



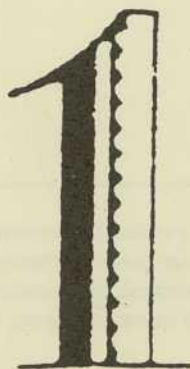
FUNDACION BBV

DOCUMENTA

**Scientific research
Panacea or Pandora's box?
La investigación científica
¿Panacea o caja de Pandora?**

Profesor J. D. Dunitz

Octubre 1991

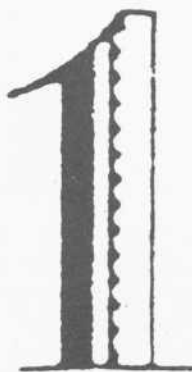


CATEDRA

**Scientific research
Panacea or Pandora's box?
La investigación científica
¿Panacea o caja de Pandora?**

Profesor J. D. Dunitz

Octubre 1991



Cátedra FBBV.

Director: **D. Juan Urrutia Elejalde**, catedrático de Fundamentos del Análisis Económico de la Universidad Carlos III de Madrid.

Conferencia de Cátedra número I

JACK DAVID DUNITZ

Doctor en Química por la Universidad de Glasgow, en 1947.

Cristalógrafo y profesor del Laboratorio de Química Orgánica del Politécnico de Zurich.

Autor de varios libros y numerosos artículos en revistas de prestigio internacional.

Sus investigaciones se han centrado en la determinación estructural de compuestos y sus aplicaciones –como conductores o superconductores orgánicos, compuestos farmacológicos (metadona)– y la Cristalografía Estructural y su metodología.

La investigación científica más relevante es su trabajo sobre caminos químicos de reacción, reseñado en el libro *Structural Crystallography in Chemistry and Biology*, donde se recogen los 50 trabajos más relevantes desde 1912 a 1980 en el desarrollo de la Cristalografía como disciplina independiente.

La Cátedra Fundación BBV tiene como objetivo básico la difusión y el fomento de la investigación en España, con la íntima aspiración de sensibilizar a la opinión pública, mediante la incorporación periódica de personalidades científicas internacionales, la estancia de destacados profesores españoles en centros extranjeros y el desarrollo de un programa anual de Lecciones Magistrales.

La colección de Conferencias de la Cátedra Fundación BBV pretende presentar, ante una amplia audiencia, aportaciones científicas originales y proporcionar a la sociedad en su conjunto, material de reflexión extraído de los resultados de investigación punta.

SCIENTIFIC RESEARCH PANACEA OR PANDORA'S BOX?

Professor Jack David Dunitz, Doctor in Chemistry, University of Glasgow

Crystallographer and Professor at the Laboratorium für Organische Chemie, E.T.H. Zentrum, Zürich.

When I was young the idea of a career in medical or scientific research had a rather romantic flavour about it. Research! A quest into the unknown, the striving to find things out that no one had ever known before; to uncover nature's hidden regularities and thereby possibly to come closer to the secret of the Universe. Scientific research was felt to be a kind of continuation and extension of the explorations that had fired the imagination of mankind during the previous three or four centuries. The earth, or at least its surface, was already fairly thoroughly explored; the empty areas of the map, which had seemed so vast and inexhaustible to previous generations, were shrinking fast. Only Antarctica remained unexplored, but it was known to be covered with ice and too much frigid for comfort. There were still a few high mountains whose summits had not yet been reached, but, after all, the view from one mountain top was not too different from the view from another. Space travel was not yet taken seriously as a practical possibility. Research in chemistry, in physics, in astronomy, in medicine, seemed to have all the charm and excitement of exploration in unknown areas, but it could be done without undue privation and discomfort and even with a small spice of danger, at least as far as chemistry was concerned. Above all, scientific research seemed to hold out the promise of being a morally uplifting and spiritually exalting experience. I cannot remember much discussion then about the benefits and dangers of its practical consequences; it was tacitly as-

sumed to be a good thing. But remember, we were still in the age of innocence; this was before the atomic bomb was invented, before the scientific ideal was tainted with the responsibility for that terrifying development and other almost equally alarming achievements.

Today the situation is completely different. Modern sensibility is opposed to scientific research, often antagonistic towards science altogether. And no branch of science has fallen more into disrepute than chemistry, to whose advancement I have tried all my life to contribute a little. The benefits accruing from chemistry seem to be taken for granted; the products of the pharmaceutical and agrochemical industries, an unforeseen degree of control over pain and illness, famine, overpopulation, not to mention the comforts and pleasures provided by new textiles and other materials; the list could go on indefinitely. On the other hand, many of the problems of our rapidly changing world are laid at the doors of chemistry; pollution, acid rain, smog, oil spills – again the list could be continued indefinitely.

While we must recognize the seriousness of these problems, I do not think that they are to be laid at the doors of chemistry. They have complex industrial, economic, social and political causes. Chemistry, itself, as a human endeavour, has never been better characterized than in Cyril N. Hinshelwood's Centenary Address to the Chemical Society of London in 1947:

“Chemistry provides not only a mental discipline, but an adventure and an aesthetic experience. Its followers seek to know the hidden causes which underlie the transformations of our changing world, to learn the essence of the rose’s colour, the lilac’s fragrance, and the oak’s tenacity, and to understand the secret paths by which the sunlight and the air create these wonders.

And to this knowledge they attach an absolute value, that of truth and beauty.

The vision of Nature yields the secrets of power and wealth, and for this it may be sought by many. But it is revealed only to those who seek it for itself.”

Hinshelwood was clearly a poet as well as a great physical chemist (he shared the 1956 Nobel Prize in Chemistry with the Russian chemist N. Semenov). In stark contrast to this view are the reactions of the children in four secondary schools in Basel, who were asked about ten years ago to express their reactions to the theme of “chemistry” in a drawing. The results are described by Heilbronner and Wyss in the June 1983 issue of the journal *Chemie in unserer Zeit*. With considerable artistic ability the great majority of the children made it clear that chemistry was felt to be mainly a threat to themselves and their environment; and this in a city where a considerable proportion of the inhabitants earn their living and owe their prosperity directly or indirectly to chemistry. This distrustful, negative reaction can be confirmed daily in countless newspaper reports, as well as in radio and television broadcasts. Chemistry has an almost unanimously bad press nowadays. And if chemistry comes right at the bottom of the scientific social popularity contest, it is closely followed by physics, especially nuclear physics. In spite of the very obvious benefits they have brought to the comfort and prosperity of millions of people, they have become symbols for death and destruction.

