

PONTIFICIA
ACCADEMIA
DELLE SCIENZE

EXTRA SERIES

35

GLOBAL CLIMATE CHANGE AND BIODIVERSITY

CAMBIAMENTI CLIMATICI MONDIALI E BIODIVERSITÀ

PETER H. RAVEN

*Missouri Botanical Garden,
St. Louis, Missouri, U.S.A.*

Mercoledì 3 novembre 2010
Casina Pio IV, Città del Vaticano



VATICAN CITY
2010

PONTIFICIA ACADEMIA SCIENTIARVM

EXTRA SERIES 35

GLOBAL CLIMATE CHANGE AND BIODIVERSITY

CAMBIAMENTI CLIMATICI MONDIALI E BIODIVERSITÀ

PETER H. RAVEN

Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, U.S.A.

Mercoledì 3 novembre 2010
Casina Pio IV, Città del Vaticano



VATICAN CITY
2010

DISCORSO D'APERTURA

LETIZIA MORATTI

*Commissario Straordinario
delegato del Governo per l'Expo 2015*

Sono felice e onorata di trovarmi in questo luogo meraviglioso e di presentare a tutti voi i contenuti, gli obiettivi e le peculiarità di Expo Milano 2015. Il prestigio e la storia della Pontificia Accademia delle Scienze fanno risaltare l'importanza e la novità del tema che Milano ha scelto per l'Esposizione Universale: "Nutrire il Pianeta. Energia per la Vita". Da secoli la Pontificia Accademia promuove il progresso della matematica, della fisica e delle scienze naturali. È erede dell'Accademia dei Lincei, fondata nel 1603. Con questo nome si voleva indicare che gli scienziati dovevano avere occhi acuti come quelli della lince per riuscire ad afferrare i segreti della natura. Non a caso, figura preminente della prima Accademia fu Galileo Galilei. La valenza delle attività della Pontificia Accademia, l'internazionalità dei suoi aderenti e la sua grande tradizione ne fanno un palcoscenico ideale per presentare il messaggio di Expo: vincere le sfide della fame e delle malattie, promuovere lo sviluppo sostenibile, dare un futuro di pace e di benessere a tutti gli uomini e le donne del Pianeta.

Il Santo Padre ci ha più volte parlato della necessità di ridisegnare l'economia mondiale nel senso dello sviluppo della piena dignità di ogni persona. Nel Messaggio per la Giornata mondiale della Pace del 2009 Benedetto XVI affermava: "La globalizzazione rivela un bisogno: quello di essere orientata verso un obiettivo di profonda solidarietà che miri al bene di ognuno e di tutti". E ancora nella sua ultima enciclica Caritas in Veritate ha affermato: "Dar da mangiare agli affamati è un imperativo etico per la Chiesa Universale".

Expo 2015 è il contributo che Milano vuole offrire al mondo in questa direzione. Non è solo un evento: è un percorso, un metodo di lavoro attraverso cui leggere e interpretare le relazioni tra i Popoli e la coope-

razione nei prossimi anni. È così che l'abbiamo voluto, è per questo che l'abbiamo ottenuto, tutti insieme. Expo 2015 è una grande opportunità per l'Italia di riaffermare la propria vocazione storica alla cooperazione, al dialogo attivo con i Paesi in via di sviluppo. Con Expo 2015, Milano e l'Italia mettono a disposizione il loro capitale di innovazione, di ricerca, di cultura e di volontariato. Expo 2015 è l'occasione per affiancare alla diplomazia tradizionale una diplomazia della conoscenza. Una diplomazia i cui ambasciatori sono tutti coloro che hanno competenze e ideali da mettere a disposizione del mondo di oggi e di domani: vogliamo dar vita ad un network di scienziati, tecnici, amministratori pubblici, imprenditori, economisti, uomini di cultura e di comunicazione, organizzazioni di volontariato. Vogliamo chiamarli a condividere le loro conoscenze ed esperienze sul tema dello sviluppo, di una alimentazione sufficiente e sana per tutti, sugli stili di vita sostenibili, sul rispetto dell'ambiente e della natura. Sono questi gli ingredienti giusti per costruire la Pace.

La diffusione di Expo Milano 2015 nel Paese e nel mondo è dimostrata dalla rete di relazioni che stiamo costruendo. Per questo Expo Milano non lascerà in eredità opere monumentali, simboli fisici come nelle città Expo, ma un Centro per lo sviluppo sostenibile, dedicato alla ricerca sui temi dell'alimentazione e della sostenibilità. Un laboratorio mondiale che sarà al centro di un network di eccellenze, in grado di sviluppare strategie condivise, per affrontare a livello globale le sfide della sostenibilità e dell'alimentazione, contribuendo a sostenere progetti per la valorizzazione del capitale umano anche e soprattutto nei Paesi emergenti. Il Centro svolgerà il ruolo di facilitatore per le Università, le scuole ed i Centri di Formazione già esistenti allo scopo di meglio focalizzare la loro offerta formativa ed i progetti di ricerca e innovazione e di conservazione della biodiversità, agevolando la cooperazione fra soggetti diversi. Expo Milano 2015 è oggi in piena attività. Stiamo attuando tutte le iniziative e i progetti promossi dal Comune di Milano in sede di candidatura. Collaboriamo con più di 90 Paesi; abbiamo coinvolto le principali organizzazioni multilaterali internazionali (IFAD, FAO, Millennium Campaign, World Food Programme, CEPAL, Economic Commission for Latin America and the Caribbean) e le più importanti banche di sviluppo quali World Bank, Banca Inter-Americana di Sviluppo e Banca di Sviluppo Caraibico, per sviluppare insieme progetti concreti nei diversi Paesi. E abbiamo avviato centinaia di progetti di sviluppo. Tra questi ne cito alcuni per la tutela della biodiversità: lo studio per il miglioramento tecnologico della disponibilità idrica nell'isola di Nauru; la valutazione e mitigazione del rischio sismico nelle isole

caraibiche orientali, la riforestazione di 100 ettari di colline disboscate in Burundi; la ricerca per l'elaborazione di un modello eco-idrologico contro la desertificazione in Sud Africa, la riduzione della povertà attraverso l'utilizzo e la gestione sostenibile della foresta in Zambia.

Tutto questo dimostra l'ampiezza e la complessità del progetto Expo 2015. E dimostra la responsabilità di realizzare nei prossimi anni un vero salto di qualità per il nostro Paese e per il Pianeta. A questo lavoro la Chiesa può contribuire in modo decisivo.

Papa Benedetto XVI nella *Caritas in Veritate* richiamava ad affrontare "il problema dell'insicurezza alimentare in una prospettiva di lungo periodo, eliminando le cause strutturali che lo provocano". Siamo in linea con questi principi. Expo 2015 nasce da un sentimento di fratellanza universale. Un tesoro irrinunciabile, una traccia sicura sulla via dello sviluppo del mondo, nel rispetto delle diversità ma anche nella consapevolezza dei grandi valori di libertà e centralità della persona che la Chiesa ha sempre promosso.

Considero l'appuntamento di oggi un momento importante nel percorso di Milano e del mondo verso l'Esposizione Universale 2015. Per questo contiamo sul sostegno e sulla guida della Chiesa e della Santa Sede per un cammino impegnativo ma entusiasmante verso un futuro di pace. Un futuro che è nelle mani e nel cuore di tutti noi.

Grazie.



GLOBAL CLIMATE CHANGE AND BIODIVERSITY

PETER H. RAVEN

Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, U.S.A.

We inhabit a vibrant, living world, one inhabited by millions of kinds of other organisms that have historically initially created the environment of this living Earth and continue to function collectively in such a way as to maintain those conditions and thus make our lives here possible. In the 4.54 billion year history of our planet, the process of photosynthesis, by which a small proportion of the Sun's energy, bombarding the Earth continuously, is transformed into the energy of chemical bonds, plays a central role. This process originated as much as 3.5 billion years ago, and began transforming the character of the atmosphere immediately. Photosynthesis forms the basis of life on Earth by forming a store of energy in living cells. In turn, that energy powers the life processes of the organisms that initially capture and transform it, and indirectly also makes possible the lives of all other organisms, which feed on them, prey on them or on one another, parasitize them, or live from the products of their decay. Thus from carbon dioxide, a minor component of our atmosphere, and water, both relatively abundant on Earth as compared with other planets, photosynthesis builds simple sugars that are then transformed by the chemistry of living cells into all of the other essential components of life. All living organisms depend on this process, directly or indirectly.

All organisms in turn live in and form the properties of ecosystems, living systems in which energy is transferred from one link to another, while essential nutrients such as iron and calcium cycle through the system. The ecosystem as a whole regulates the flow of water, holding it for a time and thus producing an even flow out. Ecosystems also deter the erosion of topsoil and provide a home for many species of organisms, the number

depending on the nature of the particular ecosystem and indirectly on the characteristics of the place where it occurs. Collectively, ecosystems maintain the proportions of oxygen and carbon dioxide in the atmosphere, these proportions having been attained over billions of years of Earth history and sustaining contemporary life at a balance to which it is adapted.

