



WORKSHOP ON

Biological Extinction

JOINTLY SPONSORED BY THE PONTIFICAL ACADEMY OF SCIENCES
AND PONTIFICAL ACADEMY OF SOCIAL SCIENCES



27 February-1 March 2017 | Casina Pio IV | Vatican City



FRONT COVER:
Adam and Eve in the Garden of Eden, Peter Wenzel,
oil on canvas, Pinacoteca, Vatican Museums.

HOW TO SAVE THE NATURAL WORLD ON WHICH WE DEPEND

On our 4.54 billion year old planet, life is perhaps as much as 3.7 billion years old, photosynthesis and multi-cellularity dozens of times independently around 3.0 billion years old, and the emergence of plants, animals, and fungi onto land, by at least the Ordovician period, perhaps 480 million years ago, forests appearing around 370 million years ago, and the origin of modern groups such as mammals, birds, reptiles, and land plants subsequently. The geological record shows that there have been five major extinction-events in the past, the first of them about 542 million years ago, and suggests that 99% of the species that ever lived (5 billion of them?) have become extinct. The last major extinction event occurred about 66 million years ago, at the end of the Cretaceous Period, and, in general, the number of species on earth and the complexity of their communities has increased steadily until near the present.

Over the past 66 million years, the number of species has grown to an estimated 10-14 million kinds of eukaryotic organisms (those with complex cells) and an unknown but very large number of prokaryotic organisms (*archaea* and *bacteria*). The first of our close relatives that we have discovered in the fossil record are about 2.7 million years old, and like all of our earlier relatives, they occurred in Africa. *Homo erectus*, the species most closely similar to us, migrated out of Africa via the Middle East starting about two million years ago, and was followed by Neanderthals, Denisovans, and ultimately, about 60,000 years ago, by our species, *Homo sapiens*. Our ancestors soon spread out of Eurasia and by something like 12,000 years ago, had occupied all of the continents. By about 30,000 years ago they had conquered and killed all other forms of humans that had reached the Northern Hemisphere earlier.

For some tens of thousands of years after they reached Eurasia, humans lived as hunter gatherers. During that time they certainly began to make artistic works, weapons, musical instruments, and the like, but since they kept moving in search of food, carrying their babies with them, there was not much chance to develop what we consider civilization today. There may have been sporadic cultivation of small patches of crop plants earlier, but our ancestors turned to cultivation much more extensively about 12,000 years ago. By 10,000 years ago crops, along with domestic animals, provided a major source of storable food, one that could see them through droughts, winters, and other unfavorable times, and the numbers of people that could live together in a village, town, or city was greatly increased, allowing all aspects of civilization to develop much more fully in these centers.

At the time crops became important elements for human survival, 10,000 years ago, the entire world population is estimated to have been about one million people, with about 100,000 in Europe. Written language was developed about 5,000 years ago as distinctive civilizations were appearing in

different parts of the world. Human populations began to grow rapidly and overwhelmed the capacity of many natural systems through cultivating crops and grazing. It is estimated that at the time of Christ, there may have been 300 million people globally; now there are 7.3 billion. Some 11% of the world's ice-free land surface have been converted to crop agriculture, another 20% to grazing, most of it unsustainable, on natural grasslands. It is obvious that many of the kinds of organisms that occurred 10,000 years ago have already gone extinct, and that we are dealing with a reduced set of the organisms that existed when agriculture was first adopted by our ancestors. What percentage would have been lost in this period is unknown, but on islands it seems to have been a majority, and on continents a large percentage also. Our civilization and our numbers grew in a relatively stable period of climate following the last expansion of continental ice sheets about 26,500 years ago, and we are now profoundly damaging the conditions under which our numbers have increased from about 1 million to about 7.3 billion people, with a net of 250,000 extra people every day (www.prb.org).