While I do not want to underestimate the very real dangers, I believe that this picture is too one-sided. There are indeed grounds for anxiety and even for pessimism, but these do not lie so much in chemistry or in physics or in any other branch of science, but rather in the past development and present intellectual and emotional limitations of the human race. Evolution has let us down! The history of our species has not equipped us to deal properly with the technical problems of the modern world. During all but the last tiny fraction of the development of mankind, the external conditions of existence hardly changed during the time of a human life. People grew to maturity and died in more or less the same world as they were born. Apart from the regular rhythms of the days and the seasons nothing changed in the intervening years –well, nothing much; sometimes things went a little better, sometimes worse, but the rate of real change was so slow that it was almost imperceptible during the course of a human life. As long as this state of affairs lasted, each generation learned how to cope with its problems by copying the customs and usances of its predecessors; tradition was the most reliable guide. Young people learned from their elders and then handed their knowledge down to the next generation.

Occasionally there were disasters: earthquakes, volcanic eruptions, floods, droughts, wars, famines, pestilences. Many societies must have perished completely. We are the descendants of those that survived. Only in the last few centuries it has become really obvious to everyone that the world is in a state of rapid change –first slowly, then ever so faster, and nowadays with breathless rapidity. In this century alone: automobiles, aeroplanes, radio and television, antibiotics and the resulting elimination of many formerly lethal infectious diseases, the contraceptive pill, space travel, computers, the DNA-structure and the genetic code, gene technology, relativity, the quantum theory, nuclear

physics, the atom bomb, nuclear energy and many other achievements. For better or worse, each of them has altered our world, all unknown and even undreamt of when my parents were young most of them unknown and unimagined when I was a child.

This change is one of the results of the scientific revolution, which arose as a product of Western civilization, starting in the 16th century. As a date we may take 1543 when Nikolaus Copernicus's work *De Revolutionibus Orbium Coelestium* was published (he died in the same year). Indeed, the use of the word "revolution" to indicate an overturning of the established order is a reflection of the revolutionary nature of Copernicus's ideas at that time.

It is interesting that modern science began in Europe and continued to develop and flourish until recent times almost entirely as a product of Western civilization. No doubt this can be explained by the historians and sociologists. One influence must have been the enlargement of the European sphere that followed the voyages of discovery around the turn of the 15th century. It may be no accident that Copernicus's displacement of the earth from the centre of the cosmos coincided in time with the European realization that Europe was not the centre of the earth. It was only twenty years earlier that the survivors of Ferdinand Magellan's expedition had found their way home from their circumnavigation of the globe after rounding Patagonia and traversing the vast expanse of the uncharted Pacific Ocean. As the Europeans ventured further and further from their home shores they needed better maps, better navigational instruments, better chronometers—and better weapons, for this was not done as part of a communal European enterprise but in a state of almost continual warfare between the emerging European nation-states.

But this cannot be the whole story. The development of science was preceded by the Renaissance when European artists started to define, ask and answer important questions about how we see the world. In this book *The Twin Dimensions* Géza Szamosi argues that the development of science in Europe was connected with two other Western developments about how we see and experience the world. One was perspective painting, connected with the idea of space, which led to a renewed interest in geometry and geometric optics; and the other was polyphony in music, which required a systematic notation to represent time and so led ultimately to the notion of time as a continuous variable. Thus, Szamosi argues, an important stimulus for the development of early science in Europe came from the arts.

With these changes people began to compare their lot with the lot of other people, in other places, at other times. In our civilization, visions of the future have oscillated between periods of impending catastrophe—*dies irae*—and of glorious Utopias. The Utopias actually came on the scene about the very same time as Europe was beginning to burst its confines and Western science was being born; as far as I am aware, the word Utopia in the sense of an imaginary, more perfect world first appeared in Thomas More's book of the same name published in 1516. A great humanist and friend of Erasmus, More advised the English king Henry VIII on matters of state. His portrait by Holbein reveals a deep and highly intelligent personality. Unfortunately his vision of an ideal world fell sadly short of the harsh reality of that period; he was beheaded on the order of his former friend Henry VIII in 1535. But on the whole, despite setbacks, optimism continued to prevail.

The optimistic picture of the future, the view that scientific and technical progress must inevitably lead to a better world, reached its peak

during the 19th century. It came to a sudden close in the first half of the present century, partly no doubt because of the terrible events of the two world wars, and partly, in my opinion, by a literary event, a book: Aldous Huxley's *Brave New World*, published in 1931. Books are, of course, products of a society, but they also have the property that they can influence that society and sometimes even alter it. By combining the emerging scientific knowledge and psychological perception with the social hopes of that period, Huxley created a world in which all problems had been solved: no wars, no hunger, no poverty, no illness, no misery. But at a price! Huxley's imaginary world was an inhuman one, which no one in his senses could possibly regard as worth striving for. After *Brave New World*, no author has dared to paint an optimistic picture of the future. The age of optimistic futurologists is in the past. Today we tend to look into the future with mistrust and pessimism.

And not without reason. We seem to be confronted everywhere with unsolved and perhaps insoluble problems, some of which present great and obvious dangers; the possibility of the destruction of humanity through the tens of thousands of atomic bombs in the arsenals of several nations, unleashed in some future war; pollution of the atmosphere and of our fresh water supplies by industrial contaminants; climatic changes; the gradual expansion of the deserts: melting of the polar ice-caps; disappearance of the tropical rain forests—a list that one can continue indefinitely. One may need to be reminded that most of these problems arise from a single cause: the sudden success story of our species—the vast increase in our numbers over the last century or so; and our increased demands for comfort, health, wealth and happiness. In the industrially advanced, more developed countries these demands are stimulated to some extent by irresponsible advertising in the interests of uncontrolled growth, in the poorer,

less developed societies by the spread of knowledge—the awareness that poverty is not an inescapable attribute of human existence.

Yet some people look longingly backwards to the good old days. But they who do so have short memories, or else they are ignorant of, or unable to imagine, what it was really like in past times. In those good old days life was for most people “nasty, brutish and short”, as the English philosopher Thomas Hobbes described it some three and a half centuries ago. Until quite recently, a couple of hundred years or so, the relative comfort of a privileged few was based essentially on the slavery of the many. Poverty and ignorance were universal. The level of public health was lower in Europe then than it is today in the most underdeveloped countries of the third and fourth world. Quite apart from the great epidemics that decimated the population every few decades, infant mortality was very high; around the beginning of the 17th century only one infant in two survived its first year those children who did survive had a high probability of losing a parent, normally the mother, before reaching maturity. That explains the wide occurrence of stepmothers often portrayed as wicked at the folk literature of the period. And it was no better as far as ethics and morality are concerned. One only has to look at Francisco Goya's album of pintures, “Los Desastres de la Guerra”, to see that all the horrors of our present epoch, characterized by “man's inhumanity to man” were already documented by that great Spanish artist in the time of the Napoleonic wars in the early years of the last century.

No, it is neither desirable nor possible to go backwards. Our only chance for survival is to learn somehow how to cope with continued technical development, but there is no easy way to realize this. The alternative to going backwards technically is to move forwards ethically and intellectually, but nobody has very clear ideas as to how this improvement might be

achieved. My own feeling is that it can only come through better education, although I have to confess that I am not too clear in my own mind about which attributes are to be encouraged and which we should try to eradicate—not only such malignant ones as cruelty but also quite minor ones as carelessness and untidiness. You only have to go for a walk in the Alps to feel despair at people who mark their track through the mountains by a trail of chocolate wrappers, beer bottles, and other mentionable as well as unmentionable articles.