For most of the history of life on Earth, living organisms have existed only in water or buried in soil. About 450 million years ago, 90% of the way through the history of the planet, the ancestors of plants, terrestrial vertebrates, arthropods (insects and their relatives), and fungi colonized the surface of the land. Just as the dead masses of photosynthetic bacteria that existed earlier were buried and compressed, forming the petroleum and natural gas deposits that fuel contemporary human life, so masses of dead vegetation that grew on the land, buried and compressed, formed coal. In those fossil fuels is locked up an enormous quantity of carbon, carbon that is released when they are burned.

Modern life may be said to date from the time when the age of dinosaurs, the Cretaceous Period, came to a close 66 million years ago, following the collision of a huge meteorite with the Earth off the end of what is now the Yucatán Peninsula of Mexico. The force and magnitude of the collision threw up a dense cloud that, by blocking the Sun's rays, interfered with the process of photosynthesis and quickly brought about the extinction of an estimated two-thirds of all of the species of organisms that occurred on the surface of the land at that time. Many major groups also disappeared, and the characteristics of life on Earth were changed permanently as new forms of life evolved and proliferated, filling the void left by the disappearance of many of the ones that existed earlier.

The Appearance of Human Beings

Recognizable human beings, originating in Africa, first appeared about two million years ago, a very short time in the 4.54 billion year history of the Earth. For most of their history, our ancestors were hunter-gatherers, living in small groups; they gradually spread over all continents except Antarctica. Some of them set fires deliberately as a means to increase the game they hunted, and some gathered and stored the seeds of wild grasses and other plants. At the time early human beings first domesticated plants and animals, about 10,500 years (some 400 human generations), there were no more than several million people on the entire planet. Fewer people than live in the Naples metropolitan area today constituted the entire population of the globe, all continents, at the time when our ancestors first developed agriculture.

Once these people could produce supplies of stored food to see them dependably through unfavorable seasons, they began to live together in villages and ultimately in towns and cities. In these concentrated settlements, the various strands of what we now recognize as human culture – such as music, law, philosophy, farming, stone work, making items for trade – developed, the people who practiced them becoming increasingly specialized in their professions. The numbers of people on Earth increased steadily. Written language was invented about 5,000 years ago, so that we have a relatively accurate idea of the histories of some people subsequently. At the time of Christ, the global population amounted to several hundred million people, a total still smaller than that of present-day Europe. It grew about threefold by the late 18th Century, when there were some 850 million people, reaching one billion people in Napoleonic times, and two billion in 1930. Since then it has grown explosively to its present 6.8 billion people, with 2.5 billion more estimated to be added by the middle of this century. The highest proportional growth of the human population occurred in 1971, with the absolute number continuing to increase until the early 1990s, and the total is now leveling off.

To those of us born in the 1930s, however, it is striking that there are three living people for every one who was present when we were born. Of the 6.8 billion total, nearly a billion people are malnourished, their minds and bodies unable to develop properly, with some 100 million of them on the verge of starvation at any given time. The world's wealth is distributed very unevenly, with over half of us living in extreme poverty on less than €2 per day and an equal number malnourished with respect to at least one essential nutrient. For obvious reasons, nearly all of the 2.5 billion people who will be added to the world population during the next four decades will mostly be extremely poor. The population of Africa, currently slightly fewer than one billion people is projected to grow to two billion, while India at a projected 1.7 billion people will be the largest country in the world. Europe overall and Italy specifically are expected to maintain approximately their present population sizes.

Even aside from important considerations of social justice, the unequal distribution of wealth and the absolute numbers of people seriously threaten global stability and presage deeper chaos in the future; our interdependence is evident to everyone who considers the matter. Many aspects of the sustainable functioning of the natural world are breaking down in the face of the absolute numbers of human beings, multiplied by our individual and collective levels of consumption and our widespread and stubborn use of destructive technologies. In this way, we are directly

limiting our future options. We, one tenth of millions of species, are currently using directly, diverting, or wasting an estimated half of all the total products of photosynthesis and more than half of all sustainable supplies of fresh water. Overall, <http://globalfootprint.org> estimates that we currently use about 150% of the global capacity for sustainability on a continuous basis, up from 70% in 1970; the proportion of natural productivity that we use is increasing rapidly. In the face of these problems, it will be impossible for us to attain global sustainability without achieving a level population; conservative, reasonable levels of consumption; and the development and use of new technologies that do not demand so much of the environment that supports us.

Biodiversity

We do can scarcely provide sound estimates to the diversity of life on earth. By my rough estimate, however, there seem to be at least 12 million species of animals, plants, fungi, and protists. In addition, there are millions of kinds of bacteria, only a few thousand of which are known scientifically. As I pointed out earlier, we depend absolutely on these organisms for our continued existence on earth; their combined activities make our lives possible. Our soils, the water we drink, the nature and quality of the air we breathe, the beauty of our lives, and, of key importance, our prospects for the future, all depend on maintaining the rich stock of biodiversity that we have, in a sense, inherited.

All of our food comes directly or indirectly from plants. Two-thirds of the world's people use plants directly as medicine; and for the rest of us, plants supply about a quarter of our drugs, either directly or now through manufacturing the compounds they produce naturally. Approximately 5,000 kinds of antibiotics have been patented since the end of World War II, and products derived from fungi and bacteria make up another quarter of all prescription drugs. Building and clothing materials, chemicals for industrial uses, the ability to absorb the pollutants that we produce: these all depend on biodiversity, as do the ecosystem services we discussed above, and the very beauty of our lives. In view of the ways that the fifty-year-old science of molecular biology is enabling us to unlock the secrets of biology, in large measure by making key comparisons between organisms and their life processes, preserving the diversity of life becomes all the more important for us in building our future. Emulating natural processing by moving genes between unrelated species of organisms, as we have been able to do for nearly 40 years, makes possible many improvements in the characteristics of our medicines and our crops that would have been unimaginable only a

short time ago. For all of these reasons, one can conclude that biodiversity provides the key to our future sustainability and the quality of human life. As the American conservationist Aldo Leopold pointed out, "The first rule of intelligent tinkering is to save all the cogs and wheels".

Given the combined pressures of human population growth, our desire for increased levels of consumption everywhere (a billion people are poised to reach middle class levels in the near future), and our unwillingness to substitute benign technologies for the damaging ones to which we cling, it should not come as a surprise to anyone that we are driving organisms to extinction at a rate that has been unprecedented for the past 66 million years. By studying the fossils of organisms with hard parts that are preserved well, we have found that a rate of loss of about one species per million per year has been characteristic over that long period of time. Assuming that these rates of extinction are characteristic for life as a whole, this amounts to a historical rate of the loss of a dozen or so species per year. Turning now to the printed record of the past 500 years, which chronicles the fate of organisms, we can extrapolate that several hundred species per year have become extinct during this period of time. At present, for the reasons I am about to review, the rate has climbed to thousands per year.

Habitat destruction is the major cause of species loss worldwide, with 11% of the world's land surface devoted to agriculture, an additional 22% to grazing, and large areas to cities; urban sprawl; construction activities of many kinds, including highways and dams; clearing forests for pastures, oil palm or soybean cultivation, or other reasons. A second major factor in extinction is the rapid spread of invasive species, weeds, herbivores, pests, diseases, or animals around the world, accelerated by human commerce. Particularly on islands or in fragile habitats such as regions with a mediterranean, summer-dry climate, invasive species or plant or animal diseases are causing huge losses. Third, the selective gathering of particular kinds of animals (bushmeat, for example, or fisheries) or plants (often for medicine, for wood, or to consume), is driving many species to or over the brink of extinction throughout the world.

Without taking into account the effects of global climate change, we have estimated that these activities taken together could, unless checked, lead to the extinction of half or more of all species that now exist on Earth by the end of the century, which would amount an extinction event unmatched for the past 66 million years – one driven entirely by the activities of human beings.

Last week, the U.N.-affiliated Convention on Biodiversity, which every U.N. member except Andorra, the Vatican, and the U.S. have rat-

ified, held a Conference of the Parties in Nagoya, Japan. At the meeting, the World Conservation Union (IUCN) released a report concluding that for the estimated 25,720 species of terrestrial vertebrates, about one in five had fewer than 50 individuals or was likely for other reasons to become extinct during the coming decade. For plants, an imaginative exercise led by the Royal Botanic Gardens, Kew, in the U.K., assessed the conservation status of a sample of 7,000 plant species, using the accumulated data in herbaria. They tentatively regarded species that were known from only one locality less than 10 square kilometers in extent, as critically endangered. Using those standards, the study calculated that some 20% of plant species, the same proportion as of terrestrial vertebrates, was in danger of extinction. If other groups of organisms are similarly threatened, about 2.5 million species overall would be in danger of extinction during the coming decade.

These numbers are very much in agreement with earlier projections, based on rates of extinction, that more than half of the world's species of organisms other than bacteria could be gone permanently by the end of the 21st century. Making the problem of loss much worse is the fact that the great majority of species have not yet been identified and named, so that many of the species that disappear will be unknown when they go. Of the estimated minimum 12 million species of organisms (other than bacteria), we have so far, after about 300 years of coordinated work (from the time that people first attempted to enumerate all species that they knew), identified and named no more than 1.9 million. Many kinds of organisms, including mites, small insects (especially flies, wasps, and beetles), nematodes (roundworms), a number of groups of marine organisms, and fungi, are very largely unknown. We are naming the remainder at the rate of about 10,000 species per year, so that it would take about a thousand years to name them all at the present rate.

