamos comprometidos en un empeño mítico.

La profecía es un arte perdido. A pesar de nuestro «ansioso deseo de horadar la espesa oscuridad del futuro», para utilizar palabras de Charles McKay, no demostramos ser muy duchos en la materia. En ciencia, los descubrimientos más importantes son a menudo los más

---

* * *«Enuma Elish»* son las primeras palabras del mito, como si el Libro del Génesis se llamase «En el principio» (que es, de hecho, la significación aproximada del término de origen griego «génesis»).

inesperados, y no una simple extrapolación de lo que ya sabemos. La razón es que la naturaleza es, de lejos, mucho más ingeniosa, sutil y brillante que los seres humanos. No deja de ser estúpido, pues, tratar de prever cuáles puedan ser los hallazgos más significativos en astronomía en las próximas décadas, el bosquejo futuro de nuestro mito de la creación. Por otro lado, sin embargo, existen tendencias discernibles en el desarrollo de la instrumentación que sugieren al menos una perspectiva de descubrimientos pasmosos.

La elección por parte de cualquier astrónomo de los cuatro problemas más interesantes sería idiosincrásica y conozco a muchos que se inclinarían por opciones diferentes de las mías.

Entre otros candidatos figuran la materia oculta que constituye el 90 % del universo (todavía no sabemos qué es), la identificación del agujero negro más próximo, la extraña conjetura de que las distancias entre galaxias están cuantizadas (es decir, que se encuentran a ciertas distancias y sus múltiplos, pero no a distancias intermedias), la naturaleza de las explosiones de rayos gamma (donde episódicamente estallan los equivalentes de sistemas solares enteros), la aparente paradoja de que la edad del universo pueda ser inferior a la de las estrellas más viejas (probablemente resuelta por la reciente conclusión, a partir de datos del telescopio espacial Hubble, de que el universo tiene 15.000 millones de años), la investigación en laboratorios terrestres de muestras cometarias, la búsqueda de aminoácidos interestelares y la naturaleza de las primeras galaxias.

A no ser que se produzcan grandes reducciones en los fondos destinados en todo el mundo a la astronomía y la exploración espacial —funesta posibilidad en modo alguno impensable— he aquí cuatro cuestiones extraordinariamente prometedoras[*]:

1. ¿Existió vida en Marte? El planeta Marte es hoy un desierto helado y muerto. Pero en toda su superficie se conservan antiguos valles de origen claramente fluvial. Hay también indicios de antiguos lagos y quizás hasta océanos. Basándose en la abundancia de cráteres, cabe hacer una estimación aproximada del tiempo transcurrido desde que Marte dejó de ser cálido y húmedo. (El método ha sido calibrado a partir de los cráteres de la Luna y la datación radiactiva de las vidas medias de elementos presentes en muestras lunares traídas por los astronautas del proyecto *Apolo.)* La respuesta es 4.000 millones de años. Pero ésa es precisamente la época en que surgió la vida en la Tierra. ¿Es posible que hubiera dos planetas cercanos y de ambientes muy semejantes, pero que la vida sólo surgiera en uno de ellos? ¿O quizás evolucionó la vida también en Marte, sólo para extinguirse cuando el clima cambió de manera misteriosa? ¿O bien siguen existiendo oasis o refugios, quizá bajo la superficie, en los que persiste alguna forma de vida marciana? Marte nos plantea dos enigmas fundamentales: la posible existencia de vida pasada o presente, y la razón de que un planeta similar a la Tierra haya quedado aprisionado en una glaciación permanente. Esta última cuestión podría tener un interés práctico para el ser humano, una especie que se dedica afanosamente a explotar su propio entorno con un conocimiento muy pobre de las consecuencias de sus acciones.

Cuando el *Viking* se posó sobre Marte en 1976, husmeó la atmósfera y detectó muchos de los gases presentes en la atmósfera terrestre —dióxido de carbono, por ejemplo— y una carencia de otros que son predominantes en nuestro planeta, como el ozono. Más aún, se determinó su composición isotópica y, en muchos casos, resultó ser diferente de la de la atmósfera terrestre. Habíamos descubierto la signatura de la atmósfera marciana.

Se divulgó entonces un hecho curioso. En la capa de hielo antártico, sobre las nieves congeladas, se habían descubierto meteoritos (rocas procedentes del espacio), algunos antes de la época del *Viking;* otros, después. Todos habían caído en la Tierra antes de la misión *Viking,* en algunos casos hace decenas de miles de años. No fue difícil localizarlos en el blanco casquete helado de la Antártida. En su mayor parte fueron enviados a lo que durante el proyecto *Apolo* había sido el Laboratorio de Recepción Lunar de Houston.

[*] En el capítulo siguiente hablaré de una quinta.

Por entonces el presupuesto de la NASA estaba muy menguado, y durante años aquellos meteoritos no merecieron siquiera un vistazo preliminar. Unos cuantos resultaron ser fragmentos lunares lanzados al espacio por un meteorito o cometa que chocó contra nuestro satélite. Uno o dos procedían de Venus. Lo más sorprendente fue que varios de ellos, a juzgar por la signatura atmosférica impresa en sus minerales, eran originarios de Marte.

En 1995-1996, científicos del Centro Johnson de Vuelos Espaciales de la NASA estudiaron por fin uno de los meteoritos —el ALH84001— de procedencia marciana. No parecía en modo alguno extraordinario; tenía todo el aspecto de una patata pardusca. Al examinar su microquímica se descubrieron ciertas especies moleculares orgánicas, principalmente hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). No se trata de moléculas especialmente notables; su fórmula estructural se asemeja a los azulejos hexagonales de un cuarto de baño, y poseen un átomo de carbono en cada vértice. Se han detectado tanto en meteoritos ordinarios como en el polvo interestelar, y se sospecha su presencia en Júpiter y en Titán. De ninguna manera son indicio de vida. Ahora bien, los HAP del meteorito antártico estaban en la matriz de la roca y no sólo en la superficie, lo que indicaba que no se trataba de contaminación por polvo terrestre (o por los gases de escape de los automóviles) sino que eran intrínsecos. Si bien la presencia de HAP en meteoritos incontaminados no implica vida, también se encontraron minerales a veces asociados con ésta. El descubrimiento más sorprendente, sin embargo, fue el de lo que algunos científicos denominan nanofósiles, pequeñas esferas conectadas de un modo que recuerda las colonias bacterianas terrestres. Ahora bien, ¿podemos tener la seguridad de que no hay minerales terrestres o marcianos que tengan formas similares? ¿Es suficiente la evidencia? Respecto de los ovnis, he recalcado durante años que las afirmaciones extraordinarias requieren evidencias extraordinarias. La evidencia de vida en Marte aún no lo es.

Se trata, no obstante, de un punto de partida que nos remite a otros meteoritos marcianos y a otras partes de éste en concreto. Sugiere asimismo la búsqueda en los bancos de hielo antárticos de meteoritos de naturaleza diferente. Nos indica que debemos investigar no sólo las rocas marcianas profundamente enterradas, sino también las más superficiales. Nos impulsa a reconsiderar los enigmáticos resultados de los experimentos biológicos del *Viking,* algunos de los cuales llevaron a unos pocos científicos a anunciar la presencia de vida. Nos anima a enviar naves espaciales a zonas específicas de Marte que podrían haber sido las últimas en enfriarse y desecarse. Se abre así todo un nuevo campo: el de la exobiología marciana.

Si tuviésemos la inmensa suerte de hallar un simple microbio en Marte, se daría la maravillosa circunstancia de dos planetas próximos que habrían albergado vida en la misma era arcaica. Es verdad que la vida pudo ser transportada de un mundo a otro por el impacto de un meteorito y no haberse originado de manera independiente. Podríamos comprobarlo examinando la química orgánica y la morfología de las formas de vida que descubramos. Tal vez la vida surgió en uno de los dos planetas, pero evolucionó separadamente en ambos. Nos hallaríamos entonces ante un ejemplo de varios miles de millones de años de evolución independiente, un tesoro biológico inaccesible por cualquier otra vía.

Si tenemos aún más suerte, hallaremos formas de vida realmente independientes. ¿Estará su material genético compuesto de ácidos nucleicos? ¿Poseerán un metabolismo basado en proteínas? ¿Qué código genético emplearán? Sean cuales fueren las respuestas a estas preguntas, la ciencia biológica entera saldrá ganando, pues en cualquier caso la implicación sería que la vida podría estar mucho más difundida de lo que la mayoría de los científicos creía. Con objeto de establecer una base sobre la que responder a estos interrogantes, muchas naciones están elaborando ambiciosos planes para enviar a Marte en las próximas décadas satélites robóticos, vehículos todo terreno, una nave capaz de penetrar el subsuelo y, hacia el 2005, una misión robotizada que traiga a la Tierra muestras de la superficie y el subsuelo marcianos.

2. ¿Es Titán un laboratorio para el estudio del origen de la vida? Titán es la gran luna de Saturno, un mundo extraordinario con una atmósfera diez veces más densa que la de la Tierra, constituida principalmente por nitrógeno (como aquí) y metano (CH_4). Las dos naves espaciales norteamericanas *Voyager* detectaron cierto número de moléculas orgánicas simples en su atmósfera (compuestos de carbono implicados en el origen de la vida en la Tierra). Este satélite se halla rodeado por una brumosa capa rojiza de propiedades idénticas a las de un sólido rojo parduzco creado en el laboratorio tras proporcionar energía a una atmósfera simulada de Titán. Al analizar la composición de ese material, encontramos muchos de los constituyentes esenciales de la vida en la Tierra. Dada la distancia a que Titán se halla del Sol, el agua que pueda haber allí tiene que estar congelada; uno puede pensar, pues, que no es comparable con la Tierra en la época en que apareció la vida en ella, pero los impactos cometarios ocasionales son capaces de fundir la superficie helada y, según parece, a lo largo de su historia de 4.500 millones de años cualquier punto de Titán ha permanecido bajo el agua durante más o menos un milenio por término medio. En el año 2004 la nave *Cassini* de la NASA llegará al sistema de Saturno transportando la sonda *Huygens,* construida por la Agencia Espacial Europea, la cual se hundirá lentamente en la atmósfera del gran satélite hasta alcanzar su enigmática superficie. Quizá sepamos entonces hasta dónde ha llegado Titán por el sendero de la vida.

3. ¿Hay vida inteligente en algún otro lugar? Las ondas de radio se desplazan a la velocidad de la luz. Nada viaja más deprisa. Con la frecuencia adecuada atraviesan limpiamente el espacio interestelar y las atmósferas planetarias. Si el mayor radiotelescopio terrestre apuntase a un dispositivo equivalente en un planeta de otra estrella, aun separados por miles de años luz, ambos instrumentos podrían escucharse mutuamente. Por todas estas razones estamos utilizando radiotelescopios para ver si alguien intenta enviarnos un mensaje. Hasta ahora no hemos encontrado nada seguro, pero se han registrado «sucesos» asombrosos, señales que satisfacen todos los criterios para afirmar que son producto de una inteligencia extraterrestre, menos uno: minutos, meses o años más tarde, volvemos a dirigir el telescopio al mismo sector del cielo y la señal nunca se repite. El programa de búsqueda no ha hecho más que comenzar. Una exploración verdaderamente concienzuda exigirá una o dos décadas. Si al final se encuentra inteligencia extraterrestre, cambiará para siempre nuestra visión del universo y de nosotros mismos, y si no hallamos nada tras una búsqueda larga y sistemática, quizá podamos calibrar mejor la rareza y el valor de la vida en la Tierra. En cualquier caso, es indudable que la exploración vale la pena.

4. ¿Cuál es el origen y el destino del universo? Para nuestro asombro, la astrofísica moderna está a punto de llegar a revelaciones fundamentales sobre el origen, la naturaleza y el destino del universo. Sabemos que éste se expande: todas las galaxias se alejan unas de otras en lo que se conoce como flujo de Hubble, uno de los tres testimonios principales de la enorme explosión que originó el universo (o al menos su encarnación presente). La gravedad de la Tierra es suficiente para hacer volver una piedra lanzada al aire, pero no un cohete a la velocidad de escape. Lo mismo es aplicable al universo: si contiene gran cantidad de materia, la gravedad ejercida por ésta acabará por frenar la expansión, y el universo en expansión se transformará en un universo en contracción; si no hay materia suficiente, la expansión proseguirá de manera indefinida. La cantidad estimada de materia presente en el universo no basta para frenar la expansión, pero hay razones para pensar que podría haber una enorme cantidad de materia oscura que no delataría su presencia emitiendo luz en beneficio de los astrónomos. Si la expansión del universo resulta ser sólo temporal, dejará paso en definitiva a un universo en contracción; de ser así, el universo podría pasar por un número infinito de expansiones y contracciones y ser infinitamente viejo. Un universo así no necesita haber sido creado. Siempre ha estado ahí. Por otro lado, si no bastase la materia existente para invertir la expansión, este hecho resultaría coherente con la idea de un universo creado de la nada. Éstas son cuestiones profundas y difíciles que cada cultura humana ha tratado de abordar a su manera, pero sólo ahora tenemos expectativas reales de encontrar algunas de las respuestas, y no por medio de suposiciones o historias, sino a través de observaciones auténticas, repetibles

y comprobables.

Creo que existe una posibilidad razonable de que en la próxima década o la siguiente surjan revelaciones asombrosas en estos cuatro campos. Repito que hay muchas otras cuestiones en la astronomía moderna por las que pudiera haber optado, pero la predicción que puedo hacer ahora con seguridad plena es que los descubrimientos más sorprendentes serán aquellos que hoy ni siquiera podemos prever.

6. TANTOS SOLES, TANTOS MUNDOS

¡Qué maravilloso y sorprendente esquema tenemos aquí de la magnífica inmensidad del universo! ¡Tantos soles [...] tantas tierras...!

Christian Huygens,

Nuevas conjeturas concernientes

a. los mundos planetarios,

sus habitantes y producciones (h. 1670)

En diciembre de 1995, una sonda espacial desprendida de la nave *Galileo* entró en la turbulenta y agitada atmósfera de Júpiter camino de su destrucción, pero alcanzó a transmitir información de lo que observaba mientras descendía. Cuatro naves anteriores habían examinado el planeta al cruzar por sus cercanías. Júpiter también había sido estudiado con telescopios emplazados en tierra y en el espacio. A diferencia de nuestro planeta, constituido principalmente por rocas y metales, Júpiter es sobre todo hidrógeno y helio, y su tamaño es tal que podría albergar un millar de Tierras. A grandes profundidades, la presión atmosférica es tan alta que los átomos pierden electrones y el hidrógeno se convierte en un metal caliente. Se considera que ésta es la razón de que Júpiter emita el doble de energía de la que recibe del Sol. Los vientos que sacudieron la sonda *Galileo* a la máxima profundidad que alcanzó probablemente no se debían a la luz solar, sino a la energía originada en el interior del planeta. En el centro mismo de Júpiter parece existir una masa de roca y hierro muchas veces mayor que la Tierra, rodeada por un inmenso océano de hidrógeno y helio. Llegar hasta el hidrógeno metálico —y mucho menos aún al núcleo rocoso— está más allá de la capacidad humana, al menos durante los próximos siglos o, quizá, milenios.

En el interior de Júpiter las presiones son tan grandes que es difícil imaginar que allí haya vida, por muy diferente que fuese de la nuestra. Unos cuantos científicos, yo entre ellos, hemos tratado de imaginar, sólo como distracción, una ecología capaz de evolucionar en la atmósfera de un planeta semejante a Júpiter, algo como los microbios y peces de los océanos terrestres. El origen de la vida puede ser difícil en semejante ambiente, pero ahora sabemos que los impactos de asteroides y cometas transfieren material superficial de unos mundos a otros, y hasta puede que algunos impactos en la historia arcaica de la Tierra trasladasen nuestra vida primigenia a Júpiter. Todo esto es, sin embargo, mera especulación.

Júpiter se encuentra a unas cinco unidades astronómicas del Sol. Una unidad astronómica (UA) es la distancia que separa la Tierra del Sol, unos 150 millones de kilómetros. Si no fuese por el calor interno y el efecto invernadero de la inmensa atmósfera joviana, las temperaturas serían allí del orden de 160 grados bajo cero, como efectivamente ocurre en la superficie de los satélites de Júpiter, lo que hace que la vida en ellos sea imposible.

Júpiter y la mayor parte de los otros planetas giran en torno al Sol en el mismo plano, como si estuviesen situados en surcos distintos de un disco de vinilo o compacto. ¿Por qué ocurre esto? ¿Por qué los planos orbitales no se inclinan en todos los ángulos? Isaac Newton, el genio matemático que comprendió antes que nadie cómo la gravedad determina los movimientos planetarios, se mostró sorprendido ante la ausencia de variación en los planos orbitales de los planetas y decidió que tuvo que ser Dios quien, al crear el Sistema Solar, situara todos los planetas en órbitas coplanarias.

Sin embargo, el matemático Pierre Simón, marqués de Laplace, y más tarde el famoso filósofo Immanuel Kant descubrieron cómo explicar este hecho sin necesidad de recurrir a la intervención divina. Irónicamente, se basaron en las leyes descubiertas por Newton. El razonamiento es como sigue: imaginemos una nube interestelar de gas y polvo en lenta rotación. Hay muchas nubes de este estilo. Si la densidad es lo bastante alta, la atracción gravitatoria mutua entre las partículas de la nube se impondrá al movimiento aleatorio interno

y la nube comenzará a contraerse, con lo que cada vez girará más deprisa, como un patinador que cruza los brazos. El giro no retardará el colapso de la nube a lo largo del eje de rotación, pero sí en el plano principal de rotación. La nube, en principio irregular, acaba convirtiéndose en un disco. Así, los planetas formados a partir de este disco girarán aproximadamente en el mismo plano, sin intervención sobrenatural alguna valiéndose únicamente de las leyes de la física.

Ahora bien, una cosa es proponer la existencia de esa nube en forma de disco previa a la formación de los planetas y otra muy distinta verificarla observando directamente discos análogos en torno de diferentes estrellas. Cuando se descubrieron otras galaxias espirales como la Vía Láctea, Kant pensó que eran los discos protoplanetarios que había concebido, con lo que quedaba confirmada la «hipótesis nebular» (del latín *nébula,* nube). Pero estas formas espirales demostraron ser galaxias remotas repletas de estrellas, en lugar de criaderos próximos de astros y planetas. Los discos circunestelares no iban a ser tan fáciles de localizar.

La hipótesis nebular no fue confirmada hasta más de un siglo después mediante el empleo de observatorios espaciales. Cuando estudiamos estrellas jóvenes como era nuestro Sol hace 4.000 o 5.000 millones de años, descubrimos que más de la mitad se hallan rodeadas de discos planos de polvo y gas. En muchos casos, las regiones más próximas a la estrella aparecen vacías de ellos, como si ya se hubiesen formado planetas que han absorbido la materia interplanetaria. No se trata de una prueba concluyente, pero sugiere que con frecuencia, si no siempre, estrellas como la nuestra están acompañadas de planetas. Tales descubrimientos hacen pensar que el número de éstos en la Vía Láctea puede ser del orden de miles de millones.

¿Y qué decir de la detección directa de otros planetas? Cierto que las estrellas están muy lejos —la más próxima a casi un millón de UA— y que de los planetas sólo es posible ver el reflejo, pero nuestra tecnología progresa a pasos agigantados. ¿No deberíamos ser capaces de detectar por lo menos algún primo grande de Júpiter en la vecindad de una estrella cercana, quizás en la banda infrarroja ya que no en la visible?

En los últimos años hemos entrado en una nueva era de la historia humana, pues ya estamos en condiciones de detectar planetas de otras estrellas. El primer sistema planetario fiable descubierto está asociado a un astro de lo más improbable: la estrella B 1257 + 12. Se trata de una estrella de neutrones de rotación rápida, vestigio de un astro antaño mayor que el Sol que estalló en la colosal explosión de una supernova. El campo magnético de esta estrella captura electrones y los obliga a seguir trayectorias tales que, como un faro, emiten un haz de ondas de radio a través del espacio interestelar. Por casualidad, este haz intercepta la Tierra una vez cada 0,0062185319388187 segundos (de ahí el nombre de «pulsar» con que se conoce este tipo de estrellas). La constancia de su periodo de rotación es asombrosa. En razón de la elevada precisión de las mediciones, Alex Wolszczan, ahora en la Universidad de Pennsylvania, logró hallar fluctuaciones en los últimos decimales. ¿Cuál era la causa? ¿Quizá seísmos estelares u otros fenómenos de la propia estrella? A lo largo de los años el periodo ha variado precisamente en la forma que se esperaría que lo hiciese de haber planetas en torno a B 1257 + 12. La coincidencia con los cálculos matemáticos es tan exacta que se impone una conclusión: Wolszczan ha descubierto los primeros planetas conocidos más allá del Sol. Es más, sabemos que no se trata de planetas grandes del tamaño de Júpiter. Dos son, probablemente, sólo un poco mayores que la Tierra, y giran en torno de su estrella a distancias no demasiado diferentes de la que separa nuestro planeta del Sol. ¿Cabe esperar que exista vida en alguno de ellos? Por desgracia, la estrella de neutrones despide un viento de partículas cargadas que debe elevar la temperatura de estos planetas más allá del punto de ebullición del agua. Estando como está a 1.300 años luz de distancia, no vamos a viajar pronto a este sistema. Es por ahora un misterio si estos planetas sobrevivieron a la explosión de la supernova que dio origen al pulsar o se formaron a partir de los restos del cataclismo.

Poco después del excepcional descubrimiento de Wolszczan, se encontraron más objetos de

masa planetaria (principalmente gracias al trabajo de Geoff Marcy y Paul Butler, de la Universidad Estatal de San Francisco) girando alrededor de otras estrellas, en este caso astros corrientes como el Sol. La técnica utilizada fue diferente y de aplicación mucho más difícil. Estos planetas fueron detectados observando los cambios periódicos en los espectros de estrellas próximas mediante telescopios ópticos convencionales. En ocasiones una estrella se desplaza por un tiempo hacia nosotros y luego se aleja, como se puede comprobar por los cambios en las longitudes de onda de sus líneas espectrales (es el llamado efecto Doppler), semejante al cambio en la frecuencia del claxon de un coche cuando se aproxima a nosotros y luego se aleja. Algún cuerpo invisible tira de la estrella. Una vez más, un mundo oculto se revela en virtud de una coincidencia con un cálculo teórico (entre los ligeros movimientos periódicos observados en la estrella y lo que uno esperaría si hubiera un planeta girando en torno a ella).

Se han detectado planetas que giran alrededor de las estrellas 51 Pegasi, 70 Virginis y 47 Ursae Majoris, en las constelaciones de Pegaso, Virgo y la Osa Mayor respectivamente. En 1995 se descubrieron también planetas alrededor de la estrella 55 Cancri, en la constelación del Cangrejo. Tanto 47 Ursae Majoris como 70 Virginis son visibles a simple vista en los anocheceres de primavera, lo que significa que están muy cerca en términos astronómicos. Las masas de sus planetas parecen oscilar desde un poco menos que la de Júpiter a varias veces la de éste. Más sorprendente resulta lo cerca que están de sus estrellas: de 0,05 UA en el caso de 51 Pegasi, a poco más de 2 UA en el de 47 Ursae Majoris. Es posible que estos sistemas también contengan planetas más pequeños semejantes a la Tierra y aún no descubiertos, pero su situación es distinta. En el sistema solar, los planetas pequeños como la Tierra se hallan en el interior y los planetas grandes como Júpiter en el exterior. En esas cuatro estrellas, los planetas de mayor masa parecen estar en el interior. Nadie comprende cómo puede ser esto. Ni siquiera sabemos si se trata de planetas verdaderamente jovianos, con inmensas atmósferas de hidrógeno y helio, hidrógeno metálico en profundidad y un núcleo parecido a la Tierra. Lo que sí sabemos es que la atmósfera de un planeta joviano no tiene por qué dispersarse aun a una distancia tan corta de su estrella. No parece plausible que tales planetas se constituyeran en la periferia de sus sistemas solares y luego, de alguna forma, se acercasen a sus estrellas. Ahora bien, podría ser que algunos planetas primitivos masivos se viesen frenados por el gas nebular y cayesen en espiral hasta una órbita interior. La mayoría de los expertos sostiene que no es posible que se forme un planeta como Júpiter tan cerca de una estrella. ¿Por qué no? Lo que sabemos acerca del origen de Júpiter es más o menos lo siguiente: en las regiones externas del disco nebular, donde las temperaturas eran muy bajas, se condensaron planetoides de hielo y roca semejantes a los cometas y las lunas heladas de la periferia de nuestro sistema solar. Estos asteroides helados comenzaron a chocar a escasa velocidad, se fueron agregando y poco a poco constituyeron una masa lo bastante grande para atraer gravitatoriamente el hidrógeno y el helio de la nube, creando un Júpiter de dentro a afuera. En contraste, se estima que en un principio cerca de la estrella las temperaturas nebulares eran demasiado altas para que hubiese hielo, lo que hizo que se malograra el proceso. Pero me pregunto si algunos discos nebulares podrían estar por debajo del punto de congelación incluso muy cerca de la estrella local.

En cualquier caso, con planetas de masa semejante a la de la Tierra en torno de un pulsar y cuatro nuevos planetas jovianos girando muy cerca de estrellas similares al Sol, está claro que no podemos tomar nuestro sistema solar como modelo. Esto es clave si alentamos alguna esperanza de construir una teoría general del origen de los sistemas planetarios: ahora tiene que abarcar una diversidad de ellos.

En fecha todavía más reciente se ha empleado una técnica denominada astrometría para detectar dos, y posiblemente tres, planetas como la Tierra en torno de una estrella muy cercana al Sol, Lalande 21185. En este caso se disponía de un registro minucioso de los movimientos del astro a lo largo de muchos años, que ha servido para estudiar detenidamente el retroceso causado por la posible existencia de planetas. Aquí tenemos un sistema planetario

que parece pertenecer a la misma familia que el nuestro, o al menos a una cercana. Parece haber, pues, dos y quizá más categorías de sistemas planetarios en el espacio interestelar adyacente.

En cuanto a la probabilidad de que haya vida en esos mundos jovianos, no resulta más factible que en nuestro propio Júpiter. Sin embargo, es concebible que esos astros posean satélites a semejanza de las 16 lunas jovianas. Como estas otras lunas se hallarían cerca de la estrella local, sus temperaturas, sobre todo en 70 Virginis, podrían ser favorables para la vida. A una distancia de 35 a 40 años luz, esos planetas están lo bastante cerca para que empecemos a soñar con enviar algún día una nave espacial ultrarrápida que los estudie y remita los datos obtenidos a nuestros descendientes.

Mientras tanto, está surgiendo un abanico de nuevas técnicas. Además del registro de las fluctuaciones del periodo de los pulsares y de las mediciones por efecto Doppler de las velocidades radiales de las estrellas, los interferómetros en tierra o, mejor aún, en el espacio, los telescopios terrestres que eliminen la turbulencia atmosférica, las observaciones que aprovechan el efecto de lente gravitatoria de objetos masivos lejanos y las medidas precisas hechas desde el espacio del ofuscamiento de una estrella por la interposición de un planeta, parecen técnicas susceptibles de proporcionar resultados significativos en los próximos años. Estamos ahora a punto de iniciar la investigación de millares de estrellas cercanas, a la búsqueda de sus compañeros. Considero probable que en unas cuantas décadas tengamos información sobre centenares de sistemas planetarios cercanos en la vasta Vía Láctea, y quizás incluso referente a algunos pequeños mundos azules, agraciados con océanos de agua, atmósferas de oxígeno y los signos reveladores de una vida maravillosa.

segunda parte ¿QUÉ CONSERVAN LOS CONSERVADORES?

7. EL MUNDO QUE LLEGÓ POR CORREO

¿El mundo? Gotas iluminadas

por la luna y caídas

del pico de una grulla.

DOGEN (1200-1253),

«Wake on Impermanence», de Lucien Stryk y Takashi Ikemoto,

Zen Poems of Japan: The Crane's Bill

(Nueva York, Grove Press, 1973)

El mundo llegó por correo, con la indicación de «frágil». En el envoltorio había una pegatina que mostraba una copa rajada. Lo abrí con cuidado, temiendo oír el sonido de cristales rotos o encontrar un fragmento de vidrio, pero estaba intacto. Lo tomé con las manos y lo alcé a la luz del sol. Era una esfera transparente medio llena de agua. Tenía adherido, de modo apenas perceptible, el número 4210. Mundo número 4210. Había, pues, muchos mundos como aquél. Lo deposité con cuidado en la base de lucita que lo acompañaba.

Observé que allí había vida: ramas entrecruzadas, algunas cubiertas con filamentos de algas verdes, y seis u ocho pequeños animales, casi todos de color rosado, retozando, o así me lo parecía, entre las ramas. Había además centenares de otros seres, tan abundantes en aquella agua como los peces en los océanos de la Tierra; pero se trataba de microbios, todos demasiado pequeños para distinguirlos a simple vista. Los animales rosados eran, sin duda, crustáceos de alguna variedad común. Llamaban la atención de inmediato porque se mostraban muy atareados. Unos pocos se habían posado en las ramas y avanzaban con sus diez patas, agitando muchos otros apéndices. Uno consagraba toda su atención, y un considerable número de extremidades, a comer un filamento verde. Entre las ramas, envueltas por algas como el musgo negro cubre los árboles en Georgia y el norte de Florida, se movían otros crustáceos como si tuvieran citas urgentes a las que acudir. A veces, cuando pasaban de un entorno a otro, cambiaban de color. Uno era pálido, casi transparente; otro anaranjado, y parecía mostrar un tímido sonrojo.

Como es natural, en algunos aspectos diferían de nosotros. Sus esqueletos eran externos, podían respirar en el agua y, cosa sorprendente, cerca de la boca tenían una especie de ano. (Se preocupaban mucho, sin embargo, de su aspecto y su limpieza, a la que se aplicaban con un par de pinzas provistas de cerdas semejantes a cepillos; de vez en cuando alguno se restregaba a conciencia.)

Pero en otros aspectos saltaba a la vista que eran como nosotros. Poseían un cerebro, un corazón, sangre y ojos. El modo en que agitaban sus apéndices natatorios para impulsarse por el agua revelaba un claro propósito. Al llegar a su destino tomaban los filamentos de las algas con la precisión, la delicadeza y la diligencia de un verdadero *gourmet.* Dos de ellos, más osados que los demás, vagaban por el océano de aquel mundo, nadando muy por encima de las algas mientras observaban lánguidamente su feudo.

Al cabo de poco tiempo ya podía identificar a cada individuo. Un crustáceo comenzó a mudar y se despojó del viejo esqueleto para dejar paso a uno nuevo. Después, aquella cosa transparente similar a un sudario quedó colgada rígidamente de una rama mientras su antiguo ocupante reanudaba la actividad con un caparazón nuevo y pulido. A otro le faltaba una pata. ¿Producto de un combate de garras contra garras, quizá por el afecto de una espléndida belleza virgen?

Desde ciertos ángulos, la parte superior del agua actuaba como un espejo, y un crustáceo veía su propio reflejo. ¿Sería capaz de reconocerse? Lo más probable es que viese un crustáceo más. Desde otros ángulos, el grosor del cristal curvo los agrandaba, lo que permitía distinguir

cómo eran realmente. Advertí, por ejemplo, que tenían bigotes. Dos de ellos subieron a la superficie e, incapaces de romper la tensión de ésta, rebotaron. Luego, enhiestos, y un poco sorprendidos, imagino, se dejaron caer con suavidad hacia el fondo, entrecruzando despreocupadamente las extremidades, o así parecía, como si la hazaña fuese rutinaria y no mereciera la pena hablar de ello. Imperturbables.

Me figuraba que si yo era capaz de ver claramente un crustáceo a través del cristal curvo, él también podría verme a mí, o al menos distinguir el gran disco negro, con una corona parda y verde, de mi ojo. En ocasiones, cuando observaba alguno agitarse entre las algas, era como si se detuviera y se volviese para mirarme. Habíamos establecido un contacto visual. Me preguntaba qué creería estar viendo.

Al cabo de uno o dos días de permanecer sumido en mi trabajo, desperté y eché una mirada al mundo de cristal... Todos los crustáceos parecían haberse esfumado.

No se me había dicho que los alimentara, les diese vitaminas, les cambiara el agua o los llevase al veterinario. Todo lo que tenía que hacer era asegurarme que no sufrieran un exceso de luz ni pasaran demasiado tiempo en la oscuridad, y de que estuviesen siempre a temperaturas comprendidas entre 5 °C y 30 °C (además, en ningún momento consideré que aquello fuese un ecosistema, sino poco más que una sopa de camarones). ¿Los habría dejado morir por desidia? De pronto vi asomar una antena por detrás de una rama y comprobé que se encontraban bien. Aun cuando sólo fuesen crustáceos yo no podía evitar sentirme preocupado, inquieto por ellos.

Si uno se hace cargo de un pequeño mundo como aquél y se ocupa de controlar a conciencia su temperatura e iluminación, entonces —sea lo que fuere lo que tuviese antes en mente— llega a interesarse por lo que hay dentro. No es mucho lo que puede hacerse, sin embargo, si los crustáceos enferman o mueren. En ciertos aspectos somos mucho más poderosos que ellos, pero hacen cosas —como respirar en el agua— que nosotros no podemos. Uno se siente limitado, lastimosamente limitado. Incluso se pregunta si no será una crueldad tenerlos en esa prisión de cristal, pero se tranquiliza pensando que al menos ahí están a salvo de las ballenas, de las mareas negras y de las bandejas de aperitivos.

Los fantasmales caparazones desechados en las mudas y el infrecuente cuerpo de un crustáceo muerto no perduran por demasiado tiempo. Son comidos, en parte por otros crustáceos, en parte por microorganismos invisibles que pululan en el mundo que habitan. Esto nos recuerda que estos seres no son autosuficientes. Se necesitan los unos a los otros. Se cuidan mutuamente, de un modo que yo soy incapaz de hacer por ellos. Los crustáceos toman oxígeno del agua y exhalan dióxido de carbono. Las algas toman dióxido de carbono del agua y exhalan oxígeno. Unos respiran los gases de desecho de los otros. Asimismo, sus residuos sólidos se reciclan entre plantas, animales y microorganismos. Los habitantes de este pequeño edén mantienen una relación extremadamente íntima.

La existencia de un camarón es mucho más tenue y precaria que la de otros seres. Las algas pueden vivir mucho más tiempo sin el camarón que éste sin ellas. Estos pequeños crustáceos comen algas, pero las algas comen principalmente luz.

Pasado un tiempo —hasta ahora ignoro por qué— los camarones empezaron a morir, uno tras otro, y llegó por fin el momento en que sólo quedó uno, mordisqueando tristemente un filamento de alga, hasta que también él murió. Un tanto sorprendido, advertí que me dolía su desaparición. Supongo que en parte se debía a que había llegado a conocerlos un poco. Pero por otra parte, lo sabía, era porque temía un paralelismo entre su mundo y el nuestro.

A diferencia de un acuario, aquel pequeño mundo era un sistema ecológico cerrado. Sólo penetraba en él la luz (nada de alimentos, ni de agua, ni de nutrientes). Todo debía ser reciclado. Exactamente igual que en la Tierra.

En este planeta, también nosotros —plantas, animales y microorganismos— somos interdependientes, respiramos y comemos los desechos de otros. Del mismo modo, la vida en

nuestro mundo está impulsada por la luz. Esa luz solar que atraviesa el aire transparente es recogida por las plantas y les proporciona la energía para, combinando el dióxido de carbono y el agua, producir hidratos de carbono y otras sustancias alimenticias, que a su vez constituyen la dieta de los animales.

Nuestro gran mundo es muy semejante a aquél en miniatura, y de hecho nos parecemos mucho al camarón. Pero existe al menos una notable distinción: a diferencia del crustáceo, el ser humano es capaz de alterar el medio ambiente. Podemos hacer con nosotros mismos lo que un propietario negligente podría hacer con los crustáceos. Si no tenemos cuidado, es posible que calentemos el planeta a través del efecto invernadero, o bien que lo enfriemos y oscurezcamos tras una guerra nuclear o el incendio masivo de los campos petrolíferos (o por hacer caso omiso del riesgo que supone el impacto de un asteroide o de un cometa). Con la lluvia ácida, la disminución del ozono, la contaminación química, la radiactividad, la tala de los bosques tropicales y una docena más de otras agresiones al entorno, estamos empujando este pequeño mundo hacia vías apenas conocidas. Nuestra civilización pretendidamente avanzada puede estar alterando el delicado equilibrio ecológico que ha evolucionado tortuosamente a lo largo de los 4.000 millones de años de existencia de la vida en la Tierra.

Los crustáceos como *el* camarón son mucho más viejos que los hombres, los primates e incluso los mamíferos. La aparición de las algas —muy anterior a la de los animales— se remonta a 3.000 millones de años. Durante largo tiempo todos —plantas, animales y microbios— han trabajado juntos.

La disposición de los organismos en mi esfera de cristal es antigua, muchísimo más que cualquier institución cultural que conozcamos. La inclinación a cooperar es un hecho dolorosamente conseguido a través del proceso evolutivo. Los organismos que no cooperaron, que no trabajaron codo con codo, acabaron por extinguirse. La cooperación está codificada en los genes de los supervivientes. Su naturaleza es cooperar, y esto constituye la clave de su supervivencia.

Los seres humanos somos unos recién llegados, estamos aquí desde hace apenas unos pocos millones de años. Nuestra presente civilización técnica cuenta tan sólo unos cuantos siglos. No tenemos demasiada experiencia reciente en lo que se refiere a cooperación voluntaria entre especies (ni siquiera dentro de la propia). Nos hemos consagrado a tareas a corto plazo y apenas pensamos a largo plazo. No hay ninguna garantía de que seamos capaces de entender nuestro sistema ecológico planetario cerrado o de cambiar de conducta en consonancia con ese conocimiento.

Nuestro planeta es indivisible. En Norteamérica respiramos el oxígeno generado en las selvas ecuatoriales brasileñas. La lluvia ácida emanada de las industrias contaminantes del Medio Oeste de Estados Unidos destruye los bosques canadienses. La radiactividad de un accidente nuclear en Ucrania pone en peligro la economía y la cultura de Laponia. El carbón quemado en China eleva la temperatura en Argentina. Los clorofluorocarbonos que despide un acondicionador de aire en Terranova contribuyen al desarrollo del cáncer de piel en Nueva Zelanda. Las enfermedades se propagan rápidamente a los más remotos rincones del planeta, y su erradicación requiere un esfuerzo médico global. Por último, la guerra nuclear y el impacto de un asteroide suponen un peligro no desdeñable para todos. Nos guste o no, los seres humanos estamos ligados a nuestros semejantes y a las plantas y animales de todo el mundo. Nuestras vidas están entrelazadas.

Dado que no hemos sido dotados de un conocimiento instintivo sobre el modo de convertir nuestro mundo tecnificado en un ecosistema seguro y equilibrado, debemos deducir la manera de conseguirlo. Necesitamos más investigación científica y más control tecnológico. Probablemente sea un exceso de optimismo confiar en que algún gran Defensor del Ecosistema vaya a intervenir desde el cielo para enderezar nuestros abusos ambientales. Es a nosotros a quienes corresponde hacerlo.

No tendría por qué ser imposible. Las aves —cuya inteligencia tendemos a subestimar— saben cómo mantener limpio su nido. Otro tanto puede decirse de los camarones, cuyo cerebro tiene el tamaño de una mota de polvo, y de las algas, y de los microorganismos unicelulares. Es tiempo de que también nosotros lo sepamos.

8. EL MEDIO AMBIENTE: ¿DÓNDE RADICA LA PRUDENCIA?

Este nuevo mundo puede ser más seguro si se le explican los peligros de los males del antiguo

John Donne,

An Anatomic of the World.

The First Anniversary (1611)

Hay un determinado momento del ocaso en que la estela los aviones cobra un tono rosado. Si el cielo está libre de nubes, su contraste con el azul circundante es inesperadamente maravilloso. El Sol ya se ha puesto y en el horizonte resta un resplandor bermejo que indica por dónde se ha ocultado.

Pero el reactor vuela tan alto que sus ocupantes todavía pueden ver el Sol, por completo rojo antes de ponerse. El agua que sale de sus motores se condensa de inmediato. A las temperaturas gélidas de tales alturas, cada motor deja atrás una estela lineal semejante a una nube, iluminada por los rojizos rayos del Sol en su ocaso.

A veces se entrecruzan las estelas de varios aviones, trazando en el cielo una especie de escritura. Cuando los vientos son altos, las estelas se dispersan pronto, y en vez de una fina línea surge una vaga tracería, larga, difusa e irregular que se disipa en cuanto uno la contempla. Si observamos la estela recién formada, a menudo podremos ver el minúsculo objeto del que emana. Muchas personas no son capaces de distinguir alas ni motores: sólo un punto en movimiento un tanto separado de la estela que origina.

Cuando oscurece, con frecuencia se advierte que el punto es luminoso. Hay allí un resplandor blanco. A veces también un destello rojo o verde, o ambos.

En ocasiones me pongo en la piel de un cazador-recolector (o incluso en la de mis abuelos cuando eran niños) que mira al cielo y contempla esas pavorosas y terribles maravillas del futuro. De todo el tiempo que los seres humanos llevamos en la Tierra, sólo en el siglo XX hemos hecho acto de presencia en el cielo. Aunque el tráfico aéreo en la parte septentrional del estado de Nueva York, donde yo vivo, es indudablemente más intenso que en muchos lugares del planeta, difícilmente hay un sitio en la Tierra donde, al menos de vez en cuando, uno no pueda ver nuestras máquinas escribiendo sus misteriosos mensajes en el cielo, que durante tanto tiempo consideramos dominio exclusivo de los dioses. La tecnología ha cobrado unas proporciones para las que, en lo más íntimo de nuestros corazones, no estamos ni mental ni emocionalmente preparados.

Un poco más tarde, ocasionalmente consigo distinguir entre las estrellas que empiezan a asomar una luz móvil, a veces muy brillante. Su resplandor puede ser fijo o parpadeante. A menudo se trata de dos luces en tándem. No hay rastro de cola cometaria. Hay momentos en que el 10 % o el 20 % de las «estrellas» que consigo ver son artefactos cercanos creados por el hombre, y que por un instante pueden confundirse con soles ardientes e inmensamente remotos. Sólo de vez en cuando, y horas después del ocaso, logro distinguir un punto de luz, por lo general muy tenue y de movimiento sutil y lento. He de asegurarme primero de que deja atrás una estrella y después otra, porque el ojo humano tiende a suponer que cualquier punto luminoso, aislado y envuelto por las tinieblas está desplazándose. Éstos no son aviones: se trata de naves espaciales. Hemos construido máquinas que dan una vuelta a la Tierra cada hora y media. Si son especialmente grandes o reflectantes se las puede reconocer a simple vista. Viajan muy por encima de la atmósfera, en la negrura del espacio circundante, a tanta altura que desde allí podría verse el Sol aunque aquí abajo sea noche cerrada. A diferencia de los aviones, carecen de luz propia. Como la Luna y los planetas, simplemente reflejan la luz solar.

El cielo comienza no muy lejos de nuestras cabezas. Abarca la delgada atmósfera de la Tierra y, más allá, la inmensidad del cosmos. Hemos creado máquinas que surcan esas regiones.

Estamos tan acostumbrados y aclimatados a su presencia que a menudo no llegamos a reconocer hasta qué punto constituye una hazaña mítica. Más que cualquier otro rasgo de nuestra civilización técnica, estos vuelos, ahora prosaicos, son el símbolo de los poderes que ya poseemos.

Pero con los grandes poderes llegan las grandes responsabilidades.

Nuestra tecnología se ha hecho tan potente que —consciente e inconscientemente— estamos convirtiéndonos en un peligro para nosotros mismos. La ciencia y la tecnología han salvado miles de millones de vidas, han mejorado el bienestar de muchas más y han transformado poco a poco el planeta en una unidad anastomósica, pero al mismo tiempo han cambiado tanto el mundo que la gente ya no se siente cómoda en él. Hemos creado toda una gama de nuevos demonios: difíciles de ver, difíciles de comprender, problemas no resolubles de manera inmediata (y, desde luego, no sin enfrentamiento con quienes ejercen el poder).

Aquí, más que en cualquier otro ámbito, resulta esencial una comprensión de la ciencia por parte del público. Muchos científicos afirman que existe un peligro real si se siguen haciendo las cosas como hasta ahora, que nuestra civilización industrial constituye una trampa explosiva. Sin embargo, resulta muy costoso tomar en serio advertencias tan horrendas. Las industrias afectadas perderían beneficios. Aumentaría nuestra propia ansiedad. Hay muchas y buenas razones para desoír esas voces. Tal vez los numerosos científicos que nos previenen de la inminencia de catástrofes sean unos agoreros. Quizás amedrentar a los demás les proporcione un perverso placer. Tal vez no sea más que una manera de conseguir subvenciones oficiales. Al fin y al cabo, otros científicos dicen que no hay nada de qué preocuparse, que tales afirmaciones no están demostradas, que el medio ambiente se curará solo. Como es lógico, ansiamos creerles. ¿Quién no? Si tienen razón, nos aliviarán de una inmensa carga. Así que no nos precipitemos. Seamos cautelosos. Procedamos lentamente. Asegurémonos primero. Por otro lado, es posible que quienes nos tranquilizan acerca del medio ambiente sean como Pollyannas[*] o tengan miedo de enfrentarse con los que asumen el poder o quieran gozar del apoyo de los beneficiarios del expolio del medio ambiente. Así que démonos prisa; arreglemos las cosas antes de que sea tarde.

¿A quién hay que escuchar?

Existen argumentos a favor y en contra que implican abstracciones, invisibilidades, conceptos y términos no familiares. A veces incluso se aplican palabras como «fraude» o «engaño» a las predicciones funestas. ¿Cómo puede ayudar aquí la ciencia? ¿Cómo puede informarse el individuo medio de lo que está en juego? ¿No sería posible mantener una neutralidad desapasionada pero abierta y dejar que los contendientes se peleen, o aguardar a que las pruebas resulten absolutamente incuestionables? Al fin y al cabo, las afirmaciones extraordinarias requieren una demostración extraordinaria. ¿Por qué, en suma, aquellos que, como yo mismo, predican el escepticismo y la cautela acerca de algunas afirmaciones extraordinarias arguyen que otras del mismo carácter deben ser tomadas en serio y consideradas con urgencia?

Cada generación piensa que sus problemas son singulares y, en potencia, fatales, y aun así cada generación ha dado paso a la siguiente. Todo tiene, pues, solución.

Sea cual fuere el mérito que haya podido tener esta argumentación —y desde luego proporciona un contrapeso útil a la histeria— hoy su fuerza ha menguado bastante. De vez en cuando se oye hablar del «océano» de aire que envuelve la Tierra; sin embargo, el grosor de la mayor parte de la atmósfera —contando la implicada en el efecto invernadero— sólo supone un 0,1 % del diámetro terrestre. Aun tomando en consideración la alta estratosfera, la atmósfera no llega a constituir el 1 % del diámetro de nuestro planeta. «Océano» suena a enorme, imperturbable. Sin embargo, en relación al planeta entero, el espesor de la capa de

[*] Pollyanna, la protagonista de la novela (1913) del mismo título de Eleanor Porter, se caracteriza por su optimismo ciego e ilimitado. *(N. del T.)*

aire equivale al del revestimiento de goma laca de un globo terráqueo escolar. El espesor de la capa de ozono estratosférica en relación al diámetro de la Tierra guarda una proporción de uno a 4.000 millones. Al nivel de la superficie resultaría prácticamente invisible. Muchos astronautas han declarado que, después de haber visto el aura delicada, fina y azul en el horizonte de la hemisfera terrestre a la luz del día —aura que representa el grosor de toda la atmósfera— de forma inmediata y espontánea han tomado conciencia de su fragilidad y su vulnerabilidad y se han sentido inquietos. Tienen razones para estarlo.

En la actualidad nos enfrentamos a una circunstancia absolutamente nueva, sin precedentes en toda la historia humana. Cuando empezamos nuestra singladura, hace centenares de miles de años, quizá con una densidad media de población de una centésima de individuo (o menos) por kilómetro cuadrado, los triunfos de la tecnología estaban representados por las hachas y el fuego. No habríamos conseguido provocar grandes cambios en el entorno global aunque nos lo hubiéramos propuesto. Éramos pocos y débiles, pero con el paso del tiempo, y con el progreso de la tecnología, nuestro número creció exponencialmente. Ahora la densidad de población media es de unas 10 personas por kilómetro cuadrado, nos concentramos en ciudades y disponemos de un sobrecogedor arsenal tecnológico cuyo poder sólo en parte entendemos y controlamos.

Dado que nuestra vida depende de cantidades minúsculas de gases como el ozono, los motores de la industria pueden producir un gran quebranto ambiental a escala incluso planetaria. Las limitaciones impuestas al empleo irresponsable de la tecnología son débiles y a menudo tibias, y casi siempre están subordinadas a intereses nacionales o empresariales a corto plazo. Ahora somos capaces, voluntaria o involuntariamente, de alterar el entorno global. Sigue siendo materia de debate entre los estudiosos hasta qué punto hemos llegado en el camino hacia las diversas catástrofes planetarias profetizadas. Ya nadie discute que son una posibilidad real.