Here we touch on the responsibility of the scientist, a topic that has been much discussed lately. In order to exercise this responsibility, we shall first need to be able to predict, more or less, the long term effect of every new development. Each case is likely to present a very difficult problem. We would like to know if some particular technical advance is advantageous or not. The short term consequences are usually fairly easy to judge, but the long term ones....? Just as we exceed the limits of our imaginative power when we have to deal with galactic or with atomic dimensions, it is almost impossible to foresee the long-term effect of a technical development on a global scale.

Consider the ecological disaster in Central Asia that is resulting from the rapid disappearance of the Aral Sea. The diversion of water from the rivers that flow into this inland sea is not due to any natural causes but is the result of a central planning authority; the trouble is that the planners failed to see the long-term consequences of their plan, which was undoubtedly made with the best of intentions for the prosperity of that area. But again, not all plans for grandiose irrigation schemes have led to disasters. Others have been successful in transforming arid parts of the world into agriculturally productive areas and producing food for millions of people. It may be difficult to see the long-term consequences in every individual

case affecting the natural landscape; it is a matter of what is now called risk-benefit-cost analysis, which is no more successful in its predictions than other social-economic methods. In democratic countries there is also public opinion to consider. Imagine the outcry today if the Dutch were to propose now to do what they did several centuries ago—to reclaim large areas of land from the surrounding sea and river deltas! This would be seen as a serious threat to marine, bird and plant life and the associated food chains. Holland is all very well, its people are prosperous and natural disasters come only rarely (although we should not forget February, 1953, when stormy seas broke the dikes, leading to flooding of large areas of the country and the deaths of several thousand people). But what about Bangladesh, where large areas are flooded almost every year? There are clearly parts of the earth where possible “improvements” in the natural topography must be seriously considered in the interests of irrigation, hydroelectricity production, flood control, communication, and so on; to do nothing would be to condemn whole populations to continued poverty and hunger.

But even if we could see the long-term consequences of our actions with some degree of reliability, all sorts of complications can be imagined that could lead in many cases to highly ambiguous situations. This is where I part company with many well intentioned colleagues who assume that in most cases ethical principles and careful analysis, if they are properly combined, would lead us to decisions that would turn out to be right; we would then be pleased with the way in which we had absolved our responsibilities as scientists and world citizens. In my opinion, this is wishful thinking.

In our recent history there have been examples where the application of ethical principles to a certain development (even if we could have foretold the future) would have led us at

least to a dilemma. We would not have been unanimous on how to proceed. The trouble is that evolution has left us incapable of dealing with such problems, with decisions whose outcome will affect our planet over many years. We are pretty good at knowing what happens in the family, in our town, in our village, thinking on a relatively small scale, but with regard to the impact on a world scale we are not really equipped by evolution to come to the right decision.

Let us consider one example that will certainly be familiar to the chemists and biologists: that of the compound 1,1,1, -trichloro- 2,2-bis (p-chlorophenyl) ethane, commonly known as DDT. After the First World War an unknown number of people, but certainly running into the millions in Europe, died of typhus. After the Second World War there was no typhus epidemic, and the main reason was that after the end of hostilities the allied troops went into Europe with tons of DDT, which they simply poured or sprayed on the heads and clothes of the children and the survivors in the devastated cities and camps which they found. I am told that generally a powder containing about 10% of the active compound was used. As a result there are probably millions of people in the age group 50 upwards who owe their lives to the application of DDT on this vast scale in 1945-1946.

In 1948 the Swiss chemist Paul Müller was awarded the Nobel prize in Medicine for the discovery of DDT. Thirty years later DDT had become a bad word. In the meantime it had been found that the substance is toxic. Actually it is not very toxic for human beings –it is less toxic than aspirin: it needs about half a gram per kilogram body-weight to kill anyone, and, as far as I can ascertain, there was no known case of any death caused by DDT among the millions of people who had been treated with it to prevent the typhus epidemic. The trouble is not so much its toxicity for humans, but the fact that it

is degraded very slowly and therefore accumulates in the biosphere, a consequence that nobody could have foreseen. So now the lice and mosquitoes can multiply again, since the use of DDT is forbidden in most countries. The malaria statistics in some countries of the third world seem to reflect this.

But even if the long-term consequence of using DDT could have been foreseen in 1945, would the authorities have withheld its use in the field and thus allowed the typhus epidemic to spread? Would they –let us say instead of they, we– would we not perhaps have thought “Oh, something will happen, some new discovery will turn up?” Even if we had known about the long-term harmful consequences, we could easily have tended to lay more stress on the short-term vital advantages, which were a matter of life or death for many people.

Like all other creations of the human spirit, the effects of science and technology are unpredictable. Every hope for the future is simultaneously a threat. We have to face up to the existence of such uncertainties and try to cope with them. And for this, I believe, a sound scientific training will be essential –not a superficial acquaintance with some particular branch but a confrontation at a deeper research level, the deeper the better. The point is that the confrontation with scientific research can reveal to us the complexity and ambiguity of the world and can thereby often undermine our preconceived notions, even our convictions. The practice of science leaves many possibilities open for error and thus teaches its followers a certain humility –and respect for truthfulness and honesty.

Indeed, the whole scientific process is grounded on the premise that everyone involved in it tells the truth, or at least tries to be truthful.

In our modern world, the duty to be truthful should not be taken for granted. And the realization of one's own errors is not always easy. This was said in most beautiful language by Sir John Cornforth, in the speech in which he expressed his appreciation to the Swedish Royal Academy for the award of the Nobel prize in Chemistry to him and Vlado Prelog in 1975: "In a world where it is so easy to neglect, deny, pervert and suppress the truth, the scientist may find his discipline severe. For him, truth is so seldom the sudden light that shows new order and beauty; more often, it is the uncharted rock that sinks his ship in the dark".

As long as scientists argue with other scientists about purely scientific problems, the two sides compete on roughly equal terms. The talk will seldom be about words, the experimental facts will usually be recognized by both sides as the arbiter of who is right and who is wrong. However, debates about broader issues involving scientific aspects of social and political problems emotions are likely to arouse much stronger emotional reactions. When we discuss such problems –about additives to food, about the use of pesticides and fertilizers in agriculture, about the use of animals in medical research, about environmental dangers, about the priorities and risks in all sorts of technical developments– we tend to have opinions before we know the facts. Indeed, we often decide in advance what course of action is desirable and then choose the facts that appear to support that decision. In such controversies involving complex issues, the scientist who attempts to make a point by rational objective argument will often be at a disadvantage compared with the dedicated and passionate advocate of some particular point of view. In any issue involving a complicated network of facts and interpretations, the scientist will know, or at least ought to know, that his evaluation of the evidence might be wrong, whereas the passionate advocate of some particular point of view will be

convinced that he is right. In these circumstances, what chance can the scientist have in public debate with such an opponent? If he admits he is uncertain in his conclusions, he is doomed to lose the argument. Apart from his doubts and hesitations, he is all too aware that scientific issues are seldom decided by majority votes in public debate, and when they are, the results can be discouraging.

