

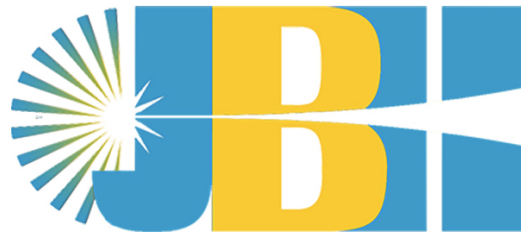
Journal of Big History

Connecting Cosmos, Earth, Life,
and Humanity

2020

Volume IV, Number 2

Big History and the Search for Intelligent Life



Copyright 2020

Journal of Big History

A publication of the International Big History Association

Authors who publish with this journal agree to the following terms:

Authors retain copyright and grant the journal right of first publication with the work simultaneously licensed under a Creative Commons Attribution License that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal.

Authors are able to enter into separate, additional contractual arrangements for the non-exclusive distribution of the journal's published version of the work (e.g., post it to an institutional repository or publish it in a book), with an acknowledgement of its initial publication in this journal.

Authors are permitted and encouraged to post their work online (e.g., in institutional repositories or on their website) prior to and during the submission process, as it can lead to productive exchanges, as well as earlier and greater citation of published work (See The Effect of Open Access).

The views and opinions expressed in the *Journal of Big History (JBH)* are not necessarily those of the International Big History Association (IBHA) Board or the Editorial Board. The IBHA Board and *JBH* Editorial Board are not liable for content of any articles. *JBH* reserves the right to accept, reject, or edit any material submitted for publication. (*JBH*)

ISSN 2475-3610

From the Editor

When mathematician and astronomer Claudio Maccone approached the IBHA about putting together a conference, “Life in the Universe: Big History, SETI, and the Future of Humankind,” which was held at the Consiglio Nazionale delle Ricerche in Milan, Italy, on July 15-16, 2019, it proved to be an excellent opportunity to expand IBHA connections—both at home and abroad (i.e., both internationally *and interplanarily*).

Dr. Maccone, a mathematician, space scientist, and astronomer, is the author of four books and nearly 100 academic papers and is Chair of the SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) Committee of the International Academy of Astronautics (IAA), an international independent non-governmental organization that was founded in 1960 and recognized by the United Nations in 1996, with members from more than eighty countries. The IAA conducts thirty-plus conferences per year and publishes cosmic studies dealing with a wide variety of topics including space exploration, space debris, space satellites, space traffic management, natural disasters, and climate change. It also encourages international scientific cooperation in these areas and others such as space life sciences, space technologies, and space policy, an important part of its mission being international cultural and education programs such as the one we chronicle here.

The Milan meeting, which was co-sponsored by the IBHA, the INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica), and the IASF-MI (Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica di Milano), one of the sixteen research structures of the INAF, brought together scientists, social scientists, humanists, and educators from North America, South America,

Europe, Asia, and Australia. Maccone’s co-organizer was Dr. Nicoló Antonietti, a specialist in telecommunication engineering and member of both the INAF and the SETI Committee of the IAA. Interested in data processing for astrophysical sites recorded by radio telescopes, Antonietti kindly agreed to serve as guest editor for this edition, which emerged from papers presented in Milan that be viewed here: <https://bighistory.org/2019-life-in-the-universe-conference-information/14967-2/>.

SETI research is older, more diverse, and more widespread than those familiar with only the acronym might imagine. Nikola Tesla was interested in the problem, as were Guglielmo Marconi and Lord Kelvin. The National Science Foundation helped fund Ohio State University’s Radio Observatory in the late ‘50s and early ‘60s. Known as “Big Ear,” it continued to monitor the skies until 1998 when the land was sold and the telescope dismantled in order to make way for a new golf course. NASA also funded projects from the late ‘70s to the late ‘80s. The research is tantalizing, but frustrating. A link on the Harvard SETI Project’s web page, “Have we found aliens?,” takes you to a black screen containing but three small words in the upper left-hand corner, “No, not yet.”

Yet the work continues, and let’s not forget that deep time, evolution, and the general theory of relativity were also just hypotheses before trustworthy, empirical evidence was found. According to our guest editor, while there is as always a need for money and infrastructure, there is an increased interest in SETI research in Italy, especially in Sardinia, and in Russia and Ukraine. University of California’s Berkeley SETI Research Center is currently the leader in the field.

Antonietti’s observation of increased interest is borne out by Berkeley’s having been given \$100 million by Russian philanthropist Yuri Milner in 2015 for the development of The Breakthrough Listen Initiative, which was endorsed by a number of notable scientists, including Stephen Hawking, who said at the time, “In an infinite Universe, there must be other life. There is no bigger question. It is time to commit to finding the answer.”

The contributions to this edition range from the technical to the philosophical to the anthropological to the pedagogical. In the lead article, IBHA President Lowell Gustafson reflects upon the history of humanity’s relationship with time and the cosmos—and upon the ways in which SETI research “challenges and extends” big history. In some ways, he muses, the study of exoplanets, astrobiology, and exo-intelligence is bigger than big history, which makes the process for us no longer an origin story, but a coming of age story. From the space science side, Antonietti is appreciative of the opportunity the conference and this volume has created for interconnections between our fields, SETI looking for signals, and big history trying to understand what drives us to look for signals in the first place, and the implications that these have for our place in the universe.



David R. Blanks, Editor



Nicoló Antonietti, Guest Editor

Journal of Big History

PUBLISHED BY

International Big History Association

Editor: David R. Blanks
Associate Editor: V. E. Pritchett
Associate Editor: Lowell Gustafson
Designer: Lucy B. Laffitte

IBHA Board of Directors

David Blanks	Emlyn Koster
Danaiel Pinho de Barreiros	Lucy Laffitte
Lowell Gustafson	Alexis Lau
Priya Karve	Barry Rodrigue
Seohyung Kim	Nobuo Tsujimura
Andrey Korotayev	Barry Wood

IV:2 Journal of Big History

A r t i c l e s

- Lowell Gustafson* 4 SETI and Big History: Challenge and Extension
- Lowell Gustafson* 17 SETI e la Grande Storia: Sfide ed Espansione
- Lowell Gustafson* 30 SETI e a Grande História: Desafio e Extensão
- Amedeo Balbi* 44 A History of Cosmic Habitability
- Amedeo Balbi* 49 Una Storia dell’Abitabilità Cosmica
- Amedeo Balbi* 54 Uma História da Habitabilidade Cósmica
- David Schwartzman* 60 Biospheric Evolution Is Coarsely Deterministic
- David Schwartzman* 67 L’Evoluzione Biosferica è Grossolanamente Deterministica
- Giorgio Bianciardi* 74 Searching for Life on Mars: the Role of Chaos
- Giorgio Bianciardi* 78 Alla ricerca di vita su Marte: il ruolo della Fisica del Caos
- Claudio Maccone* 82 Two Power Curves Yielding the Energy of a Lifetime in Evo-SETI Theory
- Claudio Maccone* 104 Due Curve di Potenza Rappresentanti l’Energia di un Ciclo di Vita nella Teoria Evo-SETI
- Lilya Filippova* 128 Culturological Aspects of METI Problems with EM Radiation
Vladimir Filippov
- Paolo Musso et al.* 136 The Experience of Intercultural Dialogue in the Amazonian University UCSS-Nopoki and Its Implications for SETI and Big History
- Paolo Musso et al.* 145 L’Esperienza del Dialogo Interculturale nell’Università Amazzonica UCSS-Nopokie le Sue Implicazioni per il SETI e la Big History
- Paolo Musso et al.* 155 La Experiencia de Diálogo Intercultural en la Universidad Amazónica UCSS-Nopoki y Sus Implicaciones para el SETI y la Big Historia
- Paul Narguizian* 165 Considering Grand Challenges in Undergraduate General Biology Education: Integration, Big History, and Scientific Literacy
- Aidan Wong* 169 Feasibility Study for Employing an Interdisciplinary Framework for Sustainability Education: Teaching Experience from Hong Kong
Alexis K. H. Lau
Robert Gibson
- Aidan Wong* 178 Studio di Fattibilità per l’Impiego di una Struttura Interdisciplinare dell’Insegnamento della Sostenibilità: Esperienza di Insegnamento in Hong Kong
Alexis K. H. Lau
Robert Gibson

SETI and Big History: Challenge and Extension

Lowell S. Gustafson

Department of Political Science, Villanova University

Correspondence | Lowell S. Gustafson, lowell.gustafson@villanova.edu

Citation | Gustafson, L. 2020. "SETI and Big History: Challenge and Extension." *Journal of Big History* IV (2): 4-16.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4210>

Abstract The search for extraterrestrial intelligence (SETI) is one of the significant challenges to its framework that expands the purposes of big history. Big history had exerted a similar impact on world history, as did previous national histories, which in turn had impacted religious history. Big History seeks to use evidence and the best theoretical analyses to integrate studies of the cosmos, Earth, life on Earth, and humanity. SETI shares the interest in the cosmos but examines exo-planets, astrobiology, and possible extra-terrestrial intelligence. In this article, we consider the developing relationship between the purposes of SETI and big history.¹

- Introduction
- Religious Histories
- Political, National, and Social Histories
- World History
- Big History
- SETI and a Coming of Age Story
- *Detecting and Communication*
- *A Coming of Age Story*
- *Popular Culture*
- *A Story of Endings*
- Conclusion

Introduction

The past just is not what it used to be. It keeps changing. Where we begin our accounts of the past have varied over time. Whose histories we examine have changed. These changes come about through a process of challenge and extension, and they tell us a lot about how we understand ourselves. Political, national, and social histories challenged and changed religious and traditional histories. World history challenged and extended national histories. Big history did the same to world history. The search for extraterrestrial intelligence (SETI) is among those challenges that implicitly call for an extension of big history.

One of humanity's defining characteristics is memory, which is different from evidence of the past. Chondrites, or meteorites that have been orbiting our sun since the formation of our

solar system, provide us evidence of what happened in space over 4.5 billion years ago. Intrusions of igneous rock give us evidence of what happened millions of years ago on Earth. Yet we do not think that these pieces of evidence themselves remember or reflect on what they took part in long ago.

Some have contended that plants remember.¹ Many animals—chimpanzees, dolphins, elephants, birds, rats, and others—show many signs of remembering their own pasts and how that helps them prepare for their futures.² Individual humans not only share the ability to remember but also can share and pass on our memories in a process that David Christian calls collective learning. We can hold ideas about the past even when what we remember no longer exists. This ability was enhanced with cognitive de-

velopments that permitted symbolic thought. Vervet monkeys make distinct sounds that warn others in their troop of the presence and danger of eagles and leopards.³ What they do not do is to use these sounds in the absence of the referent. They do not sit around a campfire at night, with one apologizing, "I thought that I had seen an eagle today when I called out; and then it turned out that it was only a crow. Sorry for the false alarm." The evolution of the ability to hold a thought and then explicitly call it up by means of communicable assigned sounds is a milestone for hominins.