Quizá lo que ocurre es que los productos de la ciencia son, sencillamente, demasiado poderosos y peligrosos para nosotros. Tal vez no hayamos madurado lo bastante para manejarlos. ¿Sería juicioso regalar una pistola a un bebé, o a un niño, o a un adolescente? También podrían tener razón quienes han sugerido que ningún civil debería poseer armas automáticas, porque en un momento u otro a todos nos puede cegar la pasión; ante una tragedia pensamos muchas veces que de no haber habido un arma al alcance de la mano nunca se habría producido. (Se formulan, desde luego, razones para la posesión de armas, y puede que sean válidas en determinadas circunstancias; lo mismo podemos decir de los productos de la ciencia.) He aquí una complicación adicional: imaginemos que, después de apretar el gatillo de una pistola, pasan décadas antes de que la víctima o el asaltante reconozca que alguien ha sido alcanzado; en ese caso aún resultaría más difícil comprender los peligros de las armas. La analogía es imperfecta, pero algo semejante pasa con las repercusiones ambientales globales de la moderna tecnología industrial.

Tenemos aquí, a mi juicio, un buen motivo para hablar claro, para concebir nuevas instituciones y nuevas formas de pensar. Sí, la moderación es una virtud y puede influir en un oponente sordo a las más fervientes demandas filosóficas. Sí, es absurdo pretender que todo el mundo cambie su manera de pensar. Sí, podemos ser nosotros los equivocados y no nuestros oponentes (ha sucedido a veces). Sí, es raro que, en una discusión, una parte convenza a la otra (Thomas Jefferson dijo que jamás había visto tal cosa, pero me parece una afirmación un tanto exagerada; en la ciencia ocurre constantemente). Ahora bien, éstas no son razones legítimas para rehuir el debate público.

La ciencia y la tecnología han transformado espectacularmente nuestra vida a través del progreso de la medicina, la farmacopea, la agricultura, los anticonceptivos, los transportes y las comunicaciones, pero también han traído nuevas armas devastadoras, efectos secundarios imprevistos de la industria y la tecnología, y retos amenazadores a concepciones del mundo de larga raigambre. Muchos luchamos para no quedarnos rezagados, a veces comprendiendo

sólo poco a poco las consecuencias de los nuevos avances. Según la antigua tradición, los jóvenes captan el cambio con mayor rapidez que los demás, y no sólo en lo que al manejo de ordenadores personales y la programación de vídeos se refiere, sino también en cuanto a la adaptación a las nuevas ideas acerca del mundo y de nosotros mismos. El ritmo actual de cambio supera en velocidad el de una vida humana, hasta el punto de desunir las generaciones. Esta sección intermedia del libro está consagrada a la comprensión de los trastornos ambientales que, tanto para bien como para mal, han provocado la ciencia y la tecnología.

Me concentraré en el debilitamiento de la capa de ozono y el calentamiento global como indicadores de los dilemas a los que nos enfrentamos, pero son muchas más las consecuencias ambientales inquietantes de la tecnología y la capacidad de expansión del ser humano: la extinción de un vasto número de especies, cuando se necesitan desesperadamente medicinas para el cáncer, las enfermedades cardiacas y otras afecciones mortales, medicinas que proceden de especies raras o en peligro; la lluvia ácida; las armas nucleares, biológicas y químicas, y los productos tóxicos (incluyendo los venenos radiactivos), a menudo vertidos cerca de los más pobres y menos poderosos. Recientemente, y de forma inesperada, se ha descubierto (aunque otros científicos lo han puesto en duda) un declive precipitado de la producción de espermatozoides en Norteamérica, Europa occidental y otras regiones, posiblemente como consecuencia de productos químicos y plásticos que imitan las hormonas sexuales femeninas (según algunos, la mengua es tan abrupta que, de continuar, los varones occidentales podrían empezar a volverse estériles hacia mediados del siglo XXI).

La Tierra constituye una anomalía. Por lo que hasta ahora sabemos, es el único planeta habitado en todo el sistema solar. La especie humana es una entre millones en un mundo rebosante de vida. Sin embargo, la mayor parte de las especies que han existido en el pasado ya no existen. Los dinosaurios se extinguieron tras un florecimiento de 150 millones de años. Hasta el último; no ha quedado ni uno. Ninguna especie tiene garantizada su permanencia en este planeta. Nosotros, que estamos aquí desde hace no más de un millón de años, somos la primera especie que ha concebido los medios para su autodestrucción. Somos una especie rara y preciada porque estamos capacitados para reflexionar y tenemos el privilegio de influir en nuestro futuro y, quizá, de controlarlo. Creo que tenemos el deber de luchar por la vida en la Tierra y no sólo en nuestro beneficio, sino en el de todos aquellos, humanos o no, que llegaron antes que nosotros y ante quienes estamos obligados, así como en el de quienes, si somos lo bastante sensatos, llegarán después. No hay causa más apremiante, ni afán más justo, que proteger el futuro de nuestra especie. Casi todos los problemas que padecemos son obra de los seres humanos y pueden ser resueltos por éstos. No existe convención social, sistema político, hipótesis económica o dogma religioso que revista mayor importancia.

Todo el mundo experimenta al menos una sensación vaga de ansiedad por diversos motivos, que casi nunca desaparece por completo. La mayor parte de éstos se refiere a nuestra vida cotidiana. Este zumbido de recuerdos soterrados, la evocación dolorosa de antiguos errores, el ensayo mental de respuestas posibles a problemas inminentes, poseen un claro valor para la supervivencia. Para demasiados de nosotros la ansiedad se ciñe a la búsqueda del sustento para la prole. La ansiedad es un compromiso evolutivo que hace posible una nueva generación, pero que resulta dolorosa para la actual. El truco, digámoslo así, consiste en optar por las ansiedades precisas. En algún punto entre el optimismo ingenuo y la ansiedad nerviosa hay un estado mental al que deberíamos aspirar.

Con la excepción de los milenaristas de diversas confesiones y de la prensa amarilla, el único grupo humano que parece preocuparse de forma habitual por la posibilidad de nuevos desastres —catástrofes jamás conocidas en la historia de nuestra especie— es el de los científicos. Han llegado a entrever cómo funciona el mundo, y esto los induce a pensar que podría ser muy diferente. Un tironcito de aquí, un empujoncito por allá bastarían, quizá, para producir grandes cambios. Como los seres humanos estamos por lo general bien adaptados a las circunstancias (desde el clima global al político) es probable que cualquier cambio resulte

perturbador, doloroso y caro. Por ello solemos exigir a los científicos que se aseguren bien de lo que dicen antes de echarnos a correr para protegernos de un peligro imaginario. Sin embargo, algunos de los presuntos riesgos parecen tan graves que es inevitable pensar que sería prudente tomar en serio la probabilidad, por mínima que fuese, de un peligro extremo.

Las ansiedades de la vida cotidiana operan de la misma manera. Contratamos pólizas de seguros y advertimos a los niños que no deben hablar con extraños. Aun así, y pese a todas las inquietudes, a veces se nos pasan por alto los riesgos. «Lo que me preocupaba jamás sucedió. Todo lo malo llegó sin avisar», nos dijo una vez un conocido a mi esposa Annie y a mí.

Cuanto peor es la catástrofe, más cuesta mantener el equilibrio. O bien nos dedicamos a hacer caso omiso de ella o bien invertimos todos nuestros recursos en soslayarla. Resulta muy difícil contemplar nuestras circunstancias y prescindir por un instante siquiera de la ansiedad asociada a ellas. Es mucho lo que está en juego. En las páginas siguientes intento describir algunas de las formas de proceder de nuestra especie que parecen peligrosas (en cuanto al modo de conducirnos con el planeta y de organizar nuestra política). Trato de presentar las dos caras de la moneda pero, lo reconozco, tengo un punto de vista que procede de mi estimación del peso de la evidencia. Allí donde los seres humanos crean problemas, los mismos seres humanos pueden lograr soluciones, y he pretendido mostrar el modo de hacerlo, al menos en ciertos casos. Algunos quizá piensen que debería darse prioridad a otros problemas o que hay otros remedios, pero confío en que esta sección del libro les sirva para pensar más en el futuro. No deseo aumentar innecesariamente su carga de ansiedades —ya tenemos de sobra—, pero me parece que hay algunas cuestiones sobre las que no hemos reflexionado bastante. Este tipo de examen de las consecuencias futuras de acciones presentes tiene un glorioso historial entre nosotros los primates, y es uno de los secretos de lo que en buena parte constituye la asombrosa historia de éxitos de los seres humanos sobre la Tierra.

9. CRESO Y CASANDRA

Hace falta valor para temer.

Montaigne, *Essais,* III, 6 (1588)

Apolo, morador del Olimpo, era dios del Sol. También se ocupaba de otras materias, una de ellas la profecía. Todos los dioses olímpicos podían entrever el futuro, pero Apolo era el único que sistemáticamente brindaba este don a los seres humanos. Estableció varios oráculos, el más famoso de los cuales estaba en Delfos, donde consagró a una sacerdotisa, llamada Pitia por la pitón que constituía una de sus encarnaciones. Reyes y aristócratas, y de vez en cuando plebeyos, acudían a Delfos para implorar a la pitonisa que les dijera lo que iba a suceder.

Uno de ellos fue Creso, rey de Lidia. Lo recordamos por la expresión «rico como Creso», todavía habitual. Tal vez su nombre se convirtió en sinónimo de riqueza porque fue en su época y bajo su reinado donde se inventaron las monedas, acuñadas por Creso en el siglo VII a. de C. (Lidia se hallaba en Anatolia, la Turquía contemporánea). El dinero de arcilla era una invención sumeria muy anterior. Su ambición desbordaba los límites de su pequeña nación. Así, según Herodoto, se le metió en la cabeza invadir y someter Persia, entonces la superpotencia del Asia occidental. Ciro había unido a persas y medos, forjando un poderoso imperio. Naturalmente, Creso estaba un tanto inquieto.

Para determinar la prudencia de su empeño, envió a unos emisarios a consultar el oráculo de Delfos. Cabe imaginarlos cargados de opulentos presentes (que, dicho sea de paso, seguían en Delfos un siglo después, en la época de Herodoto). La pregunta que los emisarios formularon en nombre de Creso fue: «¿Qué sucederá si Creso declara la guerra a Persia?»

Pitia respondió sin titubear: «Destruirá un poderoso imperio.»

«Los dioses están con nosotros —pensó Creso (o algo por el estilo)—. ¡Es el momento de atacar!»

Pensando en apoderarse de las satrapías, reunió sus ejércitos de mercenarios. Invadió Persia... y sufrió una humillante derrota. No sólo el poder de Lidia quedó destruido, sino que él mismo se convirtió para el resto de su vida en un patético funcionario de la corte persa, brindando consejos de poca monta a dignatarios que los recibían con indiferencia. Fue como si el emperador Hiro Hito hubiera terminado su existencia como asesor de los ministerios de Washington.

Aquella injusticia le hizo verdaderamente mella. Al fin y al cabo, se había atenido a lo prescrito. Solicitó el consejo de Pitia, pagó espléndidamente y ella lo engañó. Así que envió otro emisario al oráculo (esta vez con regalos mucho más modestos y ajustados a sus menguadas posibilidades) y le encargó que preguntase en su nombre: «¿Cómo pudiste hacerme eso?» He aquí la respuesta, según la *Historia* de Herodoto:

La profecía de Apolo advertía que si Creso hacía la guerra a Persia destruiría un imperio poderoso. Ante tales palabras, lo juicioso por su parte habría sido preguntar de nuevo si se refería a su propio imperio o al de Ciro. Pero Creso no entendió lo que se le decía ni inquirió más. La culpa es enteramente suya.

Si el oráculo de Delfos hubiese sido sólo una estafa para desplumar monarcas crédulos, desde luego habría necesitado excusas para justificar los inevitables errores. En estos casos son corrientes las ambigüedades disimuladas. Sin embargo, la lección de Pitia es pertinente: tenemos que formular bien las preguntas, incluso a los oráculos; las preguntas han de ser inteligentes, aun cuando parezca que ya nos han dicho exactamente lo que deseábamos oír. Los políticos no deben aceptar respuestas a ciegas, deben comprender; y no deben permitir que sus propias ambiciones oscurezcan su comprensión. Hay que proceder con sumo cuidado a la hora de convertir una profecía en una acción política.

Este consejo es plenamente aplicable a los oráculos modernos: los científicos, grupos de investigación y universidades, los institutos financiados por las empresas y las comisiones asesoras de la Academia Nacional de Ciencias. De vez en cuando, y generalmente de mala gana, los políticos envían a alguien a preguntar al oráculo y reciben una respuesta. En la actualidad los oráculos suelen manifestar sus profecías aunque nadie las solicite. Sus declaraciones a menudo son mucho más detalladas que las preguntas; se habla, por ejemplo, del bromuro de metilo, el vórtice circumpolar o la capa de hielo de la Antártida occidental. Las estimaciones se formulan a veces en términos de probabilidades numéricas. Parece casi imposible que el político más honesto emita, sencillamente, un sí o un no. Los políticos tienen que decidir qué hacer con la respuesta, si es que hace falta tomar alguna medida, pero primero deben comprenderla. En razón de la naturaleza de los oráculos modernos y de sus profecías, los políticos precisan, ahora más que nunca, entender la ciencia y la tecnología. (En respuesta a esta necesidad, el partido Republicano ha decidido, absurdamente, abolir su propia Oficina de Asesoramiento Tecnológico; y casi no hay científicos entre los miembros del Congreso estadounidense. Lo mismo cabe decir de muchos otros países.)

Hay otra historia acerca de Apolo y sus oráculos, como mínimo igual de famosa y relevante. Es la de Casandra, princesa de Troya. (Comienza justo antes de que los griegos de Micenas invadiesen Troya para iniciar la guerra que llevaría su nombre.) Era la más inteligente y bella de las hijas del rey Príamo. Apolo, siempre merodeando en busca de seres humanos atractivos (conducta propia de casi todos los dioses y diosas griegos), se enamoró de ella. Curiosamente —esto casi nunca sucede en la mitología griega—, Casandra se resistió a su acoso, así que trató de comprarla. Pero ¿qué podía darle? Ya era una princesa, rica, hermosa y feliz. Aun así, Apolo tenía una o dos cosas que ofrecerle. Le prometió el don de la profecía. La oferta era irresistible, y ella accedió. *Quid pro quo.* Apolo hizo cuanto deben hacer los dioses para convertir a simples mortales en videntes, oráculos y profetas, pero luego, escandalosamente, Casandra se echó atrás y rechazó el cortejo del dios.

Apolo se enfureció. Ahora bien, no podía retirarle el don de la profecía, puesto que al fin y al cabo era un dios (se diga lo que se diga sobre ellos, los dioses mantienen sus promesas). Sin embargo, la condenó a un destino cruel e ingenioso: el de que nadie creyese en sus profecías. (Lo que aquí cuento procede en buena parte de la tragedia *Agamenón,* de Esquilo.) Casandra profetiza a su propio pueblo la caída de Troya; nadie le presta atención. Predice la muerte del caudillo de los invasores griegos, Agamenón; nadie le hace caso. Anuncia incluso su pronta muerte, con el mismo resultado. No querían escucharla, se burlaban de ella. Tanto griegos como romanos la llamaron «la dama de las infinitas calamidades». Hoy quizá la tacharían de «catastrofista».

Hay un espléndido momento en que ella no puede entender que se ignoren esas profecías de desgracias inminentes, algunas de las cuales podían evitarse con sólo darles crédito. Dice a los griegos: «¿Cómo no me comprendéis? Conozco muy bien vuestra lengua.» Sin embargo, el problema no consistía en su pronunciación del griego. La respuesta vino a ser: «Mira, así son las cosas. Hasta el oráculo de Delfos se equivoca de vez en cuando, y a veces sus profecías son ambiguas. No podemos estar seguros, y si no podemos fiarnos de Delfos, mucho menos de ti.» Ésa es la respuesta más clara que obtiene.

Otro tanto le sucedió con los troyanos: «Profeticé a mis compatriotas —dice— todos sus desastres.» No obstante, hicieron caso omiso de su clarividencia y fueron aniquilados. Al final ella corrió la misma suerte.

Hoy puede reconocerse esa misma resistencia a las profecías horrendas experimentada por Casandra. Cuando nos enfrentamos con una predicción ominosa que alude a fuerzas inmensas sobre las que no es fácil ejercer influencia alguna, mostramos una tendencia natural a rechazarla o no tomarla en consideración.

Mitigar o soslayar el peligro podría requerir tiempo, esfuerzos, dinero, valentía; quizás incluso alterar las prioridades de nuestra vida. Además, no todas las predicciones de desastres se

cumplen (ni siquiera las formuladas por científicos). La mayor parte de la vida animal oceánica no se ha extinguido por culpa de los insecticidas; pese a lo sucedido en Etiopía y el Sahel, el hambre a escala mundial no fue el rasgo distintivo de la década de los ochenta; la producción alimentaria del Asia meridional no quedó drásticamente afectada por el incendio de los pozos petrolíferos de Kuwait en 1991; los aviones supersónicos no amenazan la capa de ozono... y, sin embargo, todas estas predicciones fueron expresadas por científicos serios. Así, cuando nos enfrentamos a una profecía nueva e incómoda, podemos sentirnos tentados de decir: «Improbable; catastrofista; jamás hemos experimentado nada remotamente parecido; tratan de asustar a todo el mundo; es malo para la moral pública».

Más aún, si los factores que precipitan la catástrofe anunciada están actuando desde hace mucho tiempo, entonces la propia predicción constituye un reproche indirecto y tácito. ¿Por qué nosotros, ciudadanos corrientes, hemos permitido que se llegase a esta situación de peligro? ¿No deberíamos habernos informado antes? ¿Acaso no somos cómplices al no haber tomado medidas para asegurar que los dirigentes políticos eliminasen esa amenaza? El que la desatención y la inactividad propias puedan significar un peligro para nosotros mismos y para nuestros seres queridos es una reflexión incómoda.

Surge, pues, una tendencia natural, aunque nefasta, a rechazar todo el asunto. Hacen falta pruebas más sólidas, decimos, antes de poder tomarlo en serio. Sentimos la tentación de subestimar, rehuir, olvidar. Los psiquiatras son plenamente conscientes de esa tentación, a la que llaman «rechazo»; pero, como dice el refrán, si el río suena agua lleva.

Las historias de Creso y de Casandra representan los dos extremos de la respuesta política a quienes predicen un peligro mortal. El propio Creso representa un polo de aceptación crédula y acrítica (por lo general, de la confianza en que todo va bien), alentada por la codicia y otras debilidades del carácter; y la respuesta griega y troyana a Casandra simboliza el polo de un rechazo estólido e inamovible de la posibilidad de un peligro. La tarea de un político consiste en marcar un rumbo prudente entre estas dos orillas.

Imaginemos que un grupo de científicos afirma que es inminente una gran catástrofe medioambiental. Supongamos además que lo que se necesita para prevenir o mitigar la catástrofe es costoso en recursos fiscales e intelectuales, pero también en lo que a cambio de mentalidad se refiere, por lo que es políticamente caro. ¿En qué punto deben los políticos tomar en serio a los profetas científicos? Hay maneras de estimar la validez de las profecías modernas, porque entre los métodos de la ciencia existe un procedimiento de corrección de errores, una serie de reglas que han venido funcionado bien, y que suelen recibir la denominación conjunta de «método científico». Hay unos cuantos principios (esbocé algunos en mi libro *El mundo y sus demonios):* los argumentos de autoridad tienen poco peso («porque lo digo yo» no es una buena razón); la predicción cuantitativa constituye un modo extremadamente eficaz de distinguir las ideas útiles de las descabelladas; los métodos de análisis deben arrojar otros resultados consecuentes con lo que ya conocemos acerca del universo; un debate vigoroso es un signo saludable; para que una idea sea tomada en serio, deben llegar a las mismas conclusiones grupos científicos capacitados, trabajando de forma independiente; etcétera. Existen medios para que los políticos decidan y hallen una vía intermedia y segura entre la acción precipitada y la impasibilidad. Se requiere, empero, una cierta disciplina emocional y, sobre todo, una ciudadanía consciente y científicamente instruida, capaz de juzgar por sí misma hasta qué punto son amenazadores los peligros anunciados.

10. FALTA UN PEDAZO DEL CIELO

Esta espléndida armadura, la tierra, se me antoja un promontorio estéril; este maravilloso dosel, el aire, mirad, ese bello firmamento que pende arriba, este techo majestuoso encendido por un fuego dorado, sólo me parece una congregación hedionda y pestilente de vapores.

William Shakespeare,

Hamlet, acto II, escena II, 308 (1600-1601)

Siempre quise tener un tren eléctrico de juguete, pero mis padres no pudieron comprármelo hasta que cumplí los diez años. El que me regalaron (de segunda mano, pero en buenas condiciones) no era uno de esos modelos pequeñejos, de apenas un dedo de largo, que vemos hoy, sino un auténtico tren. Sólo la locomotora debía de pesar más de dos kilos. Tenía también un tender para el carbón, un vagón de viajeros y un furgón. Las vías, completamente metálicas y empalmables, eran de tres tipos: rectas, curvas y una pieza entrecruzada que permitía realizar un tendido en ocho. Ahorré para comprar un túnel de plástico verde por el que veía salir triunfante a la locomotora, despejando la oscuridad con su foco.

Mis recuerdos de aquellos tiempos felices están impregnados del olor, para nada desagradable y levemente dulzón, que siempre emanaba del transformador, una gran caja negra de metal con una palanca roja deslizable para controlar la velocidad del tren. Si alguien me hubiese pedido entonces que describiera su función, supongo que le habría dicho que convertía el tipo de electricidad de las paredes de nuestro piso en aquella que necesitaba la locomotora. Sólo mucho más tarde supe que el olor se debía a una determinada sustancia química —generada por la electricidad al atravesar el aire— que tenía un nombre propio: ozono.

El aire que nos rodea, el que respiramos, contiene alrededor de un 20 % de oxígeno (no el átomo, cuyo símbolo es O, sino la molécula, de símbolo O_2, lo que significa dos átomos de oxígeno químicamente enlazados). El oxígeno molecular es lo que nos pone en marcha: lo respiramos y, tras combinarlo con los alimentos, extraemos energía.

El ozono es una forma más rara de oxígeno combinado. Su símbolo es O_3, lo que significa tres átomos de oxígeno químicamente enlazados.

Mi transformador tenía un defecto. Despedía una pequeña chispa eléctrica que desintegraba los enlaces de las moléculas de oxígeno de esta manera:

O_2 + energía -> O + O

(La flecha significa «transformado en».) Ahora bien, los átomos de oxígeno solitarios (O) se sienten insatisfechos, químicamente reactivos, ansiosos de combinarse con moléculas adyacentes; y así lo hacen:

$O + O_2 + M \rightarrow O_3 + M$

Aquí M representa una tercera molécula cualquiera que no se altera en la reacción pero resulta necesaria para que ésta se lleve a cabo (es decir, un catalizador). Hay muchas moléculas M en el entorno, principalmente de nitrógeno.

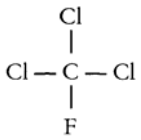
Esto era lo que determinaba que mi transformador produjese ozono.

La reacción se da también en los motores de los coches y en los fuegos industriales, produciendo ozono reactivo que contribuye al *smog y* la contaminación industrial. Su olor ya no me resulta tan agradable. Sin embargo, el mayor peligro del ozono no es que exista demasiado aquí abajo, sino demasiado poco allá arriba.

Todo se hizo de manera responsable, cuidadosamente, pensando en el medio ambiente. Hacia la década de los veinte la gente creía que los frigoríficos eran algo bueno. Por razones de comodidad, de salud pública, por la posibilidad de enviar frutas, verduras y productos lácteos a gran distancia y combinar manjares sabrosos, todo el mundo quería tener uno (se acabaron

los pesados bloques de hielo; ¿qué mal podía haber en eso?), pero ocurría que el fluido operante, cuyo calentamiento y posterior enfriamiento provocaban la refrigeración, tenía que ser amoníaco o dióxido de azufre, gases venenosos y malolientes. Un escape resultaba horrible. Se requería un sustituto que fuese líquido en las condiciones adecuadas, a fin de que circulase dentro del frigorífico, pero que no causara ningún perjuicio en caso de avería o cuando se lo convirtiese en chatarra. Para ello hacía falta encontrar un material que no fuera ponzoñoso ni inflamable, que no causase corrosión ni quemara los ojos ni atrajese bichos ni molestase al gato siquiera. No parecía que en la naturaleza existiera un material semejante.

Así, químicos estadounidenses y alemanes inventaron un tipo de moléculas inexistentes hasta entonces. Las llamaron clorofluorocarbonos (CFC), y estaban constituidas por uno o más átomos de carbono a los que se unían átomos de cloro y de flúor. He aquí una:



(C, carbono; Cl, cloro; F, flúor.) El éxito superó ampliamente las expectativas de sus inventores. Se convirtieron en el fluido principal no sólo de los frigoríficos, sino también de los acondicionadores de aire. Encontraron amplias aplicaciones, como aerosoles, espumas aislantes, disolventes industriales y agentes limpiadores (sobre todo en la industria microelectrónica). El más famoso de estos productos fue el freón, una marca comercial de DuPont. Empleado durante décadas, nunca pareció que causase daño alguno. Todo el mundo imaginaba que era completamente seguro. Por todo esto, al cabo de cierto tiempo, un volumen sorprendente de la producción industrial química dependía de los CFC.

A comienzos de la década de los setenta se fabricaban cada año un millón de toneladas de estas sustancias. Imaginemos que estamos en el cuarto de baño aplicándonos desodorante en las axilas. El aerosol de CFC difunde una tenue neblina. Las moléculas impulsoras de CFC propelentes no se nos adhieren al cuerpo; revolotean cerca del espejo y llegan a las paredes. Algunas escapan por la ventana o por debajo de la puerta, y con el paso del tiempo —días o incluso semanas— son transportadas por las corrientes de convección en torno de edificios y postes del teléfono para, impulsadas por la circulación atmosférica global, recorrer el planeta. Con escasas excepciones, no se degradan ni se combinan químicamente con otras moléculas. En la práctica son inertes. De esta forma, al cabo de unos cuantos años llegan a la alta atmósfera.

El ozono se forma de manera natural a unos 25 kilómetros de altitud. La luz ultravioleta —la misma que producía la chispa de mi transformador deficientemente aislado— desintegra las moléculas de O_2 en átomos de oxígeno, que se recombinan formando ozono.

En esas altitudes una molécula de CFC sobrevive, por término medio, un siglo antes de que la luz ultravioleta le arranque su cloro; éste es el catalizador que destruye las moléculas de ozono sin aniquilarse a sí mismo. Hacen falta unos dos años para que el cloro retorne a la baja atmósfera y sea arrastrado por la lluvia. En ese tiempo, un átomo de cloro puede haber participado en la destrucción de cien mil moléculas de ozono.

La reacción es como sigue:

O_2 + luz UV -> 2O

2Cl [de los CFC] + $2O_3$ -> 2ClO + $2O_2$

2ClO + 2O -> 2Cl [regenerando el Cl] + $2O_2$

El resultado neto es:

$2O_3$ -> $3O_2$

Han sido destruidas dos moléculas de ozono; se han formado tres moléculas de oxígeno, y los

átomos de cloro quedan disponibles para nuevos desaguisados.

¿A quién puede importarle todo esto? Allá arriba, en el cielo, algunas moléculas invisibles son destruidas por otras moléculas invisibles elaboradas aquí en la Tierra. ¿Por qué deberíamos preocuparnos?

Porque el ozono es nuestro escudo contra la luz ultravioleta del Sol. Si todo el ozono de las alturas se sometiese a la temperatura y presión que hay en torno a nosotros, en este momento la capa tendría un espesor de sólo tres milímetros. No parece mucho, pero es todo lo que hay entre nosotros y las abrasadoras radiaciones ultravioleta procedentes del Sol.

El peligro asociado a la luz ultravioleta del que se suele hablar es el de cáncer de piel. Las personas de piel clara resultan especialmente vulnerables; las morenas, en cambio, disponen de una generosa cantidad de melanina para su protección. (Tostarse al sol constituye una adaptación; las pieles pálidas desarrollan una mayor protección cuando se les expone a la radiación ultravioleta.) Se diría que existe una remota justicia cósmica en el hecho de que fuesen blancos los inventores de los CFC, mientras que la gente de piel oscura, que poco tuvo que ver con tan maravilloso invento, disfruta de una protección natural. Según se ha informado, la incidencia de cánceres malignos de piel es hoy diez veces mayor que en la década de los cincuenta. Aunque parte de este aumento aparente puede deberse al perfeccionamiento del diagnóstico, la pérdida de ozono y el incremento de la exposición a la luz ultravioleta también parecen estar implicados. Si las cosas empeorasen mucho, las personas de piel pálida tendrían que utilizar prendas protectoras especiales durante sus excursiones habituales, al menos en alturas y latitudes elevadas.

Lo peor de todo, sin embargo, no es el incremento del cáncer de piel como consecuencia directa del aumento de las radiaciones ultravioleta, ni tampoco la mayor incidencia de cataratas oculares. Más serio es el hecho de que los rayos ultravioleta afectan el sistema inmunitario (el mecanismo del cuerpo para combatir las enfermedades), pero, otra vez, los afectados son sólo aquellos que carecen de protección. Ahora bien, por grave que esto se nos antoje, el auténtico peligro radica en otra parte.

Expuestas a la luz ultravioleta, las moléculas orgánicas que constituyen toda la vida planetaria se desintegran o forman combinaciones químicas indeseables. Los seres que más abundan en el océano son unas minúsculas algas unicelulares que flotan cerca de la superficie del agua: el fitoplancton. No pueden sumergirse más para rehuir la radiación ultravioleta porque viven gracias a la luz solar. Ciertos experimentos han mostrado que incluso un moderado incremento de radiación ultravioleta daña las algas unicelulares comunes en el océano Antártico y otros lugares. Se puede esperar que incrementos mayores causen en esos seres grandes pérdidas y, en última instancia, un aniquilamiento masivo.

Las mediciones preliminares de la población de estas plantas microscópicas revelan que en las aguas antárticas se ha registrado recientemente una mengua asombrosa —hasta del 25 %— cerca de la superficie del mar. Al ser tan pequeños, los seres que integran el fitoplancton carecen de las pieles duras de animales y plantas superiores que absorben la luz ultravioleta. Amén de una serie de repercusiones en cascada en la cadena alimentaria oceánica, la muerte del fitoplancton elimina la capacidad del océano para extraer dióxido de carbono de la atmósfera, y con ello contribuye al calentamiento global. Éste es uno de los diversos modos en que se relacionan el debilitamiento de la capa de ozono y el calentamiento de la Tierra (aunque sean cuestiones fundamentalmente diferentes, porque en el caso de la disminución del ozono el responsable es la luz ultravioleta, mientras que en el del calentamiento global lo son la luz visible y la infrarroja).

Ahora bien, si incide sobre el océano una mayor cantidad de luz ultravioleta, el peligro no queda limitado a estas pequeñas algas, porque son el alimento de animales microscópicos (el zooplancton) que a su vez son devorados por pequeños crustáceos (como los de mi mundo de cristal número 4210), a su vez devorados por peces pequeños, a su vez devorados por los

grandes, a su vez devorados por los delfines, las ballenas y los hombres. La destrucción de las algas en la base de la cadena alimentaria determina el colapso de ésta. Existen, en la tierra y en el agua, muchas cadenas alimentarias, y todas parecen vulnerables a los daños producidos por las radiaciones ultravioleta. Por ejemplo, las bacterias de las raíces de los arrozales que fijan el nitrógeno del aire son sensibles a la luz ultravioleta; un incremento de ésta podría poner en peligro las cosechas y posiblemente comprometer incluso el abastecimiento alimentario humano. Los estudios de laboratorio sobre cosechas a latitudes medias indican que muchas resultan desfavorablemente afectadas por la luz ultravioleta cercana que se filtra al adelgazarse la capa de ozono.

Al permitir la destrucción de la capa de ozono y el aumento de la intensidad de la radiación ultravioleta en la superficie terrestre, estamos planteando retos de gravedad desconocida pero inquietante al tejido de la vida planetaria. Ignoramos las complejas dependencias mutuas de los seres de la Tierra y cuáles serán las consecuencias derivadas de la desaparición de algunos microbios especialmente vulnerables de los que dependen organismos mayores. Estamos tirando del tapiz biológico planetario y no sabemos si sólo arrancaremos un hilo o si se desbaratará todo el tejido.

Nadie cree que la capa de ozono en su totalidad corra peligro de desaparición inminente. Aunque nos neguemos con terquedad a reconocer el riesgo, no quedaremos reducidos a la asepsia de la superficie marciana, ametrallada por las radiaciones ultravioleta del Sol que llegan hasta allí sin ningún estorbo; pero se estima muy peligrosa una reducción global de sólo el 10 % del volumen de ozono, y muchos científicos creen que la actual dosis de CFC en la atmósfera determinará ese resultado.

En 1974, F. Sherwood Rowland y Mario Molina, de la Universidad de California, fueron los primeros en advertir que los CFC —cerca de un millón de toneladas inyectadas cada año en la estratosfera— podían dañar gravemente la capa de ozono. Experimentos y cálculos subsiguientes de científicos de todo el mundo han confirmado su hallazgo. En un principio, algunos cálculos ratificaron la existencia del efecto, pero indicaron que era menos serio de lo que decían Rowland y Molina; otros señalaron que sería más grave. (Casi siempre que se produce un nuevo descubrimiento otros investigadores tratan de determinar su solidez.) Sin embargo, los cálculos se asentaron más o menos hacia donde Rowland y Molina habían dicho (y en 1995 compartieron el premio Nóbel de química por su trabajo).

La empresa DuPont, que vendía CFC a razón de unos 600 millones de dólares al año, publicó cartas en periódicos y revistas científicas, y sus representantes declararon ante comisiones del Congreso que no estaba demostrado que los CFC representasen un peligro para la capa de ozono, que se había exagerado mucho o que la conclusión se basaba en un razonamiento científico defectuoso. Sus cartas comparaban a los «teóricos y algunos legisladores», que exigían la prohibición de los CFC, con los «investigadores y la industria de los aerosoles», dispuestos a contemporizar. Afirmaban que «los responsables primarios eran... otros productos químicos» y advirtieron del riesgo de «empresas destruidas por una prematura acción legislativa». Aseguraban que «no había evidencia suficiente» sobre la cuestión y prometían iniciar una investigación de tres años, pasados los cuales se podría hacer algo. Una empresa poderosa y próspera no estaba dispuesta a arriesgar centenares de millones de dólares al año sólo por lo que dijeran unos pocos fotoquímicos. Cuando la teoría quedó demostrada sin resquicio de duda, declararon que aún era demasiado pronto para considerar la oportunidad de hacer cambios. En cierto modo venían a decir que la fabricación de los CFC se interrumpiría tan pronto como la capa de ozono hubiese quedado irreparablemente dañada. Claro que para entonces era probable que ya no existieran clientes.

Una vez los CFC llegan a la alta atmósfera, no hay medio de eliminarlos (tampoco es posible enviar ozono desde aquí, donde es un contaminante, hacia donde se necesita). Los efectos de los CFC ya presentes en el aire perdurarán alrededor de un siglo. En consecuencia, Sherwood Rowland, otros científicos y el Consejo de Defensa de los Recursos Naturales de Washington

exigieron la prohibición de los clorofluorocarbonos. Hacia 1978 los aerosoles de CFC fueron declarados ilegales en Estados Unidos, Canadá, Noruega y Suecia. Sin embargo, la mayor parte de la producción de CFC no se destinaba a aerosoles. La inquietud pública se calmó momentáneamente, la atención se desvió hacia otra parte y el contenido de CFC en el aire siguió aumentando. El volumen de cloro atmosférico llegó a ser el doble del que había cuando Rowland y Molina dieron la alarma, y cinco veces el existente en 1950.

Durante años, el British Antartic Survey, un equipo de científicos instalado en la bahía de Halley, en el continente Antártico, había estado midiendo la capa de ozono sobre sus cabezas. En 1985 anunciaron la desconcertante noticia de que el ozono primaveral se había reducido a casi la mitad del registrado unos años antes. El descubrimiento fue confirmado por un satélite de la NASA. Faltan ahora dos tercios del ozono primaveral sobre la Antártida. Hay un agujero en la capa antártica de ozono. Ha aparecido cada primavera desde finales de la década de los setenta. Aunque se cierra en invierno, parece durar cada vez más tiempo en primavera. Ningún científico había previsto algo así.

Como es lógico, el descubrimiento hizo que se repitieran las peticiones de prohibición de los CFC (igual que había sucedido cuando se descubrió que éstos contribuían al calentamiento global provocado por el efecto invernadero del dióxido de carbono). Pero a los ejecutivos industriales parecía costarles comprender la naturaleza del problema. Richard C. Barnett, presidente de la Alianza para una Política Responsable sobre los CFC —integrada por sus fabricantes— llegó a decir: «La suspensión inmediata y completa de los CFC que algunos solicitan tendría horrendas consecuencias. Varias industrias tendrían que cerrar por falta de productos alternativos; el remedio mataría al paciente.» Sin embargo, no debemos olvidar que el paciente no es «algunas industrias», sino que podría ser la vida en la Tierra.

La Asociación de Fabricantes de Productos Químicos consideraba «muy improbable que [el agujero de la Antártida] tenga una significación global... Incluso en la otra región más semejante del mundo, el Ártico, la meteorología descarta de hecho una situación similar».

Posteriormente se encontraron en el agujero de ozono mismo niveles incrementados de cloro reactivo, lo que contribuyó a confirmar la implicación de los CFC. Mediciones próximas al polo norte indican que también está surgiendo un agujero de ozono en el Ártico. Un estudio de 1996 titulado «Confirmación por satélite del predominio de clorofluorocarbonos en el balance de cloro estratosférico global» llega a la conclusión extraordinariamente tajante (para tratarse de un artículo científico) de que los CFC se hallan implicados en la mengua del ozono «más allá de cualquier duda razonable». La acción del cloro procedente de los volcanes y la espuma marina —al contrario de lo postulado por algunos comentaristas radiofónicos de derechas— es, como mucho, responsable del 5 % del ozono destruido.

En las latitudes septentrionales, donde se concentra la mayor parte de la población de la Tierra, el volumen de ozono parece haber estado menguando de forma constante al menos desde 1969. Es cierto que hay fluctuaciones —los aerosoles volcánicos en la estratosfera, por ejemplo, contribuyen a reducir durante un año o dos los niveles de ozono antes de posarse—, pero según la Organización Meteorológica Mundial, el descubrimiento de disminuciones del 30 % en las latitudes septentrionales medias durante algunos meses del año, y hasta del 45 % en ciertas áreas, constituye un motivo de alarma. Así no hará falta que pasen muchos años para que la vida bajo la menguante capa de ozono se encuentre, con toda probabilidad, en apuros.

La ciudad de Berkeley (California) prohibió los envases de espuma sólida de CFC utilizados en muchos comercios para mantener caliente la comida. La cadena de hamburgueserías McDonald's se comprometió a eliminar de sus envases los CFC más dañinos. Finalmente, y ante la amenaza de regulaciones oficiales y del boicot de los consumidores, en 1988, catorce años después de que hubiera sido identificado el peligro de los CFC, DuPont anunció que reduciría paulatinamente la producción de estos compuestos, pero que no la abandonaría por completo antes del año 2000. Otros productores norteamericanos ni siquiera prometieron eso.

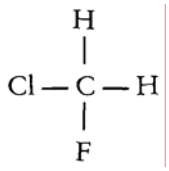
Sin embargo, Estados Unidos sólo era responsable del 30 % de la producción mundial de clorofluorocarbonos. La amenaza a largo plazo sobre la capa de ozono era global. Estaba claro, pues, que también tendría que serlo la solución.

En septiembre de 1987, los representantes de muchas de las naciones productoras y consumidoras de CFC se reunieron en Montreal para considerar la posibilidad de un acuerdo que limitase su empleo. En un principio, Gran Bretaña, Italia y Francia, presionadas por sus poderosas industrias químicas (y este último país por sus fabricantes de perfumes), sólo participaron en el debate a regañadientes, pues temían que DuPont escondiera en la manga un sustitutivo y sospechaban que Estados Unidos quería prohibir los CFC para aumentar la competitividad global de una de sus mayores empresas. Naciones como Corea del Sur ni siquiera comparecieron. La delegación china no firmó el tratado. Se dice que Donald Hodel, secretario de Interior estadounidense (un conservador nombrado por Reagan y enemigo de los controles oficiales), sugirió que, en vez de limitar la producción de CFC, todos lleváramos gafas de sol y sombrero. Esta opción no está al alcance de los microorganismos en la base de la cadena alimentaria que mantiene la vida en la Tierra. Pese a tal opinión, Estados Unidos firmó el Protocolo de Montreal. Fue verdaderamente inesperado que eso ocurriera durante el espasmo antiambientalista de la última administración de Reagan (a menos que el temor de los competidores europeos de DuPont estuviese realmente fundado). Sólo en Estados Unidos había que reemplazar 90 millones de acondicionadores de aire para coches y 100 millones de frigoríficos, lo que representaba un sacrificio considerable en aras del medio ambiente. Hay que reconocer un mérito sustancial al embajador Richard Benedick, que encabezó la delegación norteamericana en Montreal, y a la primera ministra británica Margaret Thatcher, quien, por haber cursado estudios de química, comprendió la cuestión.

El Protocolo de Montreal fue reforzado después por dos acuerdos adicionales firmados en Londres y Copenhague. A la hora en que escribo, 156 naciones, incluyendo las repúblicas de la ex Unión Soviética, China, Corea del Sur e India, han firmado el tratado. (Algunos países se preguntan por qué tienen que olvidarse de los frigoríficos y acondicionadores de aire que emplean CFC justo cuando sus industrias empiezan a desarrollarse, y cuando Japón y Occidente ya han sacado todo el partido de éstos. Se trata de una reivindicación justa, aunque denota una gran estrechez de miras.) Se acordó una reducción progresiva de la producción de CFC hasta su total supresión en el año 2000, plazo que luego se anticipó a 1996. China, cuyo consumo de CFC durante la década de los ochenta aumentaba en un 20 % anual, accedió a reducir su uso y renunció al periodo de gracia de 10 años que le concedía el acuerdo. DuPont es ahora una empresa líder en la supresión de los CFC y se ha comprometido a una reducción más rápida que la de muchas naciones. El volumen de clorofluorocarbonos en la atmósfera está menguando apreciablemente. Lo malo es que tendremos que dejar de producirlos por completo y luego aguardar un siglo a que la atmósfera se limpie por sí sola. Cuanto más nos demoremos, cuantas más sean las naciones que persistan en la producción de estos compuestos, mayor será el peligro.

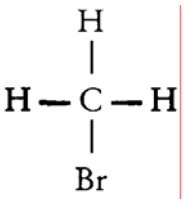
Está claro que el problema se resolverá cuando se encuentre un sustituto barato y eficaz de los CFC que no cause daño ni a nosotros ni al medio ambiente. Ahora bien, ¿y si no existe? ¿Y si el mejor sustituto es más caro que los CFC? ¿Quién pagará las investigaciones y quién asumirá la diferencia de precio, el consumidor, el Gobierno o la industria química, que nos metió en este atolladero y sacó partido de ello? ¿Proporcionan las naciones industrializadas que se beneficiaron de la tecnología de los CFC una ayuda significativa a los estados en vías de industrialización que no tuvieron esa ventaja? ¿Y si necesitamos 20 años para asegurarnos que el sustituto no causa cáncer? ¿Qué hay de las radiaciones ultravioleta que ahora mismo inciden sobre el océano Antártico? ¿Qué decir de los CFC que siguen produciéndose y que continuarán ascendiendo hasta la capa de ozono hasta el momento de su total prohibición?

Se dispone ya de un sustituto o, mejor dicho, un remedio temporal. Los CFC están siendo provisionalmente reemplazados por los HCFC, moléculas similares pero con átomos de hidrógeno. Por ejemplo:



Siguen siendo dañinos para la capa de ozono, aunque mucho menos; como los CFC, contribuyen significativamente al calentamiento global y, al menos al principio de su producción, resultan más caros. Pero responden a una necesidad inmediata: la protección de la capa de ozono. Los HCFC fueron desarrollados por DuPont, si bien después de los descubrimientos efectuados en la bahía de Halley, o eso jura la empresa.

El bromo es, átomo por átomo, al menos cuarenta veces más activo en la destrucción del ozono estratosférico que el cloro. Por fortuna, resulta mucho más raro que éste. Llega a la atmósfera en halones empleados como extintores de incendios, y en el bromuro de metilo,



empleado para fumigar la tierra y el grano almacenado. Entre 1994 y 1996 las naciones industrializadas acordaron reducir progresivamente la producción de estas sustancias a partir de este último año, pero sin suprimirla del todo hasta el 2030. Dado que no existen sustitutos para los halones, puede surgir la tentación de seguir empleándolos, prohibidos o no. Mientras tanto, un importante reto tecnológico consiste en hallar una solución a largo plazo mejor que los HCFC, quizás otra brillante síntesis de una nueva molécula, o bien algo completamente distinto (por ejemplo, frigoríficos acústicos carentes de fluidos portadores de peligros sutiles). Aquí hay sitio para la invención y la creatividad. Tanto las ventajas económicas como el beneficio a largo plazo para las especies y el planeta serían considerables. Me gustaría ver empeñada en afán tan meritorio la enorme destreza técnica invertida en los laboratorios de armas nucleares, ahora moribundos tras el final de la guerra fría. Me gustaría saber de ayudas generosas y premios irresistibles para la invención de maneras convenientes, seguras y razonablemente baratas de producir acondicionadores de aire y frigoríficos cuya fabricación resulte accesible también a las naciones en vías de desarrollo.

El Protocolo de Montreal reviste importancia por la magnitud de los cambios acordados, pero sobre todo por su orientación. Lo que quizá resultó más sorprendente fue que se aprobase la prohibición de los CFC cuando aún no estaba claro si existiría una alternativa factible. La conferencia de Montreal fue patrocinada por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, cuyo director, Mostafá K. Tolba, la describió como «el primer tratado verdaderamente global que brinda protección a todo ser humano».

Es estimulante que seamos capaces de reconocer peligros nuevos e inesperados, que la especie humana logre unirse para trabajar en nombre de todos sobre una cuestión semejante, que las naciones ricas estén dispuestas a una participación justa en los costes y que empresas con mucho que perder no sólo cambien de opinión, sino que vean en una crisis de tal calibre nuevas oportunidades de prosperidad. La prohibición de los CFC proporciona lo que en matemáticas se conoce como un teorema de existencia, la demostración de que algo imposible a juzgar por lo que uno sabe puede hacerse de hecho realidad. Hay motivos para un optimismo cauteloso.

El cloro parece haber alcanzado en la estratosfera una proporción máxima de cuatro partes por cada mil millones. La cantidad de cloro está disminuyendo, pero, al menos en parte a causa del bromo, no se espera que la capa de ozono se restablezca pronto.

Evidentemente, aún es demasiado temprano para relajarnos por completo en cuanto a la

protección de la capa de ozono. Tenemos que asegurarnos que la fabricación de estos materiales quede interrumpida en todo el mundo casi por completo. Hace falta un mayor esfuerzo investigador para hallar sustitutos seguros. Se necesita un exhaustivo reconocimiento de la capa de ozono a escala global (desde estaciones terrestres, aviones y satélites en órbita[*]), al menos tan concienzudo como el que dedicaríamos a un ser querido que sufriese de palpitaciones cardíacas. Tenemos que saber en qué medida las erupciones volcánicas ocasionales, el calentamiento continuado o la introducción de productos químicos nuevos en la atmósfera del planeta imponen nuevas tensiones sobre la capa de ozono.

Poco después de la firma del Protocolo de Montreal comenzaron a descender los niveles de cloro. A partir de 1994 han bajado los niveles estratosféricos de cloro y bromo juntos. Se ha estimado que, si disminuyen también los niveles de bromo por separado, con la llegada del siglo XXI la capa de ozono iniciará una recuperación a largo plazo. Si no se hubiesen establecido controles de CFC hasta el 2010, el cloro habría alcanzado niveles tres veces superiores a los actuales, el agujero de la capa de ozono sobre la Antártida persistiría hasta mediado el siglo XXII y la mengua primaveral del ozono en las latitudes septentrionales medias podría haber alcanzado más del 30 % (una magnitud abrumadora en palabras de Michael Prather, compañero de Rowland en Irvine).

En Estados Unidos sigue habiendo cierta resistencia por parte de las industrias de la refrigeración, de los «conservadores» extremistas y de algunos congresistas republicanos. Tom DeLay, líder de la mayoría republicana en la Cámara de Representantes, consideraba en 1996 que «la ciencia que subyace tras la prohibición de los CFC es discutible» y que el Protocolo de Montreal es «el resultado del pánico suscitado por los medios de comunicación». John Doolittle, otro representante republicano, insistía en que el vínculo causal entre la mengua de ozono y los CFC «sigue estando muy abierto al debate». En respuesta a un periodista que le recordó el talante crítico y escéptico con que los expertos habían revisado todos y cada uno de los artículos que establecieron ese vínculo, Doolittle replicó: «No voy a enredarme en revisar a fondo una superchería.» Para el país sería mejor que lo hiciera. La revisión crítica a fondo es, de hecho, el gran detector de supercherías. El juicio de la comisión Nóbel fue diferente. Al conceder el premio a Rowland y Molina —cuyos nombres debería conocer todo escolar— los alabó por haber «contribuido a salvarnos de un problema ambiental global que podría haber tenido consecuencias catastróficas». Es difícil entender cómo pueden oponerse los «conservadores» a salvaguardar el entorno del que depende la vida de todos nosotros, incluidos ellos mismos y sus hijos. ¿Qué es exactamente, pues, lo que están conservando los conservadores?