Global Footprint Network (www.footprintnetwork.org) carefully measures our consumption of all aspects of the world's sustainable productivity, and has calculated that in about 1970 we were using about 70% of the Earth's sustainable capacity, and now that we are using about 156%. Nevertheless there are 800 million people chronically malnourished and 100 million on the verge of starvation at any one time. How have such imbalances, both among contemporaries and between the present and future generations come about, and how are they sustained? The problems wouldn't go away if we had another 56% of the earth to take care of our needs, but we could at least stop eating into the productive capacity of the Earth progressively as the years go by. With a number of nations markedly better off than the others, and the wealthy of the earth best off everywhere, draining productivity from poor nations in the form of energy, wood, and fuel, there is no possibility of improving our situation without the widespread adoption of social justice, both as a matter of morality and as a matter of survival. In recent years the Pontifical Academies have held several colloquia on the subject of social justice, global inequality, and deep poverty in the contemporary world. But we haven't addressed the question whether the Earth system is able to support the demands that humanity has been making on it, nor how global inequality and poverty relate to that. The survival of the natural world, and ultimately our survival, depends on our adoption of principles of social justice and sustainability. And sustainability requires care for the *biodiversity* that supplies the services that enable humanity to live and prosper. As PAS President Werner Arber stated recently, the question is now not so much how our children and grandchildren will fare, but whether the world will be able to function sustainably during the remainder of our own lives.

Among the changes that are detrimental to the continued existence of biodiversity are the clearing of land for agriculture and urban development; the introduction of alien species, including weeds, pests, and pathogens worldwide, for the last 500 years, at a dizzying rate; hunting and gathering animals and plants at an unsustainable rate for consumption, building materials, or as medicine; and global climate change. The subject of Pope Francis' encyclical *Laudato Si'* (biodiversity especially its Chapter 2), climate change, is estimated in the latest report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) to be on a course to destroy 20-40% of all biodiversity on Earth by the end of this century regardless of any other factors, but of course interacting with them. The living fabric of the world, which we are enjoyed in Genesis, Chapter II to protect, is slipping through our fingers without our showing much sign of caring.

What does this all mean for biodiversity, and what does biodiversity mean for us? In short, everything. All of our food comes directly or indirectly from higher plants, of which there are an estimated 425,000 species. Tens of thousands of these have been cultivated for food at some time by some people, but at present, 103 of them produce about 90% of our food worldwide, while three kinds of grain, maize, rice, and wheat, produce about 60% of the total. We have detailed knowledge of perhaps only a fifth of the species of plants in the world, and a majority could be gone in nature by the end of the century we entered recently. The same can be said for other groups of organisms, on which we depend for many of our medicines, ecosystem services, atmospheric purification, carbon storage, and everything that really makes our lives possible. As eminent Harvard University Professor E.O. Wilson has stated, the extinction of such a major proportion of the life that supports us will probably be the sin for which our descendants will be least likely to forgive us. What can we do about it?

Our desire for enhanced consumption grows more rapidly than our population, and Earth cannot sustain it. Nothing less

than a reordering of our priorities based on a moral revolution can succeed in maintaining the world in such a way as to resemble the conditions we have enjoyed here.

Even while economists and other social scientists have developed a quantitative grammar for discussing environmental problems, they have in the main neglected to do the same for biodiversity losses. The economics of climate change has advanced to the point where experts are agreed on the ranges in which such ethical parameters as the social rate of discount and the social price of carbon lie. Development economists have arrived at quantitative estimates of income that should be deemed to be the poverty line, and have constructed measures of income inequality. But on biodiversity there is nothing comparable. In the absence of the kind of socio-economic reasoning that informs collective decisions affecting other spheres of the social world, direct efforts to preserve biodiversity are the best that is on offer for now. We can continue trying to preserve natural areas, particularly in areas with topographic relief where their inhabitants might have a chance in the face of continued climate change, and try to insure sustainable interactions between the people of given areas and their biodiversity; bring organisms into domestication, cultivation, or seed banks to preserve as many as possible of them while they are still there. Cryopreservation may work well for some of them. All of these methods need to be improved and applied based on a continually improved knowledge of organisms, but they will clearly succeed for the long run only when appropriate social conditions have been put in place, and we find substitutions for the destabilizing aggression that we and our ancestors have been practising for tens of thousands of years. By putting the problem of biological extinction in a well-developed social context, we will at least be able to do the best of which we are capable, and the investigation of the possibility for becoming better than ourselves should be the purpose of this Workshop.