A related problem is that simply naming species doesn't really mean that we know much about them. For example, probably no more than 40,000 species of the 380,000 known species of plants can be said to be relatively well known in terms of their range and properties, including their place in the ecosystem in which they occur. Probably half of the plant species that have been named are known from one or, at best, a handful of specimens. Extrapolating from the rates of discovery in different groups, it may be estimated that probably 50,000 to 75,000 additional plant species await discovery. Most of those to be discovered, for obvious reasons, will be rare and on the edge of extinction, exacerbating the difficulties of preserving them for the future. Aside from philosophical discussion of what we should do about discovering species in

the time we have remaining, we clearly are facing a very difficult situation in preserving what we have.

Global Climate Change

Bad as things are already, the addition of global warming as a major driver of extinction makes the situation even more serious. Over the past decade, the evidence for the existence of human-induced global climate change, including warming and shifts in patterns of precipitation, has become overwhelming. To set the context for what global climate change portends for the future of biodiversity, I offer the following brief outline of the underlying facts. If the current increase in global emissions of greenhouse gases continues, carbon dioxide concentrations in the atmosphere could reach as much as four times their present level by 2100, and worldwide temperatures could increase by 1.1-6.4°C during that period of time. We cannot give exact projections because we do not know what human beings might do to limit emissions of carbon dioxide and other greenhouse gases in the future.

The consequences of a temperature change of this magnitude would be dire for many areas of direct human concern. Notably, if all the polar ice and all continental glaciers were to melt, the sea level would rise an estimated 85 m, an event that would cause many of the most densely populated parts of the globe to be covered by water. Although the timing and future intensity of many effects remains uncertain, we are already experiencing regional changes in precipitation; more intense, more frequent heat waves, with fewer cold extremes; the extent of snow and ice fields decreasing steadily and threatening water supplies in many regions such as Andean South America, China, India, and the western United States; more severe weather events than we have experienced in the past; and steady increases in sea level that are already causing undesirable effects. Sea level rose 1.5-2 cm/decade for most of the past century, and is now rising about 3 cm/decade, with the rate increasing steadily. These increases can be explained only as a result of global warming. It is predicted that sea levels may rise 1.5 m during the 21st century, although future human behavior will actually determine what happens.

Even though our numbers are still growing rapidly and our expectations for individual consumption increasing even faster, we clearly are reluctant to address the problem of switching to carbon-free sources of energy. Especially since the effects of global climate change will weigh much more heavily on the poor than the wealthy, however, we must take immediate steps to minimize future damage. This will involve tol-

erating fairly substantial economic dislocation to deal prudently with the future consequences of global warming, even though the exact timing of these consequences remains uncertain. The human population is projected to grow by 2.5 billion mostly extremely poor people from its present level of 6.9 billion to a total in 40 years of 9.4 billion by mid-century. At the same time, consumption levels and expectations are rising throughout the world, and both of these factors are driving a relentless and rapid increase in our consumption of fossil fuels, coal, petroleum, and natural gas. These in turn are causing irreparable and permanent damage by limiting human prospects for the future. Overall, www://globalfootprint.org documents estimates that we are consuming 150% of what the world can produce on an ongoing basis, up from 70% of our level in 1970. This means that the world of the future inevitably will be less healthy, more uniform, and with less potential than the one we are enjoying today. Exactly what that world will be like depends directly on what steps we are willing to take now.

Climate Science

Scientists first realized the potential of a greenhouse effect associated with certain gases in warming the Earth in the 18th and 19th centuries. The Nobel-prize winning Swedish chemist Svante August Arrhenius outlined this effect clearly in 1896, showing that the existence of an atmosphere was responsible for maintaining the Earth's temperature and that the gases we were emitting would raise that temperature. Our atmosphere functions like a greenhouse, trapping energy within it, global temperatures rising accordingly. If Earth lacked an atmosphere, temperatures at our planet's surface would remain below the freezing point of water, making it unlikely that life could exist here. Over the last few decades, models of increasing accuracy have been constructed to estimate the future consequences of our actions. We have a dependable record of surface temperatures extending back to about 1850: it shows a clear and accelerating warming trend that has resulted in an increase of about 0.8°C since that time. With the exception of the 1950s, every decade in this period has been warmer than the preceding one, and the most recent decade was the warmest we have experienced yet.

Carbon dioxide is one of 16 known greenhouse gases, but the most important and the primary one produced as a result of our activities. By analyzing the composition of bubbles of air trapped in the polar ice caps, we know that today's concentrations of carbon dioxide, which have risen from 288 to 384 ppm since the beginning of the Industrial

Revolution, to be higher than any that have existed for the past 800 thousand years, and probably for the last 2 million years or much longer. Physical evidence indicates unequivocally that most of the added carbon dioxide was derived from the combustion of fossil fuels, petroleum, natural gas, and coal. Of additional concern is the fact that it takes decades for global temperatures to equilibrate with the level of greenhouse gases in the atmosphere, and centuries for these levels to subside. Thus the sooner we take steps to mitigate the emission of greenhouse gases and to adapt to the changes associated with their increase, the less severe will be the consequences that we will face. Although we must continuously improve the underlying science and refine our models of global climate change, we already have ample evidence of acting decisively on the problem now.

The Future of Biodiversity

What are the consequences of global change for the future of biodiversity? As our knowledge has grown, we have come to realize that they are both serious and extensive. General attention was called to these effects by the most recent report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which projected that the effects of global warming were likely to put up to 30% of all species at risk – and remember, that is in addition to the prediction that half of all species may become extinct by the end of this century! The figures are not additive, of course, since rare species are most at risk, but the addition of global climate change as a factor in extinction certainly makes the situation much more threatening than it would have been otherwise. This relationship also gives us even greater reason to act decisively to halt global warming as rapidly and efficiently as possible. As glaciers and ice caps melt all over the world, growing seasons are lengthening, and the arrival of spring in temperate regions has become continuously earlier, as indicated by flowering dates, the arrival of migratory birds, and many other signs. The distributions of species in temperate regions are expanding poleward in both Northern and Southern Hemispheres. These are all biological signs of global climate change.

Droughts in Southern Africa, parts of Latin America and the western U.S., the Middle East, and North Africa are predicted by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), and these are some of the regions of the world with the most narrowly restricted species of plants and animals, so that the drought conditions present particularly serious threats to their continued survival. In areas of the

world with a mediterranean, summer-dry climate, such threats are also particularly severe, since so many of the species are restricted to small areas and often to unusual habitats. For example, of the nearly 2,400 endemic plant species in California, it has been predicted that up to two-thirds will suffer reductions in range of more than 80% by the end of the century, and many of them are likely to become extinct in nature. In South Africa, more than 40% of the species of the plant family Proteaceae are projected to disappear by the middle of the century as the climate zones and with them the distribution of ecosystems shifts drastically. In Europe, the European Environment Agency projected in 2005 that large numbers of plant species will disappear over the southern half of the continent as the climate warms and precipitation wanes.

Such predictions are validated in part by observations made on the shifting distributions of individual species and changes that are occurring in their behavior. Particularly in Europe, careful records taken over the past 250 years have revealed substantial changes in the ranges of plants, insects, and birds, with a strong correlation between summer temperatures and the northern limits of range for many butterflies, for example. During the cool period in the 1950s, mentioned above, a number of the same species retreated southward. In the temperate northern hemisphere, about half of the species evaluated exhibited changes in their phenologies or shifts in their distributions during the past several decades.

A few examples follow, with the full citations provided by Parmesan (2006). I'll begin with a few long-term records. In Japan, cherries have shown a high degree of variation in their flowering times since 1400 to the early 20th century, but a steady progression towards earlier dates of flowering from the 1950s onward. Similarly, 500 years of grape harvest dates in Europe show the earliest harvest ever during the heat-wave year of 2003, and a steady advance toward earlier dates from the mid 20th century onward. Gardens with uniform plantings, the European Phenological Gardens, have shown an increase in the length of the growing seasons across Europe for diverse plant species of 10.8 days during the past 50 years, a lengthening of the growing season of 1.1-4.9 days per decade since 1951. Around the northern hemisphere, the dates of first appearance of the majority of butterfly species examined have become earlier by 10-20 days over the past 30 years. And the list goes on to include many similar examples in other groups, and include mismatches within interdependent species, such as herbivores and their host plants and pollinators with the flowering of the plants they visit in communities over time. All of these kinds of changes are more pronounced at high latitudes and higher elevations, with nearly every

Arctic and Antarctic biological system having shown marked shifts in its characteristics and distribution over the past few decades. Vast areas of coniferous trees in Alaska and the western United States have been destroyed by the longer seasons, which have allowed bark beetles to complete three, rather than two, broods each summer.