Los elementos cruciales de la historia del ozono son como los de muchas otras amenazas ambientales. Comenzamos vertiendo alguna sustancia en la atmósfera. No examinamos a conciencia su impacto ambiental porque el estudio sería caro o retrasaría la producción y menguaría los beneficios, o porque los responsables no quieren escuchar argumentos en contra, o porque no se ha recurrido al mejor talento científico, o sencillamente porque somos humanos y falibles y se nos ha pasado algo por alto. Entonces, de repente, nos enfrentamos

[*] La Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos han desempeñado papeles heroicos en la recogida de datos acerca de la mengua de la capa de ozono y de sus causas. (El satélite *Nimbus-7,* por ejemplo, detectó un incremento del 10 % por década en las longitudes de onda de la banda ultravioleta más peligrosas sobre el sur de Chile y Argentina, y aproximadamente de la mitad en las latitudes septentrionales medias donde vive la mayoría de los habitantes de la Tierra.) Un nuevo programa de satélites de la NASA seguirá vigilando durante una década o más el ozono y los fenómenos atmosféricos anejos. Mientras tanto, Rusia, Japón, los miembros de la Agencia Espacial Europea y otros países aportan a la tarea sus propios programas y vehículos espaciales. También conforme a estos criterios, parece que la especie humana está tomando en serio la amenaza de la disminución del ozono.

con un peligro por completo inesperado y de dimensiones planetarias que quizá manifieste sus consecuencias más ominosas al cabo de décadas o siglos. No cabe resolver el problema localmente o a corto plazo.

En todos los casos la lección es clara. No siempre somos lo bastante inteligentes o prudentes para prever todas las consecuencias de nuestras acciones. La invención de los clorofluorocarbonos fue un logro brillante, pero por muy ingeniosos que pareciesen en su momento los químicos responsables no lo fueron lo suficiente. Los CFC eran inertes hasta el punto de sobrevivir para alcanzar la capa de ozono. El mundo es complejo. El aire, tenue. La naturaleza, sutil. Nuestra capacidad de hacer daño, grande. Debemos ser más cuidadosos y menos tolerantes en lo que a la contaminación de este frágil planeta se refiere.

Tenemos que alcanzar cotas significativamente superiores de higiene planetaria y de recursos científicos destinados a observar y entender el mundo. Debemos empezar a pensar y actuar no sólo en términos de nuestro país y de nuestra generación (y mucho menos de los beneficios de una determinada industria) sino en interés del vulnerable planeta Tierra en su totalidad y de las generaciones futuras. El agujero de la capa de ozono es una especie de mensaje escrito en el cielo. Al principio parecía expresar nuestra continuada complacencia ante una poción mágica de peligros mortales, pero quizás exprese en realidad un talento recién hallado para trabajar juntos con el fin de proteger el medioambiente global. El Protocolo de Montreal y sus enmiendas representan un triunfo y un motivo de gloria para la especie humana.

11. EMBOSCADA: EL CALENTAMIENTO DEL MUNDO

Apostados están contra sus propias vidas.

Proverbios, 1: 18

Hace 300 millones de años la Tierra estaba cubierta de vastos pantanos. Cuando los helechos, equisetos y licopodios murieron, quedaron enterrados bajo el fango. Con el paso de los siglos, sus restos fueron hundiéndose cada vez más y transformándose lentamente en un sólido orgánico y duro que llamamos carbón. En otros lugares y épocas, cantidades inmensas de plantas y animales unicelulares murieron, descendieron al fondo marino y fueron cubiertos por los sedimentos. Tras un extraordinariamente lento proceso de descomposición, sus restos acabaron convirtiéndose en líquidos y gases orgánicos que llamamos petróleo y gas natural. (Una parte del gas natural podría ser primordial, no de origen biológico sino incorporado en la corteza terrestre durante su formación.) Al principio del proceso evolutivo los seres humanos sólo tenían contacto con estos extraños materiales en raras ocasiones en que eran transportados a la superficie terrestre. Se piensa que la filtración de petróleo y gas y su ignición por el rayo están en el origen de la «llama eterna», elemento central de las religiones de la antigua Persia adoradoras del fuego. Marco Polo suscitó la incredulidad de muchos expertos europeos de la época al referir la descabellada historia de que en China se extraían unas rocas negras que ardían cuando se les prendía fuego.

Con el tiempo los europeos reconocieron la utilidad potencial de aquellos materiales de transporte fácil y ricos en energía. Eran mucho mejores que la leña, ya que servían tanto para calentar una casa como para alimentar un horno, poner en marcha una máquina de vapor, generar electricidad, impulsar la industria o hacer funcionar trenes, coches, barcos y aviones. Tenían, además, inestimables aplicaciones militares. Así pues, aprendimos a sacar el carbón de la tierra y a perforar el terreno para hacer brotar el gas y el petróleo profundamente enterrados y comprimidos por el peso enorme de las rocas. Estas sustancias proporcionaron la propulsión que hizo posible nuestra civilización tecnológica global. No es exagerado afirmar que, en cierto sentido, mueven el mundo. Como siempre, sin embargo, hay que pagar un precio.

El carbón, el petróleo y el gas natural reciben el nombre genérico de combustibles fósiles, porque están constituidos fundamentalmente por los restos fósiles de seres que vivieron hace tiempo. La energía química que contienen viene a ser luz solar almacenada, captada en origen por plantas pretéritas. Nuestra civilización funciona a base de quemar los restos de criaturas humildes que poblaron la Tierra centenares de millones de años antes de que entraran en escena los primeros seres humanos. Como si de un tétrico culto caníbal se tratara, subsistimos gracias a los cadáveres de nuestros antecesores y parientes lejanos.

Si pensamos en los tiempos en que el único combustible era la madera, cabe comprender hasta cierto punto los beneficios que los combustibles fósiles nos han proporcionado. Han contribuido también a crear vastas industrias a escala global con un inmenso poder financiero y político; de ellos dependen asimismo industrias total o parcialmente subsidiarías (en el primer caso, coches, aviones, etc.; en el segundo, productos químicos, fertilizantes, etc.). Esa dependencia implica que las naciones llegarán hasta donde sea en su afán de conservar sus fuentes de abastecimiento. Los combustibles fósiles fueron un factor importante en la gestación de las dos Guerras Mundiales. La agresión del Japón al inicio de la Segunda Guerra Mundial se explicó y justificó sobre la base de que estaba obligado a salvaguardar sus fuentes de petróleo. Un ejemplo más cercano de que la importancia política y militar de los combustibles fósiles sigue siendo considerable lo constituye la guerra del Golfo Pérsico, en 1991.

Cerca del 30 % de todas las importaciones norteamericanas de petróleo proceden del Golfo Pérsico. Hay meses en que Estados Unidos importa más de la mitad del crudo que consume, lo que representa más del 50 % del déficit de su balanza de pagos. Estados Unidos destina mil

millones de dólares por semana, como mínimo, a dichas importaciones. China, con su creciente demanda de automóviles, podría alcanzar el mismo nivel a principios del siglo XXI. Cifras similares se aplican a Europa occidental. Los economistas proponen modelos en los que el incremento del precio del petróleo genera inflación, subida de los tipos de interés, reducción de la inversión en nuevas industrias, paro y recesión económica. Quizá nunca se hagan realidad, pero todo esto es una posible consecuencia de nuestra adicción al petróleo, que empuja a las naciones a adoptar políticas que de otro modo serían consideradas inmorales y temerarias. Considérese al respecto el siguiente comentario hecho en 1990 por el columnista Jack Anderson, que expresa una opinión muy difundida: «Por impopular que resulte la idea, Estados Unidos debe seguir siendo el gendarme del mundo. En un plano puramente egoísta, los norteamericanos necesitan lo que el mundo posee, y la necesidad preeminente es el petróleo.» Según Bob Dole, entonces líder de la minoría en el Senado, la guerra del Golfo —que puso en peligro las vidas de 200.000 jóvenes estadounidenses— fue emprendida «sólo por una razón: el petróleo».

A la hora en que escribo, el coste nominal del barril de crudo es de casi veinte dólares, mientras que las reservas certificadas o «confirmadas» de petróleo alcanzan casi un billón de barriles. Veinte billones de dólares es cuatro veces la deuda nacional de Estados Unidos, la mayor del mundo. Oro negro, desde luego.

La producción global de petróleo alcanza los 20.000 millones de barriles anuales, de manera que cada año consumimos cerca del 2 % de las reservas confirmadas. Uno podría pensar que las agotaremos pronto, quizás en los próximos 50 años. Sin embargo, seguimos hallando nuevas reservas. Las predicciones de que nos quedaríamos sin petróleo para tal o cual fecha se han demostrado infundadas. Es verdad que la cantidad de petróleo, gas natural y carbón en el mundo es finita, pero parece improbable que vayamos a agotar los combustibles fósiles pronto. El único problema es que resulta cada vez más caro encontrar reservas inexplotadas, que la economía mundial puede sufrir un colapso si cambian de golpe los precios del petróleo, y que los países están dispuestos a guerrear para conseguirlo. También, existe, naturalmente, el coste ambiental.

El precio que pagamos por los combustibles fósiles no se mide sólo en dólares. Las «fábricas satánicas» de la Inglaterra de los primeros años de la Revolución Industrial contaminaron el aire y causaron una epidemia de enfermedades respiratorias. La niebla londinense, popular gracias a las dramatizaciones de Holmes y Watson, Jekyll y Hyde y Jack el Destripador y sus víctimas, era una letal contaminación de origen doméstico e industrial, en buena parte debida a la combustión de carbón. Hoy los automóviles emiten gases de escape y las ciudades están plagadas de *smog,* que afecta la salud, la felicidad y la productividad de las mismas personas que generan los contaminantes. Sabemos también de la lluvia ácida y de las catástrofes ecológicas causadas por los vertidos de petróleo. Sin embargo, la opinión predominante siempre ha sido que tales azotes a nuestra salud y al medio ambiente quedaban más que compensados por los beneficios que aportaban los combustibles fósiles.

Ahora, sin embargo, los gobiernos y pueblos de la Tierra son cada vez más conscientes de otra peligrosa consecuencia del uso de combustibles fósiles: al quemar carbón, petróleo o gas natural estamos combinando el carbono del combustible fósil con el oxígeno del aire. Esta reacción química libera una energía encerrada durante quizá 200 millones de años. Ahora bien, al combinar un átomo de carbono, C, con una molécula de oxígeno, O_2, se forma también una molécula de dióxido de carbono, CO_2,

$C + O_2 \rightarrow CO_2$

y el CO_2 es uno de los gases responsables del efecto invernadero.

¿Qué es lo que determina la temperatura media de la Tierra, el clima planetario? La cantidad de calor que emana del centro de la Tierra es despreciable en comparación con la que llega a su superficie procedente del Sol. Si éste se apagase, la temperatura del planeta descendería

tanto que el aire se congelaría, y la Tierra quedaría cubierta por una capa de nieve de nitrógeno y oxígeno de unos diez metros de espesor. Sabemos cual es la cantidad de luz solar que incide sobre el planeta y lo calienta; ¿podemos calcular entonces cuál debería ser la temperatura media de la superficie terrestre? De hecho, se trata de un cálculo fácil, tanto que se enseña en cursos elementales de astronomía y meteorología (otro ejemplo del poder y la belleza de la cuantificación).

La cantidad de luz solar absorbida por la Tierra tiene que igualar, por término medio, la energía devuelta al espacio.

Por lo común no pensamos que el planeta irradia energía al espacio, y cuando volamos de noche no vemos relucir el suelo en la oscuridad (excepto sobre las ciudades), pero esto es porque sólo percibimos la luz visible ordinaria, a la que son sensibles nuestros ojos. Si mirásemos más allá de la luz roja, dentro de la banda infrarroja térmica del espectro —unas veinte veces la longitud de onda de la luz amarilla—, veríamos brillar la Tierra con una luz infrarroja propia, fantasmal y fría, más en el Sahara que en la Antártida, más de día que de noche. No se trata de luz solar reflejada, sino del propio calor del planeta. Cuanta más energía le llegue a la Tierra procedente del Sol, más energía irradiará aquélla al espacio. Cuanto más caliente esté el planeta, más relucirá en la oscuridad.

Lo que determina el calor terrestre depende de la fuerza del Sol y de la reflectancia del planeta. (Todo lo que no es reflejado al espacio es absorbido por el suelo, las nubes y el aire. Si la Tierra fuese perfectamente reflectante, los rayos del Sol no la calentarían.) La mayor parte de la luz solar reflejada sí está en la parte visible del espectro. Igualemos, pues, la entrada (que depende de cuánta luz solar absorbe el planeta) y la salida (que depende de la temperatura de la Tierra), equilibremos las dos partes de la ecuación y tendremos la temperatura predicha del planeta. ¡Facilísimo! ¡No podría serlo más! Echemos cuentas; ¿cuál es la respuesta?

Nuestros cálculos nos dicen que la temperatura media de la Tierra debería ser de unos 20 °C bajo cero. Los océanos deberían estar helados y todos tendríamos que estar tiesos de frío. La Tierra debería ser un lugar hostil para casi todas las formas de vida. ¿Dónde reside el error?

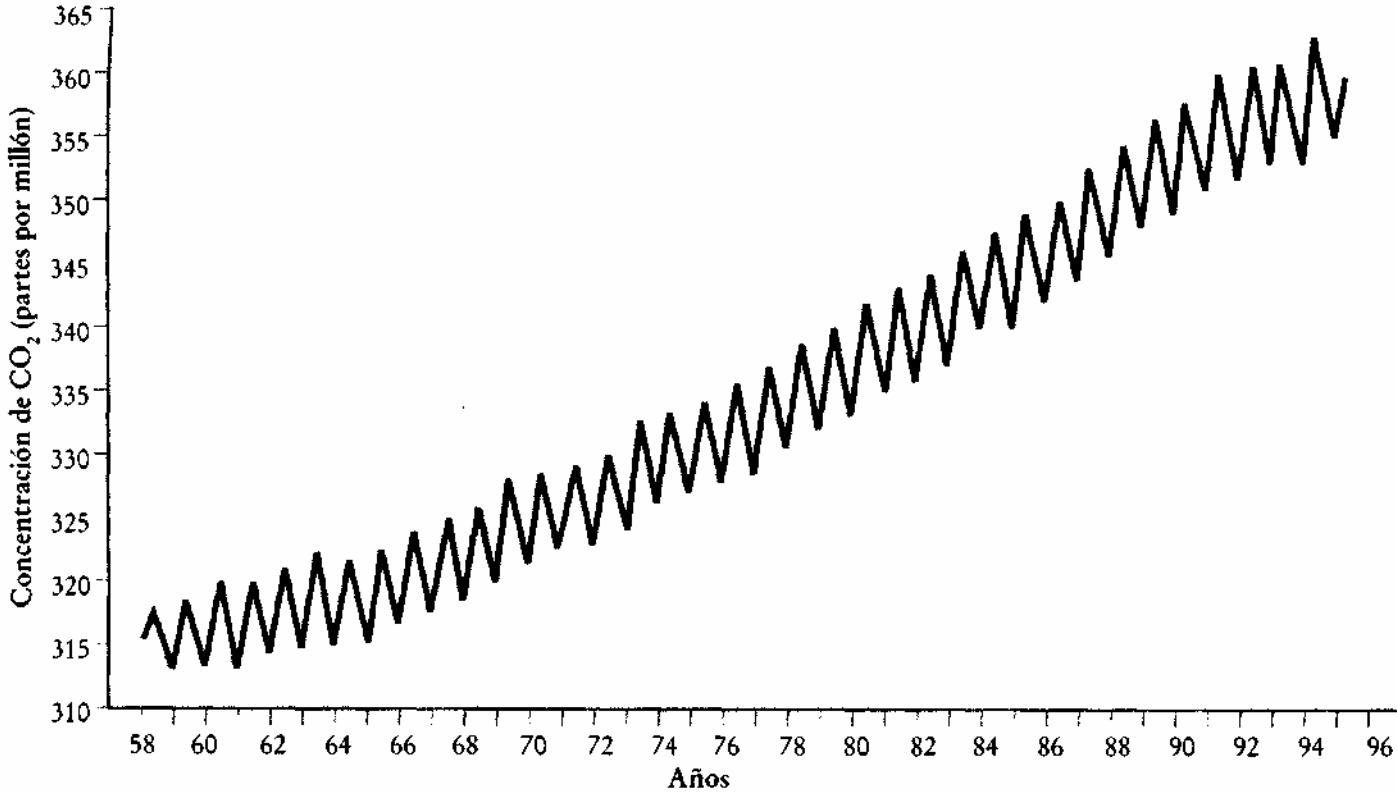
En realidad no hemos errado en los cálculos; sencillamente hemos dejado algo fuera: el efecto invernadero. Hemos supuesto de manera implícita que la Tierra carece de atmósfera. Aunque el aire es transparente a las longitudes de onda visibles (excepto en lugares como Denver y Los Ángeles), se muestra mucho más opaco en la parte infrarroja térmica del espectro. Esto tiene una gran significación. Algunos de los gases en el aire que nos rodea —dióxido de carbono, vapor de agua, ciertos óxidos de nitrógeno, metano y clorofluorocarbonos— absorben mucha luz infrarroja, aunque sean completamente transparentes a la luz visible. Si se coloca una capa de esa materia sobre el suelo, la luz solar visible sigue entrando, pero cuando la superficie la irradia en forma de luz infrarroja, es absorbida por la manta de gases (transparente a la luz visible, semiopaca a la infrarroja) en vez de dispersarse en el espacio.

Como resultado, la Tierra tiene que calentarse algo para lograr el equilibrio entre la luz solar incidente y la radiación infrarroja emitida. Si calculamos el grado de opacidad de esos gases en el infrarrojo y cuánto calor planetario interceptan, tendremos la respuesta adecuada. Así descubrimos que, por término medio (tomando en consideración las estaciones del año, las latitudes y los momentos del día) la superficie terrestre debería estar a unos 13 °C sobre cero. Por eso los océanos no se congelan y el clima resulta adecuado para nuestra especie y nuestra civilización.

La vida depende de un equilibrio delicado de gases invisibles que son componentes menores de la atmósfera terrestre. Un poco de efecto invernadero es bueno. Ahora bien, si añadimos más gases de éstos —como hemos estado haciendo desde el inicio de la Revolución Industrial—, absorberán más radiación infrarroja. Estamos haciendo más gruesa la manta, y con ello calentando más la Tierra.

A los políticos y a la gente en general todo esto (gases invisibles, mantas infrarrojas, cálculos de físicos) tal vez les parezca un poco abstracto. ¿Acaso no necesitamos más pruebas de que existe realmente un efecto invernadero y de que su exceso puede ser peligroso antes de tomar decisiones difíciles que suponen un gasto de dinero? En el carácter del planeta más próximo al nuestro, la amable naturaleza nos ha proporcionado un recordatorio aleccionador. Venus se halla un poco más cerca del Sol que la Tierra, pero sus espesas nubes son tan brillantes que, de hecho, absorbe menos luz solar que la Tierra. Al margen del efecto invernadero, su superficie debería ser más fría que la terrestre. Venus tiene un tamaño y una masa parecidos a los de nuestro planeta, de lo que cabría deducir, ingenuamente, que posee un medio ambiente agradable semejante al de aquí y en definitiva adecuado para el turismo. Sin embargo, si enviáramos una nave espacial a través de esas nubes —en buena parte constituidas por ácido sulfúrico— como hizo la Unión Soviética con las sondas espaciales *Venera,* descubriríamos una atmósfera muy densa, formada en su mayor parte por dióxido de carbono, con una presión al nivel de la superficie 90 veces superior a la terrestre. Si asomáramos un termómetro, como hicieron las naves *Venera,* registraríamos una temperatura de unos 470 °C, suficiente para fundir el estaño o el plomo. Esas temperaturas superficiales, superiores a las del horno doméstico más poderoso, se deben al efecto invernadero, en gran medida fruto de la espesa atmósfera de dióxido de carbono (hay también pequeñas cantidades de vapor de agua y otros gases que absorben el infrarrojo). Venus constituye una demostración práctica de que un incremento en los gases responsables del efecto invernadero puede tener consecuencias desagradables. Es un buen sitio para enseñar a quienes en las tertulias radiofónicas insisten en que el efecto invernadero es un engaño.

Cuanto más aumenta la población humana de la Tierra y se amplían nuestros poderes tecnológicos, más gases que absorben el infrarrojo lanzamos a la atmósfera. Existen procesos naturales que eliminan esos gases del aire, pero estamos produciéndolos a un ritmo tal que estos mecanismos naturales de eliminación se ven superados. A través de la quema de combustibles fósiles por un lado y la destrucción de árboles (que absorben el CO_2 y lo convierten en madera) por otro,



somos responsables de verter cada año al aire 7.000 millones de toneladas de dióxido de carbono.

En el gráfico de la página 139 se puede apreciar el aumento de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre registrado en los últimos años. Los datos proceden del observatorio atmosférico de Mauna Loa, en Hawai. Las islas Hawai no están demasiado industrializadas ni han sido escenario de la quema extensiva de bosques (lo que introduce más CO_2 en el aire). El incremento de dióxido de carbono detectado en Hawai con el paso del tiempo procede de actividades a escala planetaria. El dióxido de carbono llega hasta allí transportado por la circulación atmosférica global y cada año se registra una elevación y una disminución del dióxido de carbono. La culpa es de los árboles de hoja caduca, que en verano captan CO_2 atmosférico, pero en invierno, desnudos, dejan de hacerlo. Superpuesta a esa oscilación anual se aprecia de manera absolutamente inequívoca una tendencia creciente a largo plazo. La concentración de CO_2 en la atmósfera ha superado ya las 350 partes por millón; es más alta que en cualquier otro momento de la historia de la humanidad. Los incrementos de clorofluorocarbonos han sido los más rápidos —cerca de un 5 % al año— en razón del desarrollo mundial de la industria de los CFC, aunque ahora comienzan a disminuir[*]. Por culpa de la agricultura y de la industria, aumentan también otros gases invernadero, como el metano.

Puesto que sabemos en qué medida están aumentando los gases invernadero y afirmamos conocer la opacidad infrarroja resultante, ¿no podríamos calcular el incremento de temperatura en las últimas décadas a consecuencia del aumento de CO_2 y otros gases? Sí podemos, pero tenemos que proceder con cuidado. Debemos recordar que el Sol pasa por un ciclo de 11 años, a lo largo de los cuales cambia un tanto el volumen de energía que emite. Hemos de tener en cuenta que cuando los volcanes entran en erupción inyectan en la estratosfera finas gotitas de ácido sulfúrico, con lo que más luz solar es reflejada hacia el espacio y la Tierra se enfría algo; se ha calculado que una gran erupción es capaz de hacer bajar la temperatura mundial en casi un grado Celsius durante unos cuantos años. Hemos de recordar también que en la atmósfera inferior hay una capa de partículas de azufre procedentes de las chimeneas industriales, que si bien perjudica a las personas, enfría la Tierra. El polvo mineral arrastrado por el viento tiene un efecto similar. Si uno toma en consideración estos factores y muchos más, y echa mano de todos los recursos de que disponen los climatólogos en la actualidad, llegará a la conclusión de que a lo largo del siglo XX, y en razón de la quema de combustibles fósiles, la temperatura media de la Tierra tiene que haber aumentado unas cuantas décimas de grado.

Como es natural, a uno le gustaría comparar este cálculo con los hechos. ¿Ha aumentado siquiera la temperatura terrestre (y especialmente en la medida predicha) durante el siglo XX? Una vez más, tenemos que proceder con cautela. Hay que recurrir a registros de temperaturas lejos de las ciudades, porque en éstas, debido a las industrias y a la relativa ausencia de vegetación, la temperatura es de hecho más alta que en los campos circundantes. Hemos de promediar adecuadamente los registros en latitudes, alturas, estaciones del año y momentos del día distintos. Debemos tener en cuenta la diferencia entre las temperaturas tierra adentro y al lado del agua. Cuando uno hace todo esto, los resultados parecen consecuentes con las expectativas teóricas.

En el transcurso del siglo XX la temperatura de la Tierra ha aumentado algo, menos de 1 °C. En las curvas hay oscilaciones sustanciales, así como ruido de fondo en la señal climática global. Los 10 años más cálidos desde 1860 corresponden todos a la década de los ochenta y comienzos de los noventa del presente siglo, pese al enfriamiento planetario debido a la erupción del volcán Pinatubo en las Filipinas en 1991. El Pinatubo vertió en la atmósfera terrestre entre 20 millones y 30 millones de toneladas de dióxido de azufre y aerosoles. En sólo dos meses esos materiales cubrieron las dos quintas partes de la superficie terrestre, y al

[*] Una vez más, como los CFC reducen la capa de ozono y simultáneamente contribuyen al calentamiento global, ha habido cierta confusión entre dos efectos sobre el medio ambiente muy diferentes.

cabo de tres, toda ella. Por su violencia, fue la segunda erupción volcánica del siglo (sólo superada por la que se produjo en 1912 en Katmai, en Alaska). Si los cálculos son correctos y no se producen grandes erupciones volcánicas en un futuro inmediato, hacia finales de la década de los noventa debería reafirmarse la tendencia ascendente. En realidad ya lo ha hecho: 1995 fue marginalmente el año más cálido registrado.

Otro modo de comprobar si los climatólogos saben lo que están haciendo consiste en pedirles que realicen determinaciones retrospectivas. La Tierra ha pasado por glaciaciones. Si existen formas de medir las fluctuaciones de la temperatura en el pasado, ¿pueden decirnos algo sobre los climas pretéritos?

El estudio de muestras de hielo extraídas de los casquetes de Groenlandia y la Antártida ha proporcionado importantes descubrimientos acerca de la historia del clima planetario. La tecnología de esas perforaciones deriva directamente de la industria petrolífera; así, los responsables de la extracción de combustibles fósiles de las entrañas de la Tierra han hecho una contribución importante para desvelar los peligros de tal proceder. Un minucioso examen físico y químico de esas muestras revela que la temperatura planetaria y la cantidad de CO_2 ascienden y descienden a la par: cuanto más CO_2, más caliente está el planeta. Los mismos modelos informáticos empleados para comprender las tendencias de la temperatura global en las últimas décadas reproducen correctamente el clima de las eras glaciales a partir de las fluctuaciones en los gases invernadero en épocas anteriores. (Obviamente, nadie está diciendo que hubiese civilizaciones preglaciares que condujeran coches de combustión deficiente y vertiesen en la atmósfera enormes cantidades de gases invernadero; una cierta parte de la variación en el volumen de CO_2 es de origen natural.)

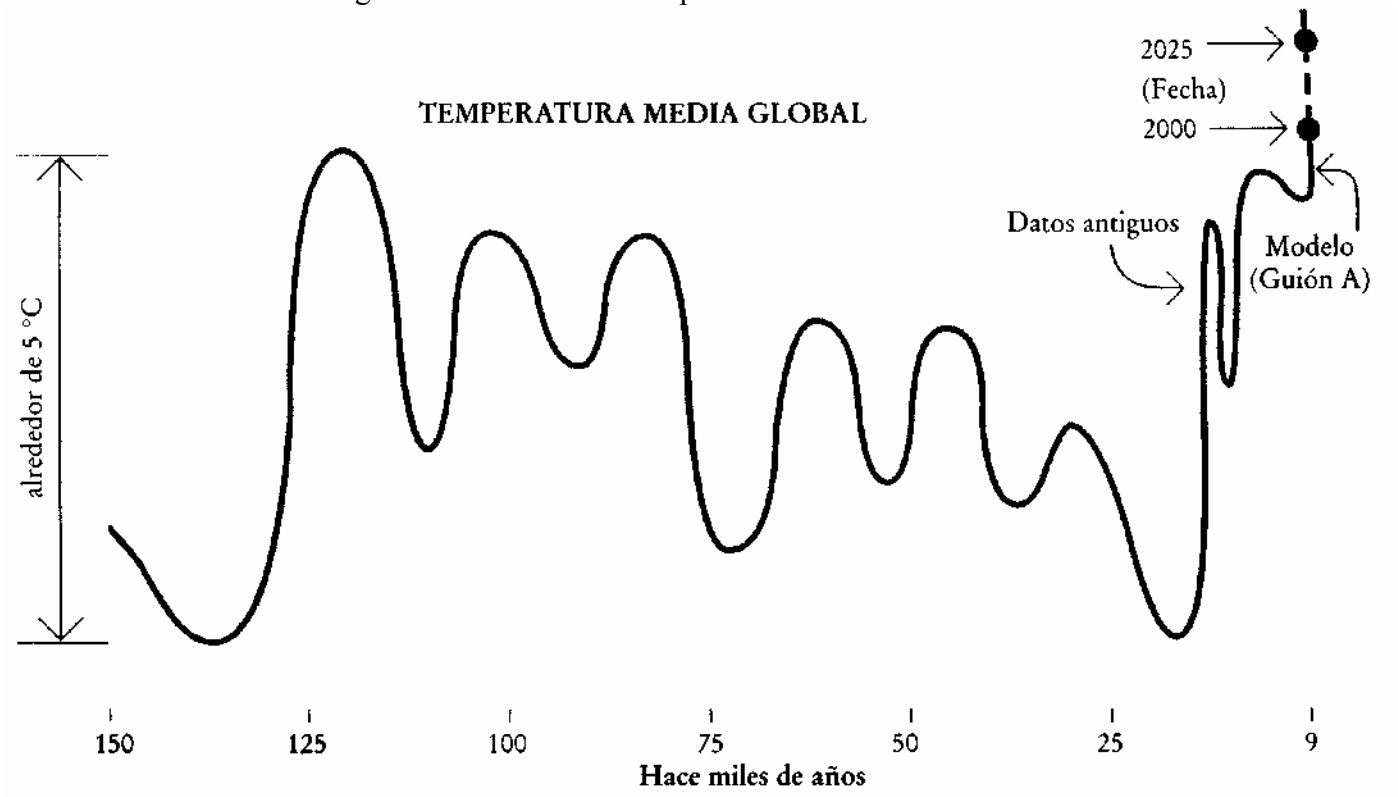
En los últimos centenares de miles de años la Tierra ha sufrido diversas glaciaciones. Hace 20.000 años, lo que hoy es Chicago se hallaba cubierto por una capa de hielo de kilómetro y medio de espesor. Ahora estamos entre dos glaciaciones, en lo que se llama un periodo interglaciar. La diferencia de temperatura media global entre una glaciación y un periodo interglaciar es sólo de entre 3 °C y 6 °C. Esto debería hacer sonar de inmediato los timbres de alarma: un cambio de sólo unos pocos grados puede ser algo sumamente serio.

Con todo este bagaje, que les sirve para calibrar su competencia, los meteorólogos pueden ahora intentar predecir cómo puede cambiar el clima de la Tierra si seguimos quemando combustibles fósiles y vertiendo gases invernadero en la atmósfera a un ritmo frenético. Varios equipos científicos —equivalentes modernos del oráculo de Delfos— han empleado modelos informáticos para calcular el incremento térmico esperado y vaticinar cuánto aumentaría la temperatura global si, por ejemplo, se doblara la cantidad de dióxido de carbono, lo que al ritmo actual de consumo de combustibles fósiles sucederá a finales del siglo XXI. Los principales oráculos son el Laboratorio Geofísico de Dinámica de Fluidos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), en Princeton; el Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la NASA, en Nueva York; el Centro Nacional de Investigación Atmosférica, en Boulder, Colorado; el Departamento de Energía del Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, en California; la Universidad de Oregon; el Centro Hadley de Predicción e Investigación Climáticas, en Gran Bretaña, y el Instituto Max Planck de Meteorología, en Hamburgo. Todos predicen que el incremento de la temperatura media global oscilará entre 1 °C y 4 °C.

Se trata del cambio climático más rápido observado desde que apareció la civilización. Si el aumento es el mínimo estimado, por lo menos las sociedades desarrolladas e industriales podrán adaptarse, no sin esfuerzo, al cambio de circunstancias. Si el aumento es el máximo estimado, el mapa climático de la Tierra se alterará de modo espectacular y las consecuencias quizá sean catastróficas para todas las naciones, tanto ricas como pobres. En buena parte del planeta los bosques y la vida salvaje están confinados en zonas aisladas, y no podrán trasladarse cuando cambie el clima. Se acelerará considerablemente la extinción de especies. Habrá que realizar grandes desplazamientos de cultivos y poblaciones.

Ninguno de los equipos citados afirma que se enfriará la Tierra si se dobla el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera. Ninguno asegura que el planeta se calentará en decenas o centenares de grados. Disfrutamos de una ventaja negada a muchos de los antiguos griegos: podemos acudir a diversos oráculos y comparar sus profecías. Al hacerlo, observamos que todos vienen a decir más o menos lo mismo. De hecho, las respuestas coinciden con los oráculos más antiguos sobre la materia, incluido el químico sueco Svante Arrhenius, premio Nóbel, quien a principios de siglo ya hizo una predicción similar, con un conocimiento mucho más limitado de la absorción infrarroja del dióxido de carbono y de las propiedades de la atmósfera terrestre. La física empleada por todos estos grupos de investigación predice correctamente la temperatura presente de la Tierra, así como los efectos invernadero en otros planetas como Venus. Claro está que podría haber algún error simple que todo el mundo haya pasado por alto. Aun así, es seguro que estas profecías concordantes merecen ser tomadas muy en serio.

Existen otros signos inquietantes. Investigadores noruegos han dado cuenta de una disminución de la superficie de la banquisa ártica desde 1978. En el mismo periodo se han advertido enormes grietas en la plataforma antártica de Wor-



die. En enero de 1995, un fragmento de hielo de 4.200 kilómetros cuadrados se desprendió de la plataforma de Larsen para penetrar en el océano Antártico. En toda la Tierra se ha registrado un retroceso notable de los glaciares alpinos. Aumentan en el mundo entero los episodios de temperaturas extremas. El nivel del mar sigue ascendiendo. Por sí misma, ninguna de estas tendencias es una prueba concluyente de la responsabilidad de las actividades de nuestra civilización, pero, juntas, resultan muy inquietantes.

Cada vez son más numerosos los expertos que se adhieren a la conclusión de que en el calentamiento global se adivina la «firma» del hombre. En 1995, representantes de los 25.000 científicos del Foro Intergubernamental sobre Cambio Climático dedujeron, tras un estudio exhaustivo, que «el balance de las pruebas sugiere que existe una influencia humana discernible sobre el clima». Aunque todavía no esté «más allá de toda duda razonable», dice Michael MacCracken, director del programa estadounidense de investigación acerca del cambio global, la evidencia «es cada vez más convincente». «Es muy improbable que [el calentamiento observado] responda a una variabilidad natural», señala Thomas Karl, del Centro Nacional de Datos Climáticos, de Estados Unidos. «Hay una probabilidad de entre un

90 % y un 95 % de que no nos estemos engañando.»

La gráfica de la página 145 ofrece una perspectiva muy amplia. A la izquierda está la situación hace 150.000 años; tenemos hachas de piedra y nos sentimos realmente satisfechos de nosotros mismos por haber dominado el fuego. Las temperaturas globales varían con la sucesión de glaciaciones y periodos interglaciares. La amplitud total de las fluctuaciones, desde la temperatura más fría a la más cálida, es de unos 5 °C. Tras el final de la última glaciación, tenemos arcos y flechas, animales domesticados, el origen de la agricultura, la vida sedentaria, armas metálicas, ciudades, fuerzas policiales, impuestos, el crecimiento exponencial de la población, la Revolución Industrial y armas nucleares (la última parte, en el extremo derecho de la curva de trazo continuo, es una estimación). Llegamos al presente, el final de esa línea. La de trazo discontinuo revela algunas proyecciones del rumbo que seguiremos a causa del efecto invernadero. Esta gráfica deja bien claro que las temperaturas que ahora conocemos (o conoceremos muy pronto si prosigue la tendencia actual) no sólo son las más cálidas del último siglo, sino las más elevadas de los últimos 150.000 años. He aquí otra muestra de la magnitud de los cambios globales que estamos generando los seres humanos y de su naturaleza sin precedentes.

El calentamiento global no es en sí mismo causa de mal tiempo, pero sí hace que éste sea más probable. Si bien es verdad que el tiempo inclemente no requiere un calentamiento global, todos los modelos informáticos señalan que éste iría acompañado de un incremento significativo del mal tiempo: graves sequías tierra adentro, grandes frentes tormentosos e inundaciones cerca de las costas, mucho más calor y mucho más frío a escala local, todo ello determinado por un incremento relativamente modesto en la temperatura planetaria media. Esta es la razón de que un enero extremadamente gélido en Detroit, por ejemplo, no constituya una refutación patente del calentamiento global, tal como pretenden algunos editoriales periodísticos. El tiempo inclemente puede resultar muy costoso. Veamos un caso: en 1992, y tras un solo huracán (Andrew), las compañías norteamericanas de seguros tuvieron una pérdida neta de 50.000 millones de dólares. Los desastres naturales cuestan cada año en Estados Unidos más de 100.000 millones de dólares. El total mundial es muy superior.

Los cambios del clima afectan también a los animales y microbios portadores de enfermedades. Se sospecha que los recientes brotes de cólera, malaria, fiebre amarilla, dengue y síndrome pulmonar de hantavirus están relacionados con alteraciones meteorológicas. Según un reciente estudio epidemiológico, el incremento del área terrestre ocupada por zonas tropicales y subtropicales y la consecuente proliferación de mosquitos portadores de la malaria determinará cada año para finales del siglo que viene entre 50 millones y 80 millones de casos más de paludismo. A no ser que se haga algo. Un informe científico de Naciones Unidas declaraba en 1996: «Aunque es probable que el cambio climático ejerza un impacto adverso en la salud de la población, no tenemos la opción habitual de buscar una prueba empírica definitiva antes de tomar medidas. Esperar a ver qué pasa sería, en el mejor de los casos, imprudente, y en el peor, un sinsentido.»

En lo que se refiere al vertido de gases invernadero en la atmósfera, el clima previsto para el siglo xxi depende de que mantengamos el ritmo presente, lo aceleremos o lo reduzcamos. A más gases invernadero, más calor. Aun suponiendo sólo incrementos moderados, parece ser que las temperaturas se elevarán significativamente. Ahora bien, éstas son medias globales; en algunos sitios el tiempo será mucho más frío y en otros mucho más cálido. Cabe prever que en grandes áreas aumentarán las sequías. Muchos modelos predicen que las grandes regiones productoras de alimento en el sur y el sureste asiáticos, en América central y meridional y en el África subsahariana se tornarán más calientes y secas.

Es posible que al principio resulte beneficiada la exportación agrícola de algunas naciones de latitudes medias y altas (Estados Unidos, Canadá y Australia, por ejemplo). El impacto sobre los países pobres será, en cambio, mucho más duro. En este aspecto, como en otros muchos, durante el siglo XXI podría aumentar espectacularmente la disparidad global entre ricos y

pobres. Según enseña la historia de las revoluciones, millones de personas con hijos hambrientos y muy poco que perder plantearán un serio problema a los países opulentos.

La posibilidad de una crisis agrícola global precipitada por las sequías comienza a hacerse significativa hacia el 2050.

Algunos científicos creen que es remota —quizá sólo del 10 %—, pero aun así resulta obvio que cuanto más esperemos más probable será. Durante un tiempo a algunas regiones (Canadá, Siberia) quizá les vaya mejor (si el suelo resulta adecuado para la agricultura), por mucho que empeoren las cosas en las latitudes inferiores, pero si esperamos lo suficiente el clima se deteriorará en todo el mundo.

Cuando la Tierra se calienta, el nivel del mar asciende. Es posible que hacia el final del siglo xxi se haya elevado decenas de centímetros, y quizás hasta un metro. Esto se deberá en parte a que el agua del mar se expande al calentarse y en parte a la fusión de los hielos glaciares y polares. Nadie sabe cuándo sucederá, pero según las previsiones llegará un momento en que quedarán por completo sumergidas algunas islas muy pobladas de Polinesia, Melanesia y el océano índico. Resulta comprensible que se haya constituido una Alianza de Pequeños Estados Isleños resuelta a frenar cualquier incremento ulterior de gases invernadero. También se predicen efectos devastadores sobre Venecia, Bangkok, Alejandría, Nueva Orleans, Miami, la ciudad de Nueva York y, más en general, para las populosas cuencas de los ríos Misissipi, Yang-tsé, Amarillo, Rin, Ródano, Po, Nilo, Ganges, Níger y Mekong. Sólo en Bangla Desh, la elevación del nivel del mar desplazará decenas de millones de personas. Con unas poblaciones en crecimiento, un medio ambiente cada vez más deteriorado y unos sistemas sociales cada vez más incompetentes para afrontar cambios rápidos, surgirá un nuevo y vasto problema: el de los refugiados ambientales. ¿Adónde se supone que irán? Para China cabe anticipar problemas semejantes. Si seguimos actuando como hasta ahora, la Tierra se calentará más cada año que pase, tanto las sequías como las inundaciones se harán endémicas, muchas ciudades, provincias y hasta naciones enteras quedarán sumergidas bajo las aguas, a no ser que se emprendan colosales obras públicas para evitarlo. A largo plazo, tal vez sobrevengan consecuencias aún peores, incluyendo el colapso de la plataforma del Antártico occidental, que en caso de fundirse provocará otra gran ascensión del nivel del mar y el anegamiento de casi todas las ciudades costeras del planeta.

Los modelos de calentamiento global predicen efectos diferentes —subida de temperatura, sequías, meteorología inestable y elevación del nivel del mar— que se hacen visibles en distintas escalas temporales, de décadas a siglos. Estas consecuencias parecen tan indeseables y su remedio tan costoso que es natural que se hayan realizado esfuerzos serios por encontrar algún fallo argumental. Algunos sólo responden al escepticismo científico habitual ante toda idea nueva; otros están motivados por el afán de lucro de las industrias afectadas. Una cuestión clave es la de la retroacción.

En el sistema climático global son posibles tanto retroacciones positivas como negativas. Las primeras resultan peligrosas. He aquí un ejemplo: la temperatura se eleva algo en *razón* del efecto invernadero y se funde parte del hielo polar; ahora bien, el hielo es más brillante que el mar abierto, de modo que, por obra de esa fusión, la Tierra se oscurece ligeramente, absorbe más luz solar, se funde una cantidad mayor de hielo polar y el proceso se amplifica a sí mismo de manera quizá desenfrenada. Ésta es una retroacción positiva. Veamos otra: un poco más de CO_2 en el aire calienta un tanto la superficie del planeta, incluyendo los océanos; de los mares ahora más cálidos escapa algo más de vapor de agua hacia la atmósfera; el vapor de agua es también un gas invernadero, así que retiene una cantidad mayor de calor y la temperatura se eleva aún más.

Existen también retroacciones negativas. Estas son homeostáticas. Un ejemplo: calentemos algo la Tierra vertiendo en la atmósfera un poco más de dióxido de carbono; como antes, esto inyecta en el aire más vapor de agua, generando más nubes; éstas son blancas, de manera que reflejan más luz solar y, por consiguiente, el planeta se calienta menos. Así pues, el

incremento de temperatura acaba determinando su propio descenso. Otra posibilidad: pongamos en la atmósfera un poco más de dióxido de carbono; las plantas se aprovecharán de ello creciendo más deprisa, y de esa manera eliminarán dióxido de carbono del aire, con lo que se reducirá el efecto invernadero. Las retroacciones negativas son como termostatos del clima global. Si fuesen lo bastante enérgicas, tal vez el efecto invernadero se auto limitase y pudiéramos permitirnos el lujo de emular a los oyentes de Casandra sin compartir su destino.

La pregunta es: ¿hacia dónde se inclina la balanza cuando se sopesan las retroacciones positivas y negativas? La respuesta es que nadie está absolutamente seguro. Los cálculos retrospectivos del calentamiento y el enfriamiento globales durante las glaciaciones en respuesta a las fluctuaciones de los gases invernadero proporcionarán la réplica adecuada. En otras palabras: la calibración de los modelos informáticos, forzando su coincidencia con datos históricos, dará cuenta automáticamente de los mecanismos de todas las retroacciones, conocidas e ignoradas, en la maquinaria del clima natural. Por otra parte, dado que la Tierra se ha visto empujada hacia regímenes climáticos desconocidos durante los últimos 200.000 años, podrían darse nuevas retroacciones de las que nada sabemos. Por ejemplo, hay mucho metano secuestrado en ciénagas (responsable de los fantasmales fuegos fatuos) que al calentarse la tierra podría comenzar a burbujear a ritmo creciente. Ese metano adicional elevaría aún más la temperatura del planeta, con lo que tendríamos otra retroacción positiva.

Wallace Broecker, de la Universidad de Columbia, ha señalado que el veloz calentamiento que se produjo hacia el 10.000 a. de C., justo antes de la invención de la agricultura, fue tan abrupto que implica una inestabilidad en el sistema acoplado océano-atmósfera; si el clima de la Tierra es empujado drásticamente en una u otra dirección, tras cruzarse un umbral se produce una especie de «bang» y todo el sistema se precipita hacia un nuevo estado estable. Broecker añade que quizá nos hallemos al borde de otra inestabilidad similar. Esta consideración sólo empeora las cosas, tal vez mucho más.

En cualquier caso, está muy claro que cuanto más rápido cambie el clima, más difícil será que los sistemas homeostáticos se adapten y estabilicen. Me pregunto si no será más probable que pasemos por alto las retroacciones indeseables antes que las alentadoras. Parece evidente que no somos lo bastante sabios para preverlo todo; creo que es improbable que nos salve la suma de todo aquello con lo que, por ignorancia, no contamos. Podría ser que sí, pero ¿apostaríamos la vida para averiguarlo?

El vigor y la importancia de las cuestiones ambientales se refleja en las reuniones de las sociedades científicas profesionales; por ejemplo, la Unión Geofísica Americana constituye la mayor organización mundial de especialistas en ciencias. Cuando en 1993 se reunió, como todos los años, una de las sesiones estuvo consagrada a revisar episodios de calentamiento anteriores en la historia del planeta, para tratar de averiguar cuáles podrían ser las consecuencias de una elevación global de la temperatura. Ya la primera ponencia advertía que «al ser tan rápida la tendencia futura de la elevación de temperatura, no existen analogías históricas del calentamiento por efecto invernadero en el siglo XXI». Otras cuatro sesiones de medio día se dedicaron a la merma del ozono y tres a la retroacción nubes-clima. Tres sesiones adicionales se reservaron a estudios más generales sobre los climas del pasado. J. D. Mahlman comenzó su intervención, diciendo: «El descubrimiento de las grandes pérdidas de ozono en la Antártida durante la década de los ochenta fue un acontecimiento que nadie había previsto.» Un documento del Centro Byrd de Investigaciones Polares, dependiente de la Universidad de Ohio, brindó pruebas de un reciente calentamiento planetario en comparación con las temperaturas de los últimos 500 años, obtenidas a partir de muestras de hielo de glaciares de China occidental y Perú.

Considerando lo contenciosa que es la comunidad científica, resulta notable que no se haya publicado un solo artículo que afirme que el adelgazamiento de la capa de ozono o el calentamiento global son quimeras o trapisondas, o que siempre hubo un agujero en la capa de ozono sobre la Antártida, o que el calentamiento global al doblarse el volumen de dióxido de

carbono será considerablemente inferior a 1 °C. Son muy altas las recompensas para quienes demuestren que no existe merma de ozono o que el calentamiento global es insignificante. Hay muchas personas y empresas poderosas y ricas que se beneficiarían de una reputación en este sentido. Sin embargo, como indican los programas de las reuniones científicas, se trata, probablemente, de una esperanza vana.

Nuestra civilización técnica se está poniendo a sí misma en peligro. Por todo el mundo los combustibles fósiles degradan simultáneamente la salud del aparato respiratorio humano, la vida en bosques, lagos, litorales y océanos, y el clima del planeta. Es seguro que nadie pretendió causar semejante daño. Los responsables de la industria basada en combustibles fósiles trataban, sencillamente, de obtener un beneficio para sí y para sus accionistas, de ofrecer un producto que todos deseaban y de apoyar el poder militar y económico de las naciones a que pertenecían. El que no supieran lo que hacían, el que sus intenciones fuesen benignas, el que la mayoría de nosotros, habitantes del mundo desarrollado, nos hayamos beneficiado de nuestra civilización basada en combustibles fósiles, el que muchas naciones y generaciones contribuyeran a agravar el problema, son motivos para pensar que no es momento de echar las culpas a nadie. No nos metió en este apuro una sola nación, generación o industria, y no será una sola de ellas la que nos saque de él. Si queremos impedir que este peligro climático tenga efecto, deberemos trabajar juntos y por mucho tiempo. El principal obstáculo es, está claro, la inercia, la resistencia al cambio de las grandes entidades multinacionales industriales, económicas y políticas que dependen de los combustibles fósiles, cuando son éstos los que crean el problema. A medida que crece la conciencia de la gravedad del calentamiento global, en Estados Unidos parece menguar la voluntad política de hacer algo al respecto.