A recent example illustrates this. Some 25 years ago the American biochemist Bruce Ames invented a test for carcinogenicity by which hundreds of synthetic chemicals were identified as having carcinogenic activity. Some of these substances were pesticides and food additives, and, naturally, their use as such was soon banned by U.S. Government Agencies. Later, in the early 80's, Ames found that our natural food contains substances that are thousands of times more carcinogenic than the synthetic additives. According to the new evidence, the additional risk from pesticide residues in drinking water and food additives is negligible compared with the level of carcinogens we ingest in our normal food. In contradiction to his earlier view, Ames concluded that it had been a mistake to ban the pesticides and food additives which, after all, do prevent potential food supplies from being spoiled –and for this change he came under violent attack from the very people who had supported his earlier statements.

In the earlier years of our century the Irish poet and dramatist William Butler Yeats wrote that: "The best lack all conviction, while the worst are full of passionate intensity". With the diminished authority of organized religion (including communism!) in technologically advanced societies, some sort of rationally based, humanistic ethics will be needed to provide that conviction whose absence in men of good will Yeats deplored. In the opening pages of this recent book *Is Science Necessary* Max Perutz argues that during its brief history science has had a hu-

manizing influence on society. Whereas religion persuaded the common man to endure his harsh lot, science (or rather the application of scientific principles in technology) has improved his condition and is capable of improving it much further still. In advanced countries poverty in its extreme forms has been practically eliminated, and there are good grounds for thinking that the elimination of poverty is the first step on the way to a humanistic ethics based not so much on altruism as on intelligent self-interest; the better off my neighbours are, the better it is for me. That in my modest conviction, which I continue to hold in spite of occasional disappointments.

Yet there are dangers in our advanced societies; one of them is boredom, one is insufficient attention to education. On the shelves of bookshops you will generally find far more books on astrology than on astronomy although the latter is incomparably more interesting. Another danger is the disappearance of a sense of history: call it loss of memory. Czeslaw Milosz, winner of the Literature Nobel prize in 1980, complained about the number of books in

various languages which deny that the Holocaust ever took place: "If such insanity is possible, is a complete loss of memory as a permanent state of mind improbable? And would it not present a danger more grave than genetic engineering or poisoning of the natural environment?"

I have tried to mention some of the problems that science faces in its relation to society, and I have raised many more questions that I have answered. According to an old Jewish saying, "A fool can ask more questions in five minutes than a hundred wise men can answer in a hundred years". In any case, we cannot bring the course of science to an end. Once set in motion, its course is irreversible. Panacea or Pandora's box? It is both at once, because the successful solution of any social or economic problem will inevitably produce a host of new problems. It seems appropriate to conclude with the closing words of Berthold Brecht's *Leben des Galilei*: "Wir wissen bei weitem nicht genug, Guiseppe. Wir stehen wirklich ganz am Beginn."

LA INVESTIGACION CIENTIFICA ¿PANACEA O CAJA DE PANDORA?

*Profesor Jack David Dunitz, Doctor en química por la Universidad de Glasgow
Cristalógrafo y Profesor del Laboratorio de química orgánica del Politécnico de Zurich.*

Cuando era joven, la idea de hacer carrera en la investigación científica o médica se me aparecía revestida de un halo romántico, la búsqueda de lo desconocido, el empeño en averiguar aquello de lo que nadie había oído hablar nunca; desvelar la regularidad de la Naturaleza allí donde había permanecido oculta y conseguir así, tal vez, aproximarse más al secreto del Universo. Se percibía la investigación científica en cierto modo como la continuación y ampliación de las exploraciones que habían inflamado la imaginación de la Humanidad en los tres o cuatro siglos anteriores. La Tierra, o al menos su superficie, estaba ya bastante explorada; las regiones que aparecían en blanco en el mapa, y que para anteriores generaciones habían semejado tan vastas e inagotables, se reducían más y más. Sólo la Antártida quedaba aún sin explorar, pero se sabía que estaba cubierta de hielos y que era demasiado fría para ofrecer comodidad. No se habían alcanzado todavía las cumbres de algunas de las montañas más elevadas, pero, después de todo, la vista desde lo alto de una de ellas no era muy diferente de la que podía abarcarse desde otra. Aún no se tomaban en serio los viajes espaciales como posibilidad real. La investigación en la química, la física, la astronomía y la medicina parecía poseer todo el encanto y la emoción de la exploración de regiones desconocidas, pero podía llevarse a cabo sin padecer exceso de privaciones o incomodidades, e incluso con su pizca de peligro como acicate, al menos por lo que respecta a la química. Y, sobre todo, la investigación científica parecía encerrar la promesa de ofrecer una ex-

periencia exaltante desde el punto de vista moral y espiritual. No consigo recordar que entonces se produjera mucho debate sobre los beneficios y peligros de sus consecuencias prácticas; tácitamente se suponía que era algo bueno. Pero recuerden que nos hallábamos aún en el período de la inocencia; era antes de que se inventase la bomba atómica, antes de que el ideal científico se viera contaminado por la responsabilidad en la que se había incurrido con la aparición de ese fenómeno aterrador, así como en otros logros igualmente alarmantes.

Hoy día la situación ha cambiado por completo. La sensibilidad moderna se opone a la investigación científica y se muestra a menudo completamente antagónica. Y no hay rama de la ciencia que haya quedado tan en entredicho como la química, a cuyo avance he intentado contribuir un poco toda mi vida. Los beneficios que procura esta rama parecen darse por descontados: los productos de las industrias farmacéutica y agroquímica, el grado de poder sobre el dolor y la enfermedad, el hambre y el exceso de población, imposible de prever en el pasado, por no hablar de las comodidades y disfrute derivados de los nuevos textiles y de otros materiales; la enumeración podría continuar indefinidamente. Por otra parte, muchos de los problemas a los que se enfrenta un mundo en rápida evolución se achacan a la química: la contaminación, la lluvia ácida, el ensuciamiento de la atmósfera, los vertidos de petróleo –también en este caso– podría proseguirse la enumeración de forma indefinida.