These and other changes will directly affect biological extinction. Of special concern in this respect are high-elevation habitats all over the world. Timberlines are shifting rapidly upward in many areas. As they shift, mountains may no longer provide suitable habitats for the plants and animals that occur in their upper regions. Thus there have been direct observations of the loss of the populations of pikas on the lower mountains in the western United States. Similarly, the disappearance of populations of the Apollo butterfly (*Parnassius apollo*) on the lower, but not the higher, mountains of France documents the extinction of populations for high-mountain species. Current projections indicate the elimination of all areas above timberline in the continental U.S., and many of those in Eurasia as well. The situation is even more drastic in the Southern Hemisphere, where there are no available habitats south of the mountains in South Africa, southern Australia and Tasmania, New Zealand, and South America to which the threatened species theoretically could migrate. While some of the restricted species organisms that occur only in alpine and subalpine habitats may survive on rockslides or similar open places below timberline, a very large number of them will undoubtedly disappear over the coming decades.

In the oceans, with the one clear exception, the effects of global warming are less well understood. Increasing ocean acidification, however, by interfering with the formation of mollusk and crustacean shells, is likely to drive many species in these groups to extinction. For coral formation, the direct effects of higher temperatures have been well documented, but the acidification of the oceans adds another very serious threat. At some level of acidification, one within the range of possibilities for this century, corals will become unable to calcify. Were this to occur, the extinction of most of the hundreds of thousands of other species that occur only in association with coral reefs would be assured. Even lower levels of acidification have serious effects for these groups of animals.

Adding it all up, global climate change in itself poses an extremely serious threat to the continued existence of many species on Earth – one that clearly adds power to estimates of the extinction of more than half of all species on Earth by the end of this century. The loss of so many species would clearly constitute a blow of extraordinary proportions to human aspirations, as the genetic diversity and all of the properties of

the potentially “missing” organisms hold enormous potential for us. In addition, the less biodiversity that remains, the less effective our overall response is likely to be to changing conditions on Earth.

In the face of these relationships, no moral person could possibly condone carrying on with “business as usual” as an outcome, because the harm to the poor would be so much greater than that to the wealthy, industrialized world. In addition, the catastrophic loss of species associated with global warming and the other factors enumerated above clearly will limit human progress in the future: we should avoid it at all costs. To prevent such an outcome will require that we start to take strong and effective measures immediately – measures that we seem unwilling to undertake or to agree about yet. We clearly are causing enormous harm to future generations through our very high rising levels of consumption now, a situation that is manifestly unjust morally. The effects on the global ecosystem are apparent. The time to act is now.



BIODIVERSITY: ITS MEANING FOR US

PETER H. RAVEN

Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, U.S.A.

I am adding this supplementary note to my remarks to the Milan Expo2015 group at the Pontifical Academy of Sciences on November 3, 2010, to emphasize what I consider to be the high desirability for the Expo to take up biodiversity as a whole as a major theme. I think that factually it is too restricted to think only of “agricultural biodiversity,” however broadly defined that subset of biodiversity might be. Although it is tempting to think of the world’s 103 major crops that contribute directly or indirectly more than 90% of the calories consumed by humans, and especially of the three – rice, wheat, and maize – that together contribute about 60% of the total, as the unique, appropriate objective in our efforts to conserve biodiversity. Certainly emphasizing these crops and their relatives is both appropriate and desirable, but their preservation constitutes only one of the reasons that we should attempt to understand and to preserve biodiversity overall.

The first and simplest reason for preserving biodiversity is that we are a part of the whole of Creation here on Earth, a life-supporting network of tens of millions of kinds of organisms, including at least 12 million species other than bacteria. We have existed for our whole time on Earth as humans as a member of this huge set of organisms, and we depend on their properties and their activities for our survival. In our attempts to attain sustainability for the future, we need to understand these properties and their interrelationships as fully as possible, and to preserve as many of them as we can, as we are enjoined in the book of Genesis (II, 15). Expo2015 presents a splendid opportunity to celebrate their existence and diversity, as well as our complete and utter dependency on them, to help spread an appreciation of these key facts and relationships. Regaining, then achieving, global sustainability will

depend on much more than the way we conduct agriculture alone, and that relatively small segment of biodiversity that exists in and around agricultural systems.

As one of tens of millions of kinds of organisms, we are currently using directly, diverting, or wasting an estimated half of all the total products of photosynthesis and more than half of all sustainable supplies of fresh water. Overall, <http://globalfootprint.org> estimates that we currently use about 150% of the global capacity for sustainability on a continuous basis, up from 70% in 1970; the proportion of natural productivity that we use is increasing rapidly. To attain global sustainability, we need to achieve a stable and sustainable population size; to adopt conservative, reasonable levels of consumption; and to develop and use new technologies that do not demand so much of the environment that supports us.

With our current population, 6.8 billion people, levels of consumption, and use of technology, we would need 1.5 copies of our planet to maintain the *status quo* sustainably – in other words, to go on as we are. “Going on as we are”, however, involves half of us living in absolute poverty, characteristically lacking adequate quantities of at least one essential nutrient; approximately one billion of us malnourished to the point where our brains do not develop properly and our bodies continue to waste away; and 100 million of us on the verge of starvation at any one time. Considering that 2.5 billion additional people are projected to be added over the next 40 years, the population of Africa doubling, and that virtually all of these will be in developing countries, our situation is indeed grave. Against this background, up to one billion people are seeking to rise to middle class status, which implies substantially increasing their levels of consumption, and we are trying to solve the problem of malnutrition worldwide.

Biodiversity collectively makes possible our continued existence on Earth; their combined activities make our lives possible. Our soils, the water we drink, the nature and quality of the air we breathe, the beauty of our lives, and, of key importance, our prospects for the future, all depend on maintaining the rich stock of biodiversity that we have, in a sense, inherited, and for which we, as gardeners of the whole Earth, are clearly responsible. Thousands of species are disappearing each year, and the rate of disappearance is climbing rapidly, so that we are continuously losing our opportunities for the future – eliminating a huge proportion of biodiversity, perhaps two-thirds of all species, during the course of this century. As E.O. Wilson has pointed out, that is the sin for which our descendants are least likely to forgive us, because there is no way to get them back once they are gone.

The fundamental importance of biodiversity becomes clear when we consider that all of our food is derived directly or indirectly from plants. Two-thirds of the world's people use plants directly as medicine; and for the rest of us, plants supply about a quarter of our drugs, either directly or now through manufacturing the compounds they produce naturally. Approximately 5,000 kinds of antibiotics have been patented since the end of World War II, and products derived from fungi and bacteria make up another quarter of all prescription drugs. Building and clothing materials, chemicals for industrial uses, the ability to absorb the pollutants that we produce: these all depend on biodiversity, as do the ecosystem services we discussed above, and the very beauty of our lives. For most of these uses, we would have had no chance to pick out the "important" organisms, as we do to a degree for agriculture, among all the others. As the American conservationist Aldo Leopold pointed out, "The first rule of intelligent tinkering is to save all the cogs and wheels." If we could be inspired by Expo2015 to do this, and not only think about improving agriculture in context, the Expo would be generating huge benefit for all people everywhere.

The problem of species extinction is closely linked with habitat destruction, often opportunistic, and with global climate change. Thus the themes being considered for Expo2015 are closely linked. I urge not shying away from recognizing the scope of the problem fully and from emphasizing the central role of biodiversity in preparing for a sustainable future world. Bringing the people of Italy, Europe, and the entire world closer to the fundamental realities I am discussing here would be an enormous service.

CAMBIAMENTI CLIMATICI MONDIALI E BIODIVERSITÀ

PETER H. RAVEN

Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, U.S.A.

Abitiamo in un mondo vibrante e vivo, insieme a milioni di altri tipi di organismi che, nel tempo, hanno creato l'ambiente originario di questa Terra viva e che continuano ad agire collettivamente per mantenere stabili quelle condizioni, rendendo quindi possibile la nostra vita. Nel corso della storia del nostro pianeta, lunga 4,54 miliardi di anni, il processo di fotosintesi, grazie al quale una piccola parte dell'energia solare che bombarda continuamente la Terra viene trasformata in energia dei legami chimici, svolge un ruolo centrale. Questo processo è nato 3,5 miliardi di anni fa e ha cominciato immediatamente a trasformare le caratteristiche dell'atmosfera. La fotosintesi costituisce la base della vita sulla Terra, formando una riserva di energia nelle cellule viventi. A sua volta, quest'energia alimenta i processi vitali degli organismi che per primi la catturano e la trasformano e, indirettamente, rende possibile anche la vita di tutti gli altri organismi che si nutrono di essi, che danno loro la caccia, che ne sono preda, che li sfruttano come parassiti, o che vivono dei prodotti della loro decomposizione. È così che la fotosintesi usa l'anidride carbonica, uno dei componenti minori della nostra atmosfera, e l'acqua, entrambe relativamente abbondanti sulla Terra rispetto ad altri pianeti, per creare zuccheri semplici che vengono poi trasformati dalla chimica delle cellule viventi in tutti gli altri componenti essenziali della vita. Da questo processo dipendono, direttamente o indirettamente, tutti gli organismi viventi.