ESTINZIONE BIOLOGICA

COME SALVARE L'AMBIENTE NATURALE DA CUI DIPENDIAMO

Sul nostro pianeta, che ha 4,45 miliardi di anni, la vita risale forse addirittura a 3,7 miliardi di anni, la fotosintesi e la pluricellularità si sono prodotte indipendentemente decine di volte a partire da 3 miliardi di anni fa, mentre le piante, gli animali e i funghi sono arrivati sulla terraferma come minimo durante l'Ordoviciano, forse 480 milioni di anni fa. Le foreste sono apparse circa 370 milioni di anni fa e le origini di gruppi moderni come i mammiferi, gli uccelli, i rettili e le piante terrestri risalgono a periodi successivi. I dati geologici mostrano che, in passato, ci sono state cinque grandi estinzioni, la prima delle quali 542 milioni di anni fa, durante le quali si sarebbe estinto il 99% delle specie mai esistite (forse cinque miliardi di esse). L'ultima grande estinzione risale a circa 66 milioni di anni fa, alla fine del Cretaceo, e da allora si è registrato un incremento costante sia nel numero di specie sulla terra che nella complessità delle loro comunità.

Nel corso degli ultimi 66 milioni di anni il numero di specie sulla terra ha raggiunto circa 10-14 milioni di organismi eucariotici diversi (quelli con le cellule complesse) e un numero sconosciuto ma importante di organismi procariotici (archea e batteri). Secondo i resti fossili, i nostri parenti più stretti risalgono inizialmente a 2,7 milioni di anni fa, e come tutti i nostri parenti più lontani, hanno origini africane. Homo erectus, la specie a noi più vicina, è migrata dall'Africa attraverso il Medio Oriente a partire da due milioni di anni fa circa, ed è stata poi seguita da Neanderthal, Denisoviani, e infine, dalla nostra specie, Homo sapiens, circa 60.000 anni fa. Partendo dall'Eurasia, 12.000 anni fa i nostri antenati avevano già colonizzato tutti i continenti. Circa 30.000 anni fa avevano già conquistato e ucciso tutte le altre specie umane che avevano raggiunto l'emisfero nord prima di loro.

Dopo aver raggiunto l'Eurasia, gli esseri umani vissero da cacciatori-raccoglitori per decine di migliaia di anni. In quel periodo certamente iniziarono a creare oggetti artistici, strumenti musicali, armi e simili, ma poiché erano in continuo movimento alla ricerca di cibo, con i bambini in braccio, non ebbero la possibilità di sviluppare quella che oggi chiamiamo civiltà. Probabilmente già prima esistevano piccole coltivazioni sporadiche, ma i nostri antenati hanno iniziato a coltivare in maniera estensiva circa 12.000 anni fa. A partire da 10.000 anni fa coltivazioni e animali addomesticati diventarono la principale fonte di cibo conservabile che permetteva di superare periodi di siccità, inverni e altri periodi sfavorevoli. Il numero di persone che poteva vivere insieme in un villaggio, in un paese o in una città aumentò, consentendo così in questi centri uno sviluppo più articolato di tutti gli aspetti della civiltà.