Memory of all kinds of things that no longer exist could often seem more important than what does exist now. We would remember our childhood caretakers long after they had died. Our memory of them was real to us even when they no longer existed. It

was a short step to thinking that they as well as our memories of them lived on. Our memories became their spirits. In this, memory was tied to another cognitive explosion: imagination. We would imagine what never existed and then take steps to make those ideas physical. We can assume here that no one has seen their ancestors in the afterlife, but we have been taking steps to prepare them for it long before written history. A heaven may or may not exist, but graves in which people seem to have prepared their ancestors for the next world do exist. Not only these people but also the goods they would need to live well in the next life had spirits; so we buried pots, weapons, jewelry, and other items with them. As it turned out, they could take it with them.

Another way to imagine came from the ability to put together memories of what we had seen to see something new in our mind's eye. An example of this is the Löwenmensch figurine or Lion-Man, a carving discovered in Germany in 1939 (Figure 1). We can remember seeing a lion and a man but never a creature that was both. Our ability to imagine a synthesis created a new idea, a new option of what might be. No one had ever seen a lion-man, but an artist from 35,000 to 40,000 years ago could imagine and sculpt one from mammoth ivory⁴. At that time, no one had ever seen a city or a computer, but eventually, imaginative people planned for and created them.

Memory and imagination opened up what could be real for us. It gave us options about what we have been a part of over time, as well as how we could participate in what came before—or what would come after us. What we remember and how we reflect on memory opens up new futures for us.

Religious Histories

We have many ways of how we go about keeping track of our memories. Methods of keeping track of days and other units such as months or years may have been developed as early as the Neolithic period. The Wurdi Youang stone arrangement dating to between 11,000 and 20,000 years ago in Victoria, Australia, seems to have served this purpose. England's famous Stonehenge, built about 4,000 to 5,000 years ago, may have recorded and predicted the winter and summer solstices. A number of Maya constructions, such as the Caracol at Chichén Itzá, are aligned with a variety of celestial events that mark calendrical dates. These and many other examples indicate periods before writing when our ancestors saw themselves in relationship with the cosmos, with its events that had happened and could be expected to happen again. Memory and expectation were connected.

These cosmic events may have been thought to be associated with events on Earth, such as the appearance of certain plants, movements of herds, or the coming of rains. Cosmological observations and their association with local events developed into or often became part of ritual and religion. They were also useful in the recording of the passage of time. Religions often date time from an important event in their own histories or their understanding of the creation of the universe. This might have to do primarily with annual cycles that repeated themselves. Cyclical time has often been the norm. Sometimes, annual cycles were part of longer cycles. For example, the Maya had a count of 365 days in a year, (eighteen months each of twenty days, with a transitional month of five days) or Haab'. A k'atun of twenty years or 7,200 days, a baktun of 144,000 days, a thirteen baktun Long Count, and a 52-year-long cycle, the Calendar Round, based on a



Figure 1: The Lion Man: An Ice Age Masterpiece.

comparison of the 260 ritual calendar with the Haab'. They had other counts of days as well. The ancient Mayan long count began on the date for the most recent creation date, the equivalent of August 11, 3114 BCE in the Proleptic Gregorian calendar.

The calendars used officially in China before 1911 were primarily solar-lunar cyclical calendars that corresponded to astronomical and seasonal events useful to farmers. Also, reign years, Huang Li, were associated with a number of the emperors.

Other religious calendars also keep track of the passage of time. In the Hindu calendar, it is 5,122 years since Śri Kṛṣṇa returned to his eternal abode. In Buddhist calendars, the Buddha attained parinibbāna on or around 13 May 544 BCE. Yose ben Halafta, a Jewish rabbi from the second century CE calculated that the creation began in Elul 25 of Year 1 (3761 BCE). Maimonides, the twelfth-century Jewish philosopher and scientist, stated that the beginning of creation was in the Hebrew Year 0 (referred to as "Anno

Mundi o" in Latin), and that the creation of humans was in Anno Mundi 1, which corresponds to 3761 B.C.E."⁶ The current year (2020 CE) in the Jewish calendar is 5780.

A traditional date is the one used by the publication date of this issue: 2020. This date had referred to the number of years since Christ's birth. St. Augustine (A.D. 354-430), in his work *The Literal Meaning of Genesis (De Genesi ad litteram libri duodecim)*, argued that Earth was about 6,000 years old.⁶ James Ussher, a church leader in seventeenth century Ireland, roughly agreed with the date of creation still used for the Jewish calendar and by Augustine. Ussher's reading of Biblical and other ancient texts led him to establish the date of creation at "the entrance of the night preceding the 23rd day of October . . . the year before Christ 4004."⁷ What mattered to Christians was not so much the creation of the world, but the recreation in Christ. As was written in the Christian Bible's epistle, 2 Corinthians 5:17, ". . . if anyone is in Christ, the new creation has come: The old has gone, the new is here!"

Beginning in the second century after Christ, some bishops in the Eastern Roman empire began counting years since the birth of Jesus. However, various scholars used different calendars to place Jesus' birth in slightly different years. The issue had not yet been settled even by three centuries later. Dionysius Exiguus, also known as Dennis the Little, was a monk originally from modern day Romania and Bulgaria who later worked in Rome. His primary concern was locating the dates of Easter in different years within the annual liturgical calendar. He was the first to record a date for an Easter 525 years after the birth of Christ, or in the Anno Domini, A.D., in the year of our Lord. Some had previously stated that Christ had been born 5,500 years after the world had been created and then predicted that Jesus would return in the year 6000.⁸ The Era of the Incarnation . . . was soon much used in Italy and, to some extent, a little later in Spain; during the eighth and

ninth centuries it was adopted in England. Charlemagne is said to have been the first Christian ruler to employ it officially. Not until the tenth century was it employed in the papal chancery.⁹ This dating system now generally refers to the beginning of a secular Common Era (CE), or Before the Common Era (BCE) in place of one counting years Before Christ or in the Year of Our Lord. It keeps the numbers of years for convenience but drops the religious starting point.

Islam, too, begins its count of years from a key event in its history. The Islamic calendar calculates 1441 years since the emigration of Muhammad from Mecca to Medina, known as the Hijra. For many centuries now, great numbers of people have placed themselves in time within these religious frameworks that stretch back millennia.

Political, National, and Social Histories

To distinguish between politics and religion is not always easy, since they have often been so intertwined. Political leaders have often claimed some sort of religious status. Still, we can see how the count of years in calendars has frequently been politically defined. It might begin with the coming to power of a leader or a dynasty or in terms of national political histories.

During the Roman Republic, years, too, were dated by consulships. Dennis the Little wanted to change the common system of his time of counting years since the founding of Rome or since the coming to power of Diocletian, the Era of the Martyrs.

In European history, God's sovereignty gave way to dynastic sovereignty after the Peace of Westphalia in 1648. Under the principle of *Cuius regio, eius religio* (whose realm, his religion), loyal subjects accepted either Catholicism or the branch of Protestantism that their sovereign monarch held. Being a loyal sub-

ject of King Henry VIII meant being a member of the Church of England that he headed. Especially with the French Enlightenment and Revolution, dynastic sovereignty gave way to national or popular sovereignty. Citizens of the nation were the people who held political sovereignty. The histories of nations more than dynasties or religions became what mattered. How and when did a nation originate and then develop?

One example of this is Joseph Priestley, an eighteenth-century English Separatist theologian, natural philosopher, chemist, and liberal political theorist. He has been credited with the discovery of oxygen, among other scientific accomplishments. In 1769, he dedicated his "New Chart of History" to his friend and fellow politically active scientist, Benjamin Franklin. (see Figure 3) He did not begin with the creation of the world, a religious starting point, or the coming to power of a monarch. Instead of those types of beginning points for time frames, he began his history with the ancient nations of Israel and Egypt. To be sure, these were national starting points that happened to correspond to the inherited sense of time from the Bible. Even so, his chart did not mention Genesis, King David, or Djoser. His new account of history was global as well as national; it included many, if not most, of the world's great nations and some regions, such as those of Scandinavia, Poland, Russia, Great Britain, Spain, France, Italy, Turkey in Europe, Turkey in Asia, Germany, Persia, India, China, Africa and America.

The Republican Calendar (Figure 3) sought to place the new regime in France after the French Revolution of 1789 within a newly devised time frame that was rational and freed from medieval superstition. It did not begin the record of time with Jesus's birth or ancient Israel. The count of years would

begin with the momentous recent events in France. People disagreed whether the count of years should begin with the Great Revolution of July 14, 1789, but those who favored beginning the count of years with that of the Republic on September 22, 1792, won the argument. Decimal time was considered more rational, so each day was to have ten hours, each with one hundred minutes and each minute one hundred seconds. The limits to rationality and the respect for classical tradition left the number of years to use Roman numerals, such as An (Year) I or VI or X. The Republican calendar was used in France for twelve years from late 1793 to 1805, and for eighteen days by the Paris Commune in 1871.

The teaching of history in America never led to a new calendar, but for many, national history is the history that mattered. The nation's nearly sacred documents from 1776 and 1787 were almost Biblical in importance. As C. Bradley Thompson writes, Abraham Lincoln paraphrased Proverbs (25:11) and "asserted that the Declaration's liberty principle "was the word, 'fitly spoken' which has proved an 'apple of gold' to us." The Constitution was the "picture of silver" that 'framed' the Declaration."¹¹ It was not God's creation of the world or the new creation in Christ that seemed to engage many as much as the Manifest Destiny of the Republic in a New Land. The classical civil religion of America is where Walter A. McDougall begins his *Tragedy of U.S. Foreign Policy*.¹² The papacy had its papal succession reaching back to Jesus; the United States has its constitutional dynasty begun with George Washington. The current latest occupant of the presidential succession is Donald Trump, the 45th holder of the office. Some Americans took pride in the unbroken

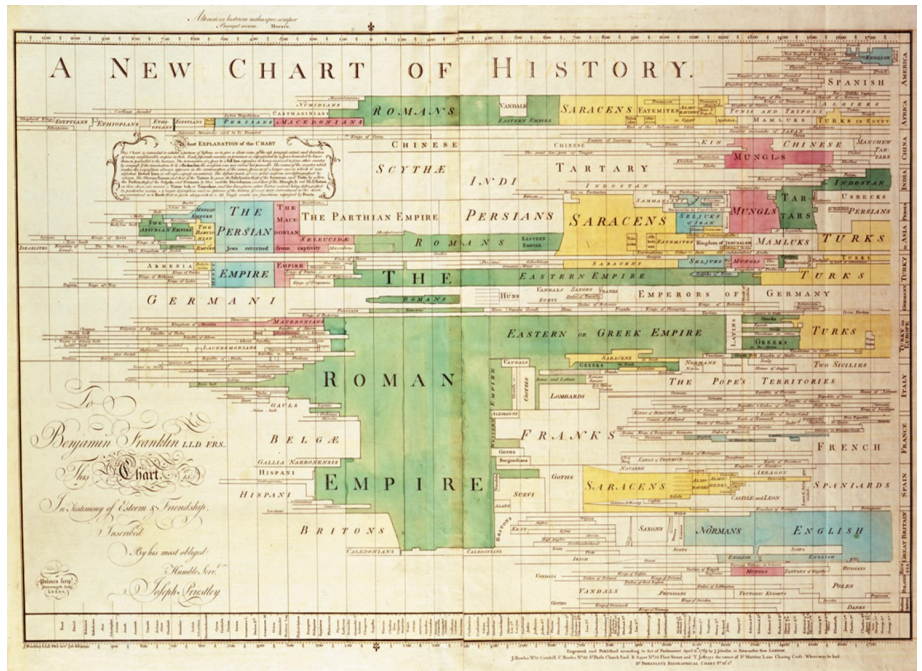


Figure 2. A color version of Joseph Priestly's *A New Chart of History*. To Benjamin Franklin LLD. FRs. This Chart In Testimony of Esteem & Friendship. Inscribed By his most obliged Humble Serv. Joseph Priestly. 1769.