A loro volta, tutti gli organismi vivono in ecosistemi – sistemi viventi in cui l'energia viene trasferita da un anello della catena all'altro – e ne formano le proprietà, mentre le sostanze nutrienti essenziali, quali il ferro e il calcio, scorrono ciclicamente attraverso il sistema. L'ecosistema

nel suo complesso regola il flusso d'acqua, trattenendolo per un certo tempo per poi rilasciarlo con flusso regolare. Gli ecosistemi frenano anche l'erosione del soprassuolo e ospitano molte specie di organismi, il cui numero varia a seconda delle proprietà di un particolare ecosistema e, indirettamente, delle caratteristiche del luogo in cui si trova. Collettivamente, gli ecosistemi mantengono costanti quelle proporzioni di ossigeno e anidride carbonica nell'atmosfera che sono state raggiunte nel corso di miliardi di anni di storia della Terra e tutelano la vita contemporanea secondo l'equilibrio adatto ad essa.

Per la gran parte della storia della vita sulla Terra, gli organismi viventi sono esistiti solo nell'acqua o interrati nel suolo. Gli antenati delle piante, dei vertebrati terrestri, degli artropodi (insetti e affini), e dei funghi hanno colonizzato la superficie del terreno circa 450 milioni di anni fa, quando era già trascorso il 90% della storia del pianeta. Proprio come furono sepolte e compresse le masse preesistenti di batteri fotosintetici morti, formando il petrolio e i giacimenti di gas naturale che alimentano la vita dell'uomo contemporaneo, così la massa di vegetazione che cresceva sulla terra, una volta sepolta e compressa dopo la sua morte, ha formato il carbone. Questi combustibili fossili racchiudono una quantità enorme di carbonio, che è emesso quando vengono bruciati.

La vita moderna si può datare dalla fine dell'era dei dinosauri, il Cretaceo, 66 milioni di anni fa, a seguito della collisione di un enorme meteorite con la Terra, oltre la punta di quella che è oggi la penisola dello Yucatán in Messico. La nube densa sollevata dalla forza e dalla portata della collisione, bloccando i raggi del Sole, ha interferito con il processo di fotosintesi, portando rapidamente all'estinzione di circa due terzi di tutte le specie di organismi che si trovavano sulla superficie terrestre in quel momento. Sono scomparsi anche molti grandi gruppi e le caratteristiche della vita sulla Terra sono mutate per sempre, man mano che nuove forme di vita si evolvevano e proliferavano, riempiendo il vuoto lasciato dalla scomparsa di molte di quelle che erano esistite in precedenza.

La comparsa degli esseri umani

Gli esseri riconoscibili come umani, originari dell'Africa, apparvero per la prima volta circa due milioni di anni fa, un tempo molto breve se si considera che la storia della Terra è lunga 4,54 miliardi di anni. Per la maggior parte della loro storia, i nostri antenati erano cacciatori-raccoglitori e vivevano in piccoli gruppi; si sono poi diffusi gradualmente in tutti i continenti eccetto l'Antartide. Alcuni di loro provocavano deliberata-

mente gli incendi per aumentare le probabilità di caccia e alcuni raccoglievano e conservavano i semi delle graminacee e di altre piante selvatiche. All'epoca in cui i primi esseri umani addomesticarono per la prima volta animali e piante, circa 10.500 anni fa (>400 generazioni umane fa), non vi erano che pochi milioni di persone in tutto il pianeta.

Quando questi esseri umani furono in grado di conservare provviste di alimenti tali da garantire il loro sostentamento durante le stagioni sfavorevoli, essi si riunirono a vivere nei villaggi e, successivamente, in paesi e città. Proprio in questi insediamenti concentrati si sono sviluppati i vari aspetti di quella che oggi riconosciamo come cultura umana, quali la musica, il diritto, la filosofia, l'agricoltura, l'arte muraria, la produzione di oggetti per il commercio, e le persone che li praticavano si sono specializzate sempre di più nelle loro professioni. Il numero di persone sulla Terra è andato aumentando costantemente. La scrittura, inventata circa 5.000 anni fa, ci ha permesso di avere un'idea abbastanza precisa delle storie di alcune delle persone che sono vissute in epoche successive. Al tempo di Cristo, la popolazione mondiale ammontava a diverse centinaia di milioni di persone, un totale ancora inferiore a quello dell'Europa attuale, ed è cresciuta di circa tre volte entro il tardo 18° secolo, quando c'erano circa 850 milioni di persone, raggiungendo un miliardo di persone in epoca napoleonica e due miliardi nel 1930. Da allora è cresciuta in modo esplosivo per arrivare agli attuali 6,8 miliardi di abitanti, ai quali, stando alle previsioni, entro la metà di questo secolo bisognerà aggiungerne altri 2,5 miliardi. La più alta crescita proporzionale della popolazione umana si è verificata nel 1971: il numero assoluto è continuato ad aumentare fino ai primi anni 1990 e il totale è ora in via di livellamento.

Per quelli di noi nati negli anni 1930, è tuttavia sorprendente pensare che esistano attualmente tre persone per ognuna di quelle che era presente alla nostra nascita. Quasi un miliardo di persone su un totale di 6,8 miliardi soffre di malnutrizione, con la mente e il corpo che non sono in grado di svilupparsi correttamente, e circa 100 milioni di esse sono sul punto di morire di fame. La ricchezza mondiale è distribuita in modo molto diseguale, con oltre la metà di noi che vivono in estrema povertà con meno di € 2 al giorno e un numero uguale di malnutriti nella cui alimentazione manca almeno un nutriente essenziale. Per ovvi motivi, quasi tutti i 2,5 miliardi di persone che si aggiungeranno alla popolazione mondiale nei prossimi quattro decenni saranno per lo più estremamente poveri. La popolazione dell'Africa, che è attualmente di poco meno di un miliardo di persone, è destinata a raggiungere i due miliardi, mentre l'India, con una previsione di 1,7 miliardi di persone,

sarà il paese più grande del mondo. Per quanto riguarda invece l'Europa in generale e l'Italia in particolare, si prevede che manterranno approssimativamente le dimensioni della popolazione attuale.

Anche a prescindere da importanti considerazioni di giustizia sociale, la distribuzione ineguale della ricchezza e il numero assoluto di persone minacciano seriamente la stabilità globale e lasciano presagire un caos più profondo in futuro; la nostra interdipendenza è evidente a tutti coloro che affrontano la questione. Molti aspetti del funzionamento sostenibile del mondo naturale stanno crollando di fronte ai numeri assoluti degli esseri umani, moltiplicati per i nostri livelli di consumo individuali e collettivi e per il nostro impiego diffuso e ostinato di tecnologie distruttive. In questo modo stiamo riducendo da soli le nostre opzioni future. Noi, una decina di milioni di specie, attualmente usiamo direttamente, deviamo (p.es. verso i parchi), o sprechiamo circa la metà dei prodotti totali della fotosintesi e più della metà di tutte le scorte sostenibili di acqua dolce. Nel complesso, <http://globalfootprint.org> stima che attualmente utilizziamo circa il 140% della capacità globale per la sostenibilità su base continua, contro il 70% che utilizzavamo nel 1970; la proporzione di produttività naturale che utilizziamo è in rapido aumento. Di fronte a questi problemi, sarà impossibile per noi raggiungere una sostenibilità globale, senza arrivare ad un livellamento della popolazione; a dei livelli ragionevoli e prudenti di consumo; e allo sviluppo e all'uso di nuove tecnologie che non sono così pesanti per l'ambiente che ci sostiene.

La biodiversità

Facciamo fatica a fornire delle stime certe della diversità della vita sulla terra. Tuttavia, secondo la mia stima approssimativa, sembrano esistere almeno 12 milioni di specie di animali, piante, funghi e protisti. Inoltre, ci sono milioni di tipi di batteri, solo poche migliaia delle quali sono conosciute scientificamente. Come ho sottolineato in precedenza, noi dipendiamo completamente da questi organismi per la nostra esistenza sulla Terra; la combinazione delle loro attività rende possibile la nostra vita. Il nostro suolo, l'acqua che beviamo, la natura e la qualità dell'aria che respiriamo, la bellezza della nostra vita, e, cosa più importante, le nostre prospettive future, dipendono completamente dal mantenimento della ricca scorta di biodiversità che abbiamo, in un certo senso, ereditato.