12. HUIR DE LA EMBOSCADA

Evidentemente, no experimentará temor quien cree que nada puede sucederle [...]. Sienten miedo aquellos que juzgan probable que algo les pase [...]. Los hombres no piensan así cuando se encuentran o creen hallarse en la plenitud de la prosperidad, y en consecuencia se muestran insolentes, desdeñosos y temerarios [...]. [Pero si] conocen la angustia de la incertidumbre, tiene que haber alguna esperanza de salvación, por exigua que sea.

Aristóteles (384-322 a. de C), *Retórica,* $1382^{b}29$

¿Qué hacer? Dado que el dióxido de carbono que hemos lanzado a la atmósfera permanecerá allí durante décadas, por muchos que sean los esfuerzos en aras del autocontrol tecnológico, y aun cuando sea posible reducir a ritmo más acelerado la contribución de otros gases al calentamiento global, sólo las generaciones futuras se verán beneficiadas. Tenemos que distinguir entre las medidas a corto plazo y las soluciones a largo plazo, si bien se requieren ambas. Todo indica que debemos pasar tan velozmente como sea posible a una nueva economía energética mundial que no genere tantos gases de invernadero y otros contaminantes. Ahora bien, «tan velozmente como sea posible» significa, como mínimo, décadas, y mientras tanto hemos de aliviar el daño, cuidar de que la transición perjudique lo menos posible el tejido social y económico del mundo para evitar que baje el nivel de vida. Lo único que importa es si conseguiremos gobernar la crisis o si ésta nos gobernará a nosotros.

Según una encuesta Gallup de 1995, casi dos de cada tres norteamericanos se consideran defensores del medioambiente y otorgarían prioridad a la protección de éste sobre el desarrollo económico. La mayoría incluso aceptaría un aumento de los impuestos *si* estuviese encaminado a este fin. Aun así, puede suceder que todo esto sea imposible, que los intereses creados de la industria sean tan poderosos, y tan débil la resistencia del consumidor, que no se produzca ningún cambio significativo en la situación presente hasta que ya sea demasiado tarde, o que la transición hacia una civilización basada en combustibles no fósiles quebrante tanto la ya frágil economía mundial que provoque el caos económico. Hemos de escoger con cautela nuestro camino. Tenemos una tendencia natural a contemporizar: éste es un territorio desconocido, ¿no deberíamos, pues, proceder lentamente? Sin embargo, cuando echamos un vistazo a los mapas del cambio climático previsto comprendemos que no cabe contemporizar, que es una locura avanzar con demasiada lentitud.

Estados Unidos es el mayor emisor planetario de CO_2, Le sigue en orden de importancia Rusia y otras repúblicas de la ex Unión Soviética. El tercero es el conjunto de los países en vías de desarrollo. Este hecho es muy importante. No se trata de un problema que afecte sólo a las naciones de tecnología avanzada; a través de la quema de rastrojos, del consumo de leña y otras prácticas, los países en vías de desarrollo contribuyen significativamente al calentamiento global. Por si esto fuera poco, ostentan la tasa más alta de crecimiento demográfico. Aunque nunca lleguen a alcanzar el nivel de vida del Japón, Australia y Occidente, esas naciones representarán una parte cada vez mayor del problema. En el orden de complicidad siguen Europa occidental, China y, tras ella, Japón, una de las naciones del planeta más eficientes en lo que al empleo de combustibles se refiere. Una vez más, y puesto que la causa del calentamiento global es planetaria, también ha de serlo cualquier solución que se adopte.

La escala del cambio necesario para abordar el meollo del problema es casi aterradora (sobre todo para los políticos interesados especialmente en hacer cosas que los beneficien durante sus mandatos). Si la acción requerida para mejorar las cosas pudiera concentrarse en programas de dos, cuatro o seis años, los políticos se mostrarían más dispuestos, porque entonces podrían sacar partido de ello a la hora de presentarse a la reelección. Pero los programas a 20, 40 o 60 años, cuyos beneficios se dejarán ver cuando esos políticos no sólo hayan dejado de ocupar sus cargos sino que estén muertos, resultan muy poco atractivos.

Tenemos que ser, por supuesto, cautelosos; debemos evitar precipitarnos como Creso para descubrir después de un enorme desembolso que hemos logrado algo innecesario, estúpido o peligroso. Pero más irresponsable todavía es hacer caso omiso de una catástrofe inminente y confiar de manera ingenua que el peligro se esfumará por sí solo. ¿No podemos encontrar una respuesta política a medio plazo que se adecué a la gravedad del problema sin arruinarnos en caso de que por alguna razón —una retroacción negativa *deus ex machina,* por ejemplo— hayamos sobreestimado esa gravedad?

Imaginemos que tenemos que levantar un puente o un rascacielos. Tales construcciones suelen hacerse de modo que sean capaces de resistir tensiones mucho mayores que las que probablemente tendrán que soportar. ¿Por qué? Pues porque las consecuencias del derrumbamiento de un puente o un rascacielos son tan graves que hay que tener una seguridad. Necesitamos garantías muy sólidas. Opino que es preciso adoptar el mismo enfoque para los problemas medioambientales locales, regionales y globales. Aquí, como ya he dicho, tropezamos con una gran resistencia, en parte porque se requiere un gran desembolso del Gobierno y la industria. Es por ello que asistiremos a crecientes tentativas de poner en tela de juicio el calentamiento global. Sin embargo, también hace falta dinero para apuntalar puentes y reforzar rascacielos; consideramos que eso forma parte del coste de construir a lo grande. A los arquitectos y constructores que escatiman gastos y no toman las debidas precauciones no se les considera capitalistas prudentes por no gastar dinero en contingencias improbables: se les considera delincuentes. Si hay leyes para garantizar que no se desplomen puentes y rascacielos, ¿no debería haber leyes y preceptos morales que afectasen a las cuestiones medioambientales, mucho más graves en potencia?

Quiero brindar ahora algunas sugerencias prácticas relacionadas con el cambio climático. Creo que representan el consenso de gran número de expertos, aunque, sin duda, no de todos. Constituyen sólo un comienzo, un intento de mitigar el problema, pero con un grado de seriedad apropiado. Dar marcha atrás y conseguir que el clima de la Tierra vuelva a ser el que era, por ejemplo, en la década de los sesenta resultará mucho más difícil. Las propuestas que ofrezco son también moderadas en otro aspecto: hay razones excelentes para llevarlas a cabo, al margen de la cuestión del calentamiento global.

Mediante una observación sistemática del Sol, la atmósfera, las nubes, las tierras y los océanos desde el espacio, aviones, barcos y observatorios terrestres, con una amplia gama de sistemas de detección, podríamos disminuir la incertidumbre actual, identificar posibles bucles retroactivos, observar pautas regionales de contaminación y sus efectos, apreciar el retroceso de los bosques y la expansión de los desiertos, vigilar los cambios en los casquetes polares, los glaciares y el nivel de los océanos, examinar la química de la capa de ozono, observar la difusión de los escombros volcánicos y sus consecuencias climáticas y escrutar las fluctuaciones de la cantidad de luz solar que llega a la Tierra. Nunca antes hemos dispuesto de instrumentos tan poderosos para estudiar y salvaguardar el medioambiente global. Aunque están a punto de entrar en liza naves espaciales de muchas naciones, el primero de tales instrumentos es el sistema robótico de observación terrestre de la NASA, incluido en la Misión al Planeta Tierra.

Cuando se añaden a la atmósfera gases invernadero, el clima de la Tierra no reacciona de forma instantánea, sino que, según parece, tarda aproximadamente un siglo en sentir dos tercios del impacto potencial. Así pues, aunque detuviéramos mañana mismo todas las emisiones de CO_2 y otros gases, el efecto invernadero seguiría aumentando por lo menos hasta finales del siglo XXI. Esta es una poderosa razón para desconfiar de la actitud de esperar a ver qué pasa.

Durante la crisis petrolífera producida entre los años 1973 y 1979, elevamos los impuestos para reducir el consumo, fabricamos coches más pequeños y redujimos los límites de velocidad. Ahora que sobra petróleo hemos bajado los impuestos, estamos fabricando coches más grandes y hemos elevado los límites de velocidad. No hay ningún atisbo de planes a largo

plazo.

Para evitar que siga aumentando el efecto invernadero, el mundo debe reducir en más de la mitad su dependencia de los combustibles fósiles. A corto plazo, mientras sigamos atados a ellos, cabe emplearlos de manera mucho más eficiente. Con sólo el 5 % de la población del planeta, Estados Unidos gasta casi el 25 % de la energía mundial. Los automóviles son responsables de casi una tercera parte de la producción de CO_2 en Norteamérica. Nuestro vehículo emite al año un peso de CO_2 superior al suyo propio. Está claro que arrojaremos menos dióxido de carbono a la atmósfera si podemos hacer más kilómetros por litro de gasolina.

Casi todos los expertos coinciden en señalar que es posible mejorar grandemente la eficiencia en el uso de combustibles. ¿Por qué nosotros, que presumimos de ecologistas, nos contentamos con coches que recorren menos de 10 kilómetros por litro de gasolina? Si consiguiéramos autonomías de 20 kilómetros por litro inyectaríamos la mitad de CO_2 en el aire, y si fueran de 40 kilómetros por litro, sólo una cuarta parte. Ésta es una muestra del conflicto emergente entre lograr un beneficio máximo a corto plazo y mitigar el daño ambiental a largo plazo.

Nadie comprará los coches de bajo consumo, solían decir los fabricantes de Detroit; tendrán que ser más pequeños y por lo tanto menos seguros; no acelerarán con la misma rapidez (aunque, desde luego, podrían superar los límites de velocidad) y costarán más. Sí, es cierto que desde mediados de la década de los noventa los norteamericanos se decantan cada vez más por coches y camiones que se tragan la gasolina a grandes velocidades, en parte por el bajo precio del petróleo. No es extraño, pues, que la industria automovilística estadounidense se opusiera y siga oponiéndose por vías indirectas a cualquier cambio significativo. En 1990, por ejemplo, tras grandes presiones por parte de los fabricantes, el Senado rechazó (por estrecho margen) una ley que habría exigido mejoras apreciables en la eficiencia del consumo en los automóviles norteamericanos, y entre los años 1995 y 1996 se relajaron en algunos estados las disposiciones ya existentes respecto al empleo eficiente de combustibles.

Sin embargo, hacer coches más pequeños no es la única solución posible, y hay modos de lograr que incluso los de menor tamaño sean más seguros (como nuevas estructuras que absorban los choques, componentes que se desmenucen o reboten, y *airbag* para todos los asientos). Dejando de lado a los muchachos intoxicados por su propia testosterona, ¿qué podemos perder olvidándonos de la capacidad de superar el límite de velocidad en unos segundos, en comparación con lo mucho que tenemos que ganar? Hay ya coches con motor de gasolina y aceleración rápida con una autonomía de 20 o más kilómetros por litro. Puede que su precio sea más caro pero saldrán más baratos en cuanto a consumo de combustible. Según una estimación del Gobierno estadounidense, el gasto adicional quedaría compensado en sólo tres años. La afirmación de que nadie adquirirá esos vehículos subestima la inteligencia y la preocupación medioambiental de los norteamericanos..., así como el poder de la publicidad al servicio de un objetivo tan meritorio.

Se establecen límites de velocidad, se exigen permisos de conducir y se imponen muchas otras restricciones con objeto de salvar vidas. Se reconoce que los automóviles son tan peligrosos en potencia que es obligación del Gobierno fijar ciertos límites en lo que a su fabricación, su mantenimiento y su conducción se refiere. Esto es aún más aplicable al calentamiento global, una vez que admitamos su gravedad. Nos hemos beneficiado de nuestra civilización global; ¿no podemos cambiar ligeramente de conducta para preservarla?

El diseño de un tipo de automóvil nuevo, seguro, de consumo eficiente, limpio y que tenga en cuenta el efecto invernadero promoverá tecnologías novedosas y reportará grandes ingresos a quienes encabecen ese avance técnico.

El mayor peligro que amenaza a la industria automovilística norteamericana es que, si se resiste demasiado tiempo, la nueva tecnología requerida será proporcionada (y patentada) por

la competencia extranjera. Los fabricantes tienen una motivación egoísta para desarrollar vehículos nuevos que tengan en cuenta el efecto invernadero: su propia supervivencia. No es una cuestión de ideología o un prejuicio político; en mi opinión, se deduce directamente del calentamiento global.

Las tres grandes empresas automovilísticas radicadas en Detroit —azuzadas y en parte financiadas por el Gobierno federal— tratan, perezosa pero cooperativamente de obtener un coche que recorra más de 30 kilómetros por litro de gasolina, o su equivalente para vehículos que consuman otro combustible. Si subieran los impuestos sobre la gasolina aumentarían las presiones sobre los fabricantes para que produjesen coches más eficientes.

Últimamente han empezado a cambiar algunas actitudes. General Motors ha estado desarrollando un coche eléctrico. «Uno debe incorporar a su negocio sus orientaciones medioambientales», aconsejó en 1996 Dennis Minano, vicepresidente para asuntos corporativos de la compañía. «Las empresas norteamericanas comienzan a captar la conveniencia de esta estrategia... El mercado es ahora más complejo. Los consumidores juzgarán en función de las iniciativas ambientales que se tomen y las adoptarán para hacer exitosa la empresa. Dirán: "No vamos a calificarlos de ecologistas, pero sí diremos que han logrado coches menos contaminantes o un buen programa de reciclado; diremos que, en términos medioambientales, son gente responsable."» Retóricamente al menos, es una actitud nueva. Pero sigo esperando ese sedán GM asequible que haga 30 kilómetros por litro de gasolina.

¿Qué es un coche eléctrico? Uno lo enchufa, carga la batería y lo pone en marcha. Los mejores, fabricados en fibra de carbono, recorren unos cuantos centenares de kilómetros por carga, y han superado las pruebas habituales de siniestralidad. Para ser aceptables desde el punto de vista ambiental, tendrán que reemplazar de algún modo las baterías de plomo y ácido, ya que el plomo es un veneno mortal. Además, como es natural, la carga que impulsa un coche eléctrico tiene que venir de alguna parte; si, por ejemplo, procede de una central térmica que queme carbón, no habremos hecho nada para mitigar el calentamiento global, con independencia de que el vehículo contribuya a reducir la contaminación en ciudades y carreteras.

Cabe introducir mejoras semejantes en el resto de la economía de combustibles fósiles: es posible aumentar considerablemente la eficiencia de las fábricas que queman carbón, diseñar una gran maquinaria industrial rotatoria que opere a diferentes velocidades, y generalizar el uso de lámparas fluorescentes en detrimento de las incandescentes. En muchos casos, las innovaciones significarán un ahorro de dinero a largo plazo y contribuirán a liberarnos de una peligrosa dependencia del petróleo. Hay buenas razones para incrementar la eficiencia en el uso de los combustibles, al margen de la preocupación por el calentamiento global.

Sin embargo, a largo plazo no basta con aumentar la eficiencia con que extraemos la energía de los combustibles fósiles. Con el paso del tiempo seremos cada vez más y crecerán las exigencias de energía. ¿No es posible encontrar alternativas a los combustibles fósiles que no produzcan gases invernadero, que no calienten el planeta? Una de dichas alternativas es bien conocida: la fisión nuclear (que no libera la energía química atrapada en los combustibles fósiles, sino la energía nuclear encerrada en el corazón de la materia). No hay automóviles ni aviones nucleares, pero sí navíos y, desde luego, centrales nucleares. En circunstancias ideales, el coste de la electricidad generada por energía nuclear es aproximadamente el mismo que el de la generada quemando carbón o petróleo, y las centrales nucleares no generan gases invernadero. Sin embargo...

Como nos recuerdan los accidentes de Three Miles Island y Chernobil, las centrales nucleares pueden liberar una peligrosa radiactividad, e incluso fundirse. Además, producen un brebaje infernal de desechos radiactivos de larga vida —en sentido literal— que es preciso eliminar. No olvidemos que la vida media de muchos de los radioisótopos es de siglos a milenios. Si queremos enterrar ese material, tenemos que asegurarnos de que no haya filtraciones que lo

transporten a las aguas subterráneas o nos dé alguna otra sorpresa; y no sólo por unos años, sino durante periodos bastante más prolongados que los hasta ahora considerados para una planificación fiable. De otro modo, estaremos diciendo a nuestros descendientes que los desechos que les legamos constituyen una carga y un peligro *para ellos,* porque no pudimos hallar un medio más seguro de generar energía, que es, precisamente, lo que ahora mismo estamos haciendo con los combustibles fósiles. Existe, además, otro problema: la mayor parte de las centrales nucleares usan o producen uranio y plutonio, que pueden ser empleados para la fabricación de armas atómicas, y representan, por lo tanto, una tentación continua para naciones malignas y grupos terroristas.

Si quedasen resueltas estas cuestiones de seguridad operativa, eliminación de desechos radiactivos y prevención de su desvío armamental, las centrales nucleares podrían ser la solución al problema de los combustibles fósiles, o al menos un importante remedio temporal, una tecnología de transición hasta que hallemos algo mejor. El problema es que estas condiciones no se han satisfecho adecuadamente, y las perspectivas no parecen muy halagüeñas. No inspiran confianza la violación continuada de las normas de seguridad por parte de la industria nuclear, la ocultación sistemática de las mismas y los fallos en la exigencia del cumplimiento de las normas por parte de la Comisión Reguladora Nuclear estadounidense (en parte debidos a las restricciones presupuestarias). El peso de la evidencia está en contra de la energía nuclear. Pese a estas inquietudes, algunas naciones, como Francia y Japón, han apostado fuerte por la energía nuclear. Mientras tanto, otras, como Suecia, que en un principio la habían autorizado han decidido ahora suprimirla paulatinamente.

En razón de la difundida inquietud del público acerca de la energía nuclear, quedaron cancelados todos los proyectos estadounidenses de construcción de centrales nucleares posteriores a 1973 y no se han proyectado más centrales desde 1978. Las propuestas de nuevos depósitos o lugares de enterramiento de desechos radiactivos son rutinariamente rechazadas por las comunidades afectadas. El brebaje infernal se acumula.

Existe otra clase de energía nuclear, no de fisión —producto de la escisión de núcleos atómicos—, sino de fusión —producto de su integración—. En principio, las centrales de fusión nuclear podrían funcionar con agua de mar —materia prácticamente inagotable— sin generar gases invernadero ni peligrosos desechos radiactivos, y prescindiendo por completo de uranio y plutonio. Sin embargo, este «en principio» no cuenta. Tenemos prisa. Después de esfuerzos enormes, y contando con una tecnología muy avanzada, hoy por hoy un reactor de fusión apenas conseguiría generar un poco más de energía de la que consume. La perspectiva de la energía de fusión implica sistemas colosales, caros y de alta tecnología. Ni siquiera sus defensores los consideran comercialmente viables hasta dentro de muchas décadas, y el tiempo nos apremia. Es probable que las primeras versiones generen ingentes cantidades de desechos radiactivos, y, en cualquier caso, resulta difícil imaginar que tales sistemas sean la solución para el mundo subdesarrollado.

Me he referido en el último párrafo a la fusión caliente, llamada así por una buena *razón: para,* hacerla factible hay que elevar la temperatura de los materiales en millones de grados, como en el interior del Sol. Algunos han proclamado la posibilidad de la llamada fusión fría, anunciada por vez primera en 1989. El aparato se coloca en una mesa, se introducen ciertos isótopos de hidrógeno, algo de paladio, se hace pasar una corriente eléctrica y, dicen, se obtiene más energía de la invertida, además de neutrones y otros signos de reacciones nucleares. De ser cierto, constituiría la solución ideal para el problema del calentamiento global. Muchos equipos científicos de todo el mundo han estudiado la fusión fría, pero ésta, según el juicio abrumador de la comunidad internacional de físicos, es una ilusión, el producto de una combinación de errores de cálculo, ausencia de experimentos de control adecuados y confusión entre reacciones químicas y nucleares. Esto no quita que siga habiendo unos cuantos equipos de científicos interesados en la fusión fría (el Gobierno japonés, por ejemplo, ha apoyado tales investigaciones a pequeña escala). En todo caso, las reivindicaciones deben ser evaluadas una por una.

Tal vez esté a la vuelta de la esquina una tecnología sutil, ingeniosa e insospechada que proporcione la energía del mañana. Ya ha habido sorpresas antes. Sin embargo, sería temerario apostar por eso.

Debido a muchas causas, los países en vías de desarrollo son especialmente vulnerables al calentamiento global. Tienen menos capacidad para adaptarse a nuevos climas, adoptar nuevos cultivos, construir diques y tolerar sequías e inundaciones. Al mismo tiempo, dependen especialmente de los combustibles fósiles. ¿Acaso no es natural que China —segundo país del mundo en cuanto a reservas de carbón— se base en los combustibles fósiles durante su industrialización exponencial? Si emisarios de Japón, Europa occidental y Estados Unidos fuesen a Pekín para solicitar una limitación del consumo de carbón y petróleo, parece evidente que las autoridades chinas les recordarían que sus naciones no aplicaron ninguna limitación durante su proceso de industrialización. (En cualquier caso, en 1992 la Conferencia de Río sobre el cambio climático, ratificada por 150 países, solicitó del mundo desarrollado que pagara el coste de la limitación de las emisiones de gases invernadero en los países en vías de desarrollo.) Las naciones subdesarrolladas requieren una alternativa barata y de tecnología relativamente simple a los combustibles fósiles.

Ahora bien, si descartamos los combustibles fósiles, la fisión y la fusión nucleares, y la posibilidad de alguna tecnología nueva y exótica, ¿con qué nos quedamos? Durante la administración del presidente Carter se instaló en el tejado de la Casa Blanca un convertidor térmico solar. Por él circularía agua que, calentada por el sol en los días despejados, contribuiría en cierta medida (quizá un 20 %) a satisfacer las necesidades energéticas de la Casa Blanca, incluyendo, supongo, las duchas presidenciales. A más energía proporcionada directamente por el Sol, menos suministro se necesitaría de la red eléctrica local; de esta forma se gastaría menos carbón y petróleo para generar electricidad con que alimentar la red en torno del río Potomac. Sólo proporcionaba una pequeña parte de la energía requerida, no funcionaba mucho en los días nublados, pero era un indicio esperanzador de lo que entonces (y ahora) hacía falta.

Una de las primeras actuaciones de la presidencia de Ronald Reagan consistió en arrancar del tejado de la Casa Blanca el convertidor térmico solar. En cierta forma, fue un acto ideológicamente ofensivo. Renovar el tejado de la Casa Blanca costó lo suyo, y ahora toca pagar la electricidad adicional requerida a diario. Evidentemente, los responsables llegaron a la conclusión de que el beneficio justificaba tal coste, pero ¿qué beneficio y para quién?

Al mismo tiempo se redujo drásticamente (en cerca del 90 %) el apoyo federal a las alternativas de los combustibles fósiles y la energía nuclear. Durante las administraciones Reagan y Bush se mantuvieron las cuantiosas ayudas oficiales (incluyendo grandes desgravaciones fiscales) a las industrias de combustibles fósiles y nucleares. En esta lista de prestaciones se puede incluir, en mi opinión, la guerra del Golfo Pérsico de 1991. Aunque en ese periodo hubo algunos progresos técnicos en las energías alternativas —a los que contribuyó bien poco el Gobierno estadounidense—, esencialmente perdimos 12 años. Dado que los gases invernadero se acumulan a gran velocidad en la atmósfera y sus efectos persistirán, no teníamos 12 años que perder. Hoy vuelve a aumentar la ayuda oficial a las fuentes de energía alternativas, pero con mucha parsimonia. Sigo esperando a que un presidente vuelva a colocar un convertidor de energía solar en el tejado de la Casa Blanca.

A finales de los años setenta se instauró una desgravación fiscal para fomentar la instalación de calentadores térmicos solares en los hogares. Incluso en zonas donde el cielo permanece nublado durante gran parte del año, los propietarios que se aprovecharon de la reducción cuentan ahora con agua caliente en abundancia por la que no tienen que pagar un solo centavo. La inversión inicial se amortizó en unos cinco años. La administración Reagan eliminó la desgravación fiscal.

Hay toda una gama de otras tecnologías alternativas. El calor terrestre genera electricidad en Italia, Nueva Zelanda y el estado de Idaho.

Siete mil quinientas turbinas accionadas por el viento producen electricidad en el puerto de Altamont, California. En Traverse City, Michigan, los consumidores pagan unos precios algo mas altos por energía eléctrica de origen eólico para evitar la contaminación ambiental de las centrales térmicas. Muchos otros residentes están en lista de espera para firmar esos contratos. Considerando los costes ambientales, la electricidad generada por el viento es ahora más barata que la producida quemando carbón. Se estima que la totalidad de la electricidad consumida en Estados Unidos podría provenir de turbinas emplazadas en la décima parte más ventosa de su superficie (principalmente en tierras de explotación ganadera y agrícola). Por añadidura, el combustible elaborado a partir de las plantas verdes («conversión de biomasa») podría sustituir al petróleo sin incrementar el efecto invernadero, porque la vegetación extraería CO_2 del aire antes de ser transformada en combustible.

Desde muchos puntos de vista, sin embargo, pienso que deberíamos desarrollar y apoyar la conversión directa e indirecta de la luz solar en electricidad. La energía solar es inagotable y ampliamente accesible (excepto en comarcas muy nubosas, como la parte alta del estado de Nueva York, donde resido); su conversión requiere pocas piezas móviles y un mantenimiento mínimo, y no genera ni gases invernadero ni desechos radiactivos.

Existe una tecnología solar empleada en todas partes: las centrales hidroeléctricas. El agua se evapora por la acción del calor del Sol, cae en forma de lluvia sobre las tierras altas, desciende en forma de río, llega a una presa y allí mueve una turbina que genera electricidad. El problema es que no hay en el planeta suficientes ríos rápidos, y en muchos países los que resultan accesibles no bastan para satisfacer las necesidades energéticas.

Los automóviles impulsados con energía solar han competido ya en carreras de larga distancia. La energía solar podría emplearse para producir hidrógeno a partir del agua; quemado, el hidrógeno sencillamente regenera agua. Existen desiertos muy grandes en el mundo que podrían aprovecharse de modo ecológicamente responsable para captar luz solar. La energía eléctrico-solar o «fotovoltaica» es utilizada de manera habitual desde hace décadas en las naves espaciales que orbitan en torno a la Tierra o surcan el sistema solar interior. Los fotones inciden sobre la superficie de la célula fotoeléctrica y despiden electrones cuyo flujo acumulativo crea una corriente eléctrica. Se trata de tecnologías prácticas ya en funcionamiento.

¿Cuándo, si es que llega ese momento, la tecnología eléctrico-solar o térmico-solar estará en condiciones de competir con los combustibles fósiles en la producción de electricidad para hogares y oficinas? Las estimaciones modernas, incluyendo las del Departamento de Energía estadounidense, indican que la tecnología solar se pondrá a la altura de los combustibles fósiles en la primera década del siglo que viene. Esto es lo bastante pronto para marcar una diferencia significativa. De hecho, la situación es mucho más favorable. Cuando se comparan costes, se manejan dos clases de libro de contabilidad: uno dedicado al consumo público y otro que revela los costes reales. El del petróleo crudo ha sido en los últimos años de unos veinte dólares por barril. Pero hay que tener en cuenta que se han destinado fuerzas militares norteamericanas para proteger las fuentes extranjeras de petróleo y se ha otorgado una considerable ayuda exterior a algunas naciones suministradoras. ¿Por qué pretender que esto no forma parte del coste? En razón de nuestro apetito de crudo, seguimos soportando vertidos petrolíferos ecológicamente desastrosos (como el del *Exxon Valdez).* ¿Por qué empeñarnos en negar que eso no forma parte del coste del crudo? Si añadimos tales gastos adicionales, el precio estimado asciende a unos ochenta dólares por barril. Si sumamos los costes medioambientales que tanto a escala local como global supone el empleo de ese petróleo, el auténtico precio podría llegar a centenares de dólares por barril; eso sin contar cuando la protección del crudo suscita una guerra como la del Golfo Pérsico, pues entonces el coste asciende todavía más, y no sólo en dólares.

Siempre que se pretende una estimación justa de costes y beneficios, resulta evidente que para

muchos fines la energía solar (junto con el viento y otros recursos renovables) es ya mucho más barata que el carbón, el petróleo o el gas natural. Estados Unidos y las demás naciones industrializadas deberían estar invirtiendo grandes sumas en el perfeccionamiento de la tecnología solar y en la instalación de grandes conjuntos de convertidores solares. Sin embargo, todo el presupuesto anual del Departamento de Energía para esta tecnología equivale al precio de uno o dos aviones de gran rendimiento destacados en el exterior para proteger fuentes de petróleo.

La inversión actual en la eficiencia de los combustibles fósiles o en fuentes alternativas de energía supondrá beneficios en los próximos años. El problema es que, como ya he mencionado, la industria, los consumidores y los políticos a menudo parecen pensar sólo en el aquí y ahora. Mientras tanto, empresas norteamericanas precursoras en el uso de la energía solar son vendidas a firmas extranjeras. En España, Italia, Alemania y Japón funcionan ya centrales eléctricas solares.

En contraste, la mayor central comercial norteamericana de energía solar, instalada en el desierto de Mojave, sólo genera unos pocos centenares de megavatios que vende a la Edison del sur de California. En todo el mundo, los planificadores de servicios rehuyen las inversiones en turbinas eólicas y generadores solares.

Hay, empero, algunos signos alentadores. Los pequeños electrodomésticos solares de fabricación norteamericana comienzan a dominar el mercado mundial. (De las tres empresas principales, dos son controladas por Alemania y Japón; la tercera por firmas petroleras estadounidenses.) Hay pastores tibetanos que emplean paneles solares para proporcionar energía a bombillas y aparatos de radio; en sus expediciones a través del desierto, algunos médicos somalíes disponen de paneles solares en sus camellos para mantener frías sus preciosas vacunas; en India, la energía solar suministra electricidad a 50.000 hogares. Puesto que estos sistemas están al alcance de la clase media baja de los países en vías de desarrollo y casi no exigen mantenimiento, el mercado potencial de la electrificación solar rural es enorme.

Podríamos y deberíamos hacer más. El Gobierno federal tendría que asumir un gran compromiso en el desarrollo de esta tecnología, y deberían existir incentivos para que científicos e inventores se adentraran en este campo semidespoblado. ¿Por qué se cita tan a menudo la «independencia energética» como justificación de los peligros para el medio ambiente que suponen las centrales nucleares o las perforaciones petrolíferas en aguas costeras pero rara vez a la hora de promover el aislamiento, automóviles más eficientes o la energía eólica y solar? Cabe, además, emplear muchas de estas nuevas tecnologías en el Tercer Mundo con el objeto de mejorar su industria y sus niveles de vida sin que se cometan los errores del mundo desarrollado. Si Norteamérica pretende situarse a la cabeza en nuevas industrias básicas, he aquí una a punto de despegar.

Tal vez sea posible desarrollar rápidamente estas alternativas dentro de una auténtica economía de libre mercado. De otro modo, cabría pensar en una pequeña imposición fiscal sobre los combustibles fósiles, destinada al desarrollo de tecnologías alternativas. Gran Bretaña estableció en 1991 un «gravamen en favor de combustibles no fósiles» equivalente al 11 % del precio de compra. Sólo en Estados Unidos, este impuesto equivaldría anualmente a muchos miles de millones de dólares anuales. Pero entre 1993 y 1996 el presidente Clinton ni siquiera consiguió que se aprobase una legislación que imponía un gravamen de 1,3 centavos por litro de gasolina. Tal vez las futuras administraciones logren hacerlo mejor.

Mi esperanza es que se introduzcan paulatinamente y a un ritmo respetable las tecnologías de paneles solares, turbinas eólicas, conversión de biomasa y empleo del hidrógeno como combustible, al tiempo que aumentamos considerablemente la eficiencia en el consumo de combustibles fósiles. Nadie habla de prescindir de éstos por completo. Es improbable que las necesidades energéticas de la industria pesada —para la fabricación de acero y aluminio, por ejemplo— puedan ser satisfechas por la luz solar o las centrales eólicas, pero si somos capaces de reducir en la mitad o más nuestra dependencia de los combustibles fósiles,

habremos conseguido algo muy importante. Si bien no es verosímil que aparezcan pronto tecnologías muy distintas para hacer frente al calentamiento global, tal vez en algún momento del siglo XXI sea accesible una nueva tecnología barata y limpia que no genere gases invernadero, algo que pueda hacerse y mantenerse en países pequeños y pobres de todo el mundo.

Cabe preguntarse si no existe ningún medio de sacar de la atmósfera dióxido de carbono, de enmendar parte del daño que hemos infligido. La única forma de atenuar el efecto invernadero que parece al mismo tiempo segura y fiable consiste en plantar árboles. Al crecer, los árboles eliminan CO, del aire. Ahora bien, todo se vendría abajo si después los quemáramos, lo cual equivaldría precisamente a destruir el beneficio que buscábamos. Los árboles ya crecidos pueden servir, por ejemplo, para construir casas y muebles; o sencillamente pueden enterrarse. Sin embargo, la superficie del planeta que deberíamos repoblar para que los nuevos árboles representasen una contribución significativa es enorme, aproximadamente el área de Estados Unidos. Una tarea tal sólo es factible si toda la especie humana se pone a ello. Ésta, por el contrario, destruye cada segundo casi media hectárea de bosque. Cualquiera puede plantar árboles: individuos, naciones y corporaciones, pero sobre todo estas últimas. La empresa Applied Energy Services de Arlington, Virginia, ha construido en Connecticut una central térmica que quema carbón, pero también está plantando en Guatemala árboles que eliminarán de la atmósfera más dióxido de carbono del que la nueva central inyectará en toda su vida operativa. ¿Acaso las compañías madereras no deberían plantar más bosques —preferiblemente especies de crecimiento rápido y frondosas, más útiles para la atenuación del efecto invernadero— que los que talan? ¿Qué decir de las industrias del carbón, petroleras, del gas natural y automovilísticas? ¿No habría que exigir de cada empresa que vierta CO_2 en la atmósfera que también se encargue de paliar sus efectos? ¿No debería hacerlo cada ciudadano? ¿Por qué no plantar árboles en Navidad, o en los cumpleaños, bodas y aniversarios? Nuestros antepasados vinieron de los árboles, con los que tenemos una afinidad natural. Es perfectamente apropiado que plantemos más.

Al desenterrar y quemar sistemáticamente los cadáveres de antiguos seres, nos hemos creado un problema. Podemos aliviar el peligro mejorando la eficiencia de su uso, invirtiendo en tecnologías alternativas (como los combustibles biológicos y la energía eólica y solar) y dando vida a algunas de las mismas clases de seres cuyos restos, antiguos o modernos, quemamos (los árboles). Estas actuaciones nos proporcionarían toda una serie de ventajas adicionales: la purificación del aire, la reducción o eliminación de los vertidos petrolíferos, el desarrollo de nuevas tecnologías, nuevos puestos de trabajo y nuevos beneficios, la independencia energética, permitir a Estados Unidos y otras naciones industrializadas dependientes del petróleo que aparten del peligro a sus hijos e hijas bajo bandera, y la reorientación de buena parte de los presupuestos militares hacia la economía civil productiva.

Pese a la continuada resistencia de las industrias ligadas a los combustibles fósiles, un sector empresarial sí ha empezado a tomarse muy en serio el calentamiento global: las compañías de seguros. Las tormentas violentas y otros fenómenos meteorológicos extremos vinculados al efecto invernadero (inundaciones, sequías, etc.) pueden «llevarnos a la bancarrota», en palabras del presidente de la Asociación de Aseguradores Norteamericanos. En mayo de 1996, citando el hecho de que el 6% de los peores desastres naturales de la historia de Estados Unidos se produjo durante la pasada década, un consorcio de compañías de seguros patrocinó una investigación sobre el calentamiento global como causa potencial. Aseguradoras alemanas y suizas han promovido medidas para la reducción del vertido de gases invernadero. La Alianza de Pequeños Estados Isleños ha apelado a las naciones industrializadas para que hacia el año 2005 reduzcan sus emisiones de gases invernadero hasta un 20 % por debajo de los niveles de 1990 (entre 1990 y 1995 la emisión mundial de CO_2 se incrementó en un 12 %). En otras industrias existe una nueva inquietud, al menos teórica, acerca de la responsabilidad medioambiental, que refleja una abrumadora tendencia de la opinión pública en (y hasta cierto punto más allá de) el mundo desarrollado.

«El calentamiento global es un problema serio que probablemente plantea una amenaza grave a los cimientos mismos de la vida humana», ha declarado el estado japonés, anunciando que para el año 2000 se estabilizarían sus emisiones de gases invernadero. Suecia comunicó que para el año 2010 habrá reducido a la mitad su producción de energía nuclear, y en un 30 % las emisiones de CO_2 de sus industrias mediante el incremento de la eficiencia y la introducción de nuevas fuentes de energía renovables; y espera ahorrar dinero en este proceso. John Selwyn Gummer, secretario británico de Medio Ambiente, declaró en 1996: «Aceptamos, como comunidad mundial, que tiene que haber reglas a escala global.» Sin embargo, existe una considerable resistencia. Las naciones de la OPEP siguen resistiéndose a la reducción de las emisiones de CO_2 porque esto les privaría de una parte de sus ingresos. Rusia y muchos países en vías de desarrollo se oponen porque constituiría un gran impedimento a su industrialización. Estados Unidos es la única gran nación industrializada que no ha adoptado medidas significativas para contrarrestar el efecto invernadero; mientras otros países actúan, el gobierno estadounidense designa comisiones y apremia a las industrias afectadas a adoptar disposiciones voluntarias en contra de sus propios intereses a corto plazo. Obrar con eficacia en esta cuestión será, desde luego, más difícil que aplicar el Protocolo de Montreal y sus enmiendas sobre los CFC. Las industrias afectadas son mucho más poderosas, el coste del cambio es muy superior, y todavía no existe nada tan espectacular con respecto al calentamiento global como el agujero de la capa de ozono sobre la Antártida. Tendrán que ser los ciudadanos quienes eduquen a industrias y gobiernos.

Carentes de conciencia, las moléculas de CO_2 son incapaces de comprender la profunda idea de soberanía nacional.

El viento sencillamente las arrastra. Pueden ser producidas en un sitio y acabar en otro. El planeta constituye una unidad. Sean cuales fueren las diferencias ideológicas y culturales, las naciones del mundo deben trabajar unidas; de otra manera no habrá solución para el efecto invernadero y los demás problemas medioambientales globales. Dentro de este invernadero estamos todos unidos.

En abril de 1993, el presidente Bill Clinton se comprometió al fin a que Estados Unidos hiciese algo a lo que se había negado la administración Bush: unirse a unas 150 naciones en la firma de los protocolos de la Cumbre de la Tierra celebrada el año anterior en Río de Janeiro. Más concretamente, Estados Unidos prometió que para el año 2000 reduciría su cota de emisión de dióxido de carbono y otros gases invernadero a los niveles de 1990 (ya de por sí bastante altos, pero al menos se trata de un paso en la dirección adecuada). No será fácil que esta promesa se cumpla. Estados Unidos se comprometió asimismo a dar algunos pasos para la protección de la diversidad biológica en una variedad de ecosistemas planetarios.

No podemos insistir sin riesgo en un insensato desarrollo tecnológico, desdeñando por completo las consecuencias. Tenemos el poder suficiente para encauzarlo, para orientarlo en beneficio de todo el mundo. Tal vez haya un lejano horizonte de esperanza en estos problemas medioambientales globales, porque nos obligan, querámoslo o no, a adoptar una nueva forma de pensar que antepone el bienestar del género humano a los intereses nacionales y empresariales. Somos una especie ingeniosa a la hora de abrirnos camino y sabemos qué hay que hacer. A menos que resultemos mucho más estúpidos de lo que creo, de las crisis medioambientales de nuestro tiempo debería surgir una integración de las naciones y las generaciones, e incluso el final de nuestra larga infancia.

13. RELIGIÓN Y CIENCIA: UNA ALIANZA

Hacia el primer día, todos señalábamos a nuestros países. Hacia el tercero o el cuarto, señalábamos a nuestros continentes. Para el quinto día, ya éramos conscientes de que sólo hay una Tierra.

Príncipe sultán Bin Salmón Al-Saud, astronauta de Arabia Saudí

La inteligencia y la fabricación de útiles constituyeron nuestra fuerza desde el principio. Supimos emplear esos talentos para compensar la escasez de dotes naturales —velocidad, venenos, capacidad de vuelo y demás— otorgadas con generosidad a otros animales y que nos fueron cruelmente negadas (o al menos eso parecía). Desde la época del dominio del fuego y la fabricación de herramientas de piedra se hizo obvio que nuestras destrezas podían ser empleadas para el mal tanto como para el bien, pero sólo en época muy reciente hemos caído en la cuenta de que incluso la utilización benigna de nuestra inteligencia y nuestras herramientas puede ponernos en peligro, porque no somos lo bastante listos para prever todas las repercusiones.

Ahora ocupamos toda la Tierra. Tenemos bases en la Antártida, visitamos las profundidades oceánicas, incluso 12 de nosotros se han paseado por la Luna. Somos ya 6.000 millones y nuestro número aumenta el equivalente de la población de China cada década. Hemos sometido a los demás animales y las plantas (aunque hayamos tenido menos éxito con los microbios). Hemos domesticado y sometido muchos organismos. Según ciertos criterios, nos hemos convertido en la especie dominante de la Tierra.

Casi a cada paso, sin embargo, hemos prestado más atención a lo local que a lo global, más a lo inmediato que a las consecuencias a largo plazo. Hemos destruido los bosques, erosionado la superficie del planeta, alterado la composición de la atmósfera, debilitado la capa protectora de ozono, trastornado el clima, emponzoñado el aire y las aguas y conseguido que los más depauperados padecieran más que nadie la degradación ambiental. Nos hemos convertido en predadores de la biosfera, poseídos de arrogancia, siempre dispuestos a conseguir todo sin dar nada a cambio. Ahora mismo somos un peligro para nosotros mismos y para los seres con los que compartimos el planeta.

La agresión al entorno global no es responsabilidad exclusiva de empresarios empujados por el afán de lucro y de políticos miopes y corruptos. Todos tenemos parte de culpa.

La comunidad de los científicos ha desempeñado un papel crucial. Muchos ni siquiera nos detuvimos a reflexionar sobre las consecuencias a largo plazo de nuestras invenciones. Nos mostramos harto dispuestos a entregar poderes devastadores en manos del mejor postor y de los funcionarios de cualquier nación de residencia. Desde sus mismos comienzos, la filosofía y la ciencia siempre se revelaron ansiosas, según palabras de Rene Descartes, de «hacernos dueños y poseedores de la naturaleza», de emplear la ciencia, como dijo Francis Bacon, para colocar toda la naturaleza «al servicio del hombre». Bacon se refirió al «hombre» como ejerciente de un «derecho sobre la naturaleza». Aristóteles escribió que «la naturaleza ha creado todos los animales en beneficio del hombre». Immanuel Kant, por su parte, afirmó que «sin el hombre la creación entera sería un simple yermo, algo en vano». No hace mucho aún oíamos hablar de «conquistar» la naturaleza y de la «conquista» del espacio, como si la naturaleza y el cosmos fuesen enemigos a vencer.

La comunidad religiosa también ha desempeñado un papel crucial. Las confesiones occidentales mantuvieron que, al igual que debemos someternos a Dios, así debe someterse a nosotros el resto de la creación. Especialmente en la época moderna, parece ser que nos hemos consagrado más a este segundo empeño que al primero. En el mundo real y palpable, tal como se revela en lo que hacemos y no en lo que decimos, muchos seres humanos parecen aspirar a ser los señores de la creación (con una ocasional reverencia, tal como exigen las convenciones sociales, a los dioses del momento). Descartes y Bacon fueron influidos

profundamente por la religión. La noción de «nosotros contra la naturaleza» es un legado de las tradiciones religiosas. En el Libro del Génesis, Dios otorga a los seres humanos «el dominio [...] sobre todo ser vivo» e infunde en «cada bestia» el «espanto» y «el temor» hacia nosotros. Se apremia al hombre a «someter» la naturaleza, y ese término es traducción de una palabra hebrea con fuertes connotaciones militares. Hay mucho más en esta línea dentro de la Biblia y la tradición cristiana medieval de la que emergió la ciencia moderna. El Islam, por el contrario, no se muestra inclinado a declarar enemiga a la naturaleza.

Claro está que tanto la ciencia como la religión son estructuras complejas y de múltiples capas que abarcan muchas opiniones diferentes e incluso contradictorias. Fueron científicos los que descubrieron y denunciaron las crisis medioambientales, y ha habido científicos que, a un precio muy alto para sí mismos, se negaron a trabajar en invenciones que pudieran perjudicar a sus semejantes. Por otra parte, fue la religión la primera en expresar el imperativo de reverenciar a los seres vivos.

Cierto que no hay en la tradición judeo-cristiano-musulmana nada que se aproxime al aprecio por la naturaleza de la tradición hindú-budista-jainista o de los indios norteamericanos. Tanto la religión como la ciencia occidentales insistieron en afirmar que la naturaleza no es la historia sino el escenario, y que constituye un sacrilegio considerar sagrada la naturaleza.

Existe, sin embargo, un claro contrapunto religioso: el mundo natural es una creación de Dios, cuyo propósito no es la glorificación del hombre y que, en consecuencia, merece respeto y atención por sí mismo y no simplemente porque nos resulte útil. En tiempos recientes ha surgido, además, la patética metáfora de la «administración», la idea de que los seres humanos son los celadores de la Tierra, que ésa es su misión y que deben rendir cuentas ante el «propietario» ahora y en un futuro indefinido.

Durante 4.000 millones de años la vida en la Tierra se las arregló bastante bien sin «celadores». Trilobites y dinosaurios, que permanecieron aquí durante más de 100 millones de años, tal vez encontrarían graciosa la idea de que una especie que sólo lleva aquí una milésima de ese tiempo decida autoerigirse en guardiana de la vida en la Tierra. Esa especie se encuentra en peligro. Se necesitan celadores humanos para proteger a la Tierra de los hombres.

Los métodos y el carácter de la ciencia y de la religión son profundamente diferentes. Con frecuencia la religión nos exige creer sin dudar, incluso (o sobre todo) en ausencia de una prueba concluyente. Ésta es la significación crucial de la fe. La ciencia, en cambio, nos exige que no aceptemos nada como artículo de fe, que desconfiemos de nuestra inclinación al autoengaño, que rechacemos las pruebas anecdóticas. La ciencia considera el escepticismo como virtud fundamental. La religión suele verlo como una barrera a la iluminación. Así, durante siglos ha existido un conflicto entre los dos campos: los descubrimientos de la ciencia planteaban retos a los dogmas religiosos, y la religión trataba de suprimir hallazgos inquietantes o hacer caso omiso de ellos.

Pero los tiempos han cambiado. Muchas religiones aceptan ahora de buen grado la idea de una Tierra que gira alrededor del Sol y que cuenta con 4.500 millones de años de edad, de la evolución y otros descubrimientos de la ciencia moderna. El papa Juan Pablo II ha dicho: «La ciencia puede purificar la religión del error y la superstición; la religión puede purificar la ciencia de la idolatría y los falsos absolutos. Cada una es capaz de conducir a la otra a un mundo más amplio, un mundo donde ambas puedan florecer... Es preciso alentar y alimentar los ministerios integradores.»

En nada resulta esto tan evidente como en la actual crisis medioambiental. Sea de quien fuere la responsabilidad principal, no hay manera de superarla sin comprender los peligros y sus mecanismos, y sin una dedicación profunda al bienestar a largo plazo de nuestra especie y de nuestro planeta; es decir, sin la intervención crucial de la ciencia y de la religión.

He tenido la suerte de participar en una extraordinaria sucesión de reuniones entre dirigentes

de las diversas religiones del planeta, científicos y legisladores de muchas naciones para tratar de abordar la cada vez más seria crisis medioambiental global.

Representantes de casi cien naciones acudieron a Oxford en abril de 1988 y a Moscú en enero de 1990 para asistir a las conferencias del «Foro Global de Líderes Espirituales y Parlamentarios». De pie bajo una enorme fotografía de la Tierra vista desde el espacio, contemplé una abigarrada y variopinta representación de la maravillosa variedad de nuestra especie: la madre Teresa y el cardenal arzobispo de Viena, el arzobispo de Canterbury, los grandes rabinos de Rumania y Gran Bretaña, el Gran Mufti de Siria, el metropolitano de Moscú, un anciano de la nación onondaga, el sumo sacerdote del Bosque Sagrado de Togo, el Dalai Lama, clérigos jainistas resplandecientes en sus blancos hábitos, sijs tocados con turbantes, swamis hindúes, monjes budistas, sacerdotes sintoístas, protestantes evangélicos, el primado de la Iglesia armenia, un «Buda viviente» de China, los obispos de Estocolmo y Harare, los metropolitanos de las iglesias ortodoxas y el jefe de jefes de las seis naciones de la Confederación Iroquesa; y con ellos el secretario general de Naciones Unidas, el primer ministro de Noruega, la fundadora de un movimiento feminista para la repoblación forestal de Kenya, el presidente del World Watch Institute, los dirigentes de la UNICEF, el Fondo para la Población y la UNESCO, el ministro soviético de Medio Ambiente y parlamentarios de docenas de naciones, incluyendo senadores, miembros de la Cámara de Representantes y un futuro vicepresidente de Estados Unidos. Estas reuniones fueron fundamentalmente organizadas por una sola persona, Akio Matsumura, ex funcionario de Naciones Unidas.