Figure 3. Calendrier républicain...: an III, [estampe] / P.L. Debucourt del. et sculp. 1794.

constitutional succession of power reaching back to 1789.

American political identity is bound up with being aware of the history of the American national experience that was a key purpose of public education.

When the American Historical Association (AHA) was founded in 1884, history had only recently emerged as a distinct academic discipline. “The first few professors in the field of history had first been appointed at major universities in the 1870s.”¹² The country had survived its Civil War and the last spike of the transcontinental railroad had been driven in 1869. The nation had achieved its Manifest Destiny of integrating territory from sea to shining sea. It was ready to tell its story. In 1872, John Gast painted his *American Progress*, showing a woman with flowing blonde hair and billowing white robe flying like a goddess over settlers and developers who were replacing wild animals and peoples¹³ (Figure 4). The state was ready to sponsor public

schools in part to foster nationalism and good citizenship. American history, not the histories of all nations, was on the curriculum. Americans were not the only ones who celebrated their national histories.¹⁴ Many histories of many nations purport to encourage national political identity. Heroic figures, great battles, and epic events form the origin stories of many nations and the political identities of many citizens.

Similarly, the American Political Science Association was founded a few decades after the AHA, in 1903. The study of political science, like history, was associated with being American and even participating in American public life. Courses on the three branches of government were eventually supplemented by work on ethnic, class, and gender politics, along with many other sub-fields. Knowing about and understanding the events leading to—and the texts of—the Declaration of Independence, Constitution, Gettysburg Address, the Letter from a Bir-

mingham Jail, and much else became part of being a good American citizen.

Not only American political history has been a commonly taught course and an important part of forming national identities. Courses on any number of other national, and sometimes regional, histories have been common: courses on British, French, Russian, Chinese, African, Latin American histories have been common in American universities and elsewhere. If students left with little else, they took away that nations merited study. The time that each course used to begin a course varied significantly. The course normally began some centuries ago. In some cases, such as with courses on ancient Roman or Chinese history, the course might begin with events millennia ago.

Social Histories

Over the past generation, the study and teaching about nations have fallen on hard times. As Jill Lepore observes, intellectuals “stopped studying the nation, believing that the nation-state was on the decline. The world had grown global, tied together by intricate webs of trade and accelerating forms of transportation and communication. The future was cosmopolitan, they insisted, not provincial. Why bother to study the nation?”¹⁵

Many historians began to move away from political and national histories in favor of investigating social history, or the histories of race, gender, class, and other categories of people at various points within the last decades, centuries, or millennia. Studies of African-Americans, Afro-Latinos, women, people from LGBTQ communities, and others became much more common. To these were added thematic histories, such as environmental histories. These were often told as part of an effort to give voice to the heretofore voiceless or understudied groups. Still, most



Figure 4 John Gast, *American Progress*, 1872.

national, political and even social histories were usually limited to the period of the written record of the human past.

Everyone has a story, not just important political leaders and great nations. If they did not fit neatly into a grand narrative, so much the better. Grand, all-encompassing narratives ended up just excluding marginalized groups and served the interests of the groups domineering the creation of culture.

World History

Some historians sought a larger framework than the study of nations, regime types, or social groups. Just over a century after the formation of the AHA, in 1982, some historians banded together in the World History Association to tell a story of globalization. These were histories of humanity at least since the dawn of agricultural societies.¹⁶ Historians comb archives filled with primary documents, perhaps going back even as far as ancient Sumer. By the time writing had developed in Sumer by 2700 BCE, different groups of people were living on all continents and regions in the world except Antarctica. Peoples were speaking different languages and had developed distinct cultures; the now familiar physical differences among peoples were visible. Civilizational, regional, national, ethnic, and other differences were already well developed. Beginning the study of humans within this period of time leaves out a very long prelude.

Historians whose purpose is to foster a global political identity face the task of trying to build bridges among various pre-existing cultural identities. By starting the teaching of history within the past few thousand years, the story starts with well-established differences that have often led to conflicts. This approach begins with difference and

often with distrust and hostility. What political identity would be formed if the starting points of political stories are pushed back before the origins of nations? If the human political story is shown to begin in Africa at least 200,000 years ago, then new human identities may be a result of courses on human politics in addition to those on American, British, Chinese, and other nations.

Perhaps, welcomed or not, national histories have made a come-back in recent years. China, India, the United States, Britain, and others all seem to be keen on making their nations great again. Many have seen a new tribalism in the global wave of populism of recent years in which various social groups seek more impermeable boundaries. Despite this, others challenged and sought to expand on national, social, and even world histories.

Big History

William McNeill began his world history text with the revolution in food production between 8500 and 7000 B.C.¹⁷ By doing so, he used sources other than archived writings. To discuss his topic, he had to refer to artifacts and archaeology. This opened a flood gate for some historians who learned from the natural sciences how to go beyond written materials in archives to examine the past that came before writing. These historians began to place the written record of the human past within the natural record of the entire known past. In doing so, they entered an intellectual world that geologists, astronomers, astrophysicists, chemists, biologists, physical anthropologists, and others had been developing for centuries. It was the natural scientists rather than the traditional historians and others in the humanities and social sciences who revolutionized our understanding of our place in the past. The

past did not begin with the *Epic of Gilgamesh* in the Middle East some 4,000 years ago, the writings of the Bible, or the pre-Socratics. Scientists learned how to read the stories told by light, stones, bones, and blood: stories about times millions and billions of year ago. Humans were indeed formed from the same elements that are common on the surface of the Earth, but they were clearly not formed directly from a clump of clay. The first single cell organisms were formed from the elements and chemicals found on the Earth's crust. The carbon, hydrogen, amino acids, and proteins themselves had had long histories. As Carl Sagan so eloquently and famously observed, we are all made of star stuff. Then as Walter Alvarez and others argued, the star stuff was concentrated by Earth.¹⁸ Then it took billions of years of evolution between the first single cell organisms and humans.

Eric Chaisson, David Christian, Fred Spier, and many others published evidence-based accounts of the periods of time reaching from the Big Bang 13.82 billion years ago to those of stars and galaxies, chemicals, terrestrial planets like Earth, life, evolution, and human culture. History did not begin with nations, civilizations, or even agriculture; it began with the beginning of time and space.¹⁹ In 2010, the International Big History Association was formed with the purpose of examining "the integrated history of the Cosmos, Earth, Life, and Humanity, using the best available empirical evidence and scholarly methods." The bulletin of the IBHA, *Origins*, as well as the organization's *Journal of Big History*, present writings and academic articles about these topics.²⁰ David Christian, who coined the term Big History, published *Origin Story: A Big History of Everything* in 2018.²¹ It begins with the Big Bang and goes through the

Anthropocene, or that current period of Earth's history when humans have the planet's dominant impact on it.

Histories of nations from around the world challenged the idea that a single religion's idea is best to date all events. World history challenged the predominant idea of dividing humanity into national borders and social groups; it sought an integrated history of all of humanity since the agricultural revolution. Big history placed that human history into its own past of some 200,000 to 300,000 years, and then the many steps that had to be taken over 13.82 billion years in order to get to Earth, life, and humanity.

The new view of who we are, where we come from, and what we are a part of was reinforced by the *Earthrise* photo taken on December 24, 1968, by Apollo 8 astronaut William Anders. It is the photo that Fred Spier used for the cover of his book on *Big History and the Future of Humanity*. He has reflected on that photo ever since.²² Seeing Earth from the vantage point of the moon changed who we are. The beautiful blue, white, and green Earth shown like a jewel in very black, foreboding space. There was no Planet B to which we could escape with our technology then or now if we manage to make our Earth uninhabitable. For many, old ideas of national security paled in comparison to global homeland security.

SETI and a Coming of Age Story

As striking as the view of the Earth from the moon was, many wondered whether other habitable planets soared beyond our solar system. Mars had once been thought to be a possible homeland for intelligent life but increasingly lent itself to questions about its hosting even microbial life. One of our best hopes is in the seas of one of Jupiter's moons, Io. The search for ex-

oplanets (planets outside our solar system), life anywhere in the universe beyond that on Earth, and extra-terrestrial intelligence all challenge and extend big history. Big history is not big enough for these fields. Many planets other than Earth have been identified; as of 2019 over 4,000 have been detected just within our local area of our own galaxy.²³ The number of planets in the universe with over one hundred billion galaxies must be phenomenal.

The interest in the possibility of many other planets has not been unique to our own time. German Cardinal Nicholas of Cusa suggested in the fifteenth century that other planets existed around other stars than our sun. He wrote that "The earth is a star like other stars, is not the centre of the universe, is not at rest, nor are its poles fixed. The celestial bodies are not strictly spherical, nor are their orbits circular."²⁴ The sixteenth century Italian Dominican friar, Giordano Bruno, argued that stars were distant suns surrounded by their own planets, as well as that the universe is infinite and could have no center.

In 1685, the French author Bernard le Bovier de Fontenelle published *Conversations on the Plurality of Worlds*. He wrote it not in Latin, which was common for scholars of the time, but in French since his purpose was to make the ideas accessible to popular culture.²⁵

A major difference between these early writings and SETI is the great scientific and technological advances made in recent times that permit us to look for physical evidence of exoplanets rather than just speculate about them. We can now use observation to establish that other habitable planets do exist, that is, those with liquid water that can host life as we can imagine it.

We have successfully found evidence for exoplanets; we are still looking for evidence of any other life, much less intelligent life, beyond Earth. How likely it is that we will find evidence for it is still an open question. In 1961, Frank Drake wrote his famous equation that suggested what we needed to know before we could calculate how many life forms beyond Earth existed. It was:

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

where

N = the number of civilizations in our galaxy with which communication might be possible (i.e., which are on our current past light cone); and

R = the average rate of star formation in our galaxy,

f_p = the fraction of those stars that have planets,

n_e = the average number of planets that can potentially support life per star that has planets,

f_i = the fraction of planets that could support life that actually develop life at some point,

f_c = the fraction of planets with life that actually go on to develop intelligent life (civilizations),

f_c = the fraction of civilizations that develop a technology that releases detectable signs of their existence into space, and

L = the length of time for which such civilizations release detectable signals into space.

On Earth alone, an almost infinite variety of life forms in addition to humans coexists. Would it be surprising if on the almost limitless number of planets within the universe, many other life forms, including intelligent ones, thrive? Big history's interest in the cosmos is fine; its emphases on Earth, life

on Earth, and humanity are just too myopic. We need also to think about and search for exoplanets, astrobiology, and exo-intelligence.