Tutto il nostro cibo proviene direttamente o indirettamente dalle piante. Due terzi della popolazione mondiale utilizza le piante direttamente come medicina; a tutti gli altri, le piante forniscono circa un

quarto dei nostri farmaci, sia direttamente che attraverso la produzione di composti che le piante producono naturalmente. Dalla fine della seconda guerra mondiale sono stati brevettati circa 5.000 tipi di antibiotici e i prodotti derivati da funghi e batteri formano un altro quarto di tutti i farmaci da prescrizione. Edilizia e materiali per l'abbigliamento, prodotti chimici per usi industriali, la capacità di assorbire le sostanze inquinanti che produciamo dipendono tutti dalla biodiversità, così come i servizi ecosistemici di cui abbiamo discusso in precedenza e la bellezza stessa della nostra vita. In considerazione dei modi in cui la scienza cinquantenaria della biologia molecolare ci consente di svelare i segreti della biologia, in larga misura facendo paragoni chiave tra gli organismi ed i loro processi vitali, preservare la diversità della vita diventa sempre più importante per noi nella costruzione del nostro futuro. Emulare i processi naturali spostando geni tra specie non collegate di organismi, come siamo in grado di fare da quasi 40 anni, rende possibili molti miglioramenti nelle caratteristiche dei nostri farmaci e delle nostre coltivazioni che, solo poco tempo fa, sarebbero stati inimmaginabili. Per tutti questi motivi si può concludere che la biodiversità fornisce la chiave della nostra sostenibilità futura e della qualità della vita umana. Come ha sottolineato l'ambientalista americano Aldo Leopold, "La prima regola delle modifiche intelligenti è quella di risparmiare tutti gli ingranaggi e le ruote".

Data la pressione combinata della crescita della popolazione umana, del nostro desiderio di aumentare i livelli di consumo in tutto il mondo (un miliardo di persone raggiungerà, nel prossimo futuro, i livelli della classe media), e della nostra riluttanza a sostituire con tecnologie benigne quelle più dannose a cui continuiamo ad aggrapparci, non dovrebbe sorprendere nessuno il fatto che stiamo spingendo gli organismi all'estinzione ad un tasso senza precedenti negli ultimi 66 milioni di anni. Studiando i fossili di quegli organismi che possiedono parti dure che si conservano bene, abbiamo scoperto che un tasso di perdita annuale di circa una specie per milione ha caratterizzato tutto quel periodo di tempo protratto. Supponendo che questi tassi di estinzione siano caratteristici della vita nel suo complesso, ciò ammonta ad un tasso storico di perdita di una dozzina circa di specie all'anno. Passando ora alla documentazione stampata degli ultimi 500 anni, che racconta il destino degli organismi, si può estrapolare che, in questo periodo di tempo, diverse centinaia di specie si sono estinte ogni anno. Attualmente, per i motivi che sto per elencare, il tasso ha raggiunto le migliaia per anno.

La distruzione degli habitat naturali rappresenta la principale causa di perdita di specie in tutto il mondo, con l'11% della superficie mon-

diale destinata all'agricoltura, un ulteriore 22% al pascolo, e ampie zone alle città; lo sviluppo incontrollato delle città; le varie attività di costruzione, tra cui autostrade e dighe; la deforestazione per creare pascoli, la coltivazione della palma da olio o della soia, o per altri motivi. Un secondo fattore importante per quanto riguarda l'estinzione è la rapida diffusione in tutto il mondo di specie invasive, che siano erbacee, erbivori, parassiti, malattie, o animali, accelerata dal commercio umano. In particolare nelle isole o in habitat fragili come le regioni con un clima mediterraneo, estivo-secco, specie invasive o malattie delle piante o degli animali stanno causando perdite enormi. In terzo luogo, la raccolta selettiva di particolari tipi di animali (carne di animali selvatici, per esempio, o l'industria peschiera) o piante (spesso per la medicina, per il legno, o per il consumo), sta spingendo molte specie alle soglie dell'estinzione, o addirittura oltre, in tutto il mondo.

Senza tener conto degli effetti del cambiamento climatico globale, abbiamo stimato che queste attività nel loro insieme potrebbero, se non vengono controllate, portare all'estinzione, entro la fine del secolo, di metà o più di tutte le specie che ora esistono sulla Terra, il che equivarrebbe ad un evento di estinzione senza precedenti negli ultimi 66 milioni di anni – uno provocato interamente dalle attività degli esseri umani.

La scorsa settimana, la Convenzione sulla Biodiversità, affiliata all'ONU, che tutti i membri delle Nazioni Unite hanno ratificato ad eccezione di Andorra, del Vaticano e degli Stati Uniti, ha tenuto una conferenza delle parti a Nagoya, in Giappone. Nel corso della riunione, la World Conservation Union (IUCN) ha pubblicato un rapporto concludendo che, delle circa 25.720 specie di vertebrati terrestri, circa una su cinque comprendeva meno di 50 individui o si sarebbe probabilmente estinta per altri motivi nel prossimo decennio. Per quanto riguarda le piante, un esercizio ingegnoso condotto dai Royal Botanic Gardens di Kew, nel Regno Unito, ha valutato lo stato di conservazione di un campione di 7.000 specie di piante, utilizzando i dati accumulati negli erbari. Essi hanno sperimentalmente considerato ad alto rischio di estinzione specie provenienti da una sola località di meno di 10 chilometri quadrati di estensione. Sulla base di quegli standard, lo studio ha calcolato che circa il 20% delle specie di piante, la stessa proporzione di quella dei vertebrati terrestri, è in pericolo di estinzione. Se altri gruppi di organismi fossero ugualmente minacciati, circa 2,5 milioni di specie in tutto il mondo sarebbero in pericolo di estinzione nel prossimo decennio.

Questi dati coincidono fortemente con previsioni anteriori fatte sulla base dei tassi di estinzione, secondo le quali oltre la metà delle specie di organismi del mondo diverse dai batteri potrebbero scomparire defi-

nitivamente entro la fine del 21° secolo. Ciò che aggrava ulteriormente il problema della perdita è il fatto che la grande maggioranza delle specie non è ancora stata identificata e nominata, di modo che molte delle specie che scompaiono sarà sconosciuta quando questo accadrà. Da un minimo stimato di 12 milioni di specie di organismi (diversi dai batteri), ne abbiamo finora individuate e nominate, dopo circa 300 anni di lavoro coordinato (da quando è stato fatto un primo tentativo di enumerare tutte le specie conosciute), non più di 1,9 milioni. Molti tipi di organismi, compresi acari, piccoli insetti (soprattutto mosche, vespe e maggiolini), nematodi (vermi tondi), un certo numero di gruppi di organismi marini, e funghi, sono in gran parte sconosciuti. Stiamo dando un nome ai restanti al ritmo di circa 10.000 specie all'anno, di modo che ci vorrà circa un migliaio di anni per nominarle tutte al ritmo attuale.

Un problema connesso è che dare semplicemente un nome alle specie in realtà non significa che le conosciamo in profondità. Per esempio, possiamo dire di conoscere relativamente bene, in termini di estensione, di proprietà e del posto che occupano in un dato ecosistema, probabilmente non più di 40.000 delle 380.000 specie conosciute di piante. Probabilmente la metà delle specie vegetali che sono state nominate si conoscono grazie a uno o, nella migliore delle ipotesi, a una manciata di esemplari. Sulla base dei tassi di scoperta in gruppi diversi, si può stimare che, probabilmente, da 50.000 a 75.000 specie ulteriori di piante aspettino di essere scoperte. La maggior parte di quelle da scoprire, per ovvie ragioni, sarà rara e sull'orlo dell'estinzione, aggravando le difficoltà della loro conservazione per il futuro. A parte la discussione filosofica di come dovremmo procedere in modo da scoprire le specie nel tempo che rimane, siamo chiaramente di fronte a una situazione molto difficile in tema di salvaguardia di ciò che abbiamo.

Cambiamenti climatici mondiali

La situazione attuale, già pessima, verrà ulteriormente aggravata dall'aggiunta del riscaldamento globale tra le delle principali cause di estinzione. Negli ultimi dieci anni, le prove dell'esistenza di un cambiamento climatico mondiale indotto dall'uomo, comprendente il riscaldamento e gli spostamenti nei modelli di precipitazione, sono diventate travolgenti. Per aiutarvi a capire cosa presagisce il cambiamento climatico globale per il futuro della biodiversità, vi riassumo brevemente i fatti che sono alla base di esso. Se continua l'attuale aumento delle emissioni globali di gas serra, le concentrazioni di biossido di carbonio nell'atmosfera potrebbero quadruplicare, rispetto ai livelli attuali, entro il

2100, e le temperature a livello mondiale potrebbero aumentare di 1,1-6,4°C nel corso di tale periodo. Non possiamo fornire proiezioni esatte perché non sappiamo ciò che gli esseri umani potrebbero ideare per limitare le emissioni di anidride carbonica e altri gas serra in futuro.

Le conseguenze di una variazione di temperatura di questa portata sarebbero disastrose per molte aree di diretto interesse umano. In particolare, se tutto il ghiaccio polare e tutti i ghiacciai continentali si sciogliessero, il livello del mare si innalzerebbe di circa 85 m, evento che farebbe finire sott'acqua molte delle zone più densamente popolate del globo. Anche se la tempistica e l'intensità futura di molti effetti rimane incerta, stiamo già osservando dei cambiamenti regionali nelle precipitazioni; ondate di calore più frequenti e più intense con meno punte di freddo estremo; il calo costante dell'estensione della copertura nevosa e del ghiaccio che minacciano l'approvvigionamento idrico in molte regioni come quella andina del Sud America, la Cina, l'India e gli Stati Uniti occidentali; eventi meteorologici più gravi rispetto a quanto sperimentato in passato; e aumenti costanti del livello del mare che stanno già provocando effetti indesiderati. Il livello del mare, cresciuto di 1,5-2 cm/decennio per gran parte del secolo scorso, è ora in aumento di circa 3 cm/decennio, secondo un tasso costante. Tali aumenti possono essere spiegati solo come conseguenza del riscaldamento globale. Si prevede che il livello del mare potrebbe aumentare di 1,5 m nel corso del 21° secolo, anche se sarà il comportamento umano futuro a determinare ciò che accade.