Recuerdo los 1.300 delegados congregados en el salón de San Jorge del Kremlin para escuchar un discurso de Mijáil Gorbachov. Abrió la sesión un venerable monje védico, representante de una de las tradiciones religiosas más antiguas de la Tierra, invitando a la multitud a entonar la sílaba sagrada «om». Creo que el entonces ministro de Asuntos Exteriores soviético, Eduard Shevardnadze, lo hizo, pero Mijáil Gorbachov se abstuvo (cerca se alzaba una imponente estatua de Lenin, de color lechoso y con la mano extendida).

Al anochecer de aquel mismo viernes 10 delegados judíos que se encontraban en el Kremlin celebraron un servicio, el primero de la religión mosaica que tenía lugar allí. Recuerdo al Gran Mufti de Siria recalcando, para sorpresa y satisfacción de muchos, la importancia en el Islam de «un control de la natalidad para el bienestar mundial, sin explotarlo a expensas de una nacionalidad sobre otra». Varios oradores citaron este proverbio de los indios norteamericanos: «No hemos heredado la Tierra de nuestros antepasados, la tenemos en préstamo de nuestros hijos.»

Se insistió constantemente en la vinculación de todos los seres humanos. Escuchamos una parábola secular en que se nos pedía que imagináramos a nuestra especie como un pueblo de 100 familias, 65 de las cuales son analfabetas, 90 no hablan inglés, 70 carecen de agua potable y 80 nunca ha subido a un avión. De esas familias, siete son dueñas del 60 % de la tierra, consumen el 80 % de toda la energía disponible y gozan de todos los lujos, 60 se hacinan en el 10 % de la superficie terrestre y sólo una cuenta con algún miembro que tenga educación universitaria. Si, además, todo —el aire, el agua, el clima y la implacable luz del sol— va a peor, ¿cuál es nuestra responsabilidad común?

En la conferencia de Moscú, unos cuantos científicos notables firmaron un documento que presentaron a los líderes religiosos mundiales. Su respuesta fue abrumadoramente positiva. La reunión concluyó con un plan de acción en el que figuraban estas palabras:

Esta cita no es un mero acontecimiento, sino un paso dentro de un proceso en marcha en el que nos hallamos implicados de manera irrevocable. Ahora retornamos a nuestras casas con el compromiso de actuar como fervientes participantes en este proceso, como emisarios del cambio fundamental en las actitudes y prácticas que han empujado a nuestro mundo hasta un extremo tan peligroso.

Los dirigentes religiosos han emprendido acciones en muchos países. En Estados Unidos ya

han dado grandes pasos la Conferencia Católica, la Iglesia Episcopaliana, la Iglesia Unida de Cristo, los cristianos evangélicos, los líderes de la comunidad judía y muchos otros grupos. Como catalizador de este proceso se estableció un Llamamiento Conjunto de la Ciencia y la Religión para el Medio Ambiente, presidido por el reverendísimo James Parks Morton, deán de la catedral de San Juan el Divino, y yo mismo; el vicepresidente Al Gore, entonces senador, desempeñó un papel crucial. En la reunión exploratoria de científicos y dirigentes de las principales confesiones estadounidenses, celebrada en Nueva York en junio de 1991, se hizo evidente que existía una amplia base común:

Es grande la tentación de negar o dejar a un lado esta crisis medioambiental global y rechazar incluso la consideración de los cambios fundamentales en la conducta humana requeridos para abordarla. Pero los dirigentes religiosos aceptamos la responsabilidad profética de dar a conocer todas las dimensiones de este cambio y las exigencias para acometerlo a los muchos millones de personas a quienes llegamos, enseñamos y aconsejamos.

Pretendemos ser participantes documentados en los debates sobre estas cuestiones y contribuir con nuestras opiniones al imperativo moral y ético de la concepción de soluciones políticas nacionales e internacionales. Declaramos aquí y ahora los pasos que es preciso dar: una supresión acelerada de los productos químicos que dañan el ozono; un empleo mucho más eficiente de los combustibles fósiles y el desarrollo de una economía no dependiente de ellos; la preservación de los bosques tropicales y la adopción de otras medidas que protejan la diversidad biológica, y esfuerzos concertados para frenar el crecimiento espectacular y peligroso de la población mundial mediante la promoción de mujeres y hombres, el fomento de la autosuficiencia económica y la realización de programas de planificación familiar accesibles a todos sobre una base estrictamente voluntaria.

Creemos que entre la más alta jerarquía de un amplio espectro de tradiciones religiosas hay ahora coincidencia en pensar que la causa de la integridad y la justicia medioambientales debe ocupar en las personas de fe una posición de máxima prioridad. La respuesta a esta cuestión puede y debe superar las fronteras religiosas y políticas tradicionales. Tenemos aquí un potencial de unificación y renovación de la vida religiosa.

La última frase del párrafo intermedio representa un tortuoso compromiso con la delegación católica, opuesta no sólo a la descripción de cualquier método anticonceptivo, sino incluso a la inclusión del término «control de la natalidad».

Hacia 1993, el Llamamiento Conjunto de la Ciencia y la Religión para el Medio Ambiente dio paso a la Asociación Religiosa Nacional en pro del Medio Ambiente, una coalición de comunidades católicas, judías, protestantes, ortodoxas orientales, la Iglesia negra histórica y cristianos evangélicos. Mediante el material preparado por la oficina científica de la asociación, los grupos participantes han comenzado —tanto individual como colectivamente— a ejercer una influencia considerable. De muchas comunidades religiosas antes carentes de programas o departamentos medioambientales de carácter nacional se puede decir ahora que están «plenamente comprometidas en este empeño». Los manuales de educación y acción medioambientales han llegado a unas 100.000 agrupaciones religiosas que representan a decenas de millones de norteamericanos. Miles de dirigentes eclesiásticos y laicos han participado en el adiestramiento regional y se han documentado millares de iniciativas ambientales. Se ha solicitado el apoyo de legisladores estatales y nacionales, informado a los medios de comunicación, organizado seminarios y pronunciado homilías acerca de estos temas. Como ejemplo escogido más o menos al azar, en enero de 1996 la Red Ambiental Evangélica —organización de la comunidad cristiana evangélica que forma parte de la asociación— solicitó el apoyo de los congresistas al proyecto de Ley de Especies en Peligro (a su vez amenazada). ¿Sobre qué base? Un portavoz explicó que si bien los evangélicos «no eran científicos», podían defender esa ley por razones teológicas, calificando la legislación para proteger las especies en peligro como «el arca de Noé de nuestro tiempo». Aparentemente goza de aceptación general el principio básico de la asociación según el cual

«la protección ambiental tiene que ser ahora un componente crucial de la vida de la fe». Hay una gran iniciativa que la asociación todavía no ha abordado: llegar a aquellos fieles que, además, son ejecutivos de grandes empresas cuya actividad afecta el medio ambiente. Confío en que sea acometida.

La actual crisis medioambiental no constituye un desastre, al menos por el momento. Como otras crisis, esconde un potencial para la manifestación de poderes de cooperación, talento y dedicación hasta ahora no explotados y ni siquiera imaginados. Es posible que la ciencia y la religión difieran acerca del origen de la Tierra, pero cabe coincidir en que su protección merece nuestra profunda atención y nuestros afanes más entusiastas.

EL LLAMAMIENTO

Lo que sigue es el texto remitido en enero de 1990 por un grupo de científicos a los dirigentes religiosos y titulado «Preservar y amar la Tierra: Una llamada para el establecimiento de una comisión conjunta de ciencia y religión».

La Tierra es el lugar de nacimiento de nuestra especie y, por lo que hasta ahora sabemos, nuestro único hogar. Cuando éramos pocos y teníamos una tecnología débil, carecíamos de poder para influir en el ambiente de nuestro mundo, pero ahora, de repente, casi sin que nadie lo haya advertido, nuestra población se ha hecho inmensa y nuestra tecnología ha alcanzado poderes descomunales, aterradores incluso. Voluntariamente o no, somos ya capaces de provocar cambios devastadores en el entorno global, un medioambiente al que nosotros y todos los demás seres con quienes compartimos la Tierra estamos meticulosa y exquisitamente adaptados.

Ahora nos vemos amenazados por alteraciones globales que evolucionan rápidamente y de las que somos autores, cuyas consecuencias biológicas y ecológicas a largo plazo por desgracia ignoramos: adelgazamiento de la capa protectora de ozono, un calentamiento global sin precedentes en los últimos 150 milenios, la desaparición de casi media hectárea de bosque cada segundo, la extinción acelerada de especies y la perspectiva de una guerra nuclear que ponga en peligro a la mayoría de la población del planeta. Tal vez existan otros riesgos de los que, en nuestra impericia, aún no somos conscientes. Todos y cada uno representan una trampa dispuesta para la especie humana, una trampa tendida por nosotros mismos. Por fundadas y excelsas (o ingenuas y miopes) que hayan sido las justificaciones de las actividades que trajeron tales peligros, estas actividades amenazan ahora a nuestra especie y muchas otras. Estamos a punto de cometer —muchos dirían que ya estamos cometiendo— lo que en lenguaje religioso se califica a veces de «crímenes contra la Creación».

Por su misma naturaleza, estas agresiones al medio ambiente no han sido sólo obra de un grupo político o de una generación. Intrínsecamente, son multinacionales, multigeneracionales y transideológicas. También lo son todas las soluciones concebibles. Para escapar de esta trampa hace falta una perspectiva que englobe a los seres humanos del planeta y a las generaciones futuras.

Desde el principio, es preciso reconocer que unos problemas de tal magnitud y unas soluciones que exigen una perspectiva tan amplia poseen una dimensión tanto religiosa como científica. Conscientes de nuestra responsabilidad común, nosotros los científicos —comprometidos muchos en la lucha contra la crisis medioambiental— apelamos urgentemente a la comunidad religiosa internacional para que se consagre, en palabra y obra, y tan enérgicamente como se requiere, a la preservación del medio ambiente de la Tierra.

Algunos de los remedios a corto plazo de estos peligros —como una mayor eficiencia energética, la rápida prohibición de los clorofluorocarbonos o una reducción modesta de los arsenales nucleares— resultan relativamente accesibles y en alguna medida están ya en marcha; pero otros enfoques más amplios, a más largo plazo y más eficaces tropezarán por doquier con la inercia, el rechazo y la resistencia. En esta categoría figuran el paso de una economía basada en los combustibles fósiles a otra centrada en una energía no contaminante,

la inversión rápida y persistente de la carrera de armamento nuclear y una interrupción voluntaria del crecimiento de la población mundial, sin cuya consecución quedarán anulados muchos otros enfoques de la conservación del medio ambiente.

Como en las cuestiones relativas a la paz, los derechos humanos y la justicia social, las instituciones religiosas también pueden representar aquí una fuerza sólida que estimule iniciativas nacionales e internacionales, tanto en el sector público como en el privado y en las diversas esferas del comercio, la educación, la cultura y los medios de comunicación de masas.

La crisis ambiental requiere cambios radicales no sólo en la política oficial, sino también en la conducta individual. Los antecedentes históricos ponen de manifiesto que las enseñanzas, el ejemplo y la dirección religiosos son muy capaces de influir en el comportamiento y el compromiso personales.

Como científicos, muchos de nosotros tenemos experiencias profundas de asombro y reverencia ante el universo. Entendemos que es más probable que sea tratado con respeto aquello que se considera sagrado. Es preciso infundir sacralidad en los esfuerzos por salvaguardar y respetar el medio ambiente. Al mismo tiempo, se requiere un conocimiento más amplio y profundo de la ciencia y la tecnología. Si no comprendemos el problema, es improbable que seamos capaces de solucionarlo. Tanto la religión como la ciencia tienen, pues, un papel vital que desempeñar.

Sabemos que el bienestar de nuestro medioambiente planetario es ya motivo de profunda preocupación en concilios y congregaciones. Confiamos en que este llamamiento alentará un espíritu de causa común y de acción conjunta para contribuir a la preservación de la Tierra.

La respuesta al llamamiento de los científicos acerca del medio ambiente fue pronto firmada por centenares de líderes espirituales de 83 países, incluyendo 37 jefes de organizaciones religiosas nacionales e internacionales.

Entre ellos figuraban los secretarios generales de la Liga Musulmana Mundial y del Consejo Mundial de las Iglesias, el vicepresidente del Congreso Judío Mundial, el catolikós de todos los armenios, el metropolitano Pitirim de Rusia, los grandes muftis de Siria y de la ex Yugoslavia, los obispos que presiden las iglesias cristianas de China y la episcopaliana, la luterana, la metodista y la menonita de Estados Unidos, así como 50 cardenales, lamas, arzobispos, grandes rabinos, patriarcas, mulahs y obispos de las principales ciudades del mundo. Manifestaron lo siguiente:

Nos declaramos conmovidos por el espíritu del llamamiento y arrostrados por su sustancia. Compartimos su sentido de apremio. Esta invitación a la colaboración marca un momento y una oportunidad singulares en la relación entre la ciencia y la religión.

Muchos miembros de la comunidad religiosa han reaccionado con creciente alarma ante los informes de amenazas a la salud del medioambiente de nuestro planeta, como las expuestas en el llamamiento. La comunidad científica ha prestado un gran servicio a la humanidad al aportar las pruebas de tales peligros. Alentamos una investigación continuada y escrupulosa y debemos tomar en consideración sus resultados en todas nuestras deliberaciones y declaraciones referentes a la condición humana.

Creemos que la crisis del medio ambiente es intrínsecamente religiosa. Todas las tradiciones y enseñanzas de la fe nos instruyen firmemente para que reverenciemos y cuidemos el mundo natural, pero la creación sagrada está siendo violada y corre un riesgo extremo como resultado de un comportamiento humano añejo. Es esencial una respuesta religiosa para invertir esas pautas inveteradas de negligencia y explotación.

Por este motivo, damos la bienvenida al llamamiento de los científicos y estamos dispuestos a explorar tan pronto como sea posible formas concretas y específicas de colaboración y acción. La propia Tierra nos llama a lograr nuevos niveles de compromiso conjunto.

tercera parte ALLÍ DONDE CHOCAN CORAZONES Y MENTES

14. EL ENEMIGO COMÚN

No soy un pesimista. Percibir el mal allí donde existe es, en mi opinión, una forma de optimismo.

Roberto Rossellini

Sólo en el espacio de tiempo representado por el siglo actual ha adquirido una especie el poder de alterar la naturaleza del mundo.

Rachel Carson, *Primavera silenciosa,* 1962

INTRODUCCIÓN

En 1988 se me brindó una oportunidad única: fui invitado a escribir un artículo sobre las relaciones entre Estados Unidos y la entonces Unión Soviética que aparecería, más o menos simultáneamente, en las publicaciones de mayor difusión de los dos países. Era la época en que Mijaíl Gorbachov trataba de otorgar a los ciudadanos soviéticos el derecho a expresar libremente sus opiniones. Algunos la recuerdan también como el tiempo en que la administración Reagan modificaba lentamente su decidida postura en favor de la guerra fría. Pensé que un artículo semejante podría hacer algo de bien. Más aún, durante una reciente reunión en la «cumbre», Reagan había comentado que sería mucho más fácil la colaboración entre Estados Unidos y la Unión Soviética de existir el peligro de una invasión alienígena. Aquello parecía dar a mi trabajo un punto de partida. Quise que el artículo fuera una provocación para los ciudadanos de ambos países y exigí de las dos partes garantías de que no sería censurado. Tanto el director de *Parade,* Walter Anderson, como el de *Ogonyok,* Vitaly Korotich, accedieron de buen grado. Bajo el título de «El enemigo común», el artículo apareció en el número de *Parade* del 7 de febrero de 1988 y en el del 12-19 de marzo del mismo año de *Ogonyok.* Luego fue reproducido en *The Congressional Record,* ganando en 1989 el premio Rama de Olivo de la Universidad de Nueva York, y fue muy comentado, tanto en un país como en el otro.

Parade abordó directamente las cuestiones polémicas del texto con esta introducción:

El siguiente artículo, cuya publicación íntegra está también prevista en *Ogonyok,* la revista más popular de la Unión Soviética, trata de las relaciones entre las dos naciones. Es probable que algunos ciudadanos de ambos países encuentren incómodas e incluso provocativas ciertas consideraciones de Cari Sagan, sobre todo porque pone en tela de juicio las visiones populares de la historia de cada nación. La redacción de *Parade* confía en que este análisis, que será leído tanto aquí como en la Unión Soviética, constituya un primer paso hacia la consecución de los mismos objetivos a que hace referencia el autor.

Las cosas, sin embargo, no eran tan sencillas, ni siquiera en la liberalizadora Unión Soviética de 1988. Korotich se había comprometido antes de conocer el texto, y cuando leyó mis comentarios críticos sobre la historia y la política soviéticas se sintió obligado a consultar a una autoridad superior. La responsabilidad del contenido del artículo, tal como apareció en *Ogonyok,* acabó recayendo, al parecer, en el doctor Georgi Arbatov, director del Instituto de Estados Unidos y Canadá de la entonces Academia Soviética de Ciencias, miembro del comité central del Partido Comunista y consejero íntimo de Gorbachov. Arbatov y yo mantuvimos en privado varias conversaciones de carácter político, y me sorprendieron su franqueza y su sinceridad. Aunque en cierto modo resultaba alentador advertir que en su mayor parte el texto no había sido retocado, también resulta instructivo comprobar qué cambios se habían efectuado y qué pensamientos se juzgaban demasiado peligrosos para el ciudadano soviético medio. Así pues, al final del artículo menciono las alteraciones más interesantes, que no dejan de constituir una censura.

EL ARTÍCULO

Si unos extraterrestres estuvieran a punto de invadirnos, dijo el presidente de Estados Unidos

al secretario general soviético, nuestros dos países podrían unirse contra el enemigo común. Existen, desde luego, muchos ejemplos de adversarios mortales que, enfrentados durante generaciones, aparcaron sus diferencias para atender una amenaza más apremiante: las ciudades-estado griegas contra los persas; los rusos y los cumanos (que antaño habían saqueado Kiev) contra los mongoles o, de hecho, los norteamericanos y los soviéticos contra los nazis.

Una invasión alienígena es ciertamente improbable, pero hay un amplio abanico de enemigos comunes (algunos de los cuales representan una amenaza sin precedentes, propia, por otra parte, de nuestro tiempo). Proceden de nuestro creciente poder tecnológico y de nuestra resistencia a prescindir de las ventajas a corto plazo en beneficio del bienestar de nuestra especie a más largo plazo.

El inocente acto de quemar carbón y otros combustibles fósiles incrementa el efecto invernadero del dióxido de carbono y eleva la temperatura de la Tierra, de manera que, según algunas previsiones, en menos de un siglo el Medio Oeste estadounidense y la Ucrania soviética —actuales graneros del mundo— podrían convertirse en eriales. Diversos gases inertes y aparentemente inofensivos empleados en la refrigeración debilitan la capa protectora de ozono, con lo que aumenta el volumen de radiación ultravioleta solar que llega a la superficie de la Tierra, destruyéndose así un número enorme de microorganismos en la base de una mal comprendida cadena alimentaria, en cuya cima nos mantenemos de manera precaria. La contaminación industrial de Estados Unidos destruye bosques en Canadá. Un accidente en un reactor nuclear soviético pone en peligro la antigua cultura de Laponia. Terribles enfermedades epidémicas se extienden por todo el mundo aceleradas por la tecnología de los transportes modernos. Es seguro que habrá otros peligros que, por nuestra voluble atención a lo inmediato, todavía no hemos descubierto.

La carrera de las armas nucleares, iniciada conjuntamente por Estados Unidos y la Unión Soviética, ha minado el planeta con unas 60.000 armas atómicas, muchas más de las necesarias para hacer desaparecer ambas naciones, poner en peligro la civilización global y, quizá, acabar incluso con el experimento humano que comenzó hace un millón de años. Pese a las indignadas protestas pacifistas y los compromisos solemnes de los tratados para invertir la carrera nuclear, cada año Estados Unidos y la Unión Soviética se las arreglan para fabricar nuevos artefactos atómicos capaces de destruir todas las ciudades importantes del planeta. Cuando se piden justificaciones, cada parte se apresura a acusar a la otra. Tras los desastres del transbordador espacial *Challenger* y de la central nuclear de Chernobil, tuvimos que recordar que, pese a nuestros mejores esfuerzos, la alta tecnología puede tener fallos catastróficos. En el siglo de Hitler, hemos comprobado que los locos son capaces de hacerse con el control absoluto de estados industriales modernos. Sólo es cuestión de tiempo el que se produzca algún error sutil e imprevisto en la maquinaria de la destrucción masiva, o un fallo crucial de las comunicaciones, o una crisis emocional de algún líder nacional abrumado. En términos generales, la especie humana gasta anualmente cerca de un billón de dólares (casi todo por parte de Estados Unidos y la Unión Soviética) en preparativos para la intimidación y la guerra. Volviendo al principio, es posible que los malévolos extraterrestres apenas tuviesen motivo para atacar la Tierra; después de un examen preliminar, tal vez decidieran tener un poco de paciencia y aguardar a que nosotros mismos nos destruyéramos.

Estamos en peligro. No necesitamos invasores alienígenas. Ya hemos generado riesgos suficientes por nuestra cuenta, pero se trata de peligros invisibles, en apariencia muy alejados de la vida cotidiana, cuya comprensión requiere una reflexión atenta y que se refieren a gases transparentes, radiaciones invisibles y armas nucleares de cuyo empleo casi nadie ha sido testigo. No hay un ejército extranjero dispuesto a saquear, subyugar, violar y asesinar.

Nuestros enemigos comunes son de personificación más laboriosa, más difíciles de odiar que un Shahanshah, un Kan o un Führer. La integración de fuerzas contra estos nuevos adversarios nos obliga a realizar un decidido esfuerzo de autorreconocimiento, porque

nosotros mismos —todas las naciones de la Tierra, pero en especial Estados Unidos y la Unión Soviética— somos responsables de los peligros que ahora afrontamos.

Nuestras dos naciones son tapices tejidos por una rica diversidad de fibras étnicas y culturales. Militarmente, somos los países más poderosos de la Tierra. Defendemos la idea de que la ciencia y la tecnología pueden construir una vida mejor para todos. Compartimos una fe manifiesta en el derecho de los pueblos a regirse por sí mismos. Nuestros sistemas de gobierno fueron fruto de revoluciones históricas contra la injusticia, el despotismo, la incompetencia y la superstición. Venimos de revolucionarios que consiguieron lo imposible: librarnos de tiranías arraigadas durante siglos y supuestamente sancionadas por la divinidad. ¿Qué nos costará escapar de la trampa que nosotros mismos nos hemos tendido?

Cada bando guarda celosamente en su memoria una larga lista de abusos cometidos por el otro, algunos imaginarios, pero la mayoría auténticos en mayor o menor grado. Cada vez que una parte comete un atropello, podemos tener la seguridad de que la otra le pagará con la misma moneda. Ambas naciones rebosan de orgullo herido y profesión de rectitud moral. Cada una conoce hasta el mínimo detalle las fechorías de la otra, pero apenas repara en los pecados propios y los sufrimientos causados por su política. En cada bando hay, desde luego, personas bondadosas y honestas que perciben los peligros creados por sus políticas nacionales, gentes para las que enderezar las cosas es una cuestión de decencia elemental y de simple supervivencia. Sin embargo, hay también, en uno y otro bando, personas poseídas por un odio y un miedo avivados por las respectivas agencias propagandísticas nacionales, gentes que creen que sus adversarios son irredimibles y buscan el enfrentamiento. Los duros de cada bando *azuzan* a los del bando contrario. Se deben mutuamente su crédito y su fuerza. Se necesitan los unos a los otros. Están trabados en un abrazo mortal.

Si nadie más, alienígena o humano, puede librarnos de este abrazo mortal, sólo nos resta una alternativa: por doloroso que resulte, tendremos que lograrlo nosotros mismos. Un buen comienzo consiste en examinar los hechos históricos tal como los vería la otra parte (o la posteridad, si hay alguna). Imaginemos primero cómo consideraría un observador soviético algunos de los acontecimientos de la historia de Estados Unidos: este país, fundado en el principio de la libertad, fue la última gran nación en poner fin a la esclavitud; muchos de sus fundadores —George Washington y Thomas Jefferson entre ellos— fueron propietarios de esclavos; y el racismo estuvo legalmente sancionado durante un siglo tras la liberación de los esclavos. Estados Unidos ha violado de manera sistemática más de 300 tratados firmados para garantizar algunos de los derechos de los habitantes originarios de aquellas tierras. En 1899, dos años antes de ser elegido presidente, Theodore Roosevelt, en un discurso que fue muy aplaudido, defendió la «guerra justa» como único medio de alcanzar la «grandeza nacional». En 1918, Estados Unidos invadió la Unión Soviética en un frustrado intento por acabar con la revolución bolchevique. Estados Unidos inventó las armas nucleares y fue la primera y única nación que las utilizó contra la población civil, matando en ese proceso centenares de miles de hombres, mujeres y niños. Estados Unidos albergaba planes operativos para el aniquilamiento nuclear de la Unión Soviética aun antes de que ésta dispusiera de un arma atómica, y fue el principal innovador en la continuada carrera de armas nucleares. De las numerosas contradicciones recientes entre teoría y práctica por parte de Estados Unidos cabe citar la advertencia, imbuida de indignación moral, de la administración actual [Reagan] a sus aliados para que no vendieran armas a los terroristas de Irán mientras, bajo cuerda, hacía precisamente eso; la maquinación de guerras soterradas por todo el mundo en nombre de la democracia, en tanto se oponía a sanciones económicas efectivas contra un régimen surafricano que priva a la inmensa mayoría de ciudadanos de cualquier derecho político; la indignación ante el hecho de que, violando la legislación internacional, Irán minase el Golfo Pérsico, al tiempo que esa misma administración hacía lo propio con puertos nicaragüenses y después eludía la jurisdicción del Tribunal Internacional; la acusación sobre Libia de matar niños y el asesinato de niños en represalia, y la denuncia del trato de las minorías en la Unión Soviética, cuando en Estados Unidos hay más jóvenes negros en las cárceles que en las

universidades. No se trata sólo de maligna propaganda soviética. Incluso las personas en buena disposición hacia Estados Unidos podrían tener grandes reservas acerca de las verdaderas intenciones de este país, sobre todo cuando los norteamericanos se resisten a reconocer los hechos incómodos de su historia.

Imaginemos ahora cómo consideraría un observador occidental algunos de los acontecimientos de la historia soviética. En su orden de ataque del 2 de julio de 1920, el mariscal Tujachevsky dijo: «Con nuestras bayonetas llevaremos la paz y la felicidad a la humanidad trabajadora ¡Hacia el Oeste!» Poco después, Lenin, en una conversación con delegados franceses, observó: «Sí, las tropas soviéticas están en Varsovia. Pronto Alemania será nuestra. Reconquistaremos Hungría. Los Balcanes se alzarán contra el capitalismo. Italia temblará. En esta tormenta estallarán todas las costuras de la Europa burguesa.» Evoquemos luego los millones de ciudadanos soviéticos muertos por obra de la política premeditada de Stalin en los años que median entre 1919 y la Segunda Guerra Mundial: la colectivización forzada, las deportaciones en masa de campesinos, la consecuente hambruna de 1932-1933 y las grandes purgas, en la que fueron detenidos y ejecutados casi todos los jerarcas del Partido Comunista mayores de 35 años mientras era proclamada con ufanía una nueva constitución que supuestamente garantizaba los derechos de los ciudadanos soviéticos. Consideremos asimismo la decapitación del Ejército Rojo por orden de Stalin, el protocolo secreto de su pacto de no agresión con Hitler y su negativa a creer en una invasión nazi de la URSS incluso después de comenzada, y los millones de muertos por esa causa. Pensemos a continuación en las restricciones soviéticas de los derechos civiles, la libertad de expresión y la emigración, el antisemitismo continuo y endémico y la persecución religiosa. Si poco después del establecimiento de una nación sus más altos dirigentes militares y civiles se jactan de sus intenciones de invadir estados vecinos, si el líder absoluto durante casi la mitad de su historia es alguien que sistemáticamente mató a millones de compatriotas, si todavía hoy figura en sus monedas el símbolo nacional blasonado sobre el mundo entero, es comprensible que ciudadanos de otras naciones, incluso aquellos de disposición más pacífica o crédula, se muestren escépticos ante sus buenas intenciones, por sinceras y auténticas que éstas sean. No se trata sólo de maligna propaganda norteamericana. El problema se complicará si se pretende que tales hechos jamás existieron.

«Ninguna nación puede ser libre si oprime a otras naciones», escribió Friedrich Engels. En la conferencia de Londres de 1903, Lenin postuló «el completo derecho de todas las naciones a la autodeterminación». Los mismos principios fueron formulados con casi idéntico lenguaje por Woodrow Wilson y muchos otros políticos estadounidenses. Sin embargo, y para ambas naciones, los hechos hablan de otra manera.

La Unión Soviética se anexionó por la fuerza Letonia, Lituania, Estonia y partes de Finlandia, Polonia y Rumania; ocupó y sometió a un régimen comunista a Polonia, Rumania, Hungría, Mongolia, Bulgaria, Checoslovaquia, Alemania oriental y Afganistán, y sofocó el alzamiento de los obreros de Alemania oriental en 1953, la revolución húngara de 1956 y la tentativa checa de introducir en 1968 el *glasnost y la perestroika.* Dejando aparte las guerras mundiales y las expediciones para combatir la piratería o el tráfico de esclavos, Estados Unidos ha perpetrado invasiones e intervenciones armadas en otros países en más de 130 ocasiones[*], incluyendo China (18 veces), México (13), Nicaragua y Panamá (9 cada uno), Honduras (7), Colombia y Turquía (6 en cada país), República Dominicana, Corea y Japón (5 cada uno), Argentina, Cuba, Haití, el reino de Hawai y Samoa (4 cada uno), Uruguay y Fiji (3 cada uno), Granada, Puerto Rico, Brasil, Chile, Marruecos, Egipto, Costa de Marfil, Siria, Irak, Perú, Formosa, Filipinas, Camboya, Laos y Vietnam. La mayoría de estas incursiones han sido escaramuzas para mantener gobiernos sumisos o proteger propiedades e intereses de empresas estadounidenses, pero algunas han sido mucho más importantes, prolongadas y cruentas.

[*] Esta lista, que suscitó una cierta sorpresa cuando fue publicada en Estados Unidos, se basa en recopilaciones de la Comisión de fuerzas armadas de la cámara de representantes.

Las fuerzas armadas estadounidenses han actuado en Latinoamérica no ya antes de la revolución bolchevique, sino antes del *Manifiesto comunista,* lo que hace un poco difícil de aceptar la justificación anticomunista de la intervención en Nicaragua, pero las deficiencias de la argumentación resultarían mejor apreciadas si la Unión Soviética no hubiese adquirido la costumbre de engullir países. La invasión norteamericana del Sureste asiático —de unas naciones que jamás habían dañado o amenazado a Estados Unidos— supuso la muerte de 58.000 norteamericanos y más de un millón de asiáticos; Estados Unidos lanzó 7,5 megatones de explosivos de gran potencia y ocasionó un caos ecológico y económico del que la región todavía no se ha recobrado. Desde 1979, más de 100.000 soldados soviéticos ocuparon Afganistán —una nación con una renta per cápita inferior a la de Haití— en medio de atrocidades en buena parte no reveladas (porque los soviéticos tienen mucho más éxito que los norteamericanos a la hora de excluir de sus zonas bélicas a los periodistas independientes).

La enemistad habitual es corruptora y se nutre a sí misma. Si flaquea, cabe revivirla con facilidad mediante el recuerdo de abusos pasados, la invención de alguna atrocidad o algún incidente militar, el anuncio de que el adversario cuenta ya con una nueva arma peligrosa, o recurriendo a acusaciones de ingenuidad o deslealtad cuando la opinión política interna se torna incómodamente imparcial. Para muchos norteamericanos, comunismo significa pobreza, atraso, el *gulag* por expresar lo que uno piensa, aplastamiento implacable del espíritu humano y sed de conquistar el mundo. Para muchos soviéticos, el capitalismo significa codicia desalmada e insaciable, racismo, guerra, inestabilidad económica y una conspiración internacional de los ricos contra los pobres. Se trata de caricaturas —pero no del todo— a las que, a lo largo de los años, las acciones soviéticas y norteamericanas han prestado cierto crédito y alguna plausibilidad.

Estas caricaturas persisten en parte porque son verdaderas, pero también porque resultan útiles. Si hay un enemigo implacable, entonces los burócratas disponen de una justificación inmediata para la subida de los precios, la escasez de artículos de consumo, la falta de competitividad de la nación en los mercados internacionales, la existencia de gran número de desempleados y personas sin hogar, para tachar de antipatrióticas e inadmisibles las críticas a los líderes, y, sobre todo, para la necesidad de recurrir a un mal tan absoluto como la instalación de decenas de millares de armas nucleares. Ahora bien, si el adversario no resulta lo bastante maligno ya no es tan fácil ignorar la incompetencia y la falta de visión de los gobernantes.

Los burócratas tienen buenos motivos para inventar enemigos y exagerar sus fechorías.

Cada nación cuenta con instituciones militares y servicios de información que valoran el peligro planteado por el otro bando. Esos centros tienen un interés creado en los grandes desembolsos militares y de espionaje. Así, tienen que enfrentarse a una continua crisis de conciencia (un incentivo claro para exagerar la capacidad y las intenciones del adversario). Cuando sucumben a ella, dicen que se trata de una prudencia necesaria; pero sea cual fuere el término empleado, impulsa la carrera de armamentos. ¿Existe una apreciación pública e imparcial de los datos de los servicios de inteligencia? No. ¿Por qué? Porque se trata de datos secretos. Tenemos de este modo una máquina que funciona por sí misma, una especie de conspiración de facto para impedir que las tensiones decaigan por debajo de un nivel mínimo de aceptabilidad burocrática.

Es evidente que muchas instituciones y dogmas nacionales, por eficaces que hayan sido alguna vez, requieren un cambio. Ninguna nación está bien preparada todavía para el mundo del siglo XXI. El reto, pues, no consiste en una glorificación selectiva del pasado o la defensa de los iconos nacionales, sino en trazar un camino que nos permita seguir adelante en un tiempo de gran peligro mutuo. A este efecto necesitaremos toda la ayuda que podamos conseguir.

Una lección crucial de la ciencia es que para comprender cuestiones complejas (o incluso sencillas) debemos tratar de liberar nuestra mente del dogma y garantizar la libertad de

publicar, de rebatir y de experimentar. Los argumentos de autoridad resultan inaceptables. Todos, aun los dirigentes, somos falibles. Sin embargo, por claro que resulte que el progreso necesita de la crítica, los gobiernos tienden a resistirse. El ejemplo definitivo es el de la Alemania de Hitler. He aquí un pasaje de un discurso del dirigente nazi Rudolf Hess, fechado el 30 de junio de 1934: «Hay un hombre por encima de toda crítica, y es el Führer. Todo el mundo lo siente y lo sabe: siempre tiene razón y siempre la tendrá. El nacionalsocialismo de todos nosotros se sustenta en una lealtad acrítica, en un sometimiento al Führer.»

Una observación de Hitler remacha todavía más la conveniencia de semejante doctrina para los dirigentes nacionales: «¡Qué buena fortuna para quienes ostentan el poder que la gente no reflexione!» A corto plazo, una docilidad intelectual y moral muy difundida puede ser conveniente para los líderes, pero a largo plazo es suicida para la nación. Uno de los criterios para el liderazgo nacional debe ser, por lo tanto, el talento para entender, estimular y hacer un uso constructivo de la crítica vigorosa.

Cuando quienes antaño fueron silenciados y humillados por el terror del Estado son ahora capaces de manifestarse —jóvenes apóstoles de la libertad que emprenden su primer vuelo— se sienten alborozados, y otro tanto sucede con cualquier amante de la libertad que les observe. El *glasnost* y la *perestroika* muestran al resto del mundo la esfera humana de la sociedad soviética que políticas pasadas enmascaraban. Proporcionan, a todos los niveles de esa sociedad, mecanismos para la corrección de errores. Son esenciales para el bienestar económico. Permiten auténticos avances en la cooperación internacional y un gran freno de la carrera de armamentos. Así, el *glasnost* y *la perestroika* resultan convenientes tanto para la Unión Soviética como para Estados Unidos.

En la Unión Soviética, existe obviamente una oposición al *glasnost* y la *perestroika* por parte de los que ahora tienen que demostrar su capacidad, entre quienes no están acostumbrados a las responsabilidades de la democracia; aquellos que, después de décadas de atenerse a las normas, no están dispuestos a responder de su conducta pasada. Mientras la Unión Soviética reúne fuerzas para emerger como un rival todavía más formidable, también en Estados Unidos hay algunos que prefieren la antigua Unión Soviética, debilitada por su falta de democracia, fácilmente caricaturizable y satanizable. (Los estadounidenses, durante mucho tiempo complacientes con sus propias formas democráticas, también tienen algo que aprender del *glasnost* y la *perestroika;* esta idea, por sí sola, suscita incomodidad en algunos de ellos.) Con fuerzas tan poderosas desplegadas a favor y en contra de la reforma, nadie puede saber cuál será el resultado.

Lo que en ambos países pasa por debate público sigue siendo, por encima de todo y tras un atento análisis, la repetición de lemas nacionales, una apelación a los prejuicios populares, insinuaciones, autojustificación, orientaciones erróneas, conjuro de sermones cuando se requieren datos y un profundo desdén por la inteligencia de la ciudadanía. Lo que necesitamos es reconocer cuan poco sabemos acerca del modo de atravesar con seguridad las décadas venideras, el valor para examinar una amplia gama de programas alternativos y, más que nada, una dedicación que no esté orientada hacia el dogma, sino hacia las soluciones. Ya será bastante difícil encontrar una solución, pero será mucho más arduo descubrir las que se correspondan perfectamente con las doctrinas políticas de los siglos XVIII o XIX.

Nuestras dos naciones deben ayudarse mutuamente a determinar qué cambios es preciso realizar; esas modificaciones deben beneficiar a las dos partes, y nuestra perspectiva debe abarcar un futuro más allá del siguiente mandato presidencial o del próximo plan quinquenal. Tenemos que reducir los presupuestos militares, elevar los niveles de vida, inculcar un respeto por el aprendizaje, apoyar la ciencia, la consagración al estudio, las invenciones y la industria, promover la libre indagación, reducir la coerción interna, implicar más a los trabajadores en las decisiones empresariales e impulsar un respeto y una comprensión genuinos y derivados del reconocimiento de nuestra humanidad común y del peligro compartido.

Aunque debamos cooperar en un grado sin precedentes, no estoy en contra de una

competencia sana. Ahora bien, compitamos para hallar maneras de invertir la carrera de armas nucleares y reducir masivamente las fuerzas convencionales, para eliminar la corrupción gubernamental, para conseguir que la mayor parte del mundo sea autosuficiente en cuanto a agricultura. Rivalicemos en arte y ciencia, en música y literatura, en innovación tecnológica. Que nuestra carrera sea limpia. Compitamos por aliviar los sufrimientos, la ignorancia y las enfermedades, por respetar en todo el mundo la independencia nacional, por formular y aplicar una ética para el cuidado responsable del planeta.

Aprendamos unos de otros. Durante un siglo, y a través de un plagio en buena parte inconfesado, capitalismo y socialismo se han aprovechado mutuamente de sus métodos y doctrinas. Ni Estados Unidos ni la Unión Soviética poseen el monopolio de la verdad y la virtud. Me gustaría vernos competir en capacidad de cooperación. Durante la década de los setenta, al margen de los tratados limitadores de la carrera nuclear, hemos tenido algunos éxitos notables en cuanto a acción conjunta: la eliminación mundial de la viruela, los esfuerzos por impedir el desarrollo de armas nucleares surafricanas, los vuelos espaciales conjuntos *Apolo-Soyuz.* Podemos hacerlo mucho mejor. Empecemos con unos cuantos proyectos de alcance y visión amplios: el alivio del hambre, especialmente en naciones como Etiopía, víctimas de la rivalidad entre las superpotencias; la identificación y neutralización de catástrofes ambientales a largo plazo producto de nuestra tecnología; la física de fusión, con vistas a lograr una fuente segura de energía para el futuro; la exploración conjunta de Marte, culminando en la primera arribada a otro planeta de seres humanos, soviéticos y norteamericanos.

Tal vez nos destruyamos a nosotros mismos. Quizás el enemigo que llevamos dentro sea demasiado fuerte para que podamos reconocerlo y vencerlo. Tal vez el mundo se vea reducido a condiciones medievales o algo mucho peor.

Sin embargo, no pierdo la esperanza. Recientemente ha habido signos de cambio; son tanteos, pero en la dirección adecuada y, habida cuenta de los hábitos previos de conducta nacional, rápidos. ¿Es posible que nosotros —los norteamericanos, los soviéticos, los seres humanos— recobremos por fin el juicio y comencemos a trabajar unidos en aras de la especie y del planeta?

Nada se nos ha prometido. La Historia ha colocado esta carga sobre nuestros hombros. A nosotros nos corresponde construir un futuro valioso para nuestros hijos y nietos.

LA CENSURA

He aquí, en orden cronológico, con indicación de los párrafos, algunos de los cambios más extraordinarios o interesantes infligidos al artículo, tal como apareció en *Ogonyok.* El material censurado aparece aquí en negrita, los caracteres ordinarios indican pasajes del artículo original y la cursiva entre corchetes corresponde a comentarios míos.

§ 3. ***... en la base de una mal comprendida cadena alimentaria, en cuya cima nos mantenemos de manera precaria.*** *[Sin esta frase, el peligro de la merma del ozono parece mucho menor.]*

§ 4. ... fabricar nuevos artefactos atómicos capaces de destruir ***todas las ciudades importantes del planeta***. *[Las seis últimas palabras fueron reemplazadas por* ***una ciudad****. De esta forma se empequeñece la amenaza nuclear, desviando la atención del número de bombas producidas al año hacia la potencia de una sola.]*

§ 4. ... ***de algún líder nacional abrumado.*** *[¿Disminuye la confianza nacional en el Gobierno pensar que el líder pueda sentirse abrumado?]*

§ 4.... ***la intimidación*** y la guerra.

§ 7. ... ***orgullo herido*** y profesión de rectitud moral.

§ 7. ... un odio y un miedo ***avivados por las respectivas agencias propagandísticas***

nacionales...

§ 8. ***En 1899, dos años antes ser elegido presidente, Theodore*** Roosevelt... *[Esto parece especialmente sórdido, porque la eliminación de esas palabras hace probable que el 99 % de los lectores soviéticos piensen que la cita no es de Theodore sino de Franklin D. Roosevelt.}*

§ 8. ***No se trata sólo de maligna propaganda soviética***.

§ 9.... ***del 2 de julio***...

§ 9. ... ***el protocolo secreto de su pacto de no agresión con Hitler***...

§ 9.... ***y los millones de muertos por esa causa***...

§ 11. ... ***las deficiencias de la argumentación resultarían mejor apreciadas si la Unión Soviética no hubiese adquirido la costumbre de engullir países.***

§ 18. Cuando quienes antaño fueron silenciados y humillados ***por el terror del Estado*** son ahora capaces de manifestarse —j***óvenes apóstoles de la libertad que emprenden su primer vuelo***— se sienten alborozados, ***y otro tanto sucede con cualquier amante de la libertad que les observe.***

§ 19...., ***fácilmente caricaturizable***...

§ 20. ***Lo que en ambos países pasa por debate público sigue siendo, por encima de todo y tras un atento análisis, la repetición de lemas nacionales, una apelación a los prejuicios populares, insinuaciones, autojustifícación, orientaciones erróneas, conjuro de sermones cuando se requieren datos y un profundo desdén por la inteligencia de la ciudadanía.***

§ 20. Ya será bastante difícil encontrar una solución, ***pero será mucho más arduo descubrir las que se correspondan perfectamente con las doctrinas políticas de los siglos XVIII o XIX***. *[El marxismo es desde luego una doctrina política y económica del siglo XIX.]*

§ 23. ***Durante un siglo, y a través de un plagio en buena parte inconfesado***, capitalismo y socialismo se han aprovechado mutuamente de sus métodos y doctrinas. Ni Estados Unidos ni la Unión Soviética poseen el monopolio de la verdad y la virtud.

§ 26. ***Nada se nos ha prometido***. *[Uno de los principios autocomplacientes, pero anticientíficos, del marxismo ortodoxo es el de que el triunfo definitivo del comunismo se halla predeterminado por fuerzas históricas invisibles.]*

Lo que más seriamente preocupaba a los soviéticos era la cita de Lenin (y, por implicación, la de Tujachevsky) del párrafo 9. Tras repetidas peticiones de que eliminara ese pasaje, a las que me negué, en el artículo de *Ogonyok* se incluyó la siguiente nota a pie de página: «El equipo editorial de *Ogonyok* ha consultado los archivos relevantes, pero no aparecieron ni esta cita ni cualquier otra declaración semejante de V. I. Lenin. Lamentamos que millones de lectores de la revista *Parade* hayan sido inducidos a error por esta cita, sobre cuya base llegó Cari Sagan a sus conclusiones.» Ésta era, en mi opinión, una nota un tanto ácida.

Sin embargo, con el paso del tiempo se abrieron nuevos archivos, las historias revisadas se hicieron accesibles y aceptables, Lenin fue desmitificado y la situación se resolvió por sí misma. En las propias memorias de Arbatov aparece la siguiente nota, por demás cortés:

Tengo que formular aquí una disculpa. En mis comentarios en *Ogonyok* durante 1988, al referirme a un artículo del astrónomo Carl Sagan, rechacé sus conclusiones de que la campaña de Tujachevsky en Polonia había representado una tentativa de exportar la revolución. Ello se debió a la postura defensiva habitual, que se convirtió en un reflejo condicionado, y al hecho de que a lo largo de muchos años nos acostumbramos (llegó a convertirse en una segunda naturaleza) a barrer bajo la alfombra hechos «inconvenientes». Yo, por ejemplo, sólo en fecha reciente he estudiado con cierto detenimiento esas páginas de nuestra historia.

15. ABORTO: ¿ES POSIBLE TOMAR AL MISMO TIEMPO PARTIDO POR «LA VIDA» Y «LA ELECCIÓN»?*

La humanidad gusta de pensar en términos de extremos opuestos. Está acostumbrada a formular sus creencias bajo la forma de «o esto o lo otro», entre los que no reconoce posibilidades intermedias. Cuando se la fuerza a reconocer que no cabe optar por los extremos, todavía sigue inclinada a mantener que son válidos en teoría, pero que en las cuestiones prácticas las circunstancias nos obligan a llegar a un compromiso.

John Dewey,

Experience and Education, I, 1938

La cuestión quedó zanjada hace años. El poder judicial optó por el término medio. Uno pensaría que la polémica había concluido, pero sigue habiendo concentraciones masivas, bombas e intimidación, muertes de trabajadores de clínicas abortistas, detenciones, intensas campañas, drama legislativo, audiencias del Congreso, decisiones del Tribunal Supremo, grandes partidos políticos que casi se definen sobre la materia y eclesiásticos que amenazan con la perdición a los políticos. Los adversarios se lanzan acusaciones de hipocresía y asesinato. Se invocan por igual el espíritu de la Constitución y la voluntad de Dios. Se recurre a argumentos dudosos como si fueran certidumbres. Los bandos en liza apelan a la ciencia para fortalecer sus posiciones. Se dividen las familias, maridos y mujeres deciden no hablar del asunto, viejos amigos dejan de hablarse. Los políticos examinan los últimos sondeos para descubrir qué les dicta la conciencia. Entre tanto grito, resulta difícil que los adversarios se escuchen. Las opiniones se polarizan. Las mentes se cierran.

¿Es ilícito interrumpir un embarazo? ¿Siempre? ¿A veces? ¿Nunca? ¿Cómo decidir? Escribimos este artículo para entender mejor cuáles son las posturas enfrentadas y para ver si conseguimos hallar una posición que satisfaga ambas. ¿No existe término medio? Hay que sopesar los argumentos de uno y otro bando para determinar su consistencia y plantear supuestos prácticos, puramente hipotéticos en más de un caso. Si pareciera que algunos de estos supuestos van demasiado lejos, solicitamos del lector que tenga paciencia, pues estamos tratando de forzar las diversas posturas hasta su punto de ruptura a fin de advertir sus debilidades y fallos.

Cuando se reflexiona sobre ello, casi todo el mundo reconoce que no hay una respuesta tajante. Vemos que muchos partidarios de posturas divergentes experimentan cierta inquietud o incomodidad cuando se dualiza lo que hay detrás de los argumentos enfrentados (en parte por eso se rehuyen tales confrontaciones). La cuestión afecta con seguridad a interrogantes más hondos: ¿cuáles son nuestras responsabilidades mutuas?, ¿debemos permitir que el Estado intervenga en los aspectos más íntimos y personales de nuestra vida?, ¿dónde están los límites de la libertad?, ¿qué significa ser humano?