To many, it seemed very likely that with innumerable habitable planets, only a few of which we have discovered, there must be many extraterrestrial life forms.²⁶ The great Italian-American physicist, Enrico Fermi, thought so, too, but then, he asked, "So where is everybody?"²⁷

Detection and Communication

So far we have not yet detected extraterrestrial life or intelligence. An even more ambitious hope is that perhaps we might communicate with extraterrestrial life or form some sort of relationship with the other beings.²⁸ More ambitious yet is the idea of their visiting Earth or our traveling there.²⁹ Given the enormous difficulties of travel over such distances, we certainly have no way now or in the near future of doing such. Other far more advanced civilizations may have figured it out, but no evidence has persuaded scientists of such visits yet. We have not even detected the far more likely radiation from civilizations beyond Earth.

Coming of Age Story

Even though we have not found examples of simple or intelligent life beyond Earth, the search is influential. For many centuries, we thought that our Earth was the center of the universe. We thought we were the only life forms in the cosmos. Even just a century ago, well after we learned that we orbited around the sun, most assumed that we were in the universe's only galaxy. Not until Edwin Hubble and others proved that there were an enormous number of other galaxies did we realize that there were not just a few clouds or nebulae circling the Milky Way. Before 1995, we had no evidence of planets outside our solar system. Now we know there are

thousands just within a few thousand light years of ours. We did not assume that we are all that exists. We have gone looking for and found other planets. We have gone looking for life beyond Earth, and intelligent life beyond Earth and we are still looking.

Imagining and searching for extraterrestrial life and intelligence represent the next level of complexity that big history had not before emphasized. The story of big history was already about the increasing complexity of relationships. History depended on the emergence of earlier relationships being incorporated into new, more complex ones with new properties. Big history presented a narrative of up and down quarks in relationship within neutrons and protons through the mediation of the strong force. Protons and neutrons formed relationships with electrons through the mediation of the electromagnetic force. The dynamic equilibrium between gravity and nuclear fusion permitted stars to form nuclei with greater numbers of protons than hydrogen and helium had previously achieved. These elements, once spewed into space by dying stars or supernovae, connected within multi-element chemicals. With this process, plus neutron stars colliding with each other, heavier elements were available to form terrestrial planets. Some like Earth had multiple levels, with a metallic core, magma, a seafloor, continental plates, and much more. Chemistry evolved into bio-chemistry that evolved into the most complex sets of relationships to date within viruses and single cell prokaryote cells. These eventually became even more complex with new organelles and a nucleus in eukaryote cells. Multicellular life forms exploded into an almost infinite number of life forms in the Cambrian period. A devastating meteor may have caused the extinction of non-avian dinosaurs and given mammals

space to evolve eventually into *Homo sapiens*. Relationships among individuals of our own kind went from nomadic kinship groups to settled agricultural villages to city states, nations, empires, and fragile global institutions. Now, with authors like H. G. Wells and SETI scientists, we could imagine a next level of inter-planetary, inter-galactic relationships. The idea was as preposterous as the idea of a prokaryote cell would have been to the earliest carbon, hydrogen, and oxygen atoms.

An ironic effect develops in how we understand ourselves, life, and Earth as soon as we start to think about other planets and lifeforms and intelligent beings. Even if we do not find extraterrestrial life, the search matures us. We think about the origins of other planets, other life forms, other intelligent beings, and we do not exclusively think about our own origins. This process is not an origin story for us; it is a coming of age story. An individual person might be said to come of age with the realization that other persons exist independently and have their own ideas, emotions, and interests. Some had that maturation from a keen interest in the evolution of other species here on Earth. The line from life runs not only to humanity, as in the IBHA purpose statement, but to an almost infinite number of other species on and perhaps beyond Earth.

Popular Culture

Many people have not waited for mere evidence of extra-terrestrial life and intelligence to imagine what it might be and how it would affect us. Life forms and highly developed civilizations on other planets have caught our attention in a host of fictional sources, including novels, movies, comic books, television series, and songs.

Percival Lowell popularized the idea about intelligent life on Mars in his

three books: *Mars* (1895), *Mars and Its Canals* (1906), and *Mars as the Abode of Life* (1908).³⁰ Within two years of Lowell's 1895 book, H. G. Wells published his novel *The War of the Worlds*. In 1938, Orson Welles adapted and had the story performed on radio, causing widespread panic in the United States.³¹

Sightings of UFOs were more common in the 1950s,³² but we still regularly receive reports of them, with some suspicion that our government is suppressing knowledge about them for fear of the panic it would cause.

In 1966, the Byrds sang in "Mr. Space-man" about

...those strangers that come every night [,] / Those saucer shaped lights put people uptight / Leave blue-green footprints that glow in the dark [,] / I hope they get home alright.

The *Star Trek* television series ran from 1966-69, and has retained devoted fans ever since. George Lucas' phenomenally successful series of movies, *Star Wars*, began in 1977. In 1982, we saw Steven Spielberg's magnificent movie, *E.T. the Extra-Terrestrial*. In 1997, Jodie Foster starred in *Contact*, based on Carl Sagan's book by that name. No less enchanting was James Cameron's 2009 *Avatar*. The list of popular accounts of extra-terrestrial life is extensive.³³ We seemingly cannot get enough of the fear, marvel, excitement, and wonder from the thought of what life forms on other planets might mean for us.

While these are often marvelously entertaining, they also often permit us to reflect on what discovery of extra-terrestrial life would mean for us. Will we bicycle with E.T. across the sky or fight Darth Vader in high-tech intergalactic battles? Will the extra-terrestrial life forms we discover be just microbes? Will they offer us new medicines or pandemic diseases? How do we

imagine our relationship with them? These are among serious reasons why we are fascinated by yet undiscovered extraterrestrial life.

A Story of Endings

Coming of age comes from not only a relationship, even if it is only speculative, with other planets' life forms. It also comes from a sense of mortality. Even if we do answer Fermi's paradox and find evidence of other intelligent life forms through detecting some sort of radio signals, our new-found life forms are likely to be a great distance from us. We have looked within only 5,000 light years for habitable planets. Just our own galaxy is 100,000 light years across. We have barely begun to explore our own galaxy, much less the other hundred billion. If we receive a signal from only a thousand light years away, it will take 2,000 years at best before we would get our reply to them and then their reply to us. That is hardly the rate of communication on which to build a meaningful relationship. Any of us who heard their first signal and then send a reply will most certainly be long dead by the time they respond. Even more bothersome, will their civilization still exist when we do finally get our reply to them? Maybe they, too, are ravishing their own environment or blowing up each other. Will ours exist when we get their response? After just a handful of episodes in our dialogue with our new friends, it is more likely than we might want to admit that our species will be gone.

Admittedly, big history, too, has long been not only about origins; it has also been about endings. We listened to the astronomers and astrophysicists who talked about our sun becoming a Red Giant within five billion years, expanding until it evaporates Earth's oceans and fries any creature still hanging on to life. The *coup de grâce* comes from

dark energy that is pulling the galaxies in our universe apart. Many keep vanishing beyond an event horizon, never to be seen again by us. Given enough time, most of the galaxies in our universe will have sped out of our view, leaving us with a mostly black sky. Then, our own local galaxies and even matter might come apart. Chinua Achebe was even more right than he knew; things do indeed fall apart—³⁴ or things get ripped apart. In the long run, everything does. In this view, the Big Rip follows the Big Bang. It is not only we as persons and as a species that will end; it is our solar system and our entire universe—perhaps. We knew this possibility, but *Origins* kept sounding more upbeat. Perhaps many of us who were rather long in the tooth were also like some teenagers who can be dare-devils because they seem to think they are immortal. If we end our story with the Anthropocene, it almost suggests that this is a period that will go on forever. It won't. *Homo sapiens* have existed a mere two to three hundred thousand years. How long we will survive is anybody's guess, but it is highly unlikely that we will be here until the Red Giant of our sun makes life on Earth impossible. The hopes that after we complete the destruction of our home planet we can migrate to some other is an idea that some have entertained. It is the stuff of science fiction for now. Discussing how humanity, life, Earth, and exoplanets will end is nobody's idea of a good time, but that is part of our Coming of Age Story.

Conclusions

SETI challenges and expands on big history's purpose of examining the planet Earth, life on Earth, and humanity. It reminds us that a myriad of other life forms exist on Earth and that even more may exist on other planets. *Homo sapiens*—"wisemen"—may be only one

among many types of intelligent beings, each with their own long and complex histories. In a way, we have recovered our position at the center of the universe that we held in the Ptolemaic worldview. It is just now that all the other planets and galaxies in our universe also began at the same point, and that from their viewpoint, everything else is expanding out from their location. Every place in the universe is the center of the universe. Every place—and every life form—has its own history that stretches back to the beginning of time. The Big Bang leads in steps to us and everything else. The study of Earth, Life, and Humanity needs to be a part of the study of exoplanets, astrobiology, all possible life, and all ways of being intelligent. The effort may help us discover and love our neighbor.

Acknowledgements

I am grateful for the generous support from the Subvention of Publication Program of Villanova University for preparation of this article. I am also grateful to Lacy Loar-Gruenler for her editing of this article; of course any mistakes or errors are my responsibility.

Endnotes

¹Sarah Abbott, “Plant Memory,” *Untamed Science*, <https://untamedscience.com/biology/plants/plant-memory/>, last accessed December 18, 2019; Gagliano M et al. 2014. Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters. *Oecologia*, published online January 05, 2014; doi: 10.1007/s00442-013-2873-7; Robert Krulwich, “Can a Plant Remember? This One Seems to – Here’s the Evidence,” *National Geographic*, December 15, 2015, [https://www.nationalgeographic.com/science/phenomena/2015/12/15/can-a-plant-remember-this-one-seems-to-](https://www.nationalgeographic.com/science/phenomena/2015/12/15/can-a-plant-remember-this-one-seems-to-heres-the-evidence/)

[heres-the-evidence/](https://www.atlasobscura.com/articles/plant-memory-hidden-vernalization); Sarah Laskow, “The Hidden Memories of Plants, *Atlas Obscura*, September 5, 2017, <https://www.atlasobscura.com/articles/plant-memory-hidden-vernalization>, last accessed, December 18, 2019.

²Frans de Waal, “The Surprising Complexity of Animal Memories” *The Atlantic*, June 2, 2019, <https://www.theatlantic.com/science/archive/2019/06/surprising-complexity-animal-memories/589420/>, last accessed December 17, 2019; Panoz-Brown et al., 2018, “Replay of Episodic Memories in the Rat,” *Current Biology* 28, 1628–1634, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.04.006>, last accessed December 17, 2019; Christine Dell-Amore, Dolphins have the longest memories in the animal kingdom, August 6, 2013, *National Geographic*, <https://www.nationalgeographic.com/news/2013/8/130806-dolphins-memories-animals-science-longest/>, last accessed December 17, 2019.

³Klaus Zuberbühler, Predator-Specific Alarm Calls in Campbell’s Monkeys, *Cercopithecus campbelli*, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Vol. 50, No. 5 (Oct., 2001), pp. 414–422, <https://www.jstor.org/stable/4601985>, last accessed December 16, 2019.