Quando, 10.000 anni fa, le coltivazioni divennero un elemento importante per la sopravvivenza umana, l'intera popolazione mondiale ammontava probabilmente a circa un milione di persone, di cui 100.000 circa in Europa. La scrittura fu svi-

luppata circa 5.000 anni fa, quando iniziarono a emergere vere e proprie civiltà in diverse parti del mondo. Le popolazioni umane iniziarono a crescere sempre più rapidamente, mettendo a dura prova molti ecosistemi a causa della coltivazione e la pastura. Secondo le stime, ai tempi di Cristo la popolazione mondiale era di 300 milioni, contro i 7,3 miliardi attuali. Oggi-giorno, l'11% circa delle superfici prive di ghiaccio sono state destinate alla coltivazione e un ulteriore 20%, che un tempo erano praterie, sono state trasformate in pascoli, la maggior parte dei quali insostenibili. È ovvio che molti degli organismi che esistevano 10.000 anni fa si siano già estinti e che abbiamo a che fare con un gruppo di organismi ridotto rispetto a quello che esisteva quando l'agricoltura fu adottata per la prima volta dai nostri antenati. L'esatta percentuale di queste perdite non è nota, ma sulle isole abbiamo probabilmente perso la maggioranza degli organismi e una grande parte sul continente. La nostra civiltà e la popolazione mondiale sono cresciute nel periodo caratterizzato da un clima relativamente stabile creatosi dopo l'ultima espansione delle masse di ghiaccio continentale, o calotte, circa 26.500 anni fa, ma oggi stiamo danneggiando gravemente le condizioni che hanno visto la popolazione mondiale passare da 1 milione a 7,3 miliardi di persone con un aumento netto di 250.000 persone in più al giorno (www.prb.org).

La Global Footprint Network (www.footprintnetwork.org), che misura accuratamente il consumo di tutti gli aspetti della produttività sostenibile del mondo, calcola che se nel 1970 usavamo circa il 70% della capacità sostenibile del pianeta, oggi ne utilizziamo circa il 156%. Tuttavia, ci sono 800 milioni di persone che soffrono di malnutrizione cronica e 100 milioni che soffrono la fame. Come si è venuta a creare e perpetrare questa disparità nel mondo contemporaneo e tra le generazioni attuali e future? I problemi non scomparirebbero se, per soddisfare i nostri bisogni, la Terra fosse più grande del 56%, però almeno potremmo evitare di distruggerne le risorse produttive col passare degli anni. Finché le nazioni che stanno notevolmente meglio di altre, e i ricchi del Pianeta, che stanno meglio a prescindere da dove vivano, continuano a prosciugare la produttività delle nazioni povere, sotto forma di energia, legno e combustibile, non vi sarà alcuna possibilità di migliorare la situazione senza adottare in maniera diffusa il concetto di giustizia sociale, sia per una questione di moralità, sia per una questione di sopravvivenza. In questi ultimi anni le Pontificie Accademie hanno tenuto diversi convegni sui temi della giustizia sociale, della disuguaglianza mondiale e sulla povertà estrema nel mondo contemporaneo. Una questione che non abbiamo ancora affrontato è se il sistema Terra sia in grado di sostenere le esigenze degli esseri umani, né come disuguaglianza e povertà incidano su tale capacità. La sopravvivenza del mondo naturale e, in ultima analisi, la nostra, dipendono dall'adozione di principi di giustizia sociale e sostenibilità. La sostenibilità richiede una particolare attenzione alla biodiversità, che fornisce

i servizi che permettono all'umanità di vivere e prosperare. Come ha recentemente dichiarato il Presidente della PAS, il Premio Nobel Werner Arber, il problema non è tanto il futuro dei nostri figli e dei nostri nipoti, ma se il mondo sarà in grado di operare sostenibilmente durante il resto della nostra vita.