Si bien es preciso reconocer la gravedad de estos problemas, no creo que haya de atribuirse su origen a la química. Sus causas hay que buscarlas en factores industriales, económicos, sociales y políticos complejos. La química, en sí, como empresa humana, nunca ha sido mejor caracterizada que en las palabras pronunciadas por Cyril N. Hinshelwood en el discurso del Centenario dirigido en 1947 a la Chemical Society of London:

“La química no sólo permite adquirir disciplina mental, sino que ofrece aventura y una vivencia ascética. Sus seguidores persiguen conocer las causas a las que se deben las transformaciones que experimenta nuestro mundo, desentrañar la esencia del color de la rosa, de la fragancia de la lila, de la firmeza del roble, y penetrar las sendas escondidas por las que la luz solar y el aire llegan a crear esas maravillas.

Y a este conocimiento se atribuye un valor absoluto, el de la verdad y la belleza. La visión de la Naturaleza entrega el secreto del poder y de la riqueza y, por este motivo, muchos se dedicarán a su búsqueda. Pero sólo se revelará a aquellos que la buscan por lo que es en sí misma”.

Hinshelwood, además de ser un gran físico químico (en 1956 compartió el Premio Nobel de Química con el químico ruso N. Semenov), era poeta. En violento contraste con este punto de vista está la reacción de los niños de cuatro escuelas secundarias de Basilea a quienes hace unos diez años se les pidió que expusieran en un dibujo su punto de vista sobre el tema “química”. Los resultados los describen Heilbronner y Wyss en el número de junio de 1983 de la revista *Chemie in unserer Zeit*. Con una gran habilidad artística, la inmensa mayoría de los muchachos dejó patente que la química se percibía sobre todo como una amenaza para ellos mismos y su medio ambiente; y ello en una ciudad en la que una proporción importante de los

habitantes se gana la vida y vive prósperamente gracias directa o indirectamente a la química. Esta reacción, desconfiada y negativa, puede verse confirmada a diario en innumerables reportajes periodísticos, así como en emisiones de radio y televisión. La química hoy día tiene casi unánimemente mala prensa. Y si la química ocupase el último lugar en una encuesta de popularidad, la física, especialmente la física nuclear, la seguiría muy de cerca. A pesar de los beneficios evidentes que han llevado la comodidad y el bienestar a millones de personas, se han convertido en símbolos de muerte y destrucción.

Aunque no quiero subestimar peligros muy reales, creo que esta visión es demasiado parcial. Existen motivos de ansiedad, e incluso de pesimismo, pero no obedecen tanto a la química o a la física o a cualquier otra rama de la ciencia, como a las circunstancias pasadas y a las limitaciones intelectuales y emocionales actuales de la especie humana ¡La evolución nos ha fallado! La historia de nuestra especie no nos ha equipado para lidiar convenientemente con los problemas técnicos del mundo moderno. Durante todo el tiempo del desarrollo humano, salvo en la última y minúscula fracción, las condiciones externas de la existencia apenas si variaban en el transcurso de una vida humana. Las personas llegaban a la madurez y a la muerte más o menos en el mismo mundo en el que habían nacido. Aparte de los ciclos de los días y las estaciones, nada cambiaba entre esos dos sucesos —es decir, nada notable— a veces las cosas eran un poco mejor y a veces un poco peor; pero la velocidad real de cambio era tan pequeña que apenas si se percibía en el transcurso de una vida. Mientras perduró este estado de cosas, las generaciones aprendían a hacer frente a los problemas copiando los usos y costumbres de sus predecesores; la tradición era la guía más segura. Los jóvenes aprendían de sus mayores y después pasaban sus conocimientos a la siguiente generación. A veces ocurrían desastres: terremotos, erupciones volcánicas,

inundaciones, sequías, guerras, hambrunas, pestes... Muchas sociedades han debido de quedar completamente aniquiladas. Nosotros somos los descendientes de las que sobrevivieron. Sólo en los últimos siglos se hizo verdaderamente patente que el mundo se halla en un estado de cambio rápido —al principio lento, luego cada vez más acelerado y, en la actualidad, a una velocidad que nos deja sin aliento—. Sólo en este siglo hemos contado con el automóvil, el avión, la radio y la televisión, los antibióticos, y la consiguiente eliminación de muchas enfermedades anteriormente mortales, la píldora anticonceptiva, los viajes espaciales, el ordenador, la estructura del ADN y el código genético, la tecnología genética, la relatividad, la teoría cuántica, la física nuclear, la bomba atómica, la energía nuclear y otros muchos logros. Para bien o para mal, cada uno de estos fenómenos, que eran todos desconocidos, e incluso inimaginables, cuando mis padres eran jóvenes, y en su mayoría desconocidos e imprevisibles en mi infancia, ha alterado nuestro mundo.

Este cambio es uno de los resultados de la revolución científica, que surgió como producto de la civilización occidental, iniciándose en el siglo XVI. Podemos tomar como fecha el año 1543, cuando se publicó la obra de Nicolás Copérnico *De revolutionibus orbium coelestium* (el autor murió ese mismo año). De hecho, el empleo del vocablo *revolución* para señalar un vuelco del orden establecido refleja el carácter revolucionario de las ideas de Copérnico en su tiempo.

Resulta interesante observar que la ciencia moderna se inició en Europa y continuó desarrollándose y floreciendo hasta hace poco casi totalmente como producto de la civilización occidental. Esto, sin duda, pueden explicarlo los historiadores y sociólogos. Un factor influyente ha debido de ser el ensanchamiento de la esfera europea que siguió a los viajes de descubrimiento que se realizaron hacia el comienzo del

siglo XV. Tal vez no sea coincidencia que el desplazamiento de la Tierra del centro del Universo que llevó aparejado la obra de Copérnico se produjera al mismo tiempo que se abrió paso el convencimiento de que Europa no era el centro de la Tierra. Hacía sólo veinte años que los supervivientes de la expedición de Fernando de Magallanes habían hallado el camino de regreso a casa después de dar la vuelta al mundo rodeando la Patagonia y cruzando la gran extensión del océano Pacífico, aún sin cartografiar. A medida que los europeos se aventuraban cada vez más lejos de sus costas, necesitaban mejores mapas, mejores instrumentos de navegación, mejores cronómetros —y mejores armas—, ya que no se trataba de una empresa común europea, sino que se llevaba a cabo en una situación casi continua de guerra entre los nacientes estados-nación del continente.

Pero eso no puede ser todo. El desarrollo de la ciencia se vio precedido del Renacimiento, cuando los artistas europeos empezaron a determinar, formular y responder preguntas importantes sobre la forma en que observamos el mundo. En su libro *The Twin Dimensions*, Géza Szamosi afirma que el desarrollo de la ciencia en Europa estuvo relacionado con otros dos descubrimientos europeos sobre la forma en que percibimos y experimentamos lo que nos rodea. Uno fue la aparición de la perspectiva en la pintura, relacionada con la idea de espacio, que llevó a un renovado interés por la geometría y por la óptica geométrica; y el otro fue la música polifónica, que exigió la notación sistemática para representar el tiempo, lo que llevó en última instancia al concepto del tiempo como variable continua. De esta forma, dice Szamosi, un importante estímulo al primer desarrollo de la ciencia en Europa provino de las artes.