⁴The Lion Man: an Ice Age masterpiece, The British Museum, <https://blog.britishmuseum.org/the-lion-man-an-ice-age-masterpiece/>, last accessed December 16, 2019.

⁵David B. Green, This Day in Jewish History 3761 BCE: The World Is Created, According to the Hebrew Calendar and an Obscure Sage. Basing himself on no source but the bible, Rabbi Yose ben Halafta, who lived in the 2nd century CE, sat down and did the math. *Haaretz*, Oct 07, 2015, last accessed on December 10, 2019, [https://www.haaretz.com/jewish/3761-bce-the-](https://www.haaretz.com/jewish/3761-bce-the-world-is-created-1.5405777)

[world-is-created-1.5405777](https://www.haaretz.com/jewish/3761-bce-the-world-is-created-1.5405777).

⁶Taylor, J.H., translation and annotation of St Augustine, *The Literal Meaning of Genesis* (Augustine, De Genesi ad Litteram), Vol. 1, Newman/Paulist Press, New York, 1982. Also see Augustine, *The City of God*, 12.10, ‘Of the falseness of the history which allots many thousand years to the world’s past’, in Schaff, P. (Ed.), NPNF1-02, ref 6, pp.232–233.

⁷Ussher, James. *Annales Veteris Testamenti, a prima mundi origine deducti: una cum rerum asiaticarum et ægyptiacarum chronico, a temporis historici principio usque ad Macabaicorum initia producto*. Londini, ex officina J. Flesher, & prostant apud J. Crook & J. Baker, 1650. Pdf. <https://www.loc.gov/item/21002221/>. <https://www.loc.gov/resource/rbctos.2017gen52659>.

⁸Declercq, Georges: *Anno Domini. The Origins of the Christian Era*. Turnhout Belgium. 2000.

⁹Lersch, *Chronologie*, Freiburg, 1899, p. 233, cited in “Dionysius Exiguus,” the *Catholic Encyclopedia*, <http://www.newadvent.org/cathen/05010b.htm>, last accessed on December 13, 2019.

¹⁰Thompson, C. Bradley. *America’s Revolutionary Mind* (p. xi). New York, Encounter Books, 2019.

¹¹McDougall, Walter A.. *The Tragedy of U.S. Foreign Policy: How America’s Civil Religion Betrayed the National Interest*. New Haven, Yale University Press, 2016, p. 25.

¹²“Brief History of the AHA,” American Historical Association, accessed December 17, 2019, <http://www.historians.org/about-aha-and-membership/aha-history-and-archives/brief-history-of-the-aha>.

¹³John Gast, *American Progress*, Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>, ppmsca 09855 <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/ppmsca.09855>, Reproduction Number: LC-DIG-ppmsca-09855 Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>. Last accessed December 17, 2019.

¹⁴Benedict Anderson, *Imagined Communities: Reflections on the Origin and Spread of Nationalism* (London: Verso, 1991); Marc Ferro, *The Use and Abuse of History: Or How the Past Is Taught to Children* (London: Routledge, 2003); Ernest Gellner, *Nations and Nationalism* (Ithaca: Cornell University Press, 1983); Stephen J. Hartnett, Lisa B. Keranen, and Donovan Conley, eds., *Imagining China: Rhetorics of Nationalism in an Age of Globalization* (East Lansing, Michigan: Michigan State University Press, 2017); Derek Hastings, *Nationalism in Modern Europe: Politics, Identity and Belonging since the French Revolution* (London; New York: Bloomsbury Academic, 2017); Guntram Henrik Herb and David H. Kaplan, eds. *Scaling Identities: Nationalism and Territoriality* (Lanham, Maryland: Rowman & Littlefield, 2018); John Hutchinson, *Nationalism and War* (New York: Oxford University Press, 2017); Fawcett Kohl, eds. *Nationalism, Politics and the Practice of Archaeology* (Cambridge University Press, 1996); Ronald Grigor Suny, "Constructing Primordialism: Old Histories for New Nations," *The Journal of Modern History* 73, no. 4 (December 2001): 862-896.

¹⁵Jill Lepore, *This America: The Case for the Nation*, New York, Liveright Publishing Corporation, 2019, p.15.

¹⁶A classic in this genre is William H.

McNeill, *A World History*, Oxford, Oxford University Press, 1979.

¹⁷William H. McNeill, *A World History*, Oxford, Oxford University Press, 1967.

¹⁸Olga García-Moreno, Luís Erick Aguirre-Palafox, Walter Álvarez, William Hawley. "A Little Big History of Iberian Gold," *Journal of Big History*, Volume 1, Issue 1, 2017, <https://doi.org/10.22339/jbh.viii.2243>.

¹⁹See, e.g., Craig Benjamin, Esther Quaedackers, David Baker, *The Routledge Companion to Big History*, New York, Routledge, 2020; Brown, Cynthia Stokes. *Big History: From the Big Bang to the Present*. New York: New Press: Distributed by W. W. Norton, 2007; Carroll, Sean. *The Big Picture: On the Origins of Life, Meaning, and the Universe Itself*. New York: Dutton, 2017; Chaisson, Eric. *Epic of Evolution: Seven Ages of the Cosmos*. New York: Columbia University Press, 2006; Christian, David. *Maps of Time: An Introduction to Big History*. The California World History Library. Berkeley: University of California Press, 2004; Christian, David, Cynthia Stokes Brown, and Craig Benjamin. *Big History: Between Nothing and Everything*. New York: McGraw Hill Education, 2014; Dartnell, Lewis. *Origins: How Earth's History Shaped Human History*, New York, Basic Books, 2019; Hazen, Robert. *Genesis: The Scientific Quest for Life's Origin*. Washington, DC: Joseph Henry Press, 2005; Hazen, Robert. *The Story of Earth: The First 4.5 Billion Years, from Stardust to Living Planet*. New York: Viking, 2012; Rodrigue, Barry, Leonid Grinin, Andrey Korotayev, co-editors, *From Big Bang to Galactic Civilizations: A Big History Anthology*. Delhi: Primus Books, 2015–2016. three-volumes; Shubin, Neil. *The Universe Within: Discovering the Common History of Rocks, Planets, and Peo-*

ple. New York: Pantheon Books, 2013; Shubin, Neil. *Your Inner Fish: A Journey into the 3.5-Billion-Year History of the Human Body*. New York, Vintage, 2008; Spier, Fred. *Big History and the Future of Humanity*. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons Inc., 2015; Volk, Tyler, *Quarks to Culture: How We Came to Be*, New York, Columbia University Press, 2017.

²⁰Archived copies of *Origins* may be found at <https://bighistory.org/members/origins-bulletin/>; the *Journal of Big History* is at <https://jbh.journals.villanova.edu/>.

²¹David Christian, *Origin Story: A Big History of Everything*, New York, Little, Brown and Company, 2018.

²²Spier, F. (2019) On the social impact of the Apollo 8 Earthrise photo, or the lack of it? *Journal of Big History*, III (3); 117 - 150. <https://doi.org/10.22339/jbh.v3i3.3390>, last accessed December 15, 2019.

²³Dennis Overbye, Search for Habitable Worlds Joined by New European Space Telescope, New York Times, December 18, 2019, <https://www.nytimes.com/2019/12/18/science/cheops-satellite-launch.html?action=click&module=RelatedLinks&pgtype=Article>, last accessed December 23, 2019; Exoplanet Exploration: Planets beyond our solar system, NASA, <https://exoplanets.nasa.gov/>, last accessed on December 16, 2019; Campante, Tiago L., Nuno C. Santos, and Ma'rio J. P. F. G. Monteiro. *Asteroseismology and Exoplanets: Listening to the Stars and Searching for New Worlds: IVth Azores International Advanced School in Space Sciences*. Cham: Springer, 2018; Carroll, Michael. *Earths of Distant Suns: How We Find Them, Communicate With Them, and Maybe Even Travel There*. Cham: Springer International Publishing: Imprint: Copernicus,

2017; Exoplanet Discoveries: Have We Found Other Earths?: Joint Hearing Before the Subcommittee On Space & Subcommittee On Research, Committee On Science, Space, and Technology, House of Representatives, One Hundred Thirteenth Congress, First Session, Thursday, May 9, 2013. Washington: U.S. Government Printing Office, 2013; Fontenelle, M. de 1657-1757., and John Glanvill. *A Plurality of Worlds*. London: Printed for R. Bentley and S. Magnes, 1688; Frank, Adam. *Light of the Stars: Alien Worlds and the Fate of the Earth*. New York, NY: W.W. Norton & Company, 2018; Howard, Sethanne. "Exoplanets." *Journal of the Washington Academy of Sciences* 97, no. 3 (2011): 33-53; Kitchin, C. R. *Exoplanets: Finding, Exploring, and Understanding Alien Worlds*. New York, NY: Springer, 2012; Lemonick, Michael D. *Mirror Earth: The Search for Our Planet's Twin*. 1st U.S. ed. New York: Walker, 2012; Sage, Leslie. "Exoplanets." *Nature* 513, no. 7518 (2014): 327; Seager, Sara. *Exoplanets*. Tucson: University of Arizona Press, 2011.

²⁴Nicholas of Cusa, *Catholic Encyclopedia*, <https://www.catholic.org/encyclopedia/view.php?id=8455>, last accessed December 18, 2019; Nicholas of Cusa (1401—1464); also see *The Internet Encyclopedia of Philosophy* (IEP), <https://www.iep.utm.edu/nicholas/#H4>, last accessed December 18, 2019.

²⁵*A plurality of worlds written in French by the author of the Dialogues of the Dead*; translated into English by Mr. Glanvill. Fontenelle, M. de (Bernard Le Bovier), 1657-1757., Glanvill, John, 1664?-1735. London: Printed for R. Bentley and S. Magnes, 1688. <https://quod.lib.umich.edu/e/eebo/A39871.0001.001?view=toc>, last accessed, December 18, 2019.