Tra i cambiamenti dannosi per la sopravvivenza della biodiversità vi sono il diboscamento dei terreni per l'agricoltura e per lo sviluppo urbano; l'introduzione di specie non autoctone, tra le quali erbe infestanti, parassiti e agenti patogeni, che negli ultimi 500 anni è avvenuto in tutto il mondo a ritmi vertiginosi; la caccia e la raccolta insostenibili di animali e piante per il consumo diretto, come materiali da costruzione o per usi medicinali; e i cambiamenti climatici mondiale. Secondo l'ultimo rapporto dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), i cambiamenti climatici, che sono il tema dell'Enciclica *Laudato Si'* di Papa Francesco (insieme alla biodiversità, a cui è dedicato in particolare il Capitolo 2), rischiano di distruggere il 20-40% di tutta la biodiversità sulla Terra entro la fine di questo secolo, senza contare l'influenza di altri fattori contribuenti, ma ovviamente interagendo con essi. Il tessuto vivente del Pianeta, che siamo stati chiamati a proteggere nel secondo capitolo della Genesi, ci sta scivolando tra le dita senza nessuna particolare preoccupazione da parte nostra.

Cosa significa tutto ciò per la biodiversità, e cosa significa per noi la biodiversità? In breve, tutto. Tutto il nostro cibo proviene direttamente o indirettamente dalle piante vascolari, di cui ne esistono circa 425,000 specie. Nei secoli, decine di migliaia di queste piante sono state coltivate per l'alimentazione almeno una volta: oggi, 103 di queste piante producono il 90% circa di tutto il cibo mondiale, mentre tre tipi di cereali, il mais, il riso e il frumento, producono il 60% circa del totale. Conosciamo in maniera approfondita forse solo un quinto delle specie vegetali in tutto il mondo e la maggioranza di esse potrebbe scomparire in natura entro la fine di questo secolo appena iniziato. Si può dire lo stesso degli altri gruppi di organismi da cui dipendiamo per molti dei nostri farmaci, per i servizi dell'ecosistema, per la depurazione atmosferica, per lo stoccaggio del carbonio e tutto ciò che rende possibile la nostra vita. Come lo ha dichiarato l'eminente Professore E.O. Wilson dell'Università di Harvard, l'estinzione di una proporzione così importante delle

specie vitali che ci sostengono sarà il peccato che i nostri discendenti faranno più fatica a perdonarci. Che cosa possiamo fare a riguardo?

I nostri livelli di consumismo crescono più rapidamente della nostra popolazione e la Terra non può sostenerli. Solo una rivoluzione morale, che riorganizzi le nostre priorità, potrebbe ristabilire le condizioni di cui abbiamo goduto in passato.

Nonostante gli economisti e altri scienziati sociali abbiano sviluppato un linguaggio quantitativo per affrontare i problemi ambientali, hanno perlopiù trascurato di fare la stessa cosa per quanto riguarda la perdita di biodiversità. L'economia dei cambiamenti climatici è avanzata a tal punto che gli esperti sono d'accordo sui parametri etici quali il tasso sociale di sconto e il prezzo sociale del carbonio. Gli economisti dello sviluppo hanno stimato quantitativamente la cifra di reddito da classificare come soglia della povertà e hanno creato metodi per misurare le disuguaglianze di reddito. Per la biodiversità non esiste nulla di paragonabile. In assenza di questo tipo di ragionamento socioeconomico che informa le decisioni collettive che, a loro volta, influenzano altre sfere del mondo sociale, gli sforzi diretti per preservare la biodiversità sono quanto di meglio abbiamo, almeno per ora. Possiamo continuare a cercare di conservare le aree naturali, in particolare quelle con rilievo topografico, gli abitanti delle quali potrebbero avere qualche possibilità di fronte ai cambiamenti climatici continuativi; possiamo provare a garantire interazioni sostenibili tra la popolazione di alcune zone e la biodiversità ivi esistente; addomesticare gli organismi, o coltivarli o metterli nelle banche dei semi, per preservarne il maggior numero possibile, fintanto che esistano ancora. Per alcuni di essi potrebbe funzionare la crioconservazione. Tutti questi metodi vanno migliorati e applicati sulla base di una conoscenza approfondita degli organismi, ma avranno successo a lungo termine solo quando saranno messe in atto le appropriate condizioni sociali e quando verranno trovate delle alternative all'aggressione destabilizzante che noi e i nostri antenati pratichiamo da decine di migliaia di anni. Sarà solo ponendo il problema dell'estinzione biologica in un contesto sociale ben concepito che riusciremo a fare del nostro meglio. Lo scopo di questo workshop dovrebbe essere proprio la ricerca delle possibilità di superare queste nostre capacità.