Sebbene questi dati siano tuttora in rapida crescita e le nostre previsioni per il consumo individuale aumentino ancor più velocemente, è chiaro che c'è una riluttanza ad affrontare il problema del passaggio a fonti energetiche prive di carbonio. Tuttavia e soprattutto dal momento che gli effetti del cambiamento climatico globale influiranno molto più pesantemente sui poveri che sui ricchi, dobbiamo prendere misure immediate per ridurre al minimo i danni futuri. Ciò comporterà il fatto di tollerare una dislocazione economica abbastanza sostanziale per affrontare con prudenza le conseguenze future del riscaldamento globale, anche se l'esatta tempistica di queste conseguenze rimane incerta. La popolazione umana è proiettata a crescere di 2,5 miliardi di persone per lo più estremamente povere, passando dal suo livello attuale di 6,9 miliardi ad un totale di 9,4 miliardi in 40 anni, entro la metà del secolo. Allo stesso tempo, i livelli di consumo e le aspettative sono in aumento in tutto il mondo, ed entrambi questi fattori sono alla base di un aumento inesorabile e rapido del nostro consumo di combustibili fossili, carbone, petrolio e gas naturale. Questi a loro volta causano danni

irreparabili e permanenti, limitando le prospettive umane per il futuro. Nel complesso, i documenti di <http://globalfootprint.org> stimano che stiamo consumando il 140% di quello che il mondo può produrre in modo continuativo, il doppio del nostro livello del 70% nel 1970. Ciò significa che il mondo del futuro sarà inevitabilmente meno sano, più uniforme, e con minore potenziale di quello di cui godiamo oggi. Esattamente come sarà quel mondo dipende direttamente da quali provvedimenti siamo disposti a prendere adesso.

Scienza del clima

Gli scienziati hanno capito il potenziale di un effetto serra associato a certi gas nel riscaldamento della Terra a partire dai secoli 18° e 19°. Il chimico e premio Nobel svedese Svante August Arrhenius ha delineato chiaramente questo effetto nel 1896, dimostrando che l'esistenza di un'atmosfera era responsabile del mantenimento della temperatura della Terra e che i gas che emettiamo avrebbero fatto aumentare quella temperatura. La nostra atmosfera funziona come una serra, intrappolando l'energia all'interno di essa, e le temperature globali aumentano di conseguenza. Se la Terra non avesse l'atmosfera, le temperature di superficie del nostro pianeta rimarrebbero al di sotto del punto di congelamento dell'acqua, rendendo improbabile l'esistenza della vita stessa. Nel corso degli ultimi decenni, sono stati costruiti modelli di accuratezza crescente per prevedere le conseguenze future delle nostre azioni. Abbiamo un resoconto affidabile delle temperature di superficie a partire dal 1850 circa: esso mostra una chiara e accelerante tendenza al riscaldamento che ha portato ad un aumento di circa 0,8°C da quel momento. Ad eccezione degli anni 1950, ogni decennio di questo periodo è stato più caldo del precedente, e il decennio più recente è stato il più caldo che abbiamo vissuto finora.

L'anidride carbonica è uno dei 16 gas serra conosciuti, ma è il più importante e quello principale prodotto come risultato delle nostre attività. Analizzando la composizione delle bolle d'aria intrappolate nelle calotte polari, sappiamo che le concentrazioni odierne di anidride carbonica, che sono aumentate da 288 a 384 ppm a partire dall'inizio della Rivoluzione Industriale, sono superiori a quelle mai esistite negli ultimi 800 mila anni, e probabilmente negli ultimi 2 milioni di anni o più. Le prove fisiche indicano in modo inequivocabile che la maggior parte dell'anidride carbonica in più deriva dalla combustione di combustibili fossili, petrolio, gas naturale e carbone. È ulteriormente preoccupante il fatto che occorrono decenni prima che le temperature globali raggiun-

gano un equilibrio rispetto al livello di gas serra nell'atmosfera, e ci vogliono secoli affinché questi livelli si attenuino. Perciò prima prendiamo delle misure volte ad attenuare le emissioni di gas serra e ad adattarsi ai cambiamenti associati al loro incremento, meno gravi saranno le conseguenze che dovremo affrontare. Anche se dobbiamo migliorare continuamente la scienza di base e perfezionare i nostri modelli di cambiamento climatico mondiale, abbiamo già ampiamente dimostrato di agire in modo decisivo sul problema.

Il futuro della biodiversità

Quali sono le conseguenze del cambiamento globale sul futuro della biodiversità? Man mano che le nostre conoscenze sono aumentate, ci siamo resi conto che sono sia gravi che estese. Questi effetti sono stati sottolineati nella recente relazione del Panel Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC), che prevede che gli effetti del riscaldamento globale potrebbero mettere a repentaglio fino al 30% di tutte le specie – e ricordate che questo è in aggiunta alla previsione che la metà di tutte le specie potrebbero estinguersi entro la fine di questo secolo! Naturalmente le cifre non si possono sommare, poiché le specie rare sono più a rischio, ma l'aggiunta del cambiamento climatico globale come fattore dell'estinzione certamente rende la situazione molto più drammatica di quella che sarebbe potuta essere altrimenti. Questo rapporto ci spinge ancora di più ad agire con decisione per fermare il riscaldamento globale più rapidamente ed efficacemente possibile. Man mano che i ghiacciai e le calotte di ghiaccio si sciolgono in tutto il mondo, le stagioni di crescita si allungano, e la primavera nelle regioni temperate arriva sempre prima, come indicato dalle date di fioritura, dall'arrivo degli uccelli migratori, e da molti altri segni. La distribuzione delle specie nelle regioni temperate si sta espandendo verso il polo in entrambi gli emisferi Nord e Sud del mondo. Questi sono tutti segni biologici dei cambiamenti climatici globali.

Il Panel Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC) ha previsto episodi di siccità nell'Africa meridionale, in parti dell'America Latina e degli Stati Uniti occidentali, del Medio Oriente e del Nord Africa, e queste sono alcune delle regioni del mondo con le specie a concentrazione più ristretta di piante e animali, di modo che le attuali condizioni di siccità presentano minacce particolarmente gravi alla loro sopravvivenza continuativa. Anche nelle aree del mondo con un clima mediterraneo, estivo-secco, queste minacce sono particolarmente severe, dato che così tante specie sono limitate a piccole aree e spesso ad habi-

tat insoliti. Ad esempio, delle quasi 2.400 specie endemiche di piante in California, è stato previsto che fino a due terzi subiranno riduzioni di oltre l'80% nella loro estensione entro la fine del secolo, e molte di esse rischiano di estinguersi in natura. In Sud Africa, più del 40% delle specie della famiglia delle Proteaceae sono destinate a scomparire entro la metà del secolo, man mano che le zone climatiche, e con loro la distribuzione degli ecosistemi, si sposta drasticamente. In Europa, l'Agenzia europea dell'ambiente ha previsto nel 2005 che un gran numero di specie di piante scompariranno nella metà meridionale del continente man mano che il clima si riscalda e le precipitazioni diminuiscono.

Tali previsioni sono convalidate in parte da osservazioni fatte sulle distribuzioni mutevoli delle singole specie e dai cambiamenti che stanno avvenendo nel loro comportamento. In particolare, in Europa, resoconti precisi effettuati negli ultimi 250 anni hanno rivelato cambiamenti sostanziali nelle estensioni di piante, insetti e uccelli, con una forte correlazione tra temperature estive e il limite settentrionale di estensione, per esempio per molte farfalle. Durante il suddetto periodo fresco degli anni 1950, un certo numero della stessa specie si ritirò verso sud. Nell'emisfero settentrionale temperato, circa la metà delle specie esaminate ha mostrato cambiamenti nella fenologia o spostamenti della distribuzione nel corso degli ultimi decenni.