²⁶Asimov, Isaac. *Extraterrestrial Civi-*

lizations. New York: Crown Publishers, 1979; Dick, Steven J. *Plurality of Worlds: The Origins of the Extraterrestrial Life Debate From Democritus to Kant*. Cambridge [Cambridgeshire]; New York: Cambridge University Press, 1982; Dick, Steven J. *Life On Other Worlds: The 20th-century Extraterrestrial Life Debate*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 1998; Hamilton, Joseph. *The Starry Hosts: A Plea for the Habitation of the Planets*. London: Edinburgh: Simpkin, Marshall; A. Elliott, [etc.], 1875; Jayawardhana, Ray. *Strange New Worlds: The Search for Alien Planets and Life Beyond Our Solar System*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2011; Linde, Peter. *The Hunt for Alien Life: A Wider Perspective*. 1st edition 2016. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2016; Macvey, John W. *Whispers From Space*. New York: Macmillan, 1973; Morrison, Philip., John Billingham, and John Wolfe. *The Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI*. [Washington, D.C.]: National Aeronautics and Space Administration, Scientific and Technical Information Office, 1977; Regis, Edward. *Extraterrestrials: Science and Alien Intelligence*. Cambridge [Cambridgeshire] ; New York: Cambridge University Press, 1985; Ross, Monte. *The Search for Extraterrestrials: Intercepting Alien Signals*. Berlin ; New York : Chichester, UK: Springer; published in association with Praxis, 2009; SETI: Search for Extra-terrestrial Intelligence. Washington, D.C.: Moffett Field, Calif.: Pasadena, Calif.: Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration; Ames Research Center, SETI Office; Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, SETI Office ; NASA Headquarters, Office of Space Sciences and Applications, Life Sciences Division, 1990; Shuch, H. Paul. *Searching for Extrater-*

restrial Intelligence: SETI Past, Present, and Future. Berlin; Heidelberg; New York: Chichester: Springer; Praxis Publishing, 2011; Squeri, Lawrence. *Waiting for Contact: The Search for Extraterrestrial Intelligence*. Gainesville, Florida: University Press of Florida, 2016; Traphagan, John. *Extraterrestrial Intelligence and Human Imagination: SETI At the Intersection of Science, Religion, and Culture*. Cham: Springer, 2014; Vakoch, Douglas A., and Albert A. Harrison. *Civilizations Beyond Earth: Extraterrestrial Life and Society*. New York: Berghahn Books, 2011; Waldrop, M. Mitchell. "The Search for Alien Intelligence: SETI Is Dead? Long Live SETI." *Nature* 475, no. 7357 (2011): 442-444; Wall, Michael. *Out There: A Scientific Guide to Alien Life, Antimatter, and Human Space Travel (For the Cosmically Curious)*. Grand Central Publishing, New York, 2018.

²⁷Milan M. Cirkovic: *The Great Silence: The Science and Philosophy of Fermi's Paradox*: Oxford University Press, Great Clarendon Street, Oxford OX2 6DP, United Kingdom, 2018; Davies, P. C. W. *The Eerie Silence: Renewing Our Search for Alien Intelligence*. 1st U.S. ed. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2010; Webb, Stephen. *If the Universe Is Teeming With Aliens...Where Is Everybody?: Seventy-five Solutions to the Fermi Paradox and the Problem of Extraterrestrial Life*. 2nd Ed. Springer, 2015.

²⁸Hippke, Michael. "Interstellar Communication: The Colors of Optical SETI." *Journal of Astrophysics and Astronomy* 39, no. 6 (2018): 1-16; Vakoch, Douglas A. *Communication with Extraterrestrial Intelligence*. Albany: State University of New York Press, 2011.

²⁹Haswell, Carole A. *Transiting Exoplanets*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

³⁰Percival Lowell, *Mars*, Boston, Houghton, Mifflin, 1896, <https://archive.org/details/marsbypercivalloolowe/page/n8>; *Mars and its canals*, New York, The Macmillan company; London, Macmillan & co., ltd., 1906, <https://archive.org/details/marsanditscanaloilowegoog/page/n13>; *Mars as the Abode of Life*, New York, The Macmillan company, 1908, <https://archive.org/details/agg9438.0001.001.umich.edu/page/n2>, last accessed, December 20, 2019.

³¹H. G. Wells, *The War of the Worlds*, Last Updated: September 20, 2019, Project Gutenberg, <https://www.gutenberg.org/files/36/36-h/36-h.htm>, the original 1938 broadcast is available at various locations, including <https://www.youtube.com/watch?v=9q7tN7MhQ4I>, last accessed December 16, 2019.

³²E.g., Donald Keyhoe, *Flying Saucers from Outer Space*, New York, Henry Holt 1953.

³³See, e.g. Extraterrestrial life in popular culture, https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Extraterrestrial_life_in_popular_culture; List of films featuring extraterrestrials, https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_films_featuring_extraterrestrials, last accessed December 20, 2019.

List_of_films_featuring_extraterrestrials; Songs about extraterrestrial life, https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Songs_about_extraterrestrial_life; Books about extraterrestrial life, https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Books_about_extraterrestrial_life, last accessed December 20, 2019.

³⁴Achebe, Chinua. *The African Trilogy*. (London: Everyman's Library, 2010) ISBN 9781841593272. Edited with an introduction by Chimamanda Ngozi Adichie. *Things Fall Apart*, *No Longer at Ease*, and *Arrow of God* in one volume.

SETI e la Grande Storia: Sfide ed Espansione

Lowell S. Gustafson

Department of Political Science, Villanova University

Tradotto da Demetrio S. Yocum

Correspondence | Lowell S. Gustafson, lowell.gustafson@villanova.edu

Citation | Gustafson, L. 2020. "SETI e la Grande Storia: Sfide ed Espansione." Tradotto da Demetrio S. Yocum. *Journal of Big History* IV (2): 17-29.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4211>

Abstract: SETI è una delle sfide significative per la sua struttura che espande gli scopi della grande storia. La grande storia aveva esercitato un impatto simile sulla storia mondiale, così come le precedenti storie nazionali, che a loro volta avevano avuto un impatto sulla storia religiosa. La grande storia cerca di usare le prove e le migliori analisi teoriche per integrare gli studi del cosmo, della Terra, della vita sulla Terra e dell'umanità. SETI condivide l'interesse per il cosmo, ma prende in considerazione esopianeti, astrobiologia e la possibilità di intelligenza extraterrestre. In questo articolo, si considera la relazione in via di sviluppo tra gli obiettivi di SETI e la grande storia.

- **Introduzione**
- **Storie religiose**
- **Storie politiche, nazionali e sociali**
- **Storia mondiale**
- **La grande storia**
- **SETI e una Storia di Maturazione**
- **Rilevazione e comunicazione**
- **Una storia di crescita**
- **Cultura popolare**
- **Una storia di finali**
- **Conclusioni**

Introduzione

Il passato non è più quello di una volta. Continua a cambiare. Da dove iniziamo i nostri racconti del passato sono anch'essi cambiati nel tempo, come pure le storie di chi prendiamo in considerazione. Questi cambiamenti avvengono attraverso un processo di sfida e di espansione e ci dicono molto su come comprendiamo noi stessi. Le storie politiche, nazionali e sociali hanno sfidato e cambiato le storie religiose e tradizionali. La World History ha sfidato e ampliato le storie nazionali. La grande storia ha fatto lo stesso con la World History. E la ricerca di intelligenza extraterrestre (SETI) è tra le sfide che implicitamente richiedono un'espansione della grande storia.

Una delle caratteristiche che

definiscono l'umanità è la memoria, che è diversa dalle prove del passato. Le condriti, o le meteoriti che orbitano attorno al nostro sole dalla formazione del nostro sistema solare, ci forniscono prove di ciò che è accaduto nello spazio oltre 4.5 miliardi di anni fa. Le rocce ignee intrusive ci danno la prova di ciò che è accaduto milioni di anni fa sulla Terra. Ma non pensiamo che queste stesse prove possano ricordare o riflettere su ciò a cui hanno preso parte molto tempo fa.

Alcuni hanno sostenuto che le piante ricordano.¹ Molti animali—scimpanzé, delfini, elefanti, uccelli, ratti e altri—mostrano molti segni di ricordare il proprio passato e di come ciò li aiuta a prepararsi per il proprio futuro.² Gli individui umani non solo condividono

la capacità di ricordare, ma possiamo anche condividere e trasmettere i nostri ricordi in un processo che David Christian ha chiamato apprendimento collettivo. Possiamo preservare idee riguardanti il passato anche quando ciò che ricordiamo non esiste più. Questa capacità è stata potenziata con sviluppi cognitivi che hanno dato origine al pensiero simbolico. Le scimmie Vervet emettono suoni distinti che avvertono gli altri nel loro clan della presenza e del pericolo di aquile e leopardi.³

Quello però che non fanno è usare questi suoni in assenza del referente. Di notte non si siedono attorno a un falò, con uno che si scusa dicendo: "Pensavo d'aver visto un'aquila oggi quando ho dato l'allarme; e poi si è scoperto che era solo un corvo. Scusatemi

Di notte non si siedono attorno a un falò, con uno che si scusa dicendo: “Pensavo d’aver visto un’aquila oggi quando ho dato l’allarme; e poi si è scoperto che era solo un corvo. Scusatemi per il falso allarme.” L’evoluzione della capacità di mantenere un pensiero e quindi di richiamarlo esplicitamente mediante suoni assegnati trasmissibili è una pietra miliare per gli ominidi.

La memoria di tutta una serie di cose che non esiste più potrebbe sembrare spesso più importante di ciò che esiste ora. Potremmo ricordarci di coloro che ci hanno aiutato a crescere molto tempo dopo la loro morte. Il nostro ricordo di loro era reale per noi anche quando non esistevano più. Non c’era voluto molto per pensare che sopravvivessero sia loro che i nostri ricordi di loro. I nostri ricordi sono diventati i loro spiriti. In questo, la memoria era legata a un’altra esplosione cognitiva: l’immaginazione. Siamo soliti immaginare ciò che non è mai esistito per poi far sì che tali idee diventino concrete. Possiamo supporre che nessuno abbia mai visto i propri antenati nell’aldilà, ma ci siamo dati da fare per prepararli all’idea molto prima della storia scritta. Potrebbe esserci o meno un paradiso, ma ci sono tombe in cui le persone sembrano aver preparato i loro antenati per il mondo a venire. Non solo queste persone, ma i beni di cui avrebbero avuto bisogno per vivere bene nella loro nuova vita erano dotati di spirito. E così abbiamo seppellito pentole, armi, gioielli e altri oggetti con loro. A quanto pare, potevano portarselo con sé.

Un altro modo di immaginare è venuto dalla capacità di associare ricordi di ciò che avevamo visto per poi vedere qualcosa di nuovo negli occhi della nostra mente. Ne è un esempio la figurina di Löwenmensch o “uomo-leone,” una scultura scoperta in Germania nel 1939 (Figura 1). Ci possiamo ricordare di aver

visto un leone e un uomo, ma mai una creatura che fosse entrambe le cose. La nostra capacità di immaginare una sintesi ha creato una nuova idea, una nuova alternativa di ciò che potrebbe essere. Nessuno aveva mai visto un uomo-leone, ma un artista di 35.000 ai 40.000 anni fa ha potuto immaginarlo e scolpirne uno usando l’avorio di un mammut.⁴ A quel tempo, nessuno aveva mai visto una città o un computer, ma alla fine persone creative li hanno progettati e creati.

La memoria e l’immaginazione hanno rivelato ciò che potrebbe essere reale per noi. Ci ha dato delle alternative su ciò di cui siamo stati parte nel corso del tempo, nonché su come potremmo partecipare a ciò che è accaduto prima, o a ciò che potrebbe accadere dopo di noi. Ciò che ricordiamo e il modo in cui riflettiamo sulla memoria ci aprono nuovi futuri.