Con la llegada de estos cambios, la gente empezó a comparar su suerte con la de otras gentes en otros lugares y en otros tiempos. En

nuestra civilización, las visiones del futuro han oscilado entre períodos de catástrofe inminente —*dies irae*— y de utopías gloriosas. Las utopías aparecieron de hecho sobre la misma época en que Europa comenzaba a ir más allá de sus confines y en que se asistía al nacimiento de la ciencia occidental. Por lo que yo sé, la palabra utopía, en el sentido de un mundo imaginario más perfecto, hizo su aparición en el libro de Thomas Moro que con el mismo título se publicó en 1516. Gran humanista y amigo de Erasmo, Moro asesoraba a Enrique VIII en cuestiones de Estado. Su retrato pintado por Holbein nos revela una personalidad profunda y de gran inteligencia. Por desgracia, su visión de un mundo ideal no se vio sustentada por la cruda realidad de su tiempo; fue decapitado en 1535 por orden de quien fuera su amigo, el rey Enrique VIII. No obstante, en conjunto, y a pesar de los contratiempos, el optimismo continuó dominando.

La imagen optimista del futuro, el punto de vista de que el progreso científico y técnico habían de conducir inevitablemente a un mundo mejor, llegó a su apogeo en el siglo XIX. Sobre vino un abrupto final en la primera mitad de este siglo, en parte, sin duda, debido a los terribles acontecimientos de las dos guerras mundiales y, en parte, a mi parecer, como consecuencia de un hecho literario, de un libro: *Brave New World (Un mundo feliz)*, publicado en 1931. Los libros, naturalmente, son producto de la sociedad, pero también poseen la propiedad de influir en ella y, a veces, incluso de modificarla. Al combinar los nacientes conocimientos científicos y la percepción psicológica con las esperanzas sociales de ese período, Huxley creó un mundo en el que se habían resuelto todos los problemas: no había guerras, ni pobreza, ni hambre, ni enfermedad, ni miseria ¡Pero a qué precio! El mundo imaginario de Huxley era inhumano, un mundo por el que nadie con un mínimo de sentido común querría luchar. Después de *Brave New World* ningún autor se ha

atrevido a crear una visión optimista del futuro. La época de los futurólogos optimistas ha pasado. Hoy día tendemos a pensar en el futuro con desconfianza y pesimismo.

Y no sin motivos. Parece que por doquier nos hallamos frente a problemas sin resolver y, tal vez, sin solución, algunos de los cuales entrañan graves y evidentes peligros; la posibilidad de la destrucción de la humanidad por las decenas de miles de bombas atómicas almacenadas en los arsenales de varias naciones, que puedan hacerse estallar en alguna guerra futura; la impurificación de la atmósfera y de las aguas dulces por los contaminantes industriales; los cambios climáticos; la expansión gradual de los desiertos; el derretimiento de los casquetes polares; la desaparición de las selvas tropicales —una lista que podría prolongarse indefinidamente—. Quizá sea necesario recordar que la mayor parte de estos problemas obedecen a una sola causa: el repentino triunfo de nuestra propia especie, —el enorme aumento que ha experimentado nuestro número más o menos en el último siglo— y nuestras mayores demandas de comodidad, salud, bienestar y felicidad. En los países industrialmente avanzados y más desarrollados estas demandas se estimulan en cierta medida por una publicidad irresponsable que sirve los intereses de un crecimiento sin control; en las sociedades más pobres y menos desarrolladas, por la difusión del conocimiento —la conciencia— de que la pobreza no es un atributo inevitable de la existencia humana.

Algunos, sin embargo, miran con nostalgia hacia un pasado dorado. Pero quienes eso hacen tienen flaca memoria, o bien desconocen cómo eran de verdad los viejos tiempos, o son incapaces de imaginarlos. En aquellos felices días, la vida de la mayoría era “peligrosa, brutal y mezquina”, tal como la describió hace unos tres siglos y medio el filósofo inglés Thomas Hobbes. Hasta hace muy poco, unos doscientos años, el relativo bienestar de unos pocos privi-

legiados se fundaba básicamente en la esclavitud de la mayoría. La pobreza y la ignorancia eran universales. El nivel de la salud pública en la Europa de entonces era más bajo de lo que lo es hoy en los países menos desarrollados del tercero y del cuarto mundo. Aparte de las grandes epidemias que diezaban a las poblaciones cada pocos decenios, la mortalidad infantil era muy elevada: hacia comienzos del siglo XVII sólo uno de cada dos nacidos vivía más allá del primer año. Y los que sobrevivían tenían grandes posibilidades de perder a uno de sus progenitores, normalmente la madre, antes de llegar a la edad adulta. Ello explica la abundancia de madrastras, a las que en la tradición popular de entonces se retrataba como malvadas. Y el panorama no era mejor si pasamos a la ética y la moral. Uno sólo tiene que mirar el álbum de grabados *Los desastres de la guerra* de Goya para ver que todos los horrores de nuestra época, caracterizados por la "inhumanidad del hombre para con el hombre", ya estaban documentados por aquel gran artista español en la época de las guerras napoleónicas en los primeros años del último siglo.

No, no es ni posible ni deseable volver hacia atrás. Nuestra única posibilidad de supervivencia consiste en aprender de alguna forma a entendernos con un desarrollo técnico permanente, si bien no existe una manera fácil de lograrlo. La alternativa al retroceso técnico es el progreso ético e intelectual, pero nadie tiene ideas muy claras sobre cómo podría lograrse esa mejora. Mi propio sentir es que sólo puede alcanzarse con mejor educación, si bien debo confesar que yo mismo no tengo una idea muy clara de los atributos que deben estimularse y de los que deben erradicarse —no sólo los de índole tan maligna como la crueldad, sino también otros menores como la negligencia o la desidia—. No se tiene más que dar un paseo por los Alpes para sentirse desesperado por la forma en que las personas señalan su paso por las montañas dejando un rastro de envoltorios de chocolate,

botellas de cerveza y otros artículos, tanto de orden mencionable como inmencionable.

Aquí llegamos a la cuestión de la responsabilidad del científico, un tema que se ha debatido mucho últimamente. Para que el científico pueda asumir esa responsabilidad, necesitaremos primero estar en condiciones de predecir, más o menos, las consecuencias a largo plazo de cada novedad científica. Es probable que cada caso nos coloque frente un problema muy difícil. Nos gustaría saber si determinado adelanto técnico es beneficioso o no. Es bastante fácil calibrar las repercusiones a corto plazo, pero ¿y a largo? De la misma forma que se ve rebasada nuestra capacidad de imaginación cuando nos enfrentamos a dimensiones galácticas o atómicas, nos es también imposible prever el efecto a largo plazo de una novedad técnica a escala planetaria.