Ecco alcuni esempi, con le citazioni complete fornite da Parmesan (2006). Inizierò con alcuni dati a lungo termine. In Giappone, i ciliegi hanno mostrato un alto tasso di variazione nei loro periodi di fioritura a partire dal 1400 fino all'inizio del 20° secolo, ma una progressione costante verso date di fioritura sempre anteriori a partire dagli anni 1950. Allo stesso modo, 500 anni di date di vendemmia in Europa mostrano che la prima vendemmia mai effettuata si è verificata durante l'ondata di calore del 2003 e uno spostamento costante verso date anteriori dalla metà del 20° secolo in avanti. I Giardini Fenologici Europei, che presentano semine uniformi, hanno mostrato un aumento della lunghezza delle stagioni di crescita in tutta Europa, per diverse specie di piante, di 10,8 giorni negli ultimi 50 anni, equivalente a un allungamento della stagione di crescita di 1,1-4,9 giorni per decennio dal 1951. In tutto l'emisfero settentrionale, le date della prima apparizione della maggior parte delle specie di farfalle esaminate hanno subito un anticipo di 10-20 giorni nel corso degli ultimi 30 anni. E l'elenco potrebbe continuare fino ad includere molti esempi simili in altri gruppi, e squilibri all'interno delle specie interdipendenti, come tra erbivori e le loro piante ospiti e tra impollinatori e la fioritura delle piante che visitano in comunità nel corso del tempo. Tutti questi tipi di cambiamenti sono più evidenti alle alte latitudini e alle elevazioni

maggiori, e quasi tutti i sistemi biologici artici ed antartici hanno mostrato cambiamenti significativi nelle caratteristiche e nella distribuzione nel corso degli ultimi decenni. Vaste aree di conifere in Alaska e negli Stati Uniti occidentali sono state devastate a causa delle stagioni più lunghe, che hanno permesso agli scolitidi (coleotteri fitofagi) di completare tre, anziché due, nidiate ogni estate. Questi e altri cambiamenti avranno delle conseguenze dirette sull'estinzione biologica. Di particolare interesse in questo senso sono gli habitat ad alta quota in tutto il mondo. La linea degli alberi si sta spostando rapidamente verso l'alto in molte zone. Man mano che avviene questo spostamento, le montagne potrebbero non fornire più l'habitat adatto per le piante e gli animali che risiedono nelle loro regioni superiori. Ci sono state quindi osservazioni dirette della perdita delle popolazioni di pica sulle montagne più basse negli Stati Uniti occidentali. Allo stesso modo, la scomparsa delle popolazioni della farfalla Apollo (*Parnassius apollo*) sulle montagne più basse della Francia, ma non su quelle più alte, documenta l'estinzione delle popolazioni delle specie di alta montagna. Le proiezioni attuali indicano l'eliminazione di tutte le aree sopra la linea degli alberi negli Stati Uniti continentali, e anche molte di quelle in Eurasia. La situazione è ancora più drastica nell'emisfero meridionale, dove non ci sono habitat disponibili a sud delle montagne in Sud Africa, Australia meridionale e Tasmania, Nuova Zelanda e Sud America, dove le specie minacciate potrebbe teoricamente migrare.

Mentre alcuni degli organismi delle specie a concentrazione ristretta che si verificano solo in habitat alpini e subalpini possono sopravvivere su frane o simili luoghi aperti al di sotto della linea degli alberi, un gran numero di essi indubbiamente scomparirà nei prossimi decenni. Negli oceani, con una sola evidente eccezione, gli effetti del riscaldamento globale sono meno compresi. L'aumento dell'acidificazione degli oceani, tuttavia, interferendo con la formazione dei gusci di molluschi e crostacei, porterà all'estinzione di molte specie di questi gruppi. Per la formazione di corallo, gli effetti diretti dell'aumento delle temperature sono stati ben documentati, ma l'acidificazione degli oceani aggiunge un'altra minaccia molto grave. Ad un certo livello di acidificazione, ben all'interno della gamma di possibilità per questo secolo, i coralli non saranno più in grado di calcificare. Se ciò si verificasse, l'estinzione della maggior parte delle centinaia di migliaia di altre specie che si verificano solo in associazione con le barriere coralline sarebbe garantita. Anche livelli di acidificazione più bassi hanno effetti gravi su questi gruppi di animali.

La somma di tutti questi elementi fa sì che il cambiamento climatico globale di per sé rappresenti una minaccia estremamente grave per la

sopravvivenza di molte specie sulla Terra – il che chiaramente potenzia le previsioni dell'estinzione di oltre la metà di tutte le specie sulla Terra entro la fine di questo secolo. La perdita di così tante specie costituirebbe chiaramente un colpo di proporzioni straordinarie per le aspirazioni umane, dal momento che la diversità genetica e tutte le proprietà degli organismi potenzialmente “mancanti” hanno un potenziale enorme per noi. Inoltre, meno biodiversità resta, probabilmente meno efficace sarà la nostra risposta generale al mutare delle condizioni sulla Terra.

Di fronte a queste correlazioni, nessuna persona potrebbe condonare moralmente che si vada avanti come se niente fosse, perché il danno per i poveri sarebbe molto maggiore di quello per il mondo ricco e industrializzato. Inoltre, la catastrofica perdita di specie associata al riscaldamento globale e agli altri fattori elencati sopra, chiaramente limiterà il progresso umano in futuro: si dovrebbe evitare a tutti i costi. Ciò richiederà l'adozione immediata di misure forti ed efficaci – misure che non sembriamo disposti a intraprendere o sulle quali non siamo ancora d'accordo. È evidente che stiamo provocando un danno enorme alle generazioni future a causa dei nostri livelli sempre più alti di consumo odierno, una situazione che è palesemente ingiusta dal punto di vista morale. Gli effetti sull'ecosistema mondiali sono evidenti. È giunta l'ora di agire.

RIFLESSIONI FINALI

Ringrazio in modo particolare Sua Eccellenza Monsignor Sánchez Sorondo per la fiducia e l'amicizia dimostratami lavorando insieme alla preparazione di questo importante incontro. Un grazie va anche allo staff dell'Accademia: a Simonetta, Alessandra, Gabriella, Lorenzo, Aldo e Alessandro grazie per la vostra professionalità e gentilezza. Grazie anche ai vertici Expo, in particolare al Commissario Letizia Moratti per la sua presenza che onora questa sessione, al Dottor Giuseppe Sala, amministratore delegato di Expo e al Professore Schmid, Presidente del Comitato Scientifico Expo. In ultimo un pensiero va al Santo Padre Benedetto XVI, che è più che mai attento al tema della salvaguardia del creato, oltre ad essere un rispettato accademico a livello mondiale.

Pochi giorni fa si è conclusa a Nagoya in Giappone la Conferenza Onu a cui hanno partecipato 192 paesi proprio sul tema "Biodiversità". Il Protocollo di Nagoya, dopo anni di lavoro, consentirà che l'immenso valore delle risorse genetiche del pianeta sia finalmente condiviso tra popoli e nazioni. Infatti i governi si sono impegnati, entro una decina d'anni, a proteggere per lo meno il 17% del proprio territorio e il 10% dei mari con parchi naturali e riserve marine. Ci siamo riuniti qui per continuare quel dialogo aperto, in questo secondo incontro con la Chiesa iniziato lo scorso maggio all'Ambasciata d'Italia presso la Santa Sede con il tema "Alimentare la Pace". Erano presenti, tra gli altri, il Sottosegretario Gianni Letta e il Cardinale Giovanni Layolo. Abbiamo invitato – parlo al plurale, perché il Cancelliere Sánchez Sorondo ha avuto un ruolo determinante nel consiglio e nella scelta – a tenere una Lectio un'autorità mondiale sul tema "Biodiversità e Cambiamenti Climatici" come il Prof Peter Raven.

Lo ringraziamo per la brillante ed illuminante lezione. Faremo tesoro delle sue parole, consci di quanto sia importante educare innanzitutto noi stessi e, di conseguenza, le attuali generazioni ad uno stile di vita diverso, più attento e conscio al grande patrimonio naturale che ci circonda, che abbiamo ereditato gratuitamente e che dovremmo lasciare ad altri. Sono ormai circa quarant'anni che il mondo ha iniziato a capire che quello che succede in un paese povero come il Kenya o l'Etiopia

può avere una forte ripercussione su tutti noi. Insomma siamo tutti sulla stessa barca!

Ci auguriamo che questo incontro sia il primo di una lunga serie in questa prestigiosa Accademia e che possano nascere ulteriori collaborazioni, tanto più che i temi della solidarietà, della giustizia, della pace, dell'educazione e della responsabilità riguardo il clima e l'energia sono studiati da anni dall'Accademia con progetti importanti che fanno capo direttamente al Magistero del Papa.

ALESSANDRA BORGHESE



Stampa:
Pontificia Accademia delle Scienze
Novembre 2010



Dr. Peter Raven, President Emeritus of the Missouri Botanical Garden and Pontifical Academician, is one of the leading experts in plant systematics and evolution. He has written over 480 books and articles in such areas as taxonomy, population biology, biogeography, reproductive biology, molecular biology, ethnobotany and conservation biology. After teaching at Stanford University in California, he is currently Engelmann Professor of Botany at the University of Washington in St Louis, Missouri. For over thirty years he has been one of the greatest experts in biodiversity and the preservation of species around the world.

Il Dr. Peter Raven, Direttore Emerito del Giardino Botanico del Missouri e Accademico Pontificio, è uno dei principali esperti di sistematica ed evoluzione delle piante e ha all'attivo oltre 480 libri e articoli in campi quali la tassonomia, la biologia delle popolazioni, la biogeografia, la biologia della riproduzione, la biologia molecolare, l'etnobotanica e la biologia della conservazione. Dopo aver insegnato presso l'Università di Stanford in California, è attualmente Professore di Botanica presso l'Università di Washington a St Louis, Missouri. Da oltre trent'anni è uno dei massimi esponenti della biodiversità e della salvaguardia delle specie in tutto il mondo.