Storie Religiose

Abbiamo molti modi di procedere per tenere traccia dei nostri ricordi. Metodi per tenere traccia dei giorni e altre unità come mesi o anni potrebbero essere stati sviluppati già nel periodo neolitico. La disposizione delle pietre di Wurdi Youang risalente a 11.000 e 20.000 anni fa a Victoria, in Australia, sembra abbia servito questo scopo. Il famoso sito inglese Stonehenge, costruito circa 4.000 o 5.000 anni fa, potrebbe aver registrato e preannunciato i solstizi invernali ed estivi. Un certo numero di costruzioni Maya, come il Caracol a Chichén Itzá, sono allineate con una varietà di eventi celesti che segnano date calendariali. Questi e molti altri esempi indicano periodi prima della scrittura in cui i nostri antenati si vedevano in relazione con il cosmo, con i suoi eventi che erano accaduti e che si poteva aspettare che accadessero di nuovo. Memoria e attesa erano collegati.

È possibile che questi eventi cosmici



Figura 1: The Lion Man: An Ice Age Capolavoro.

venissero pensati come collegati ad eventi sulla Terra, come l’apparizione di alcune piante, i movimenti di branchi d’animali o l’arrivo delle piogge. Le osservazioni cosmologiche e la loro associazione con eventi locali divennero o entrarono a far parte di rituali e di religioni. Sono stati anche utili nel tenere traccia del passare del tempo. Le religioni spesso datano il tempo a partire da un evento importante nelle loro

storie o nella loro comprensione della creazione dell'universo. Ciò potrebbe principalmente avere a che fare con cicli annuali che si ripetono. Il tempo ciclico è stato spesso la norma. A volte, i cicli annuali facevano parte di cicli più lunghi. Ad esempio, i Maya calcolavano 365 giorni in un anno, (diciotto mesi ciascuno di venti giorni, con un mese di transizione di cinque giorni) o Haab': un k'atun di vent'anni, o 7.200 giorni, un b'aktun di 144.000 giorni, tredici b'aktun del lungo computo e un ciclo di 52 anni, il calendario circolare, basato su un raffronto tra il calendario rituale di 260 giorni e quello Haab'. Avevano anche altri sistemi per contare i giorni. L'antico calendario di lungo computo dei Maya iniziava dalla data più recente della creazione, l'equivalente dell'11 agosto 3114 a.C.⁵ nel calendario prolettico gregoriano.

Anche altri calendari religiosi tengono traccia del passare del tempo. Nel calendario indù sono passati 5.122 anni da quando Sri Krishna è tornato alla sua dimora eterna. Nei calendari buddisti, il Buddha raggiunse il parinibbāna il 13 maggio 544 a.C. circa. Yose ben Halafta, un rabbino ebreo del II secolo d.C. calcolò che la creazione iniziò il 25 di Elul dell'anno 1 (3761 a.C.).⁵ Maimonide, il filosofo e scienziato ebreo del XII secolo, affermò che l'inizio della creazione era nell'anno ebraico o (indicato come "Anno Mundi o" in latino) e che la creazione degli esseri umani avvenne in Anno Mundi 1, che corrisponde al 3761 a.C.⁵ L'anno in corso (2020 d.C.) nel calendario ebraico è il 5780.

Una data tradizionale è come quella usata per la data di pubblicazione di questo numero: 2020. Questa data si riferisce al numero di anni dalla nascita di Cristo. Sant'Agostino (354-430 d.C.), nella sua opera *La Genesi alla lettera (De Genesi ad litteram libri duodecim)* sosteneva che la Terra avesse circa

6.000 anni⁶. James Ussher, un capo della chiesa nell'Irlanda del diciassettesimo secolo, concordò all'incirca con la data di creazione ancora utilizzata per il calendario ebraico e da Agostino. La lettura da parte di Ussher di testi biblici e altri testi antichi lo portò a stabilire la data della creazione "al tramonto precedente il 23 ottobre . . . del 4004 a.C."⁷ Ciò che contava per i cristiani non era tanto la creazione del mondo, ma la ricreazione in Cristo. Come è stato scritto nell'epistola della Bibbia cristiana, 2 Corinzi 5:17, ". . . se uno è in Cristo, la nuova creazione è venuta; le cose vecchie sono passate, ecco ne sono nate di nuove."

A partire dal secondo secolo dopo Cristo, alcuni vescovi nell'impero romano d'Oriente iniziarono a contare gli anni dalla nascita di Gesù. Tuttavia, vari studiosi usarono calendari diversi per calcolare la nascita di Gesù in anni leggermente diversi. La questione non era stata ancora risolta neanche tre secoli dopo. Dionysius Exiguus, noto anche come Dionigi il Piccolo, era un monaco originario di una zona tra l'attuale Romania e Bulgaria che in seguito fu attivo a Roma. La sua preoccupazione principale fu di stabilire le date della Pasqua in diversi anni nell'ambito del calendario liturgico annuale. Dionigi fu il primo a calcolare che c'era una data per una Pasqua 525 anni dopo la nascita di Cristo, o nell'Anno Domini, o nell'a.C., o nell'anno di nostro Signore. Alcuni avevano precedentemente affermato che Cristo era nato 5.500 anni dopo la creazione del mondo, e quindi avevano predetto che Gesù sarebbe tornato nell'anno 6000.⁸ "L'Era dell'Incarnazione. . . fu presto molto usato in Italia e, in una certa misura, poco dopo anche in Spagna; durante l'ottavo e il nono secolo fu adottato in Inghilterra. Si dice che Carlo Magno sia stato il primo sovrano cristiano ad impiegarlo ufficial-

mente. Fu solo nel X secolo che fu impiegato nella cancelleria papale."⁹ Questo sistema di datazione ora si riferisce generalmente all'inizio di un'era comune volgare (e.v. o e.c.), o prima dell'era comune (a.C.) in luogo di quello che contava gli anni prima di Cristo, o nell'anno di nostro Signore. Esso mantiene il numero di anni per comodità, ma evita i riferimenti a un inizio di carattere religioso.

Anche l'Islam inizia il suo calcolo degli anni da un evento chiave della sua storia. Il calendario islamico infatti calcola 1441 anni dall'egira (o esodo) di Maometto dalla Mecca a Medina, nota come Hijra. Da ormai molti secoli, un gran numero di persone si riconoscono nel tempo all'interno di queste strutture religiose risalenti a diversi millenni prima.

Storie Politiche, Nazionali e Sociali

Non è sempre facile distinguere tra politica e religione, poiché spesso si sono intrecciati. I leader politici hanno spesso rivendicato una sorta di status religioso. Tuttavia, possiamo notare come il calcolo degli anni nei vari calendari sia stato spesso connotato politicamente. Potrebbe iniziare con l'avvento al potere di un leader o di una dinastia, o in relazione a storie politiche nazionali. Durante la Repubblica Romana, anche gli anni furono datati dai consoli. Dionigi il Piccolo voleva cambiare il tradizionale sistema del suo tempo di contare gli anni dalla fondazione di Roma o dall'arrivo al potere di Diocleziano, cioè l'Era dei martiri.

Nella storia europea, la sovranità di Dio lasciò il posto alla sovranità dinastica dopo la Pace di Vestfalia nel 1648. Sotto il principio del *Cuius regio, eius religio* ("Di chi è la regione, di lui sia la religione"), i leali sudditi accettavano il cattolicesimo o il ramo del protestantesimo a cui il loro monarca sovrano apparteneva. Essere un fedele

suddito del re Enrico VIII significava essere un membro della Chiesa d'Inghilterra di cui Enrico era il capo. È soprattutto con l'Illuminismo e la Rivoluzione francese, che la sovranità dinastica lasciò il posto alla sovranità nazionale o popolare. I cittadini della nazione erano le persone che detenevano la sovranità politica. Le storie delle nazioni, più che le dinastie o le religioni, divennero protagoniste. Come e quando ha avuto origine e si è poi sviluppata una nazione?

Ne è un esempio Joseph Priestley, teologo separatista inglese del diciottesimo secolo, filosofo naturale, chimico e teorico politico liberale. È accreditato come lo scopritore dell'ossigeno, tra altri suoi risultati scientifici. Nel 1769, dedicò la sua "la grande Carta storica" (Figura 2) al suo amico e collega scienziato, altrettanto politicamente attivo, Benjamin Franklin. Priestley non iniziò con la creazione del mondo, un inizio di stampo religioso o l'avvento al potere di un monarca. Invece di quei tipi d'inizio, fece iniziare la sua storia con le antiche nazioni d'Israele ed Egitto. A dire il vero, questi erano punti di partenza nazionali che coincidevano con il senso del tempo ereditato dalla Bibbia. Ma la sua carta non menzionava la Genesi, Re David o il faraone Djoser. Il suo nuovo resoconto della storia era al contempo globale e nazionale; includeva molte se non la maggior parte delle grandi nazioni del mondo e alcune regioni, come la Scandinavia, la Polonia, la Russia, la Gran Bretagna, la Spagna, la Francia, l'Italia, la Turchia europea, la Turchia asiatica, la Germania, la Persia, l'India, la Cina, l'Africa e l'America.

Il Calendario repubblicano francese (Figura 3) cercò di collocare il nuovo regime in Francia dopo la Rivoluzione francese del 1789 in un periodo di tempo concepito ex novo che era razionale

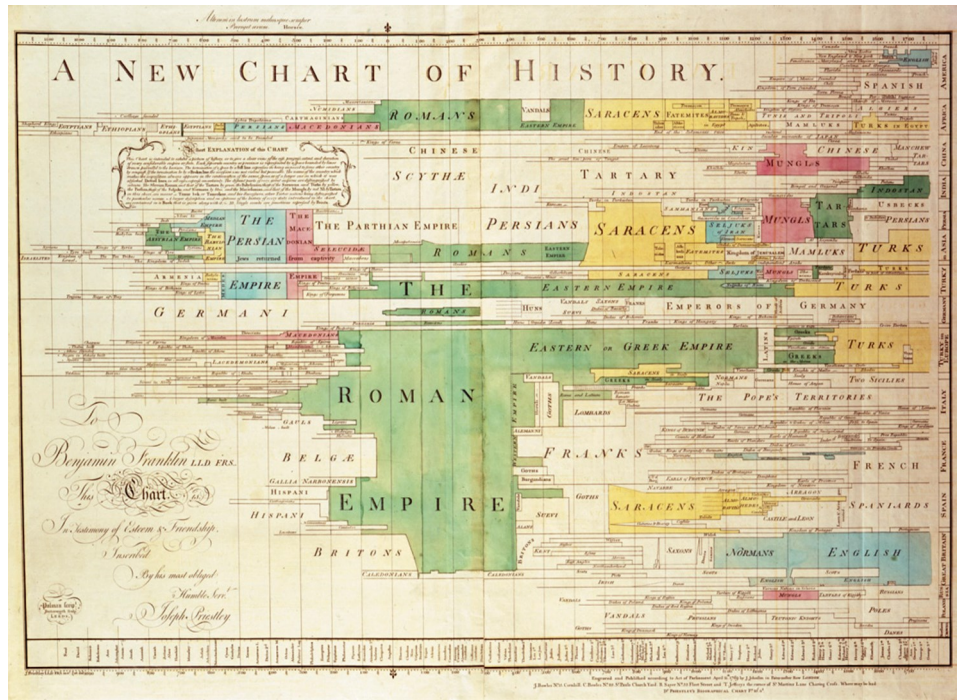


Figura 2. Una versione a colori di A New Chart of History di Joseph Priestley. A Benjamin Franklin LLD. FR. Questo grafico a testimonianza di stima e amicizia. Inscritto dal suo più umile servizio umile. Joseph Priestley. 1769.