Respecto de los múltiples puntos de vista, existe la extendida opinión —sobre todo en los medios de comunicación, que rara vez tienen el tiempo o la inclinación debidos para establecer distinciones sutiles— de que sólo existen dos: «pro elección» y «pro vida». Así es como se autodenominan los dos bandos contendientes y así los llamaremos aquí. En la caracterización más simple, un partidario de la elección sostendrá que la decisión de interrumpir un embarazo sólo corresponde a la mujer y que el Estado no tiene derecho a intervenir, en tanto que un antiabortista mantendrá que el embrión o feto está vivo desde el momento de la concepción, que esta vida nos impone la obligación moral de preservarla y que el aborto equivale a un asesinato. Ambas denominaciones —pro elección y pro vida— se eligieron pensando en influir sobre quienes aún no se habían decidido: pocos desearán ser

* Escrito en colaboración con Ann Druyan y publicado por vez primera el 22 de abril de 1990 en la revista *Parade* con el título de «The Question of Abortion: A Search for Answers» (La cuestión del aborto: una búsqueda de respuestas).

incluidos entre los adversarios de la libertad de elección o los enemigos de la vida. La libertad y la vida son, desde luego, dos de nuestros valores más apreciados, y aquí parecen hallarse en un conflicto fundamental.

Consideraremos sucesivamente estas dos posiciones absolutistas. Un bebé recién nacido es con seguridad el mismo ser que justo antes de nacer. Existen pruebas sólidas de que un feto ya bien desarrollado reacciona a los sonidos, incluyendo la música, pero en especial a la voz de su madre. Puede chuparse el pulgar o sobresaltarse. De vez en cuando genera ondas cerebrales de adulto. Hay quienes afirman recordar su nacimiento o incluso el entorno uterino. Quizá se piense dentro del útero. Resulta difícil sostener que en el momento del parto sobreviene abruptamente una transformación hacia la personalidad plena. ¿Por qué, pues, debería considerarse asesinato matar a un bebé el día después de nacer pero no el día antes?

En términos prácticos, esto es poco importante. Menos del 1 % de los abortos registrados en Estados Unidos tienen lugar en los tres últimos meses de embarazo (y tras una investigación más atenta se descubre que la mayoría corresponden a abortos naturales o errores de cálculo). Sin embargo, los abortos realizados durante el tercer trimestre proporcionan una prueba de los límites del punto de vista «pro elección». ¿Abarca el «derecho innato de una mujer a controlar su propio cuerpo» el de matar a un feto casi completamente desarrollado y que, a todos los fines, resulta idéntico a un recién nacido?

Creemos que muchos de quienes defienden la libertad reproductiva se sienten, al menos en ocasiones, inquietos ante esta pregunta, pero son reacios a planteársela porque es el comienzo de una pendiente resbaladiza. Si resulta inadmisible suspender un embarazo en el noveno mes, ¿qué sucede con el octavo, el séptimo, el sexto...? ¿No cabe deducir que el Estado puede intervenir en cualquier momento si reconocemos su capacidad para actuar en un determinado momento del embarazo? Esto invoca el espectro de unos legisladores, predominantemente varones y opulentos, decidiendo que mujeres que viven en la pobreza carguen con unos niños que no pueden permitirse el lujo de criar; obligando a adolescentes a traer al mundo hijos para los que no están emocionalmente preparadas; diciendo a las mujeres que aspiran a una carrera profesional que deben renunciar a sus sueños, quedarse en casa y criar niños; y, lo peor de todo, condenando a las víctimas de violaciones e incestos a aceptar sin más la prole de sus agresores[*]. Las prohibiciones legislativas del aborto suscitan la sospecha de que su auténtico propósito sea controlar la independencia y la sexualidad de las mujeres. ¿Con qué derecho los legisladores se permiten decir a las mujeres qué deben hacer con su cuerpo? La privación de la libertad de reproducción es degradante. Las mujeres ya están hartas de ser avasalladas.

Sin embargo, todos estamos de acuerdo en que es justo que se prohíba el asesinato y que se imponga una pena a quien lo comete. Muy débil sería la defensa del asesino si alegara que se trataba de algo entre su víctima y él, y que eso no concernía a los poderes públicos. ¿No es deber del Estado impedir que se elimine un feto si ese acto constituye de hecho el asesinato de un ser humano? Se supone que una de las funciones del Estado es proteger al débil frente al fuerte.

Si no nos oponemos al aborto en alguna etapa del embarazo, ¿no existe el peligro de considerar a toda una categoría de seres humanos indigna de nuestra protección y respeto? ¿No es ésa una de las características del sexismo, el racismo, el nacionalismo y el fanatismo religioso? ¿Acaso quienes se dedican a combatir tales injusticias no deberían evitar escrupulosamente que se cometa otra?

---

[*] Dos de los más enérgicos antiabortistas de todos los tiempos fueron Hitler y Stalin, quienes inmediatamente después de asumir el poder declararon delito la comisión de abortos antes legales. Otro tanto hicieron Mussolini, Ceausescu e incontables dictadores y tiranos nacionalistas. Claro que, en sí mismo, éste no es un argumento en favor de la elección, pero nos previene sobre el hecho de que estar en contra del aborto no tiene por qué ser muestra de un compromiso profundo con la vida humana.

Hoy por hoy no existe el derecho a la vida en ninguna sociedad de la Tierra, ni ha existido en el pasado (con unas pocas excepciones, como los jainistas de la India): criamos animales de granja para su sacrificio, destruimos bosques, contaminamos ríos y lagos hasta que ningún pez puede vivir en ellos, matamos ciervos y alces por deporte, leopardos por su piel y ballenas para hacer abono, atrapamos delfines que se debaten faltos de aire en las grandes redes para atunes, matamos cachorros de foca a palos, y cada día provocamos la extinción de una especie. Todas esas bestias y plantas son seres vivos como nosotros. Lo que (supuestamente) está protegido no es la vida en sí, sino la vida humana.

Aun con esa protección, el homicidio ocasional es un hecho corriente en las ciudades y libramos guerras «convencionales» con un coste tan elevado que por lo general preferimos no pensar demasiado en ello. (Significativamente, suelen justificarse las matanzas en masa organizadas por los estados redefiniendo como subhumanos a nuestros adversarios de raza, nacionalidad, religión o ideología.) Esa protección, ese derecho a la vida, no reza para los 40.000 niños menores de cinco años que mueren cada día en el planeta por causa de inanición, deshidratación, enfermedades y negligencias que habrían podido evitarse.

La mayoría de quienes defienden el «derecho a la vida» no se refieren a cualquier tipo de vida, sino, especial y singularmente, a la vida humana. También ellos, como los partidarios de la elección, deben decidir qué distingue a un ser humano de otros animales y en qué momento de la gestación emergen esas cualidades específicamente humanas, sean cuales fueren.

Pese a las numerosas afirmaciones en contra, la vida no comienza en el momento de la concepción; es una cadena ininterrumpida que se remonta a los orígenes de la Tierra, hace 4.600 millones de años. Tampoco la vida humana comienza en la concepción, sino que es una cadena ininterrumpida que se remonta a los orígenes de nuestra especie, hace cientos de miles de años. Más allá de toda duda, cada espermatozoide y cada óvulo humanos están vivos. Es obvio que no son seres humanos, pero lo mismo podría decirse de un óvulo fecundado.

En algunos animales, un óvulo puede desarrollarse hasta convertirse en un adulto sano sin la contribución de un espermatozoide. No sucede así, por lo que sabemos, entre los seres humanos. Un espermatozoide y un óvulo no fecundado comprenden conjuntamente toda la dotación genética de una persona. En ciertas circunstancias, tras la fecundación pueden llegar a convertirse en un bebé. Sin embargo, la mayoría de óvulos fecundados aborta de modo espontáneo. La conclusión del desarrollo no está garantizada. Ni el espermatozoide ni el óvulo aislados, como así tampoco el óvulo fecundado, pasan de ser un bebé o un adulto potenciales. ¿Por qué, pues, no se considera asesinato destruir un espermatozoide o un óvulo si uno y otro son tan humanos como el óvulo fecundado producido por su unión, y en cambio sí se considera asesinato destruir un óvulo fecundado, aunque sólo sea un bebé en potencia?

De una eyaculación humana media surgen centenares de millones de espermatozoides (agitando la cola y a una velocidad de 12 centímetros por hora). Un hombre joven y sano puede producir en una o dos semanas espermatozoides suficientes para doblar la población humana de la Tierra. ¿Significa esto que la masturbación es un asesinato en masa? ¿Qué decir, entonces, de las poluciones nocturnas o del simple acto sexual? ¿Muere alguien cuando cada mes se expulsa el óvulo no fecundado? ¿Deberíamos llorar todos esos abortos espontáneos? Muchos animales inferiores pueden desarrollarse en laboratorio a partir de una sola célula corporal. Las células humanas pueden ser objeto de clonación. (La cepa más famosa quizá sea la *HeLa,* bautizada así por Helen Lane, su donante.) A la luz de tal tecnología, ¿sería un crimen en masa la destrucción de células potencialmente clonables? ¿Y el derramamiento de una gota de sangre?

Todos los espermatozoides y óvulos humanos son mitades genéticas de seres humanos potenciales. ¿Es preciso hacer esfuerzos heroicos por salvar y preservar a todos y cada uno, en razón de ese «potencial»? ¿Es inmoral o criminal no hacerlo? Existe, desde luego, una diferencia entre suprimir una vida y no salvarla. También es muy distinta la probabilidad de supervivencia de un espermatozoide de la de un óvulo fecundado. Sin embargo, el absurdo de

un cuerpo de ínclitos conservadores de semen nos lleva a preguntarnos si el simple «potencial» que tiene un óvulo fecundado de convertirse en un bebé convierte realmente su destrucción en un asesinato.

A los enemigos del aborto les preocupa que, una vez autorizado el inmediato a la concepción, ninguna argumentación lo impida en cualquier momento subsiguiente del embarazo. Temen que un día resulte admisible matar a un feto que sea, inequívocamente, un ser humano. Tanto los partidarios de la elección como los de la vida (al menos algunos) se ven empujados a posiciones tajantes por su temor compartido a esa pendiente resbaladiza.

Otra pendiente resbaladiza es aquella a la que llegan los antiabortistas dispuestos a hacer una excepción en el caso angustioso de un embarazo fruto de la violación o el incesto. Ahora bien, ¿por qué debería depender el derecho a la vida de las circunstancias de la concepción? ¿Puede el Estado decidir la vida para la prole de una unión legítima y la muerte para la concebida por la fuerza o la coerción, cuando en ambos casos se trata de la vida de un niño? ¿Cómo puede ser esto justo? Por otra parte, ¿por qué no hacer extensiva a cualquier otro feto la excepción que se aplica a éstos? A tal motivo se debe en parte el que algunos antiabortistas adopten la postura, considerada indignante por muchas otras personas, de oponerse al aborto en cualquier circunstancia (excepto, quizá, cuando corre peligro la vida de la madre[*]).

En todo el mundo, la causa más frecuente de aborto es, con mucho, el control de la natalidad. ¿No deberían, entonces, los adversarios del aborto distribuir anticonceptivos y enseñar su uso a los escolares? Ése sería un medio eficaz de reducir los abortos. Por el contrario, Estados Unidos se halla muy por detrás de otras naciones en el desarrollo de métodos seguros y eficaces de control de la natalidad y, en muchos casos, la oposición a tales investigaciones (y a la educación sexual) ha procedido de las mismas personas que se oponen al aborto[**].

La búsqueda de un criterio éticamente sólido y no ambiguo acerca de si el aborto es admisible en algún momento tiene profundas raíces históricas. Con frecuencia, y sobre todo en la tradición cristiana, esta búsqueda estuvo ligada a la cuestión del instante en que el alma penetra en el cuerpo, materia no demasiado susceptible de investigación científica y tema polémico incluso entre teólogos eruditos. Se ha afirmado que la infusión del alma tenía lugar en el semen antes de la concepción, durante ésta, en el momento en que la madre percibe por vez primera los movimientos del feto en su seno y en el nacimiento mismo o incluso más tarde.

Cada religión tiene su doctrina. Entre los cazadores-recolectores no suele haber prohibiciones contra el aborto, y también era corriente en la Grecia y la Roma antiguas. Por el contrario, los asirios, más severos, empalaban en estacas a las mujeres que trataban de abortar. El Talmud judío enseña que el feto no es una persona y, en consecuencia, carece de derechos. Tanto en el Antiguo Testamento como en el Nuevo —que abundan en prohibiciones en extremo minuciosas respecto a la indumentaria, dieta y palabras— no aparece una sola mención que prohíba de modo específico el aborto. El único pasaje que menciona algo relevante en este sentido (Éxodo 21: 22) declara que si surge una pelea y una mujer resulta accidentalmente lesionada y aborta, el responsable debe pagar una multa. Ni san Agustín ni santo Tomás de Aquino consideraban homicidio el aborto en fase temprana (el último basándose en que el embrión no «parece» humano). Esta idea fue adoptada por la Iglesia en el Concilio de Vienne

[*] Martín Lutero, fundador del protestantismo, se mostró opuesto incluso a esta excepción: «No importa si se fatigan o incluso mueren por parir hijos. Perezcan en aras de su fertilidad, para eso están aquí.» (Lutero, *Vom Ebelichen Leben,* 1522.)

[**] ¿No deberían igualmente los partidarios de la vida fijar los cumpleaños de acuerdo con el momento de la concepción y no la fecha de nacimiento? ¿Acaso no tendrían que interrogar minuciosamente a sus padres acerca de su historia sexual? Existiría, desde luego, una cierta incertidumbre irreducible: después del coito pueden pasar horas o días antes de que se produzca la concepción (lo que constituye una dificultad especial para los adversarios del aborto a quienes también interese la astrología).

(Francia) en 1312 y nunca ha sido repudiada. La primera recopilación de derecho canónico de la Iglesia católica, vigente durante mucho tiempo (de acuerdo con el notable historiador de las enseñanzas eclesiásticas sobre el aborto, John Connery, S. J.) sostenía que el aborto era homicidio sólo después de que el feto estuviese ya «formado», aproximadamente hacia el final del primer trimestre.

Sin embargo, cuando en el siglo XVII se examinaron los espermatozoides a través de los primeros microscopios, parecían mostrar un ser humano plenamente formado. Se resucitó así la vieja idea del homúnculo, según la cual cada espermatozoide era un minúsculo ser humano plenamente formado, dentro de cuyos testículos había otros innumerables homúnculos, y así *ad infinitum*.

En parte por obra de esta mala interpretación de datos científicos, el aborto, en cualquier momento y por cualquier razón, se convirtió en motivo de excomunión a partir de 1869. Para la mayoría de católicos resulta sorprendente que la fecha no sea más remota.

Desde la época colonial hasta el siglo XIX, en Estados Unidos la mujer era libre de decidir hasta que «el feto se movía». Un aborto en el primer trimestre de embarazo, e incluso en el segundo, constituía, en el peor de los casos, una infracción. Rara vez se solicitaba una condena al respecto, y resultaba casi imposible de obtener, en parte porque dependía por entero del propio testimonio de la mujer acerca de si había sentido los movimientos del feto, y en parte por la repugnancia del jurado a declararla culpable por haber ejercido su derecho a elegir. Se sabe que en 1800 no existía en Estados Unidos una sola disposición concerniente al aborto. En la práctica totalidad de los periódicos (y hasta en muchas publicaciones eclesiásticas) aparecían anuncios de productos abortivos, aunque el lenguaje empleado fuese convenientemente eufemístico.

Hacia 1900, en cambio, en todos los estados de la Unión, el aborto estaba vedado en cualquier momento del embarazo, excepto cuando fuese necesario para salvar la vida de la mujer. ¿Qué sucedió para que se produjera un cambio tan extraordinario? La religión tuvo poco que ver. Las drásticas transformaciones económicas y sociales que se producían en Estados Unidos estaban transformando la sociedad agraria en otra urbana e industrializada. Norteamérica estaba pasando de una de las tasas más altas de natalidad del mundo a una de las más bajas. Es innegable que el aborto desempeñó un papel en ello y estimuló fuerzas para su supresión.

Una de las más significativas fue la profesión médica. Hasta mediado el siglo XIX la medicina constituía una actividad sin reconocimiento oficial y sin supervisión. Cualquiera podía colocar un cartel a la puerta de su casa y auto titularse médico. Con el auge de una nueva élite médica de formación universitaria, ansiosa de incrementar el rango y la influencia de los facultativos, se constituyó la Asociación Médica Americana. Durante su primera década la AMA empezó a presionar para que el aborto sólo pudiera ser efectuado por quienes poseyesen título facultativo. Los nuevos conocimientos en embriología, afirmaban los médicos, habían revelado que el feto era humano incluso antes de que la madre sintiese su presencia.

El asalto de la profesión médica contra el aborto no se debió a una inquietud por la salud de la mujer, sino, según se decía, por el bienestar del feto. Había que ser médico para saber cuándo resultaba moralmente justificable un aborto, porque la cuestión dependía de hechos científicos y médicos que sólo los facultativos comprendían. Al mismo tiempo, las mujeres quedaban excluidas de las facultades de medicina, donde habrían podido adquirir conocimientos tan arcanos.

Tal como se desarrollaban las cosas, las mujeres nada tenían que decir acerca de la interrupción de sus propios embarazos. También correspondía a los médicos determinar si la gestación planteaba un riesgo para la mujer y quedaba enteramente a su discreción decidir qué era arriesgado y qué no lo era. Para la mujer rica, podía tratarse de un peligro para su tranquilidad emocional o incluso para su estilo de vida. La mujer pobre se veía a menudo

obligada a recurrir al aborto clandestino.

Así fue la ley hasta la década de los sesenta de este siglo, cuando una coalición de individuos y organizaciones, entre las que figuraba la AMA, trató de abolirla y restablecer los valores más tradicionales, que se encarnarían en el caso Roe contra Wade.

Si uno mata deliberadamente a un ser humano, se dice que ha cometido un asesinato. Si el muerto es un chimpancé —nuestro más próximo pariente biológico, con el que compartimos el 99,6 % de genes activos— cualquiera, entonces no es asesinato. Hasta la fecha, el asesinato se aplica sólo al hecho de matar seres humanos. Por eso resulta clave en el debate sobre el aborto la cuestión del momento en que surge la personalidad (o, si se prefiere, el alma). ¿Cuándo se hace humano el feto? ¿Cuándo emergen las cualidades distintivamente humanas?

Reconocemos que la fijación de un momento exacto tiene que pasar por alto las diferencias individuales. Por ese motivo, si hay que trazar una línea, se debe proceder con cautela, es decir, pecar más por exceso que por defecto. Hay personas que se oponen al establecimiento de un límite numérico, y compartimos su inquietud, pero si tiene que existir una ley sobre esta materia, que represente un compromiso útil entre las dos posiciones extremas, hay que determinar, al menos aproximadamente, un periodo de transición hacia la personalidad.

Cada uno de nosotros partió de un punto. Un óvulo fecundado tiene aproximadamente el tamaño del punto que hay al final de esta frase. La unión trascendental de espermatozoide y óvulo suele tener lugar en una de las dos trompas de Falopio. Una célula se convierte en dos, dos se convierten en cuatro, etc. (una aritmética exponencial de base 2). Hacia el décimo día el óvulo fecundado se ha trocado en una especie de esfera hueca que se encamina hacia otro reino, el útero. A su paso destruye tejidos, absorbe sangre de los vasos capilares, se baña en la sangre materna, de la que extrae oxígeno y nutrientes, y se fija como una especie de parásito a la pared del útero.

- Hacia la tercera semana, para cuando se produce la primera falta, el embrión en formación tiene unos dos milímetros de longitud y desarrolla varias partes del cuerpo. Sólo en esta etapa comienza a depender de una placenta rudimentaria. Recuerda algo a un gusano segmentado[*].

- Hacia el final de la cuarta semana ya mide unos 5 milímetros. Es reconocible ahora como vertebrado, su corazón en forma de tubo comienza a latir, se advierte algo parecido a los arcos branquiales de un pez o un anfibio, y una cola pronunciada. Parece más bien una lagartija acuática o un renacuajo. Éste es el final del primer mes de gestación.

- Hacia la quinta semana, cabe distinguir las grandes divisiones del cerebro. Se evidencia lo que más tarde serán los ojos y aparecen unos pequeños brotes que luego se transformarán en brazos y piernas.

- Hacia la sexta semana el embrión mide 13 milímetros. Los ojos permanecen todavía a los lados de la cabeza, como en la mayor parte de los animales, y la cara reptiliana posee unas hendiduras unidas que más tarde darán lugar a la boca y la nariz.

- Hacia el final de la séptima semana la cola casi ha desaparecido y se advierten ya

[*] Cierto número de publicaciones de derechas y cristianas integristas han criticado este argumento, afirmando que se basa en una doctrina obsoleta, denominada recapitulación, de Ernst Haeckel, un biólogo alemán del siglo XIX, quien postuló que los pasos en el desarrollo embrionario individual de un animal reproducían (o «recapitulaban») las etapas de la evolución de sus antepasados. La recapitulación ha sido estudiada de forma exhaustiva y escéptica por el biólogo Stephen Jay Gould (en su libro *Ontogeny and Phylogeny,* Harvard University Press, 1997). Pero en nuestro artículo no decíamos una palabra de la recapitulación, como puede juzgar el lector. Las comparaciones del feto humano con otros animales (adultos) se basan en su apariencia (véanse ilustraciones). La clave de la argumentación de estas páginas no reside en la historia de su evolución, sino en su forma no humana.

caracteres sexuales (aunque ambos sexos parecen femeninos). La cara es de mamífero, pero un tanto porcina.

• Hacia el final de la octava semana la cara semeja la de un primate, si bien aún no es del todo humana. En sus elementos esenciales ya están presentes la mayoría de las partes del cuerpo. La anatomía del cerebro inferior está bien desarrollada. El feto revela respuestas reflejas a estímulos sutiles.

• Hacia la décima semana la cara tiene ya un aspecto inconfundiblemente humano. Comienza a ser posible distinguir niños de niñas. Las uñas y las grandes estructuras óseas no resultan evidentes hasta el tercer mes.

• Hacia el cuarto mes se puede diferenciar la cara de un feto de la de otro. En el quinto mes la madre suele sentir sus movimientos. Los bronquiolos pulmonares no empiezan a desarrollarse hasta aproximadamente el sexto mes y los alvéolos aún más tarde.

¿Cuándo accede, pues, un feto a la personalidad, habida cuenta de que sólo una persona puede ser asesinada? ¿Cuando la cara se torna claramente humana, cerca del final del primer trimestre? ¿Cuándo reacciona ante los estímulos, también al final del primer trimestre? ¿Cuándo se torna lo bastante activo para que la madre lo sienta, hacia la mitad del segundo trimestre? ¿Cuándo los pulmones alcanzan un grado de desarrollo suficiente para que el feto pueda respirar por sí mismo, llegado el caso, el aire exterior?

Lo malo de estos hitos del desarrollo no es sólo que sean arbitrarios: más inquietante resulta el hecho de que ninguno implica características exclusivamente humanas, al margen de la cuestión superficial de la apariencia facial. Todos los animales reaccionan ante los estímulos y se mueven a su antojo. Muchos son capaces de respirar. Sin embargo, eso no impide que los matemos por miles de millones. Los reflejos, el movimiento y la respiración no son lo que nos hace humanos.

Otros animales nos superan en velocidad, fuerza, resistencia, a la hora de trepar, excavar o camuflarse, en vista, olfato, oído, o en el dominio del aire o del agua. Nuestra única gran ventaja es el pensamiento. Somos capaces de reflexionar, de imaginar acontecimientos que todavía no han sucedido, de concebir cosas. Así fue como inventamos la agricultura y la civilización. El pensamiento es nuestra bendición y nuestra maldición, y nos hace ser lo que somos.

El pensamiento tiene lugar, desde luego, en el cerebro, sobre todo en las capas superiores de la «materia gris» replegada que llamamos corteza cerebral. Cerca de 100.000 millones de neuronas cerebrales constituyen la base material del pensamiento. Las neuronas están unidas entre sí y sus conexiones desempeñan un papel crucial en lo que llamamos pensamiento, pero la conexión a gran escala de las neuronas no empieza hasta el sexto mes de embarazo.

Mediante la colocación de electrodos inofensivos en la cabeza de un individuo, los científicos pueden medir la actividad eléctrica emanada de la red de neuronas cerebrales. Diferentes tipos de acción mental revelan distintas clases de ondas cerebrales, pero las pautas regulares típicas del cerebro humano de un adulto no aparecen en el feto hasta cerca de la trigésima semana del embarazo, hacia el comienzo del tercer trimestre. Hasta entonces, los fetos, por vivos y activos que parezcan, carecen de la necesaria arquitectura cerebral. Todavía no pueden pensar. Aceptar que se puede matar cualquier criatura viva, en especial una que más tarde tal vez se convierta en un bebé, es problemático y doloroso, pero hemos rechazado los extremos «siempre» y «nunca», y eso nos coloca, querámoslo o no, en la pendiente resbaladiza. Si tenemos que optar por un criterio de desarrollo, aquí es donde hay que trazar la raya: cuando se hace posible un mínimo asomo de pensamiento característicamente humano.

Se trata, en realidad, de una definición muy conservadora: rara vez se encuentran en un feto ondas cerebrales regulares. Serían útiles nuevas investigaciones (también comienzan tardíamente las ondas cerebrales bien definidas durante la gestación de fetos de babuinos y ovejas). Si pretendemos que el criterio sea todavía más estricto para tomar en consideración el

desarrollo cerebral precoz de algún feto, podemos trazar la raya a los seis meses. Ahí es en donde la trazó el Tribunal Supremo de Estados Unidos en 1973, aunque por razones completamente diferentes.

Su decisión en el caso Roe contra Wade modificó la legislación estadounidense sobre el aborto, que lo permite a petición de la mujer sin limitaciones durante el primer trimestre y, con ciertas restricciones encaminadas a proteger su salud, en el segundo trimestre, y autoriza a los estados a prohibir el aborto en el tercer trimestre, excepto cuando exista una seria amenaza para la vida o la salud de la mujer. En la decisión de Webster de 1989, el Tribunal Supremo se negó explícitamente a revocar la sentencia del caso Roe contra Wade, pero de hecho invitó a las 50 legislaturas estatales a que decidiesen por su cuenta.

¿Cuál fue el razonamiento en el caso Roe contra Wade? No reconocía peso legal a lo que suceda con los niños una vez nacidos o con la familia. El tribunal determinó, en cambio, que el derecho de una mujer a la libertad de reproducción se halla protegido por la garantía constitucional de su intimidad. Ahora bien, ese derecho no es omnímodo. Hay que sopesar la garantía de intimidad de la mujer y el derecho a la vida del feto, y cuando el tribunal consideró la cuestión otorgó prioridad a la intimidad en el primer trimestre y a la vida en el tercero. La transición no se estableció según las consideraciones tratadas hasta ahora en este capítulo: cuándo sucede la «infusión del alma» o en qué momento reviste el feto suficientes rasgos humanos para ser protegido por la legislación contra el asesinato. El criterio adoptado fue, por el contrario, si el feto podía vivir fuera de la madre. Esto es lo que se denomina «viabilidad», y depende en parte de la capacidad de respirar. Sencillamente, los pulmones no están desarrollados y el feto no puede respirar —por muy perfeccionado que fuese el pulmón artificial de que se le dotase— hasta cerca de la vigésimo cuarta semana, hacia el comienzo del sexto mes. Es por esto por lo que la legislación estadounidense permite a los estados prohibir los abortos en el tercer trimestre. Se trata de un criterio muy pragmático.

Según la argumentación, si en una cierta etapa de la gestación pudiese ser viable el feto fuera del útero, entonces su derecho a la vida se impondría al derecho de la mujer a la intimidad. Ahora bien, ¿qué significa «viable»? Incluso un recién nacido a término no es viable sin cuidado y cariño considerables. Hace tan sólo unas décadas, antes de las incubadoras, la viabilidad de los bebés nacidos en el séptimo mes era improbable. ¿Hubiera sido admisible entonces abortar en el séptimo mes? ¿Se tornaron de repente inmorales los abortos en el séptimo mes tras la invención de las incubadoras? ¿Qué sucederá si en el futuro se desarrolla una nueva tecnología que permita a un útero artificial mantener un feto vivo incluso antes del sexto mes, proporcionándole oxígeno y nutrientes a través de la sangre (como hace la madre a través de la placenta)? Reconocemos que es improbable que vaya a existir esa tecnología a corto plazo o que llegue a estar al alcance de gran número de personas, pero ¿sería entonces inmoral abortar antes del sexto mes cuando antes no lo era? Una moralidad que depende de la tecnología y cambia con ésta es una moralidad frágil y, para algunos, inaceptable.

Es más, ¿por qué han de ser la respiración, el funcionamiento de los riñones o la capacidad de resistir las enfermedades, por ejemplo, justificativos de la protección legal? ¿Sería admisible matar un feto que revelase pensamientos y sentimientos pero que no fuera capaz de respirar? A nuestro juicio, el argumento de la viabilidad no puede determinar de manera coherente cuándo son admisibles los abortos. Se requiere otro criterio. Una vez más, ofrecemos la consideración del primer atisbo de pensamiento humano.

Puesto que, por término medio, el pensamiento fetal comienza a manifestarse incluso después del desarrollo fetal de los pulmones, creemos que la sentencia del caso Roe contra Wade fue una decisión buena y prudente respecto de una cuestión compleja y difícil. Con la prohibición del aborto en el último trimestre —excepto en los casos de grave necesidad médica— se alcanza un equilibrio justo entre las reivindicaciones enfrentadas de la libertad y de la vida.

Cuando apareció este artículo en *Parade,* iba acompañado de un recuadro con un número de teléfono al que podían llamar los lectores para manifestar sus opiniones sobre el aborto. Se

recibieron nada menos que 380.000 llamadas. Había cuatro opciones: «el aborto tras la concepción es un asesinato», «una mujer tiene derecho a optar por el aborto en cualquier momento de su embarazo», «debería permitirse el aborto durante los tres primeros meses de embarazo» y «debería permitirse el aborto durante los seis primeros meses de embarazo». *Parade* aparece en domingo, y para el lunes las opiniones estaban bien repartidas entre estas cuatro opciones. Luego Pat Roberton, un evangelista integrista aspirante a la candidatura presidencial republicana de 1992, compareció en su programa diario de televisión apremiando al público a tirar *Parade* a la basura y lanzando con claridad el mensaje de que matar un cigoto humano es asesinato. Se salieron con la suya. A la actitud de la mayoría de norteamericanos, por lo general favorable a la elección —como repetidamente muestran los sondeos de opinión demográficamente controlados y reflejada en los primeros resultados de las llamadas— se impuso de manera abrumadora una organización política.

16. LAS REGLAS DEL JUEGO

Todo lo moralmente justo deriva de una de estas cuatro fuentes: la percepción plena o la deducción inteligente de lo que es cierto, la preservación de una sociedad organizada donde cada hombre reciba lo que merece y todas las obligaciones sean fielmente cumplidas, la grandeza y la fuerza de un espíritu noble e invencible, o el orden y la moderación en todo lo dicho y hecho, es decir, la templanza y el dominio de uno mismo.

Cicerón,

De Officiis, I, 5 (45-44 a. de C.)

Recuerdo el final de un día largo y perfecto de 1939, una jornada que influyó vigorosamente en mi pensamiento, un día en que mis padres me llevaron a ver las maravillas de la Exposición Universal de Nueva York. Era tarde, muy pasada ya la hora de acostarse. Instalado firmemente sobre los hombros de mi padre, agarrado a sus orejas, con la presencia tranquilizadora de mi madre al lado, me volví para contemplar el gran Trylon *y la* Perisphere, *los iconos arquitectónicos de la Exposición, bajo un trémulo resplandor azul pastel. Dejábamos atrás el futuro, el Mundo del Mañana, camino del metro. Cuando nos detuvimos para ordenar nuestros paquetes, mi padre empezó a hablar con un hombre de corta estatura y aspecto cansado que llevaba una bandeja colgada del cuello. Vendía lápices. Mi padre hurgó en la bolsa de papel pardo donde guardaba lo que nos había sobrado de la comida, sacó una manzana y se la entregó al hombre de los lápices. Yo dejé escapar un sonoro gemido. Por entonces no me gustaban las manzanas y había rechazado aquélla tanto a la hora del almuerzo como en la cena. Sin embargo, yo tenía un interés de propietario en ella. Era* mi *manzana y mi padre acababa de dársela a un desconocido de extraña apariencia que, para, más inri, me fulminaba ahora con la mirada.*

Aunque mi padre era una persona de paciencia y ternura casi ilimitadas, pude advertir que lo había decepcionado. Me alzó y abrazó con fuerza.

«Es un pobre vagabundo, sin trabajo —me dijo en voz baja para que el hombre no le oyese—. No ha comido en todo el día. Nosotros tenemos bastante. Podemos darle una manzana. »

Reflexioné, ahogué mis sollozos, eché otra ansiosa mirada al Mundo del Mañana y de buen talante me quedé dormido en sus brazos.

Los códigos morales que tratan de regular la conducta humana nos han acompañado no sólo desde el alba de la civilización, sino entre nuestros antepasados, los precivilizados y sociables cazadores-recolectores, e incluso antes. Cada sociedad tiene su propio código. Muchas culturas dicen una cosa y hacen otra. En unas cuantas sociedades afortunadas, un legislador inspirado establece una serie de reglas de convivencia (la mayor parte de las veces afirmando que han sido instruidas por un dios, sin lo cual pocos las seguirían). Por ejemplo, los códigos de Asoka (India), Hammurabi (Babilonia), Licurgo (Esparta) y Solón (Atenas), que otrora rigieron civilizaciones poderosas, están ahora, en gran medida, perimidos. Tal vez juzgaron erróneamente la naturaleza humana y nos pidieron demasiado. Quizá la experiencia de una época o una cultura no sea plenamente aplicable a otra.

Para nuestra sorpresa, surgen ahora esfuerzos —por el momento tentativos— para abordar la cuestión científicamente, es decir, de manera experimental.

Tanto en nuestra vida cotidiana como en las relaciones trascendentales entre las naciones tenemos que decidir. ¿Qué significa hacer lo que es justo? ¿Debemos ayudar a un desconocido en apuros? ¿Cómo tratar a un enemigo? ¿Debemos aprovecharnos de alguien que nos trata amablemente? ¿Hay que pagar con la misma moneda cuando somos agraviados por un amigo o auxiliados por un enemigo, o acaso el conjunto de la conducta pasada supera cualquier desviación reciente de la norma? Ejemplos: nuestra cuñada hace caso omiso de un desaire y nos invita a la cena de Nochebuena; ¿deberíamos aceptar? Rompiendo una

moratoria voluntaria mundial de cuatro años, China reanuda las pruebas de armas nucleares; ¿tiene que hacer otro tanto Estados Unidos?, ¿cuánto debemos donar a obras de caridad? Los soldados serbios violan sistemáticamente a las mujeres bosnias; ¿tienen los soldados bosnios que violar sistemáticamente a las mujeres serbias? Tras siglos de opresión, el líder del Partido Nacionalista F. W. de Klerk formula unas propuestas al Congreso Nacional Africano; ¿deben hacer otro tanto Nelson Mándela y el CNA? Un compañero de trabajo le deja mal ante el jefe; ¿tiene usted que tratar de hacerle lo mismo? ¿Deberíamos falsear la declaración de la renta si se nos garantizara impunidad? ¿Tenemos que pasar por alto la contaminación del medio ambiente por parte de una empresa petrolífera que subvenciona una orquesta sinfónica o un buen programa de televisión? ¿Hemos de mostrarnos cordiales con los parientes ancianos, aunque nos crispen los nervios? ¿Podemos hacer trampas jugando a las cartas, o en una escala mayor? ¿Hay que matar a los asesinos?

Al tomar tales decisiones no sólo nos preocupa hacer lo que es justo, sino también lo eficaz, lo que nos da, a nosotros y al resto de la sociedad, más felicidad y seguridad. Existe una tensión entre lo que denominamos ético y lo que llamamos pragmático. Aun a largo plazo, si una conducta ética desembocase en un fracaso no la calificaríamos de ética sino de estúpida. (Es posible que en principio la respetásemos, pero en la práctica nos desentenderíamos de ella.) Habida cuenta de la variedad y la complejidad de la conducta humana, ¿existen unas reglas simples —llámeselas éticas o pragmáticas— que realmente funcionen?

¿Cómo decidir qué debemos hacer? Nuestras respuestas están en parte determinadas por el propio interés. Obramos del mismo modo que obran con nosotros o de manera contraria porque así esperamos conseguir lo que deseamos. Las naciones montan o ensayan armas nucleares para conseguir el respeto de las demás. Devolvemos bien por mal porque sabemos que a veces podemos despertar el sentido de la justicia de otros o hacer que se avergüencen de su conducta. Sin embargo, no siempre actuamos por motivos egoístas. Algunas personas parecen ser amables por naturaleza. Podemos soportar la irritación que nos provocan unos padres ancianos o unos hijos revoltosos porque los queremos y deseamos que sean felices, aun a costa de nosotros. A veces nos mostramos duros con los hijos y les causamos una pequeña infelicidad porque pretendemos moldear su carácter y creemos que los resultados a largo plazo los harán mas felices que el dolor a corto plazo.

Los casos difieren. Las personas y las naciones también. Parte de nuestra sabiduría consiste en salvar este laberinto. La cuestión es si existen, habida cuenta de la variedad y complejidad de la conducta humana, unas reglas simples —llamémoslas éticas o pragmáticas— que realmente funcionen. ¿O quizá deberíamos tratar de no reflexionar sobre la cuestión y hacer sencillamente lo que parece justo? Ahora bien, ¿cómo *determinar* aun entonces lo que «parece justo»?

La norma más admirada de conducta, al menos en Occidente, es la «regla de oro», atribuida a Jesús de Nazaret. Cualquiera conoce su formulación en el *Evangelio de san Mateo* del siglo I: «Todo cuanto queráis que os hagan los hombres, hacédselo también vosotros a ellos.» Casi nadie la observa. Cuando en el siglo V a. de C. se solicitó al filósofo chino Kung-Tzi (conocido en Occidente como Confucio) su opinión sobre la norma (para entonces ya bien conocida) de pagar el mal con bien, replicó: «¿Con qué pagaréis entonces el bien?» ¿Debe la mujer pobre que envidia la riqueza de su vecina dar a la rica lo poco que tiene? ¿Debe el masoquista infligir dolor a su vecino? La regla de oro no toma en consideración las diferencias humanas. ¿Somos realmente capaces, después de haber recibido una bofetada en la mejilla, de poner la otra para que también la abofeteen? ¿Acaso no es esto garantía de un mayor sufrimiento frente a un adversario desalmado?

La «regla de plata» es diferente: «No hagas a los demás lo que no quisieras que te hiciesen.» También puede hallarse en el mundo entero, incluso una generación antes de Jesús, en los textos del rabino Hillel. Los ejemplos más inspirados de la aplicación de la regla de plata en el siglo XX fueron los de Mohandas Gandhi y Martin Luther King, quienes pidieron a los

pueblos oprimidos que no devolvieran violencia por violencia, pero que tampoco se mostrasen sumisos y obedientes. Postularon la desobediencia civil, mostrando la justicia de su causa a través de la disposición a ser castigados por desafiar una ley injusta. Pretendían conmover los corazones de sus opresores (y de los que todavía no habían tomado partido).

King rindió tributo a Gandhi como primera persona en la historia que convirtió las reglas de oro o plata en instrumentos eficaces de cambio social. Gandhi dejó claro el origen de su conducta: «Aprendí de mi esposa la lección de la no violencia cuando traté de doblegarla a mi voluntad. Su resuelta resistencia a mi voluntad por un lado y su callada sumisión a los sufrimientos que mi necedad implicaba por otro, determinaron que en definitiva me sintiera avergonzado de mí mismo y curase de la estupidez de haber pensado que yo había nacido para gobernarla.»

La desobediencia civil no violenta ha logrado notables cambios políticos en este siglo, hizo que la India se emancipase del poder británico, promovió por doquier el final del colonialismo clásico y proporcionó algunos derechos civiles a los norteamericanos de origen africano (aunque también puede haber contribuido a ello la amenaza de la violencia de otros, desautorizada sin embargo por Gandhi y King). El Congreso Nacional Africano (CNA) creció dentro de la tradición gandhiana, pero hacia la década de los cincuenta resultaba evidente que la insumisión no violenta de nada valía frente al Partido Nacionalista blanco en el poder. De manera que, en 1961, Nelson Mándela y los suyos formaron el *Umjunto we Sizwe* (Lanza de la Nación), ala militar del CNA, sobre la base absolutamente antigandhiana de que lo único que los blancos entienden es la fuerza.

Incluso Gandhi tuvo dificultades para conciliar el empleo de la no violencia con las necesidades de la defensa frente a quienes seguían reglas de conducta menos sublimes: «Carezco de calificación para enseñar mi filosofía de la vida. Apenas la poseo para practicar la filosofía en que creo. No soy más que una pobre alma que pugna y se afana por ser [...] del todo sincera y del todo no violenta en pensamientos, palabras y obras, pero que nunca logra alcanzar el ideal.»

«Paga el bien con bien, pero el mal con justicia», dijo Confucio. Ésta podría llamarse «regla de bronce»: «Haz a los demás lo que ellos te hagan.» Es la *lex talionis,* «ojo por ojo y diente por diente», *más* «un bien merece otro». Es la norma familiar en la conducta verdaderamente humana (y del chimpancé). «Si el enemigo se inclina hacia la paz, inclínate también hacia la paz», dijo el presidente Clinton citando el Corán durante la firma de los acuerdos entre israelíes y palestinos. Sin tener que recurrir a lo mejor de la naturaleza de alguien, establecemos una especie de condicionamiento operante, premiándolo cuando se porta bien con nosotros y castigándolo cuando no es así. No nos dejamos arrollar, pero tampoco nos mostramos implacables. Parece prometedor. ¿O acaso es verdad que «dos males no hacen un bien» ?

De acuñación inferior es la «regla de hierro»: «Haz a los demás lo que te plazca, antes de que ellos te lo hagan a ti.» A veces se formula como «quien tiene el oro establece las reglas», subrayando no sólo una desviación de la regla de oro, sino su desdén por ésta. Es la máxima secreta de muchos, si es que consiguen aplicarla, y a menudo el precepto tácito de los poderosos.

Finalmente, debo mencionar otras dos reglas, empleadas por doquier y que explican muchas cosas. Una es «trata de ganarte el favor de los que están por encima de ti y abusa de los que tienes debajo». Éste es el lema de los matones y la norma en muchas sociedades de primates no humanos. De hecho es aplicar la regla de oro para los superiores y la regla de hierro para los inferiores. Como no existe ninguna aleación conocida de oro y hierro, la llamaremos la «regla de hojalata» por su flexibilidad. La otra regla corriente es «privilegia en todo a tus parientes próximos y haz lo que te plazca con los demás». Esta regla, conocida como nepotismo, es llamada por los evolucionistas «selección de parentesco».

Pese a su aparente sentido práctico, hay un defecto fatal en la regla de bronce: la *vendetta* inacabable. Apenas importa quién haya comenzado: la violencia engendra violencia. «No existe un camino hacia la paz —dijo A. J. Muste—. La paz *es* el camino.» Pero la paz es difícil y la violencia fácil. Aunque casi todos estén de acuerdo en ponerle fin, un solo acto de venganza puede desencadenarla de nuevo: la viuda llorosa y los hijos entristecidos de un pariente muerto, ancianos y ancianas que recuerdan atrocidades de su niñez. Nuestra parte razonable trata de mantener la paz, pero nuestra parte apasionada clama venganza. Los extremistas de dos facciones contendientes pueden contar los unos con los otros. Se alían frente al resto de nosotros y desdeñan las apelaciones a la comprensión y el bien. Unos pocos exaltados pueden incitar a la brutalidad y la guerra a una legión de personas prudentes y racionales.

En el mundo occidental muchos quedaron tan hipnotizados por los repulsivos acuerdos de Munich firmados en 1938 con Adolf Hitler que ahora son incapaces de distinguir entre la cooperación y el apaciguamiento. En vez de tener que juzgar cada gesto y cada postura por sus propios méritos, decidirnos de inmediato que el adversario es profundamente malvado, que hay mala fe en todas sus concesiones y que la fuerza es lo único que entiende. Tal vez éste fuera un juicio certero en lo que a Hitler se refiere, pero en general no lo es (por mucho que yo desee que se hubiera producido una reacción de fuerza ante la ocupación militar de Renania) porque consolida la animadversión en ambos bandos y hace mucho más probable el conflicto. En un mundo con armas nucleares, una hostilidad inflexible supone peligros especiales y más que terribles.

Sé que es muy difícil poner fin a una larga serie de represalias. Hay grupos étnicos que se han debilitado hasta la extinción porque carecían de una maquinaria que les permitiera escapar a este ciclo (los caingangues de las mesetas brasileñas, por ejemplo). Las nacionalidades contendientes en la ex Yugoslavia, Ruanda y otros lugares pueden ser ejemplos futuros. La regla de bronce parece demasiado inexorable. La de hierro promueve la ventaja de unos pocos, implacables y poderosos, contra los intereses de todos los demás. Las reglas de oro y de plata parecen condescendientes en exceso y fracasan de manera sistemática a la hora de castigar la crueldad y la explotación. Confían en inducir a las gentes a abandonar el mal por el bien, mostrando que es posible la cordialidad. Sin embargo, hay sociópatas a quienes importan poco los sentimientos de los demás, y es difícil imaginar a un Hitler o a un Stalin avergonzados hasta redimirse por el buen ejemplo. ¿Existe una regla entre la de oro y la de plata por un lado y las de bronce, hierro y hojalata por el otro, que funcione mejor que cualquiera de éstas por sí sola?

¿Cómo podemos decidir cuál emplear, cuál funcionará, entre tantas y tan diferentes reglas? Es posible que en la misma persona o nación opere más de una regla. ¿Estamos condenados a guiarnos sólo por suposiciones, a fiarnos de la intuición o, sencillamente, a repetir lo que se nos ha enseñado? Dejemos a un lado, sólo por un momento, todas las reglas a que nos hayamos acostumbrado y aquellas ante las que apasionadamente sentimos —quizá por un hondamente arraigado sentido de la justicia— que tienen que ser justas.

Imaginemos que no tratamos de confirmar o negar lo que se nos haya enseñado, sino de averiguar lo que realmente funciona. ¿Hay algún modo de contrastar códigos éticos en competencia? ¿Cabe explorar científicamente la materia, admitiendo que el mundo real puede ser mucho más complejo que cualquier simulación?

Estamos habituados a participar en juegos en los que alguien gana y alguien pierde. Cada punto conseguido por nuestro adversario nos deja un poco más atrás. Los juegos de esta clase parecen naturales, y a muchas personas les costaría trabajo imaginar un juego en el que no se debatieran la victoria y la derrota. En los juegos de ganar-perder, las pérdidas son equivalentes a las ganancias, por eso se denominan «juegos de suma cero». No existe ambigüedad respecto de las intenciones del oponente: dentro de las reglas del juego, hará cuanto pueda para derrotarnos.

Muchos niños se espantan la primera vez que se enfrentan claramente a la derrota en los juegos de ganar-perder.

Al borde de la bancarrota en el *Monopolio,* alegan una dispensa especial (exención de rentas, por ejemplo) y cuando ésta no se admite, puede que denuncien entre lágrimas que el juego les parece duro y cruel, como así es (a veces he visto, y no sólo a niños, tirar por el suelo tablero, hoteles y fichas entre manifestaciones de ira y humillación). Las reglas de este juego no permiten que los participantes cooperen en beneficio de todos. El juego no está concebido para eso.

Lo mismo cabe decir del boxeo, el fútbol, el hockey, el baloncesto, el béisbol, el lacrosse, el tenis, el pádel, el ajedrez, de todas las pruebas olímpicas, las regatas, las carreras de coches y la política partidista. En ninguno de estos juegos existe una oportunidad de practicar la regla de oro ni la de plata, ni siquiera la de bronce. Sólo hay espacio para las reglas de hierro y hojalata. ¿Por qué, si la reverenciamos, resulta tan rara la regla de oro en los juegos que enseñamos a nuestros hijos?

Tras un millón de años de tribus intermitentemente bélicas, estamos bien preparados para pensar en el modo de suma cero y para tratar cada interacción como una pugna o un conflicto. Sin embargo, la guerra nuclear (y muchas contiendas convencionales), la depresión económica y las agresiones al medio ambiente global son todas propuestas de «perder-perder». Anhelos humanos tan vitales como el amor, la amistad, la paternidad, la música, el arte y la búsqueda del conocimiento son propuestas de «ganar-ganar». Nuestra visión parece peligrosamente angosta si todo lo que sabemos es ganar-perder.

El campo científico que aborda estas cuestiones se denomina teoría de juegos, y se ha empleado en táctica y estrategia militares, política comercial, competencia empresarial, limitación de la contaminación ambiental y planes de guerra nucleares. El juego paradigmático es el «dilema del preso». En gran medida es lo opuesto a los juegos de suma cero. Son posibles tres resultados: ganar-ganar, ganar-perder y perder-perder. Los libros «sagrados» tienen poco que decir acerca de la estrategia que debe emplearse. Se trata de un juego plenamente pragmático.

Imaginemos que dos amigos han sido detenidos por cometer un delito grave. A efectos del juego, no importa quién es el culpable, si lo son los dos o si no lo es ninguno. Lo que cuenta es que la policía cree que lo son. Antes de que hayan tenido tiempo de ponerse de acuerdo o de planificar una estrategia, los llevan a celdas distintas para ser interrogados. Allí, sin atender a los elementales derechos que los asisten (el de guardar silencio, entre otros), los agentes tratan de que confiesen. Como a veces hace la policía, le dicen a uno que su amigo (¡vaya amigo!) ya ha confesado acusándolo del delito. Es posible que la policía diga la verdad o que mienta. Al interrogado sólo se le permite declararse inocente o culpable. ¿Cuál es el mejor recurso para que el castigo sea mínimo, en el caso de que uno esté dispuesto a decir algo?