PROGRAMME

Monday, 27 February 2017

9:00	<i>Word of Welcome</i> Chancellor Marcelo Sánchez Sorondo, PAS and PASS
9:15	<i>Greetings from Pontifical Academy of Sciences</i> President Werner Arber
9:25	<i>Greetings from Pontifical Academy of Social Sciences</i> President Margaret Archer
9:35	<i>Goals and Objectives</i> Sir Partha Dasgupta (Cambridge University) and Peter Raven (Missouri Botanical Garden)
10:00	<i>Extinction: What it Means to Us</i> Lord Martin Rees (Cambridge University)
10:20	Discussion
10:30	Coffee Break
10:50	<i>History of Life on Earth in Light of the Great Extinctions of the Past</i> Neil Shubin (University of Chicago)
11:30	Discussion
11:40	<i>Life on Earth: Numbers of Species of Different Groups; Current Extinction Rates</i> Stuart Pimm (Duke University) and Peter Raven
12:20	Discussion
12:20	Lunch at the Casina Pio IV
14:40	<i>Why We Are in the Sixth Extinction and What It Means to Humanity</i> Partha Dasgupta (Cambridge University) and Paul Ehrlich (Stanford University)
15:20	Discussion
15:30	<i>Life in the Oceans, Present and Future</i> Jane Lubchenco (Oregon State University)
16:10	Discussion
16:20	<i>The Consequences of Biodiversity Loss for Human Well-being</i> Charles Perrings and Ann Kinzig (Arizona State University)
17:00	Discussion
17:10	General discussion: What do we know about biodiversity and rates of extinction?
19:15	Dinner at the Casina Pio IV



Tuesday, 28 February 2017

9:00	<i>Societal Collapses from the Maya to Mesopotamia and Beyond</i> Timothy Beach (University of Texas at Austin)
9:40	Discussion
9:50	<i>Agriculture: Past Agricultural Revolutions, Prospects for Future Sustainable Productivity (biotechnology) and Their Possible Effect on Biodiversity</i> Prabhu Pingali (Cornell University)
10:30	Discussion
10:40	<i>Global Footprint</i> Mathis Wakernagel (Global Footprint Network)
11:20	Discussion
11:30	Coffee Break
11:50	<i>Population: Current State and Future Prospects</i> John Bongaarts (Population Council)
12:30	Discussion
13:00	Lunch at the Casina Pio IV
14:45	<i>Biodiversity and Global Change: From Creator to Victim to a new Revolution</i> Tim Lenton (University of Exeter)
15:25	Discussion
15:35	<i>How do We Stem Biodiversity Loss? – Natural Capital Project</i> Gretchen Daily (Stanford) and Steve Polasky (University of Minnesota)
16:15	Discussion
16:25	<i>How do We Stem Biodiversity Loss? – Smart Cities</i> John Hoal (Washington University in St. Louis)
17:05	Discussion
17:15	<i>How do We Stem Biodiversity Loss? – Smart Villages</i> Sir Brian Heap (Cambridge University)
17:55	Discussion
19:00	Dinner at the Casina Pio IV

Wednesday, 1 March 2017

9:00	<i>The Drivers of Extinction: Africa</i> Calestous Juma (Harvard University)
9:40	Discussion
9:50	<i>Population and Biodiversity</i> Gérard-François Dumont (Universit� de Paris-Sorbonne)
10:30	Discussion
11:00	Coffee Break
11:20	General Discussion of Symposium
12:40	Summary and Conclusions Peter Raven and Partha Dasgupta
13:45	Lunch at the Casina Pio IV

LIST OF PARTICIPANTS



Prof. WERNER ARBER

President of the Pontifical Academy of Sciences;
Biozentrum, Department of Microbiology,
University of Basel, Basel, Switzerland