Piénsese en el desastre ecológico del Asia central como resultado de la rápida desaparición del mar de Aral. La desviación de las aguas de los ríos que desembocan en este mar interior no se debe a causas naturales, sino a la acción de una autoridad planificadora central; el problema es que quienes lo planearon no alcanzaron a ver las consecuencias que tendrían esos planes a la larga, planes que se hicieron, sin duda alguna, con las mejores intenciones de llevar la prosperidad a aquella región. Por otra parte, tampoco todos los planes de irrigación a escala grandiosa han de terminar en desastre. Con otros se ha logrado transformar regiones áridas del mundo en zonas agrícolas productivas que nutren a millones de personas. Puede resultar difícil prever a largo plazo las consecuencias de cada caso en que se ve afectado el paisaje natural; es cuestión de lo que hoy día se denomina análisis del riesgo en relación con el costo y los beneficios, que no permite más aciertos en sus predicciones que los otros métodos socioeconómicos. En los países democráticos, además, hay que tener en cuenta la opinión pública. Ima-

gñese el clamor que se produciría hoy día si los holandeses se propusieran hacer ahora lo que hicieron hace varios siglos: ¡ganar grandes extensiones de tierra al mar y a los deltas fluviales circundantes! Se vería como una grave amenaza para la vida marina, de las aves y de las plantas, así como para la cadena alimentaria que conforman. Holanda no supone problema: su pueblo vive bien y es raro que se produzcan desastres naturales (aunque no debe olvidarse el mes de febrero de 1953, cuando un mar embravecido rompió diques, causando la inundación de grandes extensiones y la muerte de varios miles de personas). Mas ¿qué decir de Bangladesh, donde casi cada año se inundan enormes superficies? Existen con toda claridad regiones del planeta con respecto a las cuales debe pensarse seriamente en “mejorar” la topografía natural en aras de la irrigación, la producción hidroeléctrica, el control de las inundaciones, las comunicaciones, etc.; no hacer nada en ese sentido equivaldría a condenar a poblaciones enteras a la pobreza y al hambre permanentes.

Pero incluso si pudiéramos prever los efectos de nuestras acciones a largo plazo con cierto grado de fiabilidad, cabe imaginar todo tipo de complicaciones que pudieran dar lugar en muchos casos a situaciones muy ambiguas. Y aquí es donde yo discrepo de muchos de mis bienintencionados colegas, que suponen que en la mayoría de los casos los principios éticos y los análisis rigurosos, combinados convenientemente, nos permitirán adoptar decisiones que se averigüen acertadas; entonces nos sentiríamos satisfechos de la forma en que hubiéramos asumido nuestra responsabilidad como científicos y ciudadanos del mundo. A mi parecer, todo esto son castillos en el aire.

Contamos con ejemplos en nuestra historia reciente de aplicaciones de los principios éticos a determinados acontecimientos (incluso si hubiéramos podido predecir el futuro) que nos hubieran llevado, por lo menos, al dilema. No

hubiera habido unanimidad sobre cómo proceder. El problema es que la evolución no nos ha capacitado para resolver esos problemas con decisiones cuyo resultado afectará al planeta durante muchos años. Se nos da bien saber lo que puede suceder en la familia, en la ciudad, en la aldea, el pensar a escala relativamente pequeña, pero con respecto a las repercusiones a escala mundial, la evolución en verdad no nos ha dotado de la capacidad de adoptar decisiones acertadas.

Tomemos un ejemplo que ciertamente resultará familiar a químicos y biólogos: el del compuesto 2-2 bis (paraclorofenil), 1-1-1, tricloretano, vulgarmente conocido como DDT. Después de la Primera Guerra Mundial, un número de personas sin determinar, pero que puede estimarse ciertamente en varios millones, murió de tifus. Después de la Segunda Guerra Mundial no se produjo ninguna epidemia de tifus y el motivo principal fue que, al concluir las hostilidades, las tropas aliadas llegaron a Europa con toneladas de DDT que vertieron o rociaron simplemente sobre las cabezas y vestimenta de los niños y supervivientes de las ciudades y campos devastados por donde pasaron. Tengo entendido que se utilizó polvo con un contenido aproximado de un 10% de compuesto activo. Como resultado de ello, hay probablemente varios millones de personas en el grupo de edad de cincuenta años para arriba que le deben la vida a este tratamiento con DDT a gran escala administrado en 1945-46.

En 1948 se concedió el Premio Nobel de Medicina al químico suizo Paul Müller por el descubrimiento del DDT. Treinta años más tarde el DDT es una palabra maldita. En ese intervalo se había descubierto que se trataba de una sustancia tóxica. De hecho, no es muy tóxica para los seres humanos —lo es menos que la aspirina—: se necesita alrededor de medio gramo por kilo de peso para matar a cualquiera y, que yo sepa, no se ha producido ningún caso de muerte debida

al DDT entre los millones de personas tratadas con el compuesto para prevenir la epidemia de tifus. El problema no estriba tanto en su toxicidad para las personas como en el hecho de que se degrada muy lentamente y por ello se acumula en la biosfera, una consecuencia que nadie pudo prever. Ahora, pues, pueden volver a multiplicarse piojos y mosquitos, ya que el DDT está prohibido en la mayoría de los países. Las estadísticas de algunos países sobre la malaria parecen reflejar este hecho.

Pero incluso si en 1945 hubieran podido preverse los efectos del DDT, ¿habrían impedido su uso sobre el terreno las autoridades, permitiendo la propagación del tifus? ¿No habrían pensado —digamos mejor—, no habríamos quizás pensado: “Ya surgirá algo, otro descubrimiento”? Aunque hubiéramos conocido sus efectos dañinos a la larga, nos habiésemos sentido más inclinados a conceder mayor importancia a los beneficios vitales más inmediatos, que eran cuestión de vida o muerte para muchas personas.

Lo mismo que sucede con todas las demás creaciones del espíritu humano, los efectos de la ciencia y de la tecnología son imprevisibles. Toda esperanza para el futuro encierra en sí una amenaza. Tenemos que mirar de frente a la existencia de esas incertidumbres y tratar de lidiar con ellas. Y para ello, creo, será necesaria una sólida formación científica —no meramente un conocimiento superficial de una rama determinada—, sino una confrontación a un nivel de investigación más profundo, cuanto más profundo mejor. La cuestión es que la confrontación con la investigación científica nos puede revelar lo complejo y ambiguo del mundo y es posible por ello que a menudo se socaven nuestras ideas preconcebidas, incluso nuestras convicciones. La práctica de la ciencia deja muchas posibilidades al error y por ello imbuje a sus seguidores de cierta humildad —y de respeto— a la veracidad y la honradez. De hecho, todo el

progreso científico descansa sobre la premisa de que todos los que en él participan dicen la verdad, o al menos tratan de decirla.