He aquí los resultados posibles:

Si uno niega haber cometido el delito y (sin que lo sepa) su amigo también lo niega, puede que sea difícil probar su culpa. Tras el proceso, ambas sentencias serán muy leves.

Si uno confiesa y su amigo hace otro tanto, entonces será pequeño el esfuerzo que el Estado habrá tenido que realizar para resolver el caso. Como compensación, puede que ambos reciban una pena ligera, aunque no tanto como si hubieran afirmado su inocencia.

Ahora bien, si uno se declara inocente y su amigo confiesa, el Estado pedirá la sentencia máxima para él y el castigo mínimo (o quizá ninguno) para su amigo. Ambos presos resultan muy vulnerables a lo que los teóricos del juego denominan «deserción».

En consecuencia, si los dos presos «cooperan» declarándose inocentes (o culpables), ambos evitarán lo peor. ¿Es conveniente jugar sobre seguro y garantizarse un tipo medio de castigo confesándose culpable? Entonces, si el otro se declara inocente, pues peor para él, y uno

puede salir relativamente indemne.

Si uno se lo piensa bien, queda claro que, haga lo que haga el otro, es mejor desertar que cooperar. Desgraciadamente, lo mismo le ocurre al otro. Además, si ambos desertan quedarán en peor situación que si hubieran cooperado. Éste es el llamado «dilema del preso».

Consideremos ahora un dilema del preso repetido donde ambos jugadores pasan por una secuencia de partidas. Al final de cada una saben, por el tipo de castigo recibido, qué ha dicho el otro. Así adquieren experiencia acerca de la estrategia del otro. ¿Aprenderán a cooperar partida tras partida, negando siempre los dos haber cometido delito alguno, aunque sea grande el premio por no colaborar con el otro?

Podemos tratar de cooperar o de desertar, en función de cómo se hayan desarrollado la partida o las partidas anteriores. Si cooperamos en exceso, es posible que el otro jugador explote nuestra buena naturaleza. Si desertamos en exceso, es posible que el otro deserte a menudo, y eso es malo para ambos. Sabemos que nuestra pauta de deserción es una información que aprovecha el otro jugador. ¿Cuál es la combinación adecuada de cooperación y deserción? De esta forma el modo de comportarse se convierte, al igual que cualquier otro aspecto de la naturaleza, en materia que debe investigarse experimentalmente.

La cuestión se ha explorado en un torneo informático presentado por Robert Axelrod, sociólogo de la Universidad de Michigan, en su notable libro *The Evolution of Cooperation*. Se enfrentan varios códigos de conducta y al final vemos quién gana (el que consigue la suma mínima de penas de cárcel). La estrategia más sencilla puede consistir en cooperar siempre, sin importar la ventaja que adquiera el otro, o en no cooperar jamás, sin importar los beneficios que pudieran derivarse de la cooperación. Estos son los equivalentes a la regla de oro y la regla de hierro. Siempre pierden, una por exceso de generosidad, la otra por exceso de egoísmo. También pierden las estrategias lentas en castigar la deserción (en parte porque indican al contrario que la falta de cooperación puede ser ventajosa.) La regla de oro no es sólo una estrategia ineficaz: también es peligrosa para los otros jugadores que pueden triunfar a corto plazo sólo para ser aplastados a largo plazo por los explotadores.

¿Debemos desertar al principio y cooperar luego en todas las partidas futuras si nuestro oponente coopera siquiera una vez? ¿Debemos cooperar al principio y desertar después en todas las demás partidas si nuestro oponente deserta siquiera una vez? Estas estrategias también pierden. A diferencia de lo que sucede en los deportes, no podemos contar con que nuestro oponente esté siempre dispuesto a ganarnos.

La estrategia más eficaz en muchas de tales competiciones es la llamada «tal para cual». Es muy simple: uno comienza cooperando y en cada ronda subsiguiente se limita a hacer lo que hizo su oponente la última vez. Castiga las deserciones, pero una vez que el otro comienza a cooperar, se muestra dispuesto a olvidar el pasado. Al principio sólo parece obtener un éxito mediocre, pero con el paso del tiempo las demás estrategias acaban fracasando por exceso de altruismo o de egoísmo, y el término medio sigue adelante. Excepto por el hecho de portarse bien en el primer movimiento, la estrategia tal para cual es idéntica a la regla de bronce. Premia la cooperación y castiga la deserción muy pronto (en el juego inmediato) y posee la gran virtud de ser una estrategia completamente clara para el oponente (la ambigüedad estratégica puede ser mortal).

Una vez que varios jugadores emplean la regla de tal para cual, progresan juntos. Para triunfar, los estrategas de tal para cual tienen que encontrar otros dispuestos a hacer lo mismo y con los que puedan cooperar. Tras un primer torneo en

CUADRO DE REGLAS DE COMPORTAMIENTO PROPUESTAS

La regla de oro	Todo cuanto queráis que os hagan los hombres, hacédselo también vosotros a ellos.
La regla de plata	No hagas a los demás lo que no quisieras

	que te hiciesen.
La regla de bronce	Haz a los demás lo que ellos te hagan.
La regla de hierro	Haz a los demás lo que te plazca, antes que ellos te lo hagan a ti.
La regla de tal para cual	Coopera primero con los demás y luego haz lo que ellos te hagan.

el que inesperadamente ganó la regla de bronce, algunos expertos creyeron que la estrategia era demasiado clemente. En el torneo siguiente trataron de explotarla desertando más a menudo. Siempre perdieron. Incluso estrategas experimentados tendían a subestimar el poder del perdón y la reconciliación. La estrategia de tal para cual supone una mezcla interesante de inclinaciones: amistad inicial, disposición a perdonar y represalia audaz. Axelrod ha descrito la superioridad de la regla de tal para cual en tales torneos.

Cabe hallar algo semejante en todo el reino animal, y ha sido estudiado en nuestros parientes más próximos, los chimpancés. Esta conducta recibe el nombre de «altruismo recíproco», y ha sido descrita por el biólogo Robert Trivers. Los animales pueden hacer favores a otros ante la expectativa de que se los devuelvan (no siempre, pero sí con la frecuencia suficiente para que resulte útil). No puede decirse que se trate de una estrategia moral invariable, pero tampoco resulta infrecuente. No es necesario, pues, debatir la antigüedad de las reglas de oro, plata y bronce o la de tal para cual, y la prioridad de las prescripciones morales del *Levítico*. Las normas éticas de este género no fueron inventadas por algún legislador humano iluminado. Se remontan a un tiempo muy remoto en el pasado evolutivo. Estaban presentes en nuestro linaje ancestral desde antes que fuéramos humanos.

El dilema del preso es un juego muy simple. La vida real resulta considerablemente más compleja. ¿Es más probable que mi padre consiga una manzana si entrega la nuestra al hombre de los lápices? No la conseguirá de ese individuo, al que jamás volveremos a ver. Ahora bien, ¿es posible que la multiplicación de actos de caridad mejore la economía y que mi padre consiga así un aumento de sueldo? ¿O entregamos la manzana buscando gratificaciones emocionales y no económicas? Además, y a diferencia de los participantes en una partida ideal del dilema del preso, los seres humanos y las naciones entablan sus interacciones con ciertas predisposiciones, tanto hereditarias como culturales.

Las lecciones cruciales en un torneo no demasiado prolongado del dilema del preso tienen que ver son su claridad estratégica, con la naturaleza autodestructiva de la envidia, con la primacía de los objetivos a largo plazo sobre los beneficios a corto plazo, con los peligros tanto de la tiranía como de la demagogia, y, sobre todo, con el tratamiento experimental de la cuestión de las normas de conducta. La teoría de juegos sugiere también que un amplio conocimiento de la historia constituye una herramienta clave para la supervivencia.

17. GETTYSBURG Y AHORA*

Este discurso fue pronunciado el 3 de julio de 1988, ante unas 30.000 personas, con motivo del 125.° aniversario de la batalla de Gettysburg y la nueva consagración del cementerio de la Paz de la Luz Eterna, en el Parque Militar Nacional de Gettysburg, Pennsylvania. Cada cuarto de siglo, el cementerio de la Paz es objeto de una nueva dedicatoria; los presidentes Wilson, Franklin Roosevelt y Eisenhower fueron los oradores anteriores.

De *Lend Me Your Ears: Great Speeches in History,* seleccionados y presentados por William Safire,

Nueva York, W. W. Norton, 1992

Aquí murieron o fueron heridos 51.000 seres humanos, antepasados de algunos de nosotros, hermanos de todos. Éste fue el primer ejemplo de una guerra plenamente industrializada, con armas producidas por máquinas y transporte ferroviario de hombres y equipos. Representó el primer atisbo de una época que había de llegar, la nuestra; un indicio de lo que podía ser capaz la tecnología con fines bélicos. Aquí se empleó el nuevo fusil Spencer de repetición. En mayo de 1863, un globo de reconocimiento del ejército del Potomac detectó movimientos de tropas confederadas al otro lado del río Rappahannock, el comienzo de la campaña que condujo a la batalla de Gettysburg. Ese globo era un precursor de las fuerzas aéreas, los bombarderos estratégicos y los satélites de reconocimiento.

En los tres días que duró la batalla de Gettysburg se emplearon unos cuantos centenares de piezas de artillería. ¿Qué podían hacer? ¿Cómo era entonces la guerra? He aquí las palabras de un testigo ocular, Frank Haskel, de Wisconsin, que combatió en las fuerzas de la Unión, acerca de la pesadilla de las granadas que caían del cielo. Están tomadas de una carta dirigida a su hermano:

Con frecuencia no podíamos ver la granada hasta que estallaba, pero en ocasiones, cuando mirábamos hacia el enemigo por encima de nuestras cabezas, su aproximación era anunciada por un silbido prolongado que siempre se me antojaba como una línea de algo tangible terminada en una esfera negra, tan peculiar al ojo como había sido su sonido al oído. La granada parecía detenerse y quedar suspendida en el aire durante un instante para luego desaparecer entre el fuego, el humo y el ruido [...]. A menos de diez metros de nosotros estalló una entre unos matorrales donde aguardaban sentados tres o cuatro asistentes que cuidaban de los caballos. Mató a dos de los hombres y una cabalgadura.

Éste fue un hecho típico de la batalla de Gettysburg. Algo semejante se repetiría miles de veces. Aquellos proyectiles balísticos, lanzados por cañones que ahora se ven por doquier en este cementerio tenían, en el mejor de los casos, un alcance de pocos kilómetros. La cantidad de explosivo en la más temible de aquellas granadas era de 10 kilos aproximadamente, una centésima de tonelada de TNT. Bastaba para matar unas cuantas personas.

Los explosivos químicos más potentes, empleados 80 años más tarde durante la Segunda Guerra Mundial, fueron las bombas rompe manzanas, así llamadas porque podían destruir todo un bloque de edificios. Lanzadas desde aviones, tras un viaje de centenares de kilómetros, contenían 10 toneladas de TNT, mil veces más que el arma más poderosa de la batalla de Gettysburg. Una rompe manzanas era capaz de matar unas cuantas docenas de personas.

Justo al final de la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos empleó las primeras bombas atómicas para aniquilar dos ciudades japonesas. Cada una de esas armas, lanzadas tras un vuelo de más de 1.500 kilómetros, tenía una potencia equivalente a la de unas 10.000 toneladas de TNT, suficiente para matar a unos cuantos centenares de miles de personas. Una

* Escrito en colaboración con Ann Druyan. El discurso ha sido revisado y actualizado para este libro.

sola bomba.

Pocos años más tarde Estados Unidos y la Unión Soviética desarrollaron las primeras armas termonucleares, las bombas de hidrógeno. Algunas poseían una potencia explosiva equivalente a la de 10 millones de toneladas de TNT, suficientes para matar unos cuantos millones de personas. Una sola bomba. Ahora es posible lanzar armas nucleares estratégicas hacia cualquier lugar del planeta. Toda la Tierra es ya un potencial campo de batalla.

Cada uno de esos triunfos tecnológicos hizo progresar el arte de la muerte en masa en un factor de mil. De Gettysburg a la rompe manzanas, una energía explosiva mil veces mayor, de la rompe manzanas a la bomba atómica, mil veces más, y de la atómica a la bomba de hidrógeno, otras mil veces más. Mil veces mil veces mil son mil millones; en menos de un siglo el arma más temible se ha hecho mil millones de veces más mortal. Sin embargo, nuestra prudencia no ha progresado mil millones de veces en las generaciones desde Gettysburg hasta ahora.

Las almas de los que aquí perecieron juzgarían indecible la carnicería de la que ahora somos capaces. Estados Unidos y la Unión Soviética han minado ya nuestro planeta con casi 60.000 armas nucleares. ¡Sesenta mil! Incluso una pequeña fracción de los arsenales estratégicos podría indiscutiblemente aniquilar a las dos superpotencias contendientes, probablemente destruir la civilización global y quizás hasta extinguir la especie humana. Ninguna nación ni hombre alguno debe tener tal poder. Distribuimos por todo nuestro frágil mundo esos instrumentos del Apocalipsis y lo justificamos diciendo que nos dan seguridad. Es un negocio de locos.

Las 51.000 bajas de Gettysburg representaron un tercio del ejército de la Confederación y una cuarta parte del de la Unión. Todos los que murieron, con una o dos excepciones, eran soldados. La excepción más conocida es la de una mujer que, dentro de su propia casa, se disponía a cocer pan y fue muerta por una bala que atravesó dos puertas; se llamaba Jennie Wade. En una guerra termonuclear global, en cambio, casi todas las bajas serían civiles, hombres, mujeres y niños, incluyendo un vasto número de ciudadanos de naciones que no habrían participado en el enfrentamiento previo a la contienda, muy alejadas de la «zona diana» en la latitud media septentrional. Habría miles de millones de Jennie Wade. Todo el mundo corre ahora ese riesgo.

En Washington hay un monumento dedicado a los norteamericanos que murieron en la más reciente de las grandes guerras estadounidenses, la del Sureste asiático. Allí perecieron 58.000 norteamericanos, cifra no muy diferente de la de las bajas de Gettysburg (ignoro, como con harta frecuencia hacemos, a uno o dos millones de vietnamitas, laosianos y camboyanos que también perecieron en esa contienda). Pensemos en ese monumento oscuro, sombrío, bello, emotivo, impresionante. Piensen en su longitud; en realidad, no mucho mayor que la de una calle suburbana. 58.000 nombres. Imaginemos ahora que seamos tan estúpidos o negligentes como para permitir que haya una conflagración nuclear y que después se construye un monumento similar. ¿Qué longitud debería tener para acoger los nombres de todos los que morirían en una gran guerra nuclear? Cerca de 1.500 kilómetros. Llegaría desde aquí, en Pennsylvania, hasta Missouri. De todas formas, es seguro que no habría nadie para construirlo y pocos quedarían para leer la lista de los caídos.

En 1945, al concluir la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos y la Unión Soviética eran virtualmente invulnerables. Estados Unidos, limitado al este y al oeste por océanos vastos e infranqueables, al norte y al sur por vecinos débiles y amigos, tenía las fuerzas armadas más eficaces y la economía más sólida del planeta. No había nada que temer. Después, construimos armas nucleares junto con sus sistemas de lanzamiento. Iniciamos y alentamos vigorosamente una carrera de armamento con la Unión Soviética. Una vez desencadenada, todos los ciudadanos estadounidenses pusieron sus vidas en manos de los dirigentes de la Unión Soviética. Incluso ahora, tras el final de la guerra fría, tras el final de la Unión Soviética, si Moscú decide que debemos morir, estaremos muertos en 20 minutos. En una

simetría casi perfecta, la Unión Soviética poseía en 1945 el mayor ejército en pie de guerra del mundo y carecía de amenazas militares que la inquietaran. Se sumó a Estados Unidos en la carrera nuclear, de manera que en la Rusia de hoy la vida de todos se encuentra en manos de los dirigentes de Estados Unidos. Si Washington decide que deben morir, estarán muertos al cabo de 20 minutos. La existencia de cada norteamericano y de cada ruso depende ahora de una potencia extranjera. Ya dije que éste es un negocio de locos. Nosotros —estadounidenses, rusos— hemos invertido 43 años y un vasto tesoro nacional en hacernos perfectamente vulnerables a un aniquilamiento instantáneo. Lo hemos hecho en nombre del patriotismo y de la «seguridad nacional», así que nadie está al parecer autorizado a discutirlo.

Dos meses antes de Gettysburg, el 3 de mayo de 1863, la Confederación logró una victoria en la batalla de Chancellorsville. En la noche de luna que siguió al choque, cuando el general Stonewall Jackson y su estado mayor regresaban a las líneas de los confederados fueron confundidos con la caballería de la Unión. Jackson resultó herido de muerte por dos balas debido a un error de sus propios soldados.

Cometemos errores. Matamos a los nuestros.

Hay quienes afirman que, puesto que no se ha producido todavía una guerra nuclear accidental, tienen que ser adecuadas las precauciones adoptadas para evitarla. Sin embargo, aún no hace tres años fuimos testigos de los desastres del transbordador espacial *Challenger y* de la central nuclear de Chernobil, dos sistemas de alta tecnología, uno norteamericano, otro soviético, en los que se habían invertido enormes cantidades de prestigio nacional. Había razones apremiantes para prevenir esos desastres. En los años anteriores, funcionarios de ambas naciones afirmaron con seguridad que no podían suceder accidentes de ese tipo. No temamos por qué preocuparnos. Los expertos no permitirían que se produjera un accidente. Desde entonces hemos aprendido que esas seguridades no valen gran cosa.

Cometemos errores. Matamos a los nuestros.

Éste es el siglo de Hitler y de Stalin, prueba —si es que se requiere alguna— de que unos locos pueden apoderarse de las riendas del poder en los modernos estados industriales. Si admitimos un mundo con casi 60.000 armas nucleares, estamos apostando nuestra vida a la afirmación de que ningún dirigente presente o futuro, militar o civil de Estados Unidos, la Unión Soviética, Gran Bretaña, Francia, China, Israel, India, Pakistán, Sudáfrica y cualesquiera otras potencias nucleares que pueda haber, se apartará de las normas más estrictas de prudencia. Nos fiamos de su cordura y sobriedad, incluso en momentos de gran crisis personal y nacional; de las de todos y cada uno, para siempre. Creo que es pedirnos demasiado. Porque cometemos errores. Matamos a los nuestros.

La carrera de las armas nucleares y la concomitante guerra fría cuestan algo. No nos salen gratis. ¿Cuál ha sido el precio de la guerra fría, aparte de privar a la economía civil de inmensos recursos fiscales e intelectuales, y del coste psíquico de vivir bajo la espada de Damocles?

Entre el comienzo de la guerra fría en 1946 y su final en 1989, Estados Unidos invirtió más de 10 billones de dólares (de 1989) en su enfrentamiento global con la Unión Soviética. De esta suma, una tercera parte, como mínimo, fue gastada por la administración Reagan, que incrementó la deuda nacional más que todos los anteriores gobiernos desde la época de George Washington. Al comienzo de la guerra fría, y en cualquier aspecto significativo, la nación resultaba intocable para cualquier fuerza militar extranjera. Ahora, tras el gasto de este inmenso tesoro nacional (y a pesar de que haya concluido la guerra fría), Estados Unidos es vulnerable a un aniquilamiento virtualmente instantáneo.

Una empresa que consumiera su capital de modo tan temerario y con tan escasos resultados, habría entrado en bancarrota hace mucho tiempo. Unos ejecutivos que no consiguieran advertir un fiasco tan claro de su política empresarial habrían sido destituidos por los accionistas hace mucho tiempo.

¿Qué otra cosa podría haber hecho Estados Unidos con ese dinero? (No todo, puesto que, desde luego, resulta necesaria una prudente defensa, pero digamos la mitad.) Con un poco más de cinco billones de dólares, diestramente invertidos, habríamos realizado quizá grandes progresos en pro de la eliminación del hambre, la escasez de viviendas, las enfermedades infecciosas, el analfabetismo, la ignorancia, la pobreza y la salvaguardia del medio ambiente, no sólo en Estados Unidos, sino en el mundo entero. Podríamos haber contribuido a que el planeta fuese autosuficiente en el plano agrícola y a erradicar muchas de las causas de la violencia y la guerra. Todo eso podría haber sido realidad con un beneficio enorme para la economía norteamericana. Habríamos sido capaces de reducir considerablemente la deuda nacional. Por menos de una centésima parte de ese dinero podríamos haber organizado un programa internacional a largo plazo para la exploración tripulada de Marte. Con una pequeña fracción de ese dinero podrían subvencionarse durante décadas prodigios de la inventiva humana en el arte, la arquitectura, la medicina y las ciencias. Habría habido espléndidas oportunidades tecnológicas y de progreso.

¿Hemos sido prudentes al gastar tanto de nuestras vastas riquezas en los preparativos y la parafernalia de la guerra? En el momento presente nuestros gastos militares siguen estando dentro de la escala de la guerra fría. Hemos hecho un negocio de locos. Nos hemos trabado en un abrazo mortal con la Unión Soviética, alentado siempre cada bando por los numerosos entuertos del otro; pensando casi siempre a corto plazo —en la próxima elección legislativa o presidencial, en el siguiente congreso del partido— sin contemplar casi nunca la perspectiva.

Dwight Eisenhower, que estuvo estrechamente ligado a esta comunidad de Gettysburg, declaró: «El problema de los gastos de la defensa consiste en determinar hasta dónde se puede llegar sin destruir desde dentro lo que se trata de defender frente al exterior.» Afirmo que hemos ido demasiado lejos.

¿Cómo salir de este trance? Un tratado general de prohibición acabaría con todas las futuras pruebas de armas nucleares, que son el principal impulsor tecnológico de la carrera de armamento nuclear en ambos bandos. Tenemos que abandonar la idea, ruinosamente cara, de la Guerra de las Galaxias, que no puede proteger la población civil frente a una conflagración atómica y que mengua, en vez de acrecentar, la seguridad nacional de Estados Unidos. Si deseamos promover la disuasión, existen medios mucho mejores de conseguirla. Tenemos que llevar a cabo reducciones bilaterales, a gran escala, verdaderas y minuciosamente inspeccionadas en los arsenales nucleares estratégicos y tácticos de Estados Unidos, Rusia y otras naciones. (Los tratados INF y START* representan pequeños pasos, pero en la dirección oportuna.) Eso es lo que deberíamos hacer.

En realidad, las armas nucleares son relativamente baratas. El capítulo más costoso ha sido, y sigue siendo, el de las fuerzas militares convencionales. Ante nosotros se presenta una oportunidad extraordinaria. Rusos y norteamericanos han emprendido grandes reducciones de fuerzas convencionales en Europa. Habría que extenderlas a Japón, Corea y otras naciones perfectamente capaces de defenderse por sí mismas. Tal reducción de fuerzas convencionales no sólo beneficia la paz, sino también la salud de la economía estadounidense. Debemos encontrarnos con los rusos a mitad de camino.

El mundo actual gasta un billón de dólares al año en preparativos militares, la mayor parte en armas convencionales. Estados Unidos y Rusia son los principales mercaderes de armas. Gran parte de ese dinero se gasta sólo porque las naciones del mundo son incapaces de dar el insoportable paso de la reconciliación con sus adversarios (y en algunos casos porque los gobiernos necesitan fuerzas con las que reprimir e intimidar a sus propios pueblos). Ese billón anual de dólares quita alimentos de las bocas de los pobres y mutila economías potencialmente eficaces. Es un despilfarro escandaloso y no deberíamos fomentarlo.

* Respectivamente, Tratado sobre Fuerzas Nucleares de Alcance Intermedio y Tratado sobre Reducción de Armas Estratégicas. *(N. del T.)*

Ha llegado la hora de aprender de los que aquí cayeron, y de actuar en consecuencia.

En parte, la guerra civil estadounidense tenía que ver con la libertad, con la extensión de los beneficios de la Revolución Americana a todos los ciudadanos, con hacer valer esa promesa trágicamente incumplida de «libertad y justicia para todos». Me preocupa la falta de reconocimiento de las pautas históricas. Los que hoy luchan por la libertad no llevan tricornios ni tocan el pífano y el tambor. Visten otras indumentarias, puede que hablen otras lenguas, que tengan otras religiones y que sea diferente el color de su piel, pero el credo de la libertad nada significa si es sólo nuestra propia libertad la que nos interesa. Hay por doquier gentes que claman: «Ningún impuesto sin representación», y en el África occidental y oriental, tanto en la orilla occidental del río Jordán como en el este de Europa y en América Central, son cada vez más los que gritan: «Libertad o muerte.» ¿Por qué somos incapaces de escuchar a la mayoría? Nosotros, los norteamericanos, disponemos de medios de persuasión poderosos y no violentos. ¿Por qué no los utilizamos?

La guerra civil concernía principalmente a la unión (unión frente a las diferencias). Hace un millón de años no había naciones en el planeta. No existían tribus. Los seres humanos se dividían en pequeños grupos familiares nómadas de unas cuantas docenas de personas cada uno. Ése era el horizonte de nuestra identificación, un grupo familiar itinerante. Desde entonces se han ampliado nuestros horizontes. De un puñado de cazadores-recolectores a una tribu, una horda, una pequeña ciudad-estado, una nación y ahora inmensas naciones-estado. El individuo medio en la Tierra de hoy debe su lealtad primaria a un grupo de unos 100 millones de personas. Está bastante claro que, si no nos destruimos antes, la unidad de identificación primaria de la mayoría de los seres humanos será, antes de que pase mucho tiempo, el planeta Tierra y la especie humana. Esto suscita una cuestión clave: ¿se ensanchará la unidad fundamental de identificación hasta abarcar el planeta y la especie entera o nos destruiremos antes? Temo que ambas posibilidades estén muy igualadas.

Los horizontes de identificación se ensancharon en este lugar hace 125 años, con un gran coste para el Norte y para el Sur, para negros y para blancos. Aun así, reconocemos como justa la expansión de estos horizontes. Hay ya una necesidad práctica y urgente de trabajar unidos en el control de armamentos, la economía mundial, el medio ambiente global. Está claro que en la actualidad las naciones del mundo sólo pueden alzarse y caer juntas. No se trata de que una nación gane algo a expensas de otra. Todos debemos ayudarnos mutuamente, o pereceremos juntos.

En ocasiones como ésta es costumbre incluir alguna cita, frases de grandes hombres y mujeres conocidos por todos. Las escuchamos, pero no solemos reflexionar sobre su significación. Quiero mencionar una frase, pronunciada por Abraham Lincoln no muy lejos de este lugar: «Con malicia para ninguno, con caridad para todos...» Pensemos en lo que significa. Esto es lo que se espera de nosotros, no ya porque nos obligue nuestra ética o porque lo predique nuestra religión, sino porque resulta necesario para la supervivencia humana.

He aquí otra: «Una casa dividida contra sí misma no puede perdurar.» La variaré un tanto: una especie dividida contra sí misma no puede perdurar. Un planeta dividido contra sí mismo no puede perdurar. Hay, por último, un lema conmovedor para inscribir en este cementerio de la Paz de la Luz Eterna, a punto de ser consagrado de nuevo: «Un mundo unido en la búsqueda de la Paz.»

A mi juicio, el auténtico triunfo de Gettysburg no se produjo en 1863, sino en 1913, cuando los veteranos supervivientes, los restos de las fuerzas adversarias, los azules y los grises, se reunieron en la celebración y el recuerdo solemne. Había sido una guerra fratricida, y cuando sobrevino el tiempo de recordar, en el quincuagésimo aniversario de la batalla, los supervivientes se abrazaron los unos a los otros sollozando. No pudieron evitarlo.

Es hora de que los emulemos: OTAN y Pacto de Varsovia, tamiles y singaleses, israelíes y palestinos, blancos y negros, tutsis y hutus, estadounidenses y chinos, bosnios y serbios,

unionistas y republicanos irlandeses, el mundo desarrollado y el subdesarrollado.

Necesitamos algo más que el sentimentalismo del aniversario y la piedad y el patriotismo de la celebración. Cuando sea necesario, hay que enfrentarse con los criterios convencionales y ponerlos en tela de juicio. Ha llegado la hora de aprender de los que aquí cayeron. Nuestro reto es la reconciliación, no después de la carnicería y las muertes masivas, sino en vez de ellas. Ha llegado la hora de que cada uno abrace al otro.

Ha llegado la hora de actuar.

Actualización: Hasta cierto punto, lo hemos logrado. En el tiempo transcurrido desde que este discurso fue pronunciado, nosotros los estadounidenses, nosotros los rusos, nosotros los seres humanos hemos realizado grandes progresos en la reducción de los arsenales atómicos y los sistemas de lanzamiento... si bien no bastan para nuestra seguridad. Parece que nos hallamos a punto de conseguir un tratado general de prohibición de pruebas nucleares, pero los medios para montar y lanzar ojivas se han hecho extensivos o están a punto de hacerse extensivos a muchas otras naciones.

Aunque a menudo se describe esta circunstancia como el cambio de una catástrofe potencial por otra, sin una mejora sustancial, un puñado de armas nucleares, por catastróficas que fueren, y por grandes que sean las tragedias humanas capaces de provocar, no son más que juguetes comparadas con las 60.000 o 70.000 armas nucleares que Estados Unidos y la Unión Soviética acumularon en el cenit de la guerra fría. Esas armas bastarían para destruir la civilización global y, quizás hasta la especie humana, lo que no sería posible con los arsenales que en un futuro previsible puedan acumular Corea del Norte, Irak, Libia, India o Pakistán.

En el otro extremo está la fanfarronada de algunos dirigentes políticos norteamericanos que afirman que no hay una sola arma nuclear rusa que apunte a un niño o una ciudad estadounidenses. Puede que sea cierto, pero modificar su orientación sólo llevará 15 o 20 minutos, como máximo. Además, tanto Estados Unidos como Rusia retienen miles de armas nucleares y sistemas de lanzamiento. Por esa razón, he insistido a lo largo de este libro en que las armas nucleares siguen siendo nuestro mayor peligro. Aunque se hayan realizado progresos sustanciales, y hasta inusitados, en la segundad humana, todo es susceptible de cambio de la mañana a la noche.

En enero de 1933, 130 naciones firmaron en París la Convención de Armas Químicas. Después de más de 20 años de negociaciones, el mundo declaró su disposición a proscribir esos medios de destrucción masiva.

Sin embargo, a la hora de redactar este texto, Estados Unidos y Rusia todavía no han ratificado el tratado. ¿A qué estamos esperando? Mientras tanto, Rusia no ha ratificado aún los acuerdos START II, que reducirían los arsenales nucleares estadounidenses y ruso en un 50 %, dejándolos en 3.500 ojivas por bando.

Desde el final de la guerra fría ha disminuido el presupuesto militar de Estados Unidos, pero sólo en un 15 % aproximadamente, y sólo una mínima parte de este ahorro ha redundado en beneficio de la economía civil. La Unión Soviética se ha desplomado, pero la miseria y la inestabilidad que reinan en la región constituyen un motivo de inquietud. Hasta cierto punto, la democracia se ha reafirmado en la Europa del Este, así como en Centroamérica y Sudamérica, pero en Asia oriental ha habido escasos progresos, excepto en Taiwán y Corea del Sur, y en Europa del Este está distorsionada por los peores excesos del capitalismo. Los horizontes de identificación se han ensanchado en Europa occidental, pero de hecho se han estrechado en Estados Unidos y la ex Unión Soviética. Se han realizado progresos tendentes a la reconciliación en Irlanda del Norte y entre Israel y Palestina, pero los terroristas siguen siendo capaces de poner en peligro el proceso de paz.

Se nos dice que ante la urgente necesidad de equilibrar el presupuesto federal de Estados Unidos es preciso llevar a cabo reducciones drásticas en él, pero, curiosamente, una institución cuya participación en el producto interior bruto es superior a todo el presupuesto federal

discrecional sigue siendo esencialmente intocable. Me refiero a los 264.000 millones de dólares del ejército (en comparación con los 17.000 millones de dólares destinados al conjunto de programas científicos y espaciales de carácter civil). En realidad, si se incluyesen los fondos militares reservados y el presupuesto de los servicios de inteligencia, la partida militar sería mucho mayor.

¿Para qué esta inmensa suma de dinero, si la Unión Soviética ya ha sido derrotada? El presupuesto militar anual de Rusia es de unos 30.000 millones de dólares. Otro tanto representa el de China. Los presupuestos militares de Irán, Irak, Corea del Norte, Siria, Libia y Cuba suman unos 27.000 millones de dólares. El gasto de Estados Unidos supera en un factor de tres al de todos esos países juntos, y supone el 40 % de los gastos militares mundiales.

El presupuesto de defensa de Clinton para el año fiscal de 1995 fue unos 30.000 millones de dólares mayor que el de Richard Nixon 20 años atrás, en la cúspide de la guerra fría. Para el año 2000, con los incrementos propuestos por los republicanos, el presupuesto de defensa estadounidense habrá aumentado (en dólares reales) en un 50 %. Ni en uno ni en otro partido existe una voz influyente que se oponga a semejante aumento, ni siquiera cuando se proyectan desgarros angustiosos en la red de la seguridad social.

Nuestro avaro Congreso se muestra sorprendentemente manirroto en lo que se refiere a los militares, exigiendo de un Departamento de Defensa que trata de practicar cierto autocontrol, el gasto de miles de millones no solicitados. Los medios más probables para introducir armas nucleares enemigas en suelo norteamericano son los mercantes en puertos de gran tráfico y las valijas diplomáticas inmunes a las inspecciones aduaneras. Sin embargo, en aras de la protección del país el Congreso ejerce una fuerte presión en favor de interceptores espaciales de inexistentes cohetes balísticos intercontinentales. Se proponen absurdas rebajas de hasta 2.300 millones de dólares para que naciones extranjeras puedan adquirir armas estadounidenses. Se entrega dinero del contribuyente a empresas aeroespaciales norteamericanas para que consigan comprar otras empresas aeroespaciales norteamericanas. Se gastan unos 100.000 millones de dólares cada año para defender Europa occidental, Japón, Corea del Sur y otros países, cuando virtualmente todos disfrutan de balanzas comerciales más sanas que la estadounidense. Proyectamos mantener en Europa occidental, y de modo indefinido, casi 100.000 soldados. ¿Para defenderla contra quién?

Mientras tanto, los centenares de miles de millones de dólares que costará eliminar los desechos militares nucleares y químicos son una carga que pasaremos a nuestros hijos. ¿Por qué nos cuesta tanto comprender que la seguridad nacional es una cuestión más profunda y sutil que el número de pedruscos en nuestro montón? Pese a todo lo que se dice acerca de reducir al máximo el presupuesto militar, rebosa de grasa en el mundo en que vivimos. ¿Por qué tiene que ser sacrosanto este presupuesto cuando tantas otras cosas, de las cuales depende nuestro bienestar nacional, corren peligro de ser irreflexivamente destruidas?

Queda mucho por hacer. Todavía es hora de actuar.

18. EL SIGLO XX

Para entender en su integridad la belleza y la perfección universales de las obras de Dios, hemos de reconocer un cierto progreso perpetuo y muy libre de todo el universo [...]. Siempre hay en el abismo de las cosas partes soñolientas aún por despertar...

Gottfried Wilhelm Leibniz,

De Rerum Originatione

(Sobre el origen último de las cosas), 1667

La sociedad nunca avanza. Retrocede en un sitio con la misma rapidez con que se adelanta en otro. Sufre cambios continuos; es bárbara, civilizada, cristiana, rica, científica; pero... por cualquier cosa que se recibe, algo se paga.

Ralph Waldo Emerson, «Self-Realiance», en *Essays: Firt Series,* 1841

El siglo XX será recordado por tres grandes innovaciones: medios sin precedentes para salvar, prolongar y mejorar la vida, medios sin precedentes para destruirla (hasta el punto de poner por vez primera en peligro nuestra civilización global) y conocimientos sin precedentes sobre nuestra propia naturaleza y la del universo. Las tres evoluciones han sido fruto de la ciencia y la tecnología, una espada de dos filos bien cortantes. Las tres tienen raíces en el pasado remoto.

SALVAMENTO, PROLONGACIÓN Y MEJORÍA DE LA VIDA HUMANA

Hasta hace unos 10.000 años, con la invención de la agricultura y la domesticación de animales, la alimentación humana se hallaba limitada a frutas y verduras proporcionadas por el medio natural y a la caza. La escasez de víveres producidos de manera espontánea hacía que la Tierra sólo pudiese mantener a unos 10 millones de personas. Hacia el final del siglo XX, en cambio, habrá 6.000 millones de seres humanos. Eso significa que el 99,9 % de nosotros debe la vida a la tecnología agrícola y a la ciencia subyacente —genética y comportamiento vegetal y animal, fertilizantes químicos, pesticidas, conservantes, arados, cosechadoras y otras herramientas agrícolas, regadíos— y a la refrigeración en camiones, vagones ferroviarios, almacenes y hogares. Muchos de los avances más asombrosos de la tecnología agrícola —incluyendo la llamada «revolución verde»— son obra del siglo XX.

Gracias a la higiene urbana y rural, la potabilización del agua y otras medidas de sanidad pública, la aceptación de la teoría de los gérmenes, los antibióticos y otros productos farmacéuticos, la genética y la biología molecular, la ciencia médica ha mejorado enormemente el bienestar de las personas en el mundo entero, sobre todo en los países desarrollados. La viruela ha sido erradicada del planeta, las áreas donde medra el paludismo disminuyen año a año, y casi han desaparecido enfermedades que recuerdo de mi niñez, como la tos ferina, la escarlatina o la poliomielitis.

Entre las invenciones más importantes del siglo XX figuran métodos relativamente baratos para el control de la natalidad, que por vez primera permiten a las mujeres controlar de manera segura su destino reproductivo y actúan en favor de la emancipación de la mitad de la especie humana, posibilitando grandes reducciones en muchos países peligrosamente superpoblados sin reprimir la actividad sexual. También es cierto que los productos químicos y las radiaciones surgidos de nuestra tecnología han suscitado nuevas enfermedades y están implicados en el cáncer. La proliferación a escala global de los cigarrillos determina, según estimaciones, tres millones de muertes anuales (todas, desde luego, evitables). La Organización Mundial de la Salud ha calculado que para el año 2010 serán 10 millones.

La tecnología nos ha dado, sin embargo, mucho más de lo que nos ha quitado. El signo más claro es que la esperanza de vida en Estados Unidos y en Europa occidental era en 1901 de unos 45 años, mientras que ahora se acerca a 80 (un poco más para las mujeres, un poco

menos para los hombres). La esperanza de vida es quizás el índice más significativo de la calidad de vida: si uno está muerto, no es probable que lo pase bien. Dicho esto, son todavía miles de millones los que no tienen suficiente ni para comer, y 40.000 los niños que cada día mueren sin necesidad en el mundo.

A través de la radio, la televisión, el tocadiscos, el magnetófono, el disco compacto, el teléfono, el fax y las redes informáticas de datos, la tecnología ha transformado profundamente el rostro de la cultura popular. Ha hecho posible los pros y los contras del espectáculo global, de las empresas multinacionales no sometidas a ningún país concreto, de los grupos de afinidad transnacionales y el acceso directo a las opiniones políticas y religiosas de otras culturas. Como vimos en la muy atenuada rebelión de la plaza de Tiananmen y en la de la «casa blanca» de Moscú, el fax, el teléfono y las redes informáticas pueden ser potentes instrumentos de conmoción política.

La introducción en la década de los cuarenta de los libros de bolsillo en el mercado de masas llevó la literatura mundial y el saber de los más grandes pensadores hasta las vidas de la gente corriente, y aunque ahora esté subiendo el precio de los libros de bolsillo, todavía existen gangas como los clásicos (a dólar el volumen) de Dover Books. Estas iniciativas, junto con el progreso de la alfabetización, son los aliados de la democracia jeffersoniana. Por otro lado, lo que a finales del siglo XX pasa por alfabetización en Estados Unidos es un conocimiento muy rudimentario de la lengua inglesa. La televisión en particular tiende a desviar a las masas de la lectura. El afán de lucro ha rebajado la programación por debajo del mínimo común denominador, en vez de superarse para enseñar e inspirar. Desde los clips a las gomas, los secadores de pelo, los bolígrafos, los ordenadores, los magnetófonos, las fotocopiadoras, las batidoras eléctricas, los hornos de microondas, las aspiradoras, los lavavajillas, las lavadoras y secadoras, la difusión del alumbrado interior y urbano, los coches, la aviación, las herramientas, las centrales hidroeléctricas, las cadenas de montaje y los enormes equipos de construcción, la tecnología de nuestro siglo ha eliminado tareas fatigosas, creado más tiempo de ocio y mejorado la vida de muchos. Ha acabado, además, con muchos de los hábitos y convenciones predominantes en 1901.

El empleo de una tecnología potencialmente salvadora de vidas difiere de una nación a otra. Estados Unidos, por ejemplo, tiene la tasa más alta de mortalidad infantil de todas las naciones industrializadas. Hay más jóvenes negros en las prisiones que en las universidades, y el porcentaje de ciudadanos encarcelados es mayor que en cualquier otro país industrial. Comparados con estudiantes de la misma edad de otras naciones, los estadounidenses arrojan resultados deficientes en los exámenes normalizados de ciencias y matemáticas. A lo largo de la última década y media ha aumentado rápidamente la disparidad en los ingresos reales de ricos y pobres, así como el declive de la clase media. Estados Unidos es el último de los países industrializados en cuanto a la fracción de la renta nacional que destina cada año a la ayuda exterior. La industria de alta tecnología huye de las costas norteamericanas.

Tras situarse a la cabeza del mundo en casi todos los aspectos hacia mediados de siglo, en la actualidad hay algunos signos de declive. Cabe señalar la cualidad del liderato, pero también una disminución en la inclinación de sus ciudadanos por el pensamiento crítico y la acción política.

TECNOLOGÍA TOTALITARIA Y MILITAR

Las formas de hacer la guerra, de exterminar en masa, de aniquilar pueblos enteros, han alcanzado durante el siglo XX niveles sin precedentes. En 1901 no existían aviones o cohetes militares, y la artillería más potente sólo era capaz de lanzar una granada a unos cuantos kilómetros de distancia y matar a un puñado de personas. Hacia el segundo tercio del siglo XX eran unas 70.000 las armas nucleares acumuladas. Muchas estaban montadas en cohetes estratégicos para su lanzamiento desde silos o submarinos, podían llegar virtualmente a cualquier parte del mundo y cada una de sus cabezas atómicas bastaba para destruir una gran ciudad. Estados Unidos y la ex Unión Soviética se disponen ahora a emprender considerables

reducciones de armamento, tanto de ojivas nucleares como de lanzadoras, pero en un futuro previsible aún estaremos en condiciones de aniquilar la civilización global. Por añadidura, hay por todo el mundo y en muchas manos armas químicas y biológicas pavorosas.

En un siglo que hierve de fanatismo, intransigencia ideológica y líderes enloquecidos, esta acumulación inaudita de armas letales no es un buen presagio para el futuro humano. A lo largo del siglo XX han muerto en guerras y por órdenes directas de dirigentes nacionales más de 150 millones de personas.

Nuestra tecnología se ha vuelto tan poderosa que voluntaria o involuntariamente somos ya capaces de alterar el medio ambiente a gran escala y amenazar muchas especies de la Tierra, incluida la nuestra. La cruda realidad es que estamos haciendo un experimento sin precedentes sobre el medio ambiente global y que, en general, confiamos contra toda esperanza en que los problemas se resolverán por sí mismos. La única nota optimista es el Protocolo de Montreal y los acuerdos anejos, gracias a los cuales las naciones industriales del mundo aceptaron acabar de forma paulatina con la producción de CFC y otros productos químicos que agreden la capa de ozono. Sin embargo, en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono, en la resolución del problema de los desechos químicos y radiactivos y en otras áreas, el progreso ha sido funestamente lento.

En cada continente han abundado las venganzas etnocéntricas y xenófobas. Ha habido intentos sistemáticos de aniquilar grupos étnicos completos, sobre todo en la Alemania nazi, pero también en Ruanda, en la ex Yugoslavia y en otros lugares.

Ha habido tendencias semejantes a lo largo de la historia humana, pero sólo en el siglo XX la tecnología ha conseguido llevar a la práctica la muerte a tal escala. Los bombarderos estratégicos, los cohetes y la artillería de largo alcance poseen la «ventaja» de que los combatientes no tienen que enfrentarse cara a cara con el horror que han perpetrado, lo que les ahorra los remordimientos de conciencia. A finales del siglo XX el presupuesto militar global se acerca al billón de dólares al año. Pensemos cuánto bien podría hacer a la humanidad siquiera una fracción de esa suma.

El siglo XX se ha caracterizado por el derrocamiento de monarquías e imperios y por el auge de democracias al menos nominales, así como muchas dictaduras ideológicas y militares. Los nazis poseían una lista de grupos aborrecibles a los que comenzaron a exterminar sistemáticamente: judíos, homosexuales de ambos sexos, socialistas y comunistas, minusválidos y personas de origen africano (apenas presentes en Alemania). Dentro del régimen nazi, militantemente «pro vida», las mujeres se hallaban relegadas al *Kinder, Küche, Kircher* (los niños, la cocina y la iglesia)[*]. Cuan ultrajado se sentiría un buen nazi en una sociedad norteamericana, predominante en el planeta más que la de cualquier otro país, donde judíos, homosexuales, minusválidos y personas de origen africano gozan por ley de plenos derechos, los socialistas son al menos tolerados y las mujeres ingresan en el mundo laboral en número hasta ahora desconocido. Ahora bien, sólo el 11 % de los miembros de la Cámara de Representantes estadounidense son mujeres, en lugar de algo más del 50 %, como debería ser de practicarse la representación proporcional (la cifra correspondiente en Japón es del 2 %). Thomas Jefferson enseñó que una democracia resultaba imposible sin un pueblo instruido. Por estricta que pueda ser la protección que le brinde la Constitución o la jurisprudencia, pensaba Jefferson, los poderosos, los ricos y los carentes de escrúpulos siempre sentirán la tentación de socavar el ideal de un gobierno por y para el ciudadano corriente. El antídoto es el apoyo vigoroso a la expresión de opiniones impopulares, una alfabetización amplia, los debates en profundidad, la familiaridad con el pensamiento crítico y el escepticismo ante las

[*] Tras esbozar las concepciones cristianas de la mujer, desde los tiempos patrísticos a la Reforma, el filósofo australiano John Passmore *(Man's Responsability for Nature: Ecological Problems and Western Traditions,* Nueva York, Scribner's, 1974) llegó a la conclusión de que *Kinder, Küche, Kircher* «como descripción del papel de las mujeres, no es una invención de Hitler, sino un típico lema cristiano».

declaraciones de quienes ejerzan la autoridad, condiciones todas que también resultan fundamentales en el método científico.

LAS REVELACIONES DE LA CIENCIA

Cada rama de la ciencia ha logrado avances asombrosos durante el siglo XX. Los fundamentos mismos de la física experimentaron la revolución de las teorías especial y general de la relatividad y de la mecánica cuántica. En este siglo se desentrañó por primera vez la naturaleza de los átomos, con protones y neutrones en un núcleo central y rodeado de una nube de electrones; se vislumbraron los elementos integrantes de protones y neutrones, los quarks; y gracias a los aceleradores de alta energía y los rayos cósmicos, apareció la multitud de partículas elementales exóticas de vida corta. La fisión y la fusión han hecho posible las armas nucleares, las centrales atómicas de fisión (un logro no exento de riesgos) y la perspectiva de centrales nucleares de fusión. La comprensión de la decadencia radiactiva ha permitido conocer de modo definitivo la edad de la Tierra (unos 4.600 millones de años) y el momento del origen de la vida en nuestro planeta (hace aproximadamente 4.000 millones de años).

En geofísica, se descubrió la tectónica de placas (una serie de correas transmisoras bajo la superficie de la Tierra que portan los continentes desde su nacimiento hasta su muerte, a razón de unos dos centímetros y medio cada año). La tectónica de placas es esencial para entender la naturaleza y la historia de las masas terrestres y la topografía de los fondos marinos. Ha surgido un nuevo campo de la geología planetaria donde cabe comparar las masas terrestres y el interior de la Tierra con los de otros planetas y sus satélites. La química de los minerales en otros mundos —determinada a distancia o bien a partir de muestras traídas por naves espaciales o de meteoritos ahora reconocidos como procedentes de otros planetas— puede ser cotejada con la de las rocas terrestres. La sismología ha sondeado la estructura del interior profundo de la Tierra y descubierto bajo la corteza un manto semilíquido y un núcleo de hierro líquido en la periferia y sólido en el centro, cuyo estudio es vital para conocer los procesos que condujeron a la formación del planeta.

Algunas extinciones masivas de la vida pasada son ahora atribuidas a inmensas emanaciones del manto que llegaron a la superficie generando mares de lava donde antaño hubo tierra firme. Otras se debieron al impacto de cometas o asteroides próximos a la Tierra que incendiaron los cielos y transformaron el clima. En el siglo XXI deberíamos al menos hacer un inventario de cometas y asteroides para saber si alguno lleva inscrito nuestro nombre.