Prof. CALESTOUS JUMA

Practice of International Development
Harvard Kennedy School
Harvard University, Cambridge, MA, USA



Prof. MARGARET S. ARCHER

President of the Pontifical Academy of Social Sciences;
Director, Centre for Social Ontology, Department of
Sociology, University of Warwick, UK



Prof. ANNE KINZIG

School of Life Sciences
Arizona State University
Tempe, AZ, USA



Prof. TIMOTHY BEACH

Geography and Geoscience
The University of Texas at Austin
Austin, Texas, USA



Prof. TIM LENTON

Chair in Climate Change/Earth System Science
University of Exeter,
Exeter, UK



Dr. JOHN BONGAARTS

Vice President and Distinguished Scholar
Population Council
New York, New York, USA



Prof. JANE LUBCHENCO

Distinguished University Professor and Adviser in
Marine Studies, US Science Envoy for the Ocean, US
Department of State, Oregon State University, USA



Prof. GRETCHEN DAILY

Senior Fellow, Stanford Woods Institute for the Environ-
ment; Bing Professor in Environmental Science
Stanford University, Stanford, CA, USA



Prof. CHARLES PERRINGS

Environmental Economics
Arizona State University
Tempe, AZ, USA



Prof. Sir PARTHA S. DASGUPTA

Frank Ramsey Professor of Economics, University
of Cambridge, and Professor of Environmental and
Development Economics, University of Manchester, UK



Prof. STUART L. PIMM

Doris Duke Professor of Conservation Ecology
Duke University
Durham, NC, USA



Prof. GÉRARD-FRANÇOIS DUMONT

Université de Paris-Sorbonne
Demography, Geography, Geopolitics, Economics
Paris, France



Prof. PRABHU PINGALI

Director of the Tata-Cornell Agriculture and Nutrition
Initiative; Professor of Applied Economics and
Management, Cornell University, Ithaca, NY, USA



Prof. PAUL R. EHRLICH

President, Center for Conservation Biology,
Bing Professor of Population Studies
Stanford University, Stanford, CA, USA



Prof. STEVEN POLASKY

Regents Professor and Fesler-Lampert Professor
of Ecological/Environmental Economics
University of Minnesota, St. Paul, MN, USA



Prof. GEORGINA ENDFIELD

School of Geography
The University of Nottingham
Nottingham, UK



Prof. VEERABHADRAN RAMANATHAN

University of California, San Diego,
Scripps Institution of Oceanography,
La Jolla, CA, USA



Prof. Sir BRIAN HEAP

Scientific Advisor at the Smart Villages Initiative,
Research Associate at the Centre for Development
Studies, University of Cambridge, UK



Prof. PETER RAVEN

Missouri Botanical Garden
St. Louis, MO, USA



Dr. JOHN HOAL

Professor of Architecture,
Washington University in St. Louis
St. Louis, MO, USA



Prof. MARTIN REES

University of Cambridge
Institute of Astronomy
Madingley Road, Cambridge, UK



H.E. Msgr. MARCELO SÁNCHEZ SORONDO
Chancellor,
The Pontifical Academy of Sciences
(Vatican City)



Dr. MATHIS WACKERNAGEL
Founder and Chief Executive Officer,
Global Footprint Network
Oakland, CA, USA



Prof. NEIL SHUBIN
Robert R. Bensley Professor,
Organismal Biology and Anatomy
University of Chicago, Chicago, IL, USA



Prof. STEFANO ZAMAGNI
Università di Bologna
Dipartimento di Scienze Economiche
Bologna, Italy



THE PONTIFICAL ACADEMY OF SCIENCES • CASINA PIO IV • V-00120 VATICAN CITY
 Tel: +39 0669883195 • Fax: +39 0669885218 • Email: pas@pas.va
 For further information please visit: www.pas.va • www.endslavery.va

ENDSLAVERY

 /nonservo  @nonservos  /servos

 @casinapioiv