En nuestro mundo moderno, no debe darse por descontado el deber de veracidad. Y no siempre es fácil caer en la cuenta de los propios errores. Esto lo expresó en un lenguaje bellísimo sir John Cornforth en el discurso con el que expresó su reconocimiento a la Real Academia Sueca por la concesión del Premio Nobel de Química en 1975 a él y a Vlado Prelog: “En un mundo en el que tan fácil es descuidar, negar, pervertir y ocultar la verdad, puede que el científico encuentre dura la disciplina que se le impone. Para él la verdad es muy rara vez la luz repentina que ilumina un nuevo orden y una nueva belleza; más a menudo es el peñasco que no aparece en los mapas y contra el que se estrella su navío en la oscuridad”.

Mientras los científicos se dediquen a debatir con otros científicos problemas meramente científicos, ambos lados competirán en más o menos las mismas condiciones. El debate rara vez versará sobre palabras, los hechos experimentales serán normalmente reconocidos por ambos lados como árbitros que decidirán quién está en lo cierto y quién en el error. No obstante, en debates sobre cuestiones más amplias que entrañen aspectos científicos de problemas sociales y políticos, los sentimientos harán surgir probablemente reacciones más vehementes y emocionales. Cuando debatimos ese tipo de problemas —los aditivos alimentarios, el uso de plaguicidas y fertilizantes en la agricultura, el empleo de animales en la investigación médica, los peligros para el medio ambiente, las prioridades y riesgos de todo tipo de novedades técnicas— tendemos a opinar ya antes de conocer los hechos. En realidad, a menudo decidimos por adelantado la forma de actuar más deseable y después elegimos aquellos hechos que parecen apoyar esa decisión. En estas controversias que se refieren a cuestiones complejas, el cien-

tífico que intenta señalar algún extremo con argumentos objetivos y racionales se verá en desventaja ante el defensor dedicado y apasionado de un determinado punto de vista. En cualquier tema en el que intervengan una serie de hechos e interpretaciones complicados, el científico sabrá, o debe saber por lo menos, que su estimación de las pruebas puede ser errónea, mientras que el apasionado defensor de un punto de vista particular estará convencido de que está en lo cierto. En estas circunstancias ¿qué posibilidades tiene el científico en un debate público ante un oponente de esas características? Si admite no tener absoluta seguridad en sus conclusiones, estará condenado a verse rebatido en la discusión. Aparte de sus dudas y vacilaciones, tiene demasiada conciencia de que las cuestiones científicas rara vez se deciden por voto mayoritario en debate público y que, cuando eso sucede, los resultados pueden ser desalentadores.

Recurramos a un ejemplo reciente para ilustrar este extremo. Hace unos veinticinco años el bioquímico estadounidense Bruce Ames inventó una prueba de la carcinogénesis, gracias a la cual se pudo determinar que cientos de productos químicos sintéticos tenían actividad carcinógena. Algunas de estas sustancias eran plaguicidas y aditivos alimentarios y, naturalmente, su uso para esos fines pronto fue prohibido por las instituciones del Gobierno de los Estados Unidos. Más adelante, a principios de los ochenta, Ames descubrió que los alimentos naturales contienen sustancias que son miles de veces más carcinógenas que los aditivos sintéticos. Según las nuevas pruebas, el riesgo adicional que suponen los residuos de plaguicidas en el agua potable y en los alimentos son insignificantes en comparación con el nivel de carcinógenos que ingerimos en la dieta habitual. Contradiciendo su punto de vista anterior, Ames llegó a la conclusión de que había sido un error prohibir los plaguicidas y aditivos alimentarios que, después de todo, evitaban que

se estropearan las existencias de alimentos —y por este cambio de punto de vista— se vio expuesto al ataque virulento de los mismos que habían apoyado sus anteriores afirmaciones.

En los primeros años de este siglo el poeta y dramaturgo irlandés William Butler Yeats escribió: “Los mejores no tienen convicciones, mientras que los peores rebosan una intensidad apasionada”. Con la pérdida de autoridad de la religión organizada (¡comprendido el comunismo!) en las sociedades tecnológicamente avanzadas, se hará necesario algún tipo de ética humanista, basada en la razón, para aportar aquellas convicciones cuya ausencia deploraba Yeats en las personas de buena voluntad. En las páginas iniciales de su reciente libro *¿Es necesaria la ciencia?* Max Perutz afirma que, en su breve historia, la ciencia ha ejercido una influencia humanizadora sobre la sociedad. Mientras que la religión inducía al hombre a aceptar su duro destino, la ciencia (o más bien la aplicación de los principios científicos a la tecnología) ha mejorado su condición, y tiene capacidad para mejorarla aún más. En los países adelantados, la pobreza, en su forma extrema, ha sido prácticamente eliminada y hay buenos motivos para creer que la eliminación de la pobreza es el primer paso hacia la ética humanista basada no tanto en el altruismo como en el propio interés bien entendido; cuanto mejor esté mi prójimo, mejor para mí. Esa es mi modesta convicción, que continúo manteniendo a pesar de alguna que otra decepción.

No obstante, no dejan de existir peligros en nuestras sociedades avanzadas; uno de ellos es el aburrimiento, y uno de ellos también es la atención insuficiente que se presta a la educación. En los estantes de las librerías se verán generalmente muchos más libros sobre astrología que sobre astronomía, aunque esta última sea incomparablemente más interesante. Otro peligro es la desaparición de cierto sentido de la historia: dígame mejor pérdida de la memoria.

Czeslaw Milosz, ganador del Premio Nobel de Literatura de 1980, se quejaba del número de libros escritos en varias lenguas en los que se negaba que se hubiera producido el Holocausto: "Si es posible una demencia así, ¿es acaso improbable que la pérdida completa de la memoria sea una condición mental permanente? ¿Y no supondría eso un peligro más grave que la ingeniería genética o el envenenamiento del medio natural?"

He intentado mencionar algunos de los problemas a los que se enfrenta la ciencia en relación con la sociedad y he formulado más pregun-

tas que las que he respondido. Según un antiguo proverbio judío, "un necio puede hacer más preguntas en cinco minutos que las que pueden responder cien sabios en un siglo". En cualquier caso, no podemos detener el curso de la ciencia. Una vez puesta en movimiento, no hay marcha atrás ¿Panacea o caja de Pandora? Ambas a la vez, porque la solución de cualquier problema social o económico dará inevitablemente origen a innumerables problemas nuevos. Parece apropiado terminar con las palabras finales de *Leben des Galilei* de Berthold Brecht: "Wir wissen bei weitem nicht genug, Guiseppe. Wir stehen wirklich ganz am Beginn."



FUNDACION BBV

SEDE Y CENTROS OPERATIVOS DE LA FUNDACION

Alcalá, 16 - planta quinta
28014 Madrid

374 89 39

Teléfs. (91): 374 89 59

374 89 38

Fax (91): 374 89 30

SEDE

**Plaza de San Nicolás, 4
48005 Bilbao**

Gran Vía, 12 - planta segunda

48001 Bilbao

487 52 52

Teléfs. (94): 487 44 79

487 44 73

Fax (94): 423 44 18