Un motivo de satisfacción científica en el siglo XX es el descubrimiento de la naturaleza y la función del ADN (ácido desoxirribonucleico), la molécula clave responsable de la herencia en los seres humanos y en la mayor parte de plantas y animales. Hemos aprendido a leer el código genético y, en un número creciente de seres vivos, trazado todos los genes y determinado de qué funciones orgánicas se encarga la mayoría. Los especialistas en genética se preparan para trazar el genoma humano, hazaña de enorme potencial tanto para el bien como para el mal. El aspecto más significativo de la historia del ADN es el hecho de que ahora se consideren perfectamente comprensibles, en términos fisicoquímicos, los procesos fundamentales de la vida. No parece que haya implicados una fuerza vital, un espíritu, un alma. Lo mismo ocurre en neurofisiología: todavía de modo impreciso, la mente parece ser la expresión de los 100 billones de conexiones neuronales del cerebro, más unos cuantos elementos químicos simples.

La biología molecular nos permite ahora comparar dos especies cualesquiera, gen por gen, molécula por molécula, para descubrir su grado de parentesco. Estos experimentos han demostrado de modo concluyente la semejanza profunda de todos los seres de la Tierra y confirmado las relaciones generales antes propuestas por la biología evolutiva. Por ejemplo, hombres y chimpancés comparten el 99,6% de sus genes activos, lo que ratifica que los chimpancés son nuestros parientes más próximos, y que tenemos un antepasado común.

Durante el siglo XX, y por vez primera, investigadores de campo han vivido con otros primates, observando atentamente su comportamiento en su hábitat natural para descubrir la piedad, la perspicacia, la ética, la guerra de guerrillas, la política, el empleo y la fabricación de herramientas, la música, un nacionalismo rudimentario y muchas otras características a las que antes se juzgaba únicamente humanas. Prosigue el debate sobre la capacidad lingüística de los chimpancés, pero en Atlanta hay un bonobo (un «chimpancé pigmeo») de nombre Kanzi que utiliza con soltura un lenguaje simbólico de varios centenares de caracteres, y que, además, ha aprendido por sí mismo a fabricar herramientas de piedra.

Muchos de los más asombrosos avances recientes en química están relacionados con la biología, pero voy a mencionar uno cuya significación es mucho más amplia: se ha comprendido la naturaleza del enlace químico, las fuerzas cuánticas determinantes de las asociaciones de átomos, así como la intensidad y la configuración de las uniones. También se ha sabido que aplicando las radiaciones a atmósferas nada recomendables (como las primitivas de la Tierra y otros planetas) se generan aminoácidos y diversos elementos clave de la vida. En el laboratorio se ha descubierto que los ácidos nucleicos y otras moléculas se multiplican por sí mismos y reproducen sus mutaciones. En consecuencia, el siglo XX ha registrado un progreso sustancial en la comprensión del origen de la vida. Buena parte de la biología se puede reducir a la química, y mucho de ésta, a la física. Aún no existe una seguridad completa, pero el hecho de que haya algo de verdad en ello, por poco que sea, constituye un atisbo importantísimo sobre la naturaleza del universo.

La física y la química, con la ayuda de los ordenadores más potentes de la Tierra, han tratado de determinar el clima y la circulación atmosférica general del planeta a lo largo del tiempo. Este poderoso instrumento se emplea para calcular las consecuencias futuras del vertido continuo de CO_2 y otros gases invernadero a la atmósfera terrestre. Mientras tanto, y con una facilidad mucho mayor, los satélites meteorológicos permiten la predicción del tiempo con una antelación de varios días, evitando cada año pérdidas de miles de millones de dólares en la agricultura.

A principios del siglo XX los astrónomos estaban sumidos en lo más hondo de un océano de aire turbulento, desde donde intentaban atisbar mundos lejanos. Hacia el final del siglo giran en órbitas terrestres grandes telescopios que observan los cielos en las bandas de rayos gamma y X, luz ultravioleta, luz visible, luz infrarroja y ondas de radio.

En 1901, Marconi realizó su primera emisión de radio a través del Atlántico. Ahora estamos acostumbrados a emplear la radio para comunicarnos con cuatro vehículos espaciales más allá del planeta más lejano de nuestro sistema solar, y a recibir las emisiones de radio naturales de quásares situados a 8.000 y 10.000 millones de años luz, así como la denominada radiación de fondo del cuerpo negro (los vestigios del Big Bang, la vasta explosión que inició la encarnación actual del universo).

Se han lanzado vehículos de exploración para estudiar 70 astros y posarse en tres de ellos. El siglo ha contemplado la casi mítica hazaña de enviar 12 hombres a la Luna y traerlos sanos y salvos junto con más de 100 kilos de rocas lunares. Las naves robóticas han confirmado que la superficie de Venus presenta, por obra de un inmenso efecto invernadero, una temperatura de más de 480 °C; que hace 4.000 millones de años Marte tenía un clima semejante al de la Tierra; que moléculas orgánicas caen como maná del cielo de Titán, un satélite de Saturno; que quizá una cuarta parte de cada cometa es materia orgánica.

Cuatro de nuestras naves espaciales viajan rumbo a las estrellas. Se han encontrado recientemente otros planetas en torno de otras estrellas. Nuestro Sol está en los arrabales de una vasta galaxia en forma de lente que comprende unos 400.000 millones de soles. A principios de siglo se creía que la Vía Láctea era la única galaxia. Ahora sabernos que hay centenares de miles de millones, todas alejándose unas de otras como restos de una enorme explosión, el Big Bang. Se han hallado residentes exóticos del zoo cósmico ni siquiera imaginados al comenzar el siglo: pulsares, cuásares y agujeros negros. Al alcance de nuestras

observaciones quizás estén las respuestas a algunas de las preguntas más profundas que jamás se hayan hecho los seres humanos sobre el origen, la naturaleza y el destino del universo entero.

Tal vez el subproducto más desgarrador de la revolución científica haya sido el hacer insostenibles muchas de nuestras creencias más arraigadas y consoladoras. El ordenado proscenio antropocéntrico de nuestros antepasados ha sido reemplazado por un universo frío, inmenso e indiferente, donde los hombres se hallan relegados a la oscuridad. Sin embargo, advierto la emergencia en nuestra conciencia de un universo poseedor de un orden magnífico, mucho más complejo y primoroso de lo que imaginaron nuestros antepasados. Si es posible comprender tanto acerca del universo en términos de unas cuantas y simples leyes naturales, quienes deseen creer en Dios siempre pueden atribuir su belleza a una Razón que subyace en toda la naturaleza. Mi opinión es que resulta mucho mejor entender el universo tal como es que aspirar a un universo tal como querríamos que fuese.

Adquirir el conocimiento y el saber necesarios para comprender las revelaciones científicas del siglo XX será el reto más profundo del siglo XXI.

19. EN EL VALLE DE LAS SOMBRAS

¿Es, pues, cierto o sólo vana fantasía?

Eurípides, *Yone,* hacia el 410 a. de C.

Seis veces hasta ahora he visto la Muerte cara a cara, y otras tantas ella ha desviado la mirada y me ha dejado pasar. Algún día, desde luego, la Muerte me reclamará, como hace con cada uno de nosotros. Es sólo cuestión de cuándo, y de cómo. He aprendido mucho de nuestras confrontaciones, sobre todo acerca de la belleza y la dulce acrimonia de la vida, del valor de los amigos y la familia y del poder transformador del amor. De hecho, estar casi a punto de morir es una experiencia tan positiva y fortalecedora del carácter que yo la recomendaría a cualquiera, si no fuese por el obvio elemento, esencial e irreductible, de riesgo.

Me gustaría creer que cuando muera seguiré viviendo, que alguna parte de mí continuará pensando, sintiendo y recordando. Sin embargo, a pesar de lo mucho que quisiera creerlo y de las antiguas tradiciones culturales de todo el mundo que afirman la existencia de otra vida, nada me indica que tal aseveración pueda ser algo más que un anhelo.

Deseo realmente envejecer junto a Annie, mi mujer, a quien tanto quiero. Deseo ver crecer a mis hijos pequeños y desempeñar un papel en el desarrollo de su carácter y de su intelecto. Deseo conocer a nietos todavía no concebidos. Hay problemas científicos de cuyo desenlace ansío ser testigo, como la exploración de muchos de los mundos de nuestro sistema solar y la búsqueda de vida fuera de nuestro planeta. Deseo saber cómo se desenvolverán algunas grandes tendencias de la historia humana, tanto esperanzadoras como inquietantes: los peligros y promesas de nuestra tecnología, por ejemplo, la emancipación de las mujeres, la creciente ascensión política, económica y tecnológica de China, el vuelo interestelar.

De haber otra vida, fuera cual fuere el momento de mi muerte, podría satisfacer la mayor parte de estos deseos y anhelos, pero si la muerte es sólo dormir, sin soñar ni despertar, se trata de una vana esperanza. Tal vez esta perspectiva me haya proporcionado una pequeña motivación adicional para seguir con vida. El mundo es tan exquisito, posee tanto amor y tal hondura moral, que no hay motivo para engañarnos con bellas historias respaldadas por escasas evidencias. Me parece mucho mejor mirar cara a cara la Muerte en nuestra vulnerabilidad y agradecer cada día las oportunidades breves y magníficas que brinda la vida.

Durante años, cerca del espejo ante el que me afeito, he conservado, para verla cada mañana, una tarjeta postal enmarcada. Al dorso hay un mensaje a lápiz para un tal James Day, de Swansea Valley, Gales. Dice así:

Querido amigo:

Sólo unas líneas para decirte que estoy vivo

y coleando y que lo paso en grande. Es magnífico.

Afectuosamente, WJR

Está firmada con las iniciales casi indescifrables de alguien llamado William John Rogers. En el anverso hay una foto en color de una espléndida nave de cuatro chimeneas y la mención «Transatlántico *Titanic* de la White Star». El matasellos lleva la fecha del día anterior a aquel en que el gran barco se hundió llevándose consigo más de 1.500 vidas, incluida la del tal Rogers. Annie y yo tenemos a la vista la tarjeta postal por una razón. Sabemos que «pasarlo en grande» puede ser un estado de lo más provisional e ilusorio. Así nos sucedió.

Disfrutábamos de una aparente buena salud, nuestros hijos crecían, escribíamos libros, habíamos emprendido nuevos y ambiciosos proyectos para la televisión y el cine, pronunciábamos conferencias y yo seguía consagrado a la más atrayente investigación científica.

Una mañana de finales de 1994, de pie junto a la tarjeta enmarcada, Annie advirtió que no había desaparecido de mi brazo una fea mancha de color negro azulado que llevaba allí muchas semanas. «¿Por qué sigue ahí?», preguntó. Ante su insistencia, y un tanto de mala gana (las manchas negrozuladas no pueden ser graves, ¿verdad?), fui al médico para que me hiciese un análisis de sangre.

Tuvimos noticias de él pocos días más tarde, cuando nos hallábamos en Austin, Texas. Estaba preocupado. Resultaba evidente que en el laboratorio habían cometido un error. El análisis correspondía a la sangre de una persona muy enferma. «Por favor —me apremió—, hágase de inmediato un nuevo análisis.» Seguí su consejo. No había ningún error.

Mis glóbulos rojos, que llevan oxígeno a todo el cuerpo, y mis glóbulos blancos, que combaten las enfermedades, habían disminuido considerablemente. De acuerdo con la explicación más probable, se trataba de un problema con los hemocitoblastos, que, generados en la médula ósea, son los precursores habituales de glóbulos blancos y rojos. El diagnóstico fue confirmado por expertos en este campo. Yo padecía una enfermedad de la que nada había sabido hasta entonces: mielodisplasia. Su origen es casi desconocido. Me asombró saber que, si no hacía nada, mi probabilidad de supervivencia era cero. Moriría en seis meses. Yo era activo y productivo. La idea de hallarme en el umbral de la muerte se me antojó una broma grotesca.

Sólo existía un medio conocido de tratamiento capaz de generar una curación: un trasplante de médula ósea, pero sólo funcionaría si encontraba un donante compatible. Aun entonces, habría que suprimir enteramente mi sistema inmunitario para que mi cuerpo no rechazase la médula ósea del donante. Sin embargo, una represión seria del sistema inmunitario podía matarme de varias otras maneras; por ejemplo, limitando mi resistencia a las enfermedades de tal modo que estuviese a merced de cualquier microbio que se cruzara en mi camino.

Por un instante pensé en no tomar ninguna medida y esperar a que el progreso de las investigaciones médicas encontrase una curación distinta; pero era la más tenue de las esperanzas.

Todas nuestras indagaciones acerca de adonde ir convergían en el Centro Fred Hutchinson de Investigaciones Oncológicas, de Seattle, una de las primeras instituciones del mundo en lo que se refiere a trasplantes de médula ósea. Allí trabajan muchos expertos en este campo, incluyendo a E. Donnall Thomas, premio Nóbel de Fisiología y Medicina en 1990. La gran competencia de médicos y enfermeras y sus excelentes cuidados justificaban plenamente el consejo que nos dieron de solicitar tratamiento en el «Hutch».

El primer paso consistía en averiguar si podíamos hallar un donante compatible. Algunas personas jamás lo encuentran. Annie y yo llamamos a mi única hermana, Cari, menor que yo. Me mostré reticente e indirecto. Cari ni siquiera sabía que estaba enfermo. Antes de que yo pudiera concretar, me dijo: «Cuenta con ello. Sea lo que sea..., el hígado..., los pulmones..., como si fuera tuyo.» Todavía se me hace un nudo en la garganta cada vez que pienso en la generosidad de Cari. Sin embargo, no había ninguna garantía de que su médula ósea fuese compatible con la mía. Se sometió a una serie de análisis y, uno tras otro, los seis factores de compatibilidad encajaron con los míos. Resultaba la donante perfecta. Había sido increíblemente afortunado.

«Afortunado» es, sin embargo, un término relativo. Incluso con una compatibilidad perfecta, la probabilidad general de curación era aproximadamente de un 30 %. Eso es como jugar a la ruleta rusa con cuatro balas en vez de una en el tambor del revólver; pero era, con mucho, lo mejor que podía haberme sucedido, y me había enfrentado en otro tiempo con perspectivas peores.

Toda nuestra familia se trasladó a Seattle, incluyendo los padres de Annie. Disfrutamos de una afluencia constante de visitantes —los chicos mayores, mi nieto, otros parientes y amigos— tanto en el hospital como cuando me sometieron a tratamiento externo. Estoy

seguro de que el aliento y el cariño que recibí, sobre todo por parte de Annie, inclinaron la balanza a mi favor.

Hubo, como cabe suponer, muchos aspectos amedrentadores. Recuerdo una noche en que, siguiendo instrucciones de los médicos, me levanté a las dos de la madrugada y abrí el primero de los 12 tubos de plástico con tabletas de busulfano, un poderoso agente quimioterapéutico. En la bolsa se leía:

PRODUCTO QUIMIOTERAPÉUTICO
PELIGRO BIOLÓGICO
PELIGRO BIOLÓGICO
TÓXICO
Elimínese como PELIGRO BIOLÓGICO

Una tras otra, me tragué 72 de aquellas píldoras. Era una cantidad mortal. Si no me practicaban pronto un trasplante de médula ósea, aquella terapia de supresión del sistema inmunitario acabaría por matarme. Equivalía a tomar una dosis fatal de arsénico o de cianuro con la esperanza de que me proporcionaran a tiempo el antídoto adecuado.

Los medicamentos para neutralizar mi sistema inmunitario ejercieron unos cuantos efectos directos. Padecí náuseas moderadas de manera continua, pero contaba con otros medicamentos que las controlaban y así podía incluso trabajar algo. Se me cayó casi todo el pelo, lo cual, unido a mi posterior pérdida de peso, me dio una apariencia un tanto cadavérica. Sin embargo, me sentí mejor un día en que Sam, nuestro hijo de cuatro años, dijo al verme: «Un buen corte de pelo, papá.» Y añadió: «No tengo ni idea de lo que te pasa, pero estoy seguro de que te pondrás bien.»

Aunque estaba convencido de que el trasplante en sí resultaría muy doloroso, no lo fue en absoluto. Como si de una simple transfusión de sangre se tratara, las células de la médula ósea de mi hermana se encargaron de encontrar el camino hacia la mía.

Algunos aspectos del tratamiento fueron extremadamente angustiosos, pero existe una especie de amnesia traumática merced a la cual cuando todo termina uno casi llega a olvidarse del dolor. El Hutch sigue una política liberal en la automedicación con analgésicos, incluyendo derivados de la morfina; de ese modo podía combatir de inmediato un sufrimiento intenso cuando se presentaba. Eso hizo la experiencia mucho más soportable.

Al final del tratamiento, mis glóbulos, tanto los rojos como los blancos, procedían principalmente de Cari. Los cromosomas sexuales eran XX, en lugar de XY como en el resto de mi organismo. Por mi cuerpo circulaban células y plaquetas femeninas. Esperé que algunas de las características de Cari empezaran a manifestarse, como, por ejemplo, su pasión por la equitación o por asistir a media docena de representaciones teatrales seguidas, pero jamás sucedió.

Annie y Cari salvaron mi vida. Siempre agradeceré su amor y su ternura. Tras salir del hospital, necesité toda clase de asistencia, incluyendo medicinas administradas varias veces al día por medio de un catéter introducido en mi vena cava. Annie era mi «cuidadora autorizada»; se encargaba de darme los medicamentos de día y de noche, de cambiar los apósitos, de comprobar las constantes vitales y de aportar un aliento esencial. Las perspectivas de quienes ingresan solos en un hospital son, comprensiblemente, peores.

Por el momento había salvado la vida gracias a las investigaciones médicas. En parte no era otra cosa que investigación aplicada, tendente a ayudar a la curación o mitigar directamente enfermedades mortales, pero por otra se trataba de investigación básica, concebida sólo para entender cómo operan las cosas vivas, sin renunciar por ello a imprevisibles beneficios prácticos.

También me salvé gracias a los seguros médicos de la Universidad de Cornell y, en calidad de cónyuge de Annie, de la Writers Guild of America, la organización de autores de películas, televisión, etc. Existen decenas de millones de personas en Estados Unidos sin semejantes seguros médicos. ¿Qué habríamos hecho en su caso?

En mis textos he tratado de mostrar cuan estrechamente emparentados estamos con otros animales, qué cruel es infligirles dolor y qué bancarrota moral significa matarlos para, por ejemplo, fabricar lápices de labios. Aun así, como señaló el doctor Thomas al recibir su premio Nóbel: «El injerto de médula no podría haber logrado aplicación clínica sin la investigación en animales, primero con roedores endógamos y luego con especies exógamas, sobre todo el perro.» Esta cuestión me crea un gran conflicto, ya que de no haber sido por la investigación con animales hoy no estaría vivo.

De modo, pues, que la vida volvió a la normalidad. Nuestra familia, Annie y yo regresamos a Ithaca, Nueva York, donde residimos. Terminé varios proyectos de investigación y leí las últimas pruebas de mi libro *El mundo y sus demonios*. Nos reunimos con Bob Zemeckis, el director de *Contacto,* la película de la Warner Brothers basada en mi novela, para la que Annie y yo habíamos escrito un guión y en la que participábamos como coproductores. Iniciamos algunos nuevos proyectos para la televisión y el cine. Participé en las primeras etapas de la aproximación a Júpiter de la sonda espacial *Galilea.*

Si había una lección que yo había aprendido muy bien, era que el futuro es imprevisible. Como tristemente iba a descubrir William John Rogers, tras haber escrito a lápiz su optimista mensaje mientras navegaba por el Atlántico septentrional, no hay modo de saber qué nos reserva el futuro, ni siquiera el más inmediato. Así, tras varios meses en casa (mi pelo creció de nuevo, recobré mi peso, el número de glóbulos rojos y blancos volvió a ser el normal y me sentía perfectamente), uno de los rutinarios análisis de sangre me arrebató la esperanza.

«Lamento decirle que tengo malas noticias», declaró el médico. Mi médula ósea había revelado la presencia de una nueva población de células peligrosas que se reproducían rápidamente. A los dos días, mi familia y yo regresamos a Seattle. Escribo este capítulo desde mi cama de hospital en el Hutch. Gracias a un procedimiento experimental recientemente descubierto, han determinado que esas células anómalas carecían de una enzima necesaria para protegerlas de dos agentes quimioterapéuticos habituales que no me habían aplicado antes. Tras un tratamiento con esos agentes, no encontraron en mi médula más células anómalas. Con el fin de eliminar las que pudiesen haber quedado (pues se reproducen a toda velocidad) sufrí otros dos tratamientos de quimioterapia, a los que seguirían más células de mi hermana. Una vez más había recibido, al parecer, lo mejor para una curación completa.

Ante el espíritu destructivo y la miopía de la especie humana, todos tendemos a desesperarnos, y yo, por motivos que aún considero muy fundados, no soy precisamente la excepción.

Sin embargo, uno de los descubrimientos de mi enfermedad es la extraordinaria comunidad de bondad a la que deben sus vidas las personas en mi situación.

Hay más de dos millones de estadounidenses inscritos voluntariamente en el Programa Nacional de Donantes de Médula, todos ellos dispuestos a someterse en beneficio de un perfecto desconocido a una extracción medular más bien molesta. Millones más contribuyen con su sangre a la Cruz Roja americana y otras instituciones de donantes sin remuneración alguna, ni siquiera un billete de cinco dólares, con el fin de salvar una vida anónima.

Científicos y técnicos trabajan año tras año con grandes obstáculos, salarios a menudo bajos y sin la menor garantía de éxito. Tienen muchas motivaciones, pero una es la esperanza de ayudar a otros, de curar enfermedades, de parar los pies a la muerte. Cuando tanto cinismo amenaza con ahogarnos, resulta alentador recordar cuánta bondad hay por doquier.

Cinco mil personas rezaron por mí en los oficios de Pascua en la catedral de San Juan el Divino de la ciudad de Nueva York, la iglesia más grande de la cristiandad. Un sacerdote

hindú describió una gran vigilia de oración por mí a orillas del Ganges. El imán de Norteamérica rezó por mi restablecimiento. Muchos cristianos y judíos me escribieron para notificarme las suyas. Aunque no creo que Dios, de existir, alterase debido a la oración los planes, me siento agradecido más allá de toda ponderación a aquellos —incluyendo tantos a quienes nunca conocí— que oraron por mi restablecimiento.

Muchos me han preguntado cómo es posible enfrentarse a la muerte sin la certeza de otra vida. Sólo puedo decir que esto no ha constituido un problema. Con alguna reserva acerca de las «almas débiles», comparto la opinión de mi héroe, Albert Einstein:

No logro concebir un dios que premie y castigue a sus criaturas o que posea una voluntad del tipo que experimentamos en nosotros mismos. Tampoco puedo ni querría concebir que un individuo sobreviviese a su muerte física; que las almas débiles, por temor o absurdo egotismo, alienten tales pensamientos. Yo me siento satisfecho con el misterio de la eternidad de la vida y con un atisbo de la estructura maravillosa del mundo existente, junto con el resuelto afán de comprender una parte, por pequeña que sea, de la Razón que se manifiesta en la naturaleza.

POST SCRIPTUM

Mucho ha sucedido desde que escribí este capítulo hace un año. Salí del Hutch, regresamos a Ithaca, pero al cabo de pocos meses la enfermedad reapareció. En esta ocasión fue mucho más penosa, quizá porque mi cuerpo se hallaba debilitado a causa de las terapias anteriores, pero también porque el condicionamiento previo al trasplante exigía que mi cuerpo fuese sometido a radioterapia. De nuevo, me acompañó a Seattle mi familia. De nuevo, recibí en el Hutch la misma asistencia experta y afectuosa. De nuevo, Annie se mostró magnífica en su modo de alentarme. De nuevo, mi hermana Cari reveló su generosidad ilimitada en la donación de su médula ósea. De nuevo, me vi rodeado por una comunidad de bondad. En el momento en que escribo —aunque quizá tenga que cambiarlo en las pruebas de imprenta— el pronóstico es el mejor de los posibles: todas las células detectables de la médula ósea son células donadas, XX, células femeninas, células de mi hermana. No hay células XY, células anfitrionas, células masculinas, células que promovieron la enfermedad original. Hay personas que sobreviven años incluso con un pequeño porcentaje de sus células anfitrionas. Aun así, sólo en un par de años estaré razonablemente seguro. Hasta entonces, sólo me resta la esperanza.

Seattle, Washington

Ithaca, Nueva York

Octubre de 1996

EPÍLOGO

Con su optimismo característico frente a una ambigüedad inquietante, Carl concluye así esta obra suya, prodigiosa, apasionada y asombrosamente original, en la que salta con audacia de una ciencia a otra.

Tan sólo unas semanas después, a comienzos de diciembre, se sentó a la mesa para cenar y observó, con un gesto de extrañeza, su plato favorito. No sentía apetito. En tiempos mejores, mi familia siempre se había enorgullecido de lo que llamábamos *«wodar»,* un mecanismo interno que escruta incesantemente el horizonte a la búsqueda de los primeros indicios de un próximo desastre. Durante nuestros dos años en el valle de las sombras, el *wodar* había permanecido siempre en estado de alerta máxima. En esa montaña rusa de esperanzas que se desplomaban, se alzaban y volvían a caer, incluso la más leve alteración de un solo aspecto de la condición física de Carl hacía sonar todos los timbres de alarma.

Nuestras miradas se cruzaron fugazmente. De inmediato comencé a dar forma a una hipótesis benigna para explicar aquella súbita falta de apetito. Como de costumbre, razoné que no debía de guardar ninguna relación con la enfermedad, que sólo debía de tratarse de un desinterés pasajero por la comida en el que una persona sana jamás repararía. Carl consiguió esbozar una sonrisa y dijo: «Quizá.» Sin embargo, a partir de aquel momento tuvo que obligarse a comer y sus fuerzas menguaron visiblemente. Pese a todo, insistió en cumplir un compromiso contraído hacía ya tiempo y pronunciar aquella misma semana dos conferencias en el área de la bahía de San Francisco. Cuando regresó a nuestro hotel tras la segunda charla estaba exhausto. Llamamos a Seattle.

Los médicos nos apremiaron a volver de inmediato al Hutch. Me aterraba tener que decir a Sasha y a Sam que no regresaríamos a casa al día siguiente, como les habíamos prometido; que en lugar de ello haríamos un cuarto viaje a Seattle, lugar que se había convertido para nosotros en sinónimo de horror. Los chicos se quedaron de una pieza. ¿Cómo disipar convincentemente sus temores de que aquello podía acabar, al igual que en las tres ocasiones anteriores, en otra estancia de seis meses lejos de casa o, según sospechó Sasha, en algo mucho peor? Una vez más recurrí a mi mantra estimulante: «Papá quiere vivir. Es el hombre más valiente y fuerte que conozco. Los médicos son los mejores que hay en el mundo...» Sí, tendríamos que postergar la Hanuca*, pero en cuanto papá se restableciera...

Al día siguiente, en Seattle, una radiografía reveló que Carl padecía una neumonía de causa desconocida. Los repetidos análisis no lograron determinar si su origen era bacteriano, viral o fúngico. La inflamación de sus pulmones constituía tal vez una reacción tardía a la dosis letal de radiaciones que había recibido seis meses antes como preparación para el último trasplante de médula ósea. Unas grandes dosis de esteroides sólo consiguieron aumentar sus sufrimientos y no hicieron ningún bien a sus pulmones. Los médicos empezaron a prepararme para lo peor. A partir de entonces, cuando iba por los pasillos del hospital encontraba en los rostros familiares del personal expresiones harto diferentes. Me esquivaban y rehuían mi mirada. Era preciso que viniesen los chicos. Cuando Carl vio a Sasha, pareció operarse en su condición un cambio milagroso. «Bella, bella Sasha —exclamó—. No sólo eres bella, sino también maravillosa.» Le dijo que si conseguía sobrevivir sería en parte por la fuerza que le brindaba su presencia. Durante unas cuantas horas los monitores del hospital registraron lo que parecía un cambio completo. Mis esperanzas aumentaron, pero en el fondo no podía dejar de advertir que los médicos no compartían mi entusiasmo. Vieron aquella momentánea recuperación como lo que era, «veranillo de otoño», la breve pausa del organismo antes de su pugna final.

—Esto es un velatorio —me dijo serenamente Carl—. Voy a morir.

---

* Fiesta judía que se celebra durante ocho días de diciembre y conmemora la victoria de los macabeos sobre Antíoco de Siria, en el siglo II a. de C., y la purificación del Templo. En la actualidad es ocasión anual de regalos para los niños. *(N. del T.)*

—No —protesté—. Lo superarás como ya hiciste antes, cuando parecía que no quedaban esperanzas.

Se volvió hacia mí con el mismo gesto que yo había contemplado incontables veces en las discusiones y escaramuzas de nuestros 20 años de escribir juntos y de amor apasionado. Con una mezcla de buen humor y escepticismo, pero, como siempre, sin vestigio de autocompasión, repuso escuetamente:

—Bueno, veremos quién tiene razón ahora.

Sam, de cinco años ya, fue a ver a su padre por última vez. Aunque Carl luchaba por respirar y le costaba hablar, consiguió sobreponerse para no asustar al menor de sus hijos.

—Te quiero, Sam —fue todo lo que logró musitar.

—Yo también te quiero, papá —dijo Sam con tono solemne.

Desmintiendo las fantasías de los integristas, no hubo conversión en el lecho de muerte, ni en el último minuto se refugió en la visión consoladora de un cielo o de otra vida. Para Carl, sólo importaba lo cierto, no aquello que sólo sirviera para sentirnos mejor. Incluso en el momento en que puede perdonarse a cualquiera que se aparte de la realidad de la situación, Carl se mostró firme. Cuando nos miramos fijamente a los ojos, fue con la convicción compartida de que nuestra maravillosa vida en común acababa para siempre.

Todo comenzó en 1974, en una cena que ofrecía Nora Ephron en Nueva York. Recuerdo lo guapo que me pareció Carl, con su deslumbrante sonrisa y la camisa remangada. Hablamos de béisbol y de capitalismo, y me asombró hacerle reír de tan buena gana. Pero Carl estaba casado y yo prometida a otro hombre. Los cuatro empezamos a salir, intimamos y pronto empezamos a trabajar juntos. En las ocasiones en que Carl y yo nos quedábamos solos, la atmósfera era eufórica y electrizante, pero ninguno de los dos reveló un atisbo de sus verdaderos sentimientos. Habría sido impensable.

A comienzos de la primavera de 1977, la NASA invitó a Carl a crear una comisión para seleccionar el contenido del disco que llevaría cada uno de los vehículos espaciales *Voyager 1 y 2.* Tras un ambicioso reconocimiento de los planetas exteriores y de sus satélites, la gravitación expulsaría del sistema solar las dos naves. Se presentaba, pues, la oportunidad de enviar un mensaje a posibles seres de otros mundos y épocas. Podría ser algo mucho más complejo que la placa que Carl, su esposa Linda Salzman y el astrónomo Frank Drake habían incluido en el *Pioneer 10.* Aquello fue un primer paso, pero se trataba esencialmente de una placa de matrícula. En el disco de los *Voyager* figurarían saludos en 60 lenguas humanas, el canto de una ballena, un ensayo sonoro sobre la evolución, 116 fotografías de la vida en la Tierra y 90 minutos de música de una maravillosa diversidad de culturas terrestres. Los técnicos calcularon que aquellos discos de oro podrían durar 1.000 millones de años.

¿Cuánto es un millar de millones de años? Dentro de 1.000 millones de años los continentes de la Tierra habrán cambiado tanto que no reconoceríamos la superficie de nuestro propio planeta. Hace 1.000 millones de años las formas más complejas de la vida en la Tierra eran bacterias. En plena carrera armamentística, nuestro futuro, incluso a corto plazo, parecía una perspectiva dudosa. Quienes tuvimos el privilegio de crear el mensaje de los *Voyager* obramos con la sensación de realizar una misión sagrada. Resultaba concebible que, al estilo de Noé, estuviésemos construyendo el arca de la cultura humana, el único artefacto que sobreviviría en un futuro inimaginablemente remoto.

Durante mi ardua búsqueda del más valioso fragmento de música china, telefoneé a Carl y le dejé un mensaje en su hotel de Tucson, adonde había acudido para pronunciar una conferencia. Una hora más tarde sonó el teléfono en mi apartamento de Manhattan. Descolgué y oí su voz:

—Acabo de volver a mi habitación y he encontrado un mensaje que decía «Llamó Annie»; entonces me pregunté: «¿Por qué no habrá dejado ese mensaje hace diez años?»

—Pensaba hablarte de eso, Carl —respondí con tono de broma. Y luego más seria añadí—: ¿Para siempre?

—Sí, para siempre —respondió con ternura—. ¿Quieres casarte conmigo?

—Sí —contesté.

En aquel momento experimentamos lo que debe de sentirse al descubrir una nueva ley de la naturaleza. Era un *eureka,* el momento de la revelación de una gran verdad, que confirmarían incontables pruebas a lo largo de los 20 años siguientes. Sin embargo, suponía también asumir una responsabilidad ilimitada. ¿Cómo podría volver a sentirme bien fuera de ese mundo maravilloso una vez que lo había conocido? Era el 1 de junio, la fiesta de nuestro amor. Luego, cuando uno de los dos se mostraba poco razonable con el otro, la invocación del 1 de junio solía hacer entrar en razón a la parte ofensora.

Antes, en otra ocasión, había preguntado a Carl si uno de esos supuestos extraterrestres de dentro de 1.000 millones de años sería capaz de interpretar las ondas cerebrales del pensamiento de alguien. «¡Quién sabe! Mil millones de años es mucho, muchísimo tiempo. ¿Por qué no intentarlo, suponiendo que será posible?», fue su respuesta.

Dos días después de aquella llamada telefónica que cambió nuestras vidas, fui a un laboratorio del hospital Bellevue, de Nueva York, y me conectaron a un ordenador que convertía en sonidos todos los datos de mi cerebro y de mi corazón. Durante una hora había repasado la información que deseaba transmitir. Empecé pensando en la historia de la Tierra y de la vida que alberga. Del mejor modo que pude intenté reflexionar sobre la historia de las ideas y de la organización social humana. Pensé en la situación en que se encontraba nuestra civilización y en la violencia y la pobreza que convierten este planeta en un infierno para tantos de sus habitantes. Hacia el final me permití una manifestación personal sobre lo que significaba enamorarse.

Carl tenía mucha fiebre. Seguí besándolo y frotando mi cara contra su ardiente mejilla sin afeitar. El calor de su piel era extrañamente tranquilizador. Quería que su vibrante ser físico se convirtiera en un recuerdo sensorial grabado en mí de manera indeleble. Me debatía entre el afán de animarlo a luchar y el deseo de verlo libre de la tortura de todos los aparatos que lo mantenían con vida y del demonio que llevaba dos años atormentándolo.

Llamé por teléfono a Cari, su hermana, que tanto de sí misma había dado para evitar ese desenlace, a sus hijos mayores, Dorion, Jeremy y Nicholas, y a su nieto Tonio. Unas semanas antes, todos los miembros de la familia habíamos celebrado juntos el Día de Acción de Gracias en nuestra casa de Ithaca. Por decisión unánime fue el mejor Día de Acción de Gracias que jamás conocimos. Nos separamos encantados. En aquella reunión reinó entre nosotros una autenticidad y una intimidad que nos brindaron un sentido mayor de nuestra unidad. Luego coloqué el auricular cerca del oído de Carl para que pudiese escuchar, una tras otra, las despedidas de todos.

Nuestra amiga la escritora y productora Lynda Obst se apresuró a venir de Los Ángeles para estar con nosotros. Lynda se hallaba en casa de Nora aquella noche maravillosa en que Carl y yo nos conocimos. Había sido testigo, más que cualquier otra persona, de nuestras colaboraciones tanto personales como profesionales. Como productora original de la película *Contacto,* trabajó en estrecha colaboración con nosotros durante los 16 años que costó hacer realidad aquel empeño.

Lynda había observado que la perpetua incandescencia de nuestro amor ejercía una especie de tiranía sobre aquellos de nuestro entorno que no tuvieron tanta fortuna en la búsqueda de un alma gemela; pero en vez de molestarle nuestra relación, a Lynda le entusiasmaba tanto como a un matemático un teorema de existencia, algo que demostrase que una cosa era posible. Solía llamarme Miss Hechizo. Carl y yo disfrutábamos intensamente de los ratos que pasábamos con ella, entre risas, hablando hasta bien entrada la noche de ciencia, filosofía, chismes, cultura popular, de todo. Esa mujer que había ascendido con nosotros, que me

acompañó el día deslumbrante en que elegí mi vestido de novia, estuvo a nuestro lado cuando nos dijimos adiós para siempre.

Durante días y noches, Sasha y yo nos habíamos relevado junto a Carl, murmurándole palabras reconfortantes al oído. Sasha le expresó cuánto le quería y todo lo que haría en su vida para enaltecerlo. «Un hombre magnífico, una vida maravillosa —le dije una y otra vez—. Bien hecho. Te dejo partir con orgullo y alegría por nuestro amor. Sin miedo. Primero de junio. Uno de junio. Para siempre...»

Mientras realizo en pruebas de imprenta los cambios que Carl temía que fuesen necesarios, su hijo Jeremy está en el piso de arriba, dando a Sam su lección nocturna con el ordenador. Sasha se halla en su habitación, dedicada a sus tareas escolares. Las naves *Voyager,* con sus revelaciones sobre un minúsculo mundo favorecido por la música y el amor, se encuentran más allá de los planetas exteriores, rumbo al mar abierto del espacio interestelar. Vuelan a 65.000 kilómetros por hora hacia las estrellas y un destino que sólo podemos soñar. Estoy rodeada de cajas llenas de cartas procedentes de todo el planeta. Son de personas que lloran la pérdida de Carl. Muchas le atribuyen su inspiración. Algunas afirman que el ejemplo de Carl las indujo a trabajar por la ciencia y la razón contra las fuerzas de la superstición y el integrismo. Esos pensamientos me consuelan y alivian mi angustia. Me permiten sentir, sin recurrir a lo sobrenatural, que Carl aún vive.

Ann Druyan

14 de febrero de 1997

Ithaca, Nueva York

Agradecimientos[*]

Como de costumbre, este libro ha sido enriquecido y mejorado de manera inconmensurable por comentarios acertados, sugerencias sobre su contenido y la destreza del estilo de Annie Druyan. De mayor, quiero ser como ella.

Muchos amigos y colegas formularon comentarios útiles sobre el conjunto o sobre partes del libro. Estoy muy agradecido a todos, en especial a David Black, James Hansen, Jonathan Lunine, Geoff Marcy, Richard Turco y George Wetherill.

Entre quienes respondieron generosamente a nuestras peticiones de información se encuentran Linden Blue, de General Atomics, John Bryson de Southern California Edison, Jane Callen y Jerry Donahoe del Departamento de Comercio de Estados Unidos, Punam Chuhan y Julie Rickman del Banco Mundial, Peter Nathanielsz del Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina Veterinaria de Cornell, James Rachels de la Universidad de Alabama en Birmingham, Boubacar Touré de la Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas y Tom Welch del Departamento de Energía de Estados Unidos. Agradezco a Leslie LaRocco, del Departamento de Idiomas Modernos y Lingüística de la Universidad de Cornell, sus servicios de traducción en la comparación de las versiones de «El enemigo común» en *Parade y Ogonyok.*

Manifiesto mi gratitud por su saber y ayuda a Mort Janklow y Cynthia Cannell, de Janklow & Nesbit Associates, y a Ann Godoff, Harry Evans, Alberto Vitale, Kathy Rosenbloom y Martha Schwartz, de Random House.

Tengo una deuda especial con William Barnett por la meticulosidad de sus transcripciones, documentación, lectura de pruebas y por haberse ocupado del texto en diversas etapas de su elaboración. Bill desarrolló toda esta tarea mientras yo batallaba contra una grave enfermedad. Sentir que podía confiar enteramente en él fue una bendición que agradezco. Andrea Barnett y Laurel Parker, de mi despacho en la Universidad de Cornell, se encargaron de la correspondencia esencial y de completar investigaciones. Agradezco asimismo su eficaz asistencia a Karenn Gobrecht y Cindi Vita Vogel, del despacho de Annie.

Aunque todo el material de este libro haya sido revisado o sea nuevo, el meollo de muchos capítulos fue anteriormente publicado en *Parade;* por ello doy las gracias a su redactor jefe, Walter Anderson, y a David Currier, jefe de edición, por su inquebrantable apoyo a lo largo de los años. Partes de algunos capítulos han aparecido en *American Journal of Physics; Forbes-FYI; Environment in Peril,* Anthony Wolbarst, ed., Smithsonian Institution Press, Washington, D. C. (de una conferencia que pronuncié en la Agencia de Protección Ambiental, Washington, D. C.); *Los Ángeles Times;* y *Lend Me Your Ears: Great Speeches in History,* William Safire, ed., W. W. Norton, Nueva York, 1992.

Patrick McDonnell accedió generosamente a la inclusión de sus dibujos para ilustrar el texto.

Agradezco también a Carson Productions Group su autorización para utilizar una fotografía en la que aparezco con Johnny Carson; a Barbara Boettcher por sus diseños; a James Hansen por autorizar la publicación de los gráficos del capítulo 11; y a Lennart Nilsson por su permiso para la realización de dibujos sobre sus magistrales fotografías de fetos humanos *in útero.*

[*] El doctor Sagan falleció antes de poder completar esta relación. Los editores lamentan la omisión de los nombres de cualesquiera personas e instituciones que habría mencionado de haber estado en condiciones de terminar estas notas.

Referencias

(Unas cuantas citas y sugerencias para ulteriores lecturas)

Capítulo 1, Miles y miles de millones

Millet, Robert L. y Fielding McConkie, Joseph, *The Life Beyond,* Bookcraft, Salt Lake City, 1986.

Capítulo 3, Los cazadores de la noche del lunes

Araton, Harvey, «Nuggets' Abdul-Rauf Shouldn't Stand for It», *The New York Times.,* 14 de marzo de 1996.

Un buen anecdotario de los deportes profesionales y sus admiradores es *Fans!,* de Michael Roberts (New Republic Book Co., Washington, D. C., 1976). Un estudio clásico sobre la sociedad de cazadores-recolectores es *The !Kung San,* de Richard Borshay Lee (Cambridge University Press, Nueva York, 1979). La mayor parte de las costumbres mencionadas en este libro se aplican a los !kung y a muchas otras culturas no marginales de cazadores-recolectores de todo el mundo, antes de que fueran destruidas por la civilización.

Capítulo 4, La mirada de Dios y el grifo que gotea

Yoshida, Kumi, *et al,* «Cause of Blue Petal Colour», *Nature,* vol. 373, 1995, p. 291.

Capítulo 9, Creso y Casandra

Managing Planet Earth: Reading from «Scientific American» Magazine, W. H. Freeman, Nueva York, 1990.

McMichael, A. J., *Planetary Overload: Global Environmental Change and the Health of the Human Species,* Cambridge University Press, Nueva York, 1993.

Turco, Richard, *Earth Under Siege: Air Pollution and Global Change,* Oxford University Press, Nueva York, 1995.

Capítulo 10, Falta un pedazo del cielo

Alterman, Eric, «Voodoo Science», *The Nation,* 5 de febrero de 1996, pp. 6-7.

Benedick, Richard, *Ozone Diplomacy: New Directions in Safeguarding the Planet,* Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1991.

Brune, William, «There's Safety in Numbers», *Nature,* vol. 379, 1996, pp. 486-487.

Makhijani, Arjun y Gurney, Kevin, *Mending the Ozone Hole,* MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1995.

Montzka, Stephen A., *et al,* «Decline in the Tropospheric Abundance of Halogen for Halocarbons: Implications for Stratospheric Ozone Depletion», *Science,* vol. 272, 1996, pp.1318-1322.

Sherwood Rowland, E, «The Ozone Depletion Phenomenon», en *Beyond Discovery,* Academia Nacional de Ciencias, Washington, D. C., 1996.

Russell III, James M., *et al.,* «Satellite Confirmation of the Dominance of Chlorofluorocarbons in the Global Stratospheric Chlorine Budget», *Nature,* vol. 379, 1996, pp. 526-529.

Capítulo 11, Emboscada: el calentamiento del mundo

Anderson, Jack, «Lessons for Us to Learn from the Persian Gulf», *Ithaca Journal,* 29 de septiembre de 1990, p. 10A. Balling, Jr., Robert, «Keep Cool About Global Warming», carta a *The Wall Street Journal,* 16 de octubre de 1995, p. A14.

Ellsaesser, Hugh W., Inskip, Gregory A. y Wigley, Tom M. L., «Apply Cold Science to a Hot

Topic», diversas cartas a *The Wall Street Journal,* 20 de noviembre de 1995.

Gornitz, Vivien, «Sea-Level Rise: A Review of Recent Past and Near-Future Trends», en *Earth Surface Processes and LandForms,* vol. 20, 1995, pp. 7-20.

Hansen, James, «Climatic Change: Understanding Global Warming», en *One World,* Robert Lanza ed., Health Press, Santa Fe, Nuevo México, 1996.

Johannessen, Ola M., *et al.,* «The Artic's Shrinking Sea Ice», *Nature,* vol. 376, 1995, pp. 126-127.

Kerr, Richard A., «Scientists See Greenhouse, Semioficially», *Science,* vol. 269, 1995, p. 1657. —, «It's Official: First Glimmer of Greenhouse Warming Seen», *Science,* vol. 270, 1995, pp. 1565-1567.

MacCracken, Michael, «Climate Change: the Evidence Mounts Up», *Nature,* vol. 376, 1995, pp. 645-646.

Oppenheimer, Michael, «The Big Greenhouse is Getting Warmer», carta a *The Wall Street Journal, 27* de octubre de 1995, p. A15.

Rosenzweig, Cynthia y Hillel, Daniel, «Potential Impacts of Climatic Change on Agriculture and Food Supply», *Consequences,* vol. 1, verano de 1995, pp. 23-32.

Schwartz, Stephen E. y Andreae, Meinrat O., «Uncertainty in Climate Change Caused by Aerosols», *Science,* vol. 272, 1996, pp. 1121-1122.

Sprigg, William, «Climate Change: Doctors Watch the Forecasts», *Nature,* vol. 379, 1996, p. 582.

Stevens, William K., «A Skeptic Asks, Is It Getting Hotter, or Is It Just the Computer Model?», *The New York Times,* 18 de junio de 1996, p. C1.

Uppenbnnk, Julia, «Arrhenius and Global Warming», *Science,* vol. 272, 1996, p. 1122.

Capítulo 12, Huir de la emboscada

Asrar, Ghossen y Dozier, Jeff, *EOS: Science Strategy for the Earth Observing System,* American Institute of Physics Press, Woodsbury, Nueva York, 1994.

Business and the Environment (Cutter Information Corp.), enero de 1996, p. 4.

«FAS Hosts Climate Change Conference for World Bank», FAS (Federación de Científicos Americanos), Public Interest Report, marzo-abril de 1996.

Graham, Kennedy, *The Planetary Interest,* Global Security Programme, Universidad de Cambridge, Gran Bretaña, 1995.

Leggett, Jeremy, ed., *Global Warming,* Oxford University Press, Nueva York, 1990.

Mancini, Thomas R., Chavez, James M. y Kolb, Gregory J., «Solar Thermal Power Today and Tomorrow», *Mechanical Engineering,* vol. 116, 1994, pp. 74-79.

Valenti, Michael, «Storing Solar Energy in Salt», *Mechanical Engineering,* vol. 117, 1995, pp. 72-75.

Capítulo 13, Religión y ciencia: una alianza

Edelson Halport, Julie, «Harnessing the Sun and Selling It Abroad: U. S. Solar Industry in Export Boom», *The New York Times,* 5 de junio de 1995, p. D1.

Panikkar, Raimon, (Universidad de California en Santa Bárbara) en Global World Forum of Spiritual and Parliamentary Leaders, Oxford, Gran Bretaña, abril de 1988.

Sagan, Carl, *et al,* «Preserving and Cherishing the Earth», *American Journal of Physics,* vol. 58, 1990, pp. 615-617.

Steinfels, Peter, «Evangelical Group Defends Law Protecting Endangered Species as a Modern "Noah's Ark"», *The New York Times,* 31 de enero de 1996.

Capítulo 14, El enemigo común

Arbatov, Georgi, *The System: An Insider's Life in Soviet Politics,* Times Books, Nueva York, 1992.

Heller, Mijaíl y Nekrich, Aleksander M., *Utopia in Power: The History of the Soviet Union from 1917 to the Present,* Summit Books, Nueva York, 1986.

Capítulo 15, Aborto: ¿es posible tomar al mismo tiempo partido por «la vida» y la «elección» ?

Connery, John, S. J., *Abortion: The Development of the Roman Catholic Perspective,* Loyola University Press, Chicago, 1977.

England, M. A., *The Color Atlas of Life Before Birth: Normal Fetal Development,* 2ª ed., Yearbook Medical Publishers, Inc., Chicago, 1990.

Hurst, Jane, *The History of Abortion in the Catholic Church: The Untold Story,* Catholics for a Free Choice, Washington, D. C., 1989.

Sagan, Carl, *Los dragones del edén,* RBA, Barcelona, 1993.

—, y Druyan, Ann, *Sombras de antepasados olvidados,* Círculo de Lectores, Barcelona, 1994.

Capítulo 17, Gettysburg y ahora

Korb, Lawrence J., «Military Metamorphosis», *Issues in Science and Technology,* invierno de 1995/6, pp. 75-77.

Capítulo 19, En el valle de las sombras

Einstein, Albert, *La lucha contra la guerra,* Piqueta, 1986.