Figura 3. Calendrier républicain...: an III: [estampe] / P.L. Debucourt del. et sculp. 1794.

e liberato dalle superstizioni medievali. Tale calendario non faceva iniziare la cronaca del tempo con la nascita di Gesù o con l'antica Israele. Il conteggio degli anni sarebbe iniziato con gli importanti eventi recenti in Francia. Non si era però d'accordo se il conteggio degli anni sarebbe dovuto iniziare con la grande rivoluzione del 14 luglio 1789. Alla fine però coloro che favorirono l'inizio del conteggio degli anni con quello della repubblica, cioè il 22 settembre 1792, ebbero la meglio. Il tempo decimale era considerato più razionale, quindi ogni giorno doveva avere dieci ore, ognuna con 100 minuti e ogni minuto cento secondi. I limiti alla razionalità e il rispetto della tradizione classica lasciarono il numero di anni da usare in numeri romani, come An (Anno) I o VI o X. Il calendario repubblicano fu usato in Francia per 12 anni dalla fine del 1793 al 1805, e per 18 giorni dal Comune di Parigi nel 1871.

L'insegnamento della storia in America

non ha mai portato a un nuovo calendario, ma per molti la storia nazionale era la storia che contava. I documenti quasi sacri della nazione del 1776 e del 1787 avevano un'importanza quasi biblica. Come scrive C. Bradley Thompson, Abraham Lincoln parafrastrò *Proverbi* (25:11) e "afferma che il principio di libertà della Dichiarazione era la parola 'detta a suo tempo' che si è rivelata per noi come 'frutti d'oro.'" La Costituzione era "il 'vasoio d'argento' su cui poggiava la Dichiarazione."¹⁰ Non era tanto la creazione di Dio del mondo o la nuova creazione in Cristo che sembrava interessare quanto il destino manifesto della Repubblica in una terra nuova. La classica religione civile americana è il punto da dove Walter A. McDougall fa iniziare la sua *Tragedy of U.S. Foreign Policy*". Il papato aveva la sua successione papale che risaliva a Gesù; gli Stati Uniti invece iniziarono la loro dinastia costituzionale con George Washington. L'attuale ultimo eletto nella linea di successione presidenziale è Donald Trump, il 45 detentore di tale

ufficio. Alcuni americani erano orgogliosi della successione costituzionale ininterrotta del potere che risale al 1789.

L'identità politica americana è legata alla consapevolezza della storia dell'esperienza nazionale americana che era uno scopo fondamentale dell'educazione pubblica. Quando l'American Historical Association (AHA) fu fondata nel 1884, la storia era emersa solo di recente come disciplina accademica a parte. "I primi pochi professori nel campo della storia erano stati assunti nelle principali università negli anni settanta dell'ottocento."¹² Il paese era sopravvissuto alla sua guerra civile e l'ultimo tratto della ferrovia transcontinentale era stato portato a termine nel 1869. La nazione aveva raggiunto il suo destino manifesto di integrare il territorio "da mare a splendente mare." Era pronta a raccontare la sua storia. Nel 1872, John Gast dipinse il suo *Progresso americano*, che mostra una donna con fluenti capelli biondi e una tunica bianca fluttuante che vola come una dea sopra coloni e costruttori mentre occupano il territorio di animali e popoli selvaggi. (Figura 4)¹³. Lo stato era pronto a sponsorizzare in parte le scuole pubbliche per favorire il nazionalismo e la buona cittadinanza. La storia americana era nel curriculum, ma non la storia di tutte le nazioni.¹⁴ Gli americani non erano i soli a celebrare la loro storia nazionale.

Sono molte le storie di nazioni il cui scopo è incoraggiare l'identità politica nazionale. Figure eroiche, grandi battaglie ed eventi epici costituiscono le storie delle origini di molte nazioni e le identità politiche di molti cittadini.

Allo stesso modo, l'American Political Science Association fu fondata pochi decenni dopo l'AHA, nel 1903. Lo studio delle scienze politiche, come la storia, era associato all'essere americano e persino alla partecipazione alla vita



Figura 4. John Gast, *American Progress*, 1872.

pubblica americana. Corsi sui tre rami del governo furono alla fine integrati da studi sulle politiche etniche, di classe e di genere, insieme a molte altre sottocategorie. Conoscere e comprendere gli eventi che hanno portato a—e i testi di—la Dichiarazione d'Indipendenza, la Costituzione, il Discorso di Gettysburg, la Lettera dal carcere di Birmingham e molti altri divenne parte dell'essere un buon cittadino americano.

Non è stato soltanto la storia politica americana ad essere un corso comunemente insegnato e una parte importante della formazione di identità nazionali. Corsi su un numero qualsiasi di altre storie nazionali, e talvolta regionali, sono stati frequenti: corsi sulla storia britannica, francese, russa, cinesi, africana, latinoamericana sono stati numerosi nelle università americane e altrove. Se gli studenti finivano gli studi imparando il minimo necessario, almeno sapevano che erano le nazioni a meritare di essere studiate. Il tempo che si copriva durante un corso variava in modo significativo. Un corso normalmente copriva diversi secoli. In alcuni casi, ad esempio i corsi sull'antica storia romana o cinese, sarebbero iniziati con eventi millenari.

Storie sociali

Nel corso della passata generazione, lo studio e l'insegnamento delle nazioni sono caduti in disgrazia. Come osserva Jill Lepore, gli intellettuali "hanno smesso di studiare le nazioni, credendo che lo stato-nazione fosse in declino. Il mondo era cresciuto a livello globale, connesso da intricate reti commerciali e da forme di trasporto e comunicazione sempre più veloci. Il futuro era cosmopolita, affermavano, non provinciale. Perché preoccuparsi di studiare le nazioni?"¹⁵

Molti storici hanno iniziato ad allontanarsi dalle storie politiche e nazionali a favore dell'indagine sulla storia so-

ciale o sulle storie di razza, genere, classe e altre categorie di persone nel corso di vari periodi negli ultimi decenni, secoli o millenni. Gli studi su afro-americani, afro-latini, le donne, persone appartenenti alle comunità LGBTQ e altri sono diventati molto più comuni. A queste si sono aggiunte storie tematiche, come le storie ambientali. Queste sono state spesso raccontate come parte di uno sforzo per dare voce ai gruppi finora marginalizzati o poco studiati. Tuttavia, la maggior parte delle storie nazionali, politiche e persino sociali erano di solito limitate al periodo della documentazione scritta del passato umano.

Ognuno ha una storia, non solo i leader politici importanti e le grandi nazioni. Se non si rientrava perfettamente in una grande narrativa, tanto meglio. Le grandi narrazioni onnicomprensive hanno finito per escludere proprio i gruppi emarginati e hanno servito gli interessi dei gruppi che dominano la creazione della cultura.

Storia mondiale

Alcuni storici hanno cercato un quadro più ampio rispetto allo studio delle nazioni, dei tipi di regime o dei gruppi sociali. Poco più di un secolo dopo la formazione dell'AHA, nel 1982, alcuni storici si sono riuniti in una World History Association per raccontare una storia di globalizzazione. Queste erano intese come storie dell'umanità almeno fin dagli albori delle società agricole.¹⁶ Gli storici setacciano archivi pieni di documenti primari, risalendo forse addirittura all'antica Sumer. Quando la scrittura si era sviluppata a Sumer nel 2700 a.C., c'erano già diversi gruppi di persone che vivevano in tutti i continenti e regioni del mondo tranne l'Antartide. I popoli parlavano lingue diverse e avevano sviluppato culture distinte; le ormai familiari differenze fisiche tra i popoli erano visibili. Le

differenze di civiltà, regione, nazione, etnia e altre erano già ben sviluppate. L'inizio dello studio dell'uomo in questo periodo di tempo finisce per escludere una fase iniziale molto lunga.

Gli storici il cui scopo è promuovere un'identità politica globale affrontano il compito di cercare di costruire ponti tra varie identità culturali preesistenti. Facendo iniziare l'insegnamento della storia dagli ultimi millenni, si finisce col partire da differenze ben definite che hanno spesso portato a conflitti. Questo approccio inizia con le differenze e spesso con diffidenze e ostilità. Quale identità politica si formerebbe se i punti d'inizio delle storie politiche venissero fatte risalire prima delle origini delle nazioni? Se si dimostra che la storia politica umana inizia in Africa almeno 200.000 anni fa, allora nuove identità umane possono essere il risultato di corsi su politiche umane oltre a quelli su nazioni come l'americana, la britannica, la cinese e altre ancora.

Può darsi che, le storie nazionali, accolte favorevolmente o meno, siano tornate di moda negli ultimi anni. Cina, India, Stati Uniti, Gran Bretagna e altri sembrano tutti desiderosi di rendere di nuovo grandi le loro nazioni. Molti hanno riscontrato un nuovo tribalismo nell'ondata globale di populismo degli ultimi anni in cui vari gruppi sociali cercano confini più impermeabili. Ma altri hanno sfidato e cercato di sviluppare storie nazionali, sociali e persino mondiali.

La Grande storia

William McNeill fece iniziare il suo testo di World History con la rivoluzione della produzione alimentare tra l'8500 e il 7000 a.C.¹⁷ Nel fare ciò, egli usò fonti diverse e non solo documenti d'archivio. Per trattare il suo argomento, dovette fare riferimento a manufatti e all'archeologia. Ciò ha spalancato le porte per alcuni storici che hanno

imparato dalle scienze naturali come andare oltre il materiale scritto negli archivi per esaminare il passato che precede la scrittura. Questi storici hanno iniziato a collocare la documentazione scritta del passato umano all'interno della documentazione naturale dell'intero passato conosciuto. In tal modo, sono entrati in contatto con un mondo intellettuale che geologi, astronomi, astrofisici, chimici, biologi, antropologi fisici e altri avevano sviluppato per secoli. Furono gli scienziati naturali piuttosto che gli storici tradizionali e altri nelle scienze umane e sociali a rivoluzionare la nostra comprensione del nostro posto nel passato. Il passato non è iniziato con l'epopea di Gilgamesh in Medio Oriente circa 4000 anni fa, gli scritti della Bibbia o i presocratici. Gli scienziati hanno imparato a leggere le storie raccontate da luce, pietre, ossa e sangue. E queste storie parlavano di tempi di circa milioni e miliardi di anni fa. Gli esseri umani erano effettivamente formati dagli stessi elementi che sono comuni sulla superficie terrestre, ma chiaramente non si erano formati direttamente da un pugno d'argilla. I primi organismi unicellulari si sono formati dagli elementi e dai prodotti chimici trovati sulla superficie terrestre. Gli stessi carbonio, idrogeno, aminoacidi e proteine hanno avuto una lunga storia. Come Carl Sagan ha notoriamente osservato e in modo molto eloquente, siamo tutti fatti di materiale stellare. E poi, come hanno sostenuto Walter Alvarez e altri, il materiale stellare venne concentrato dalla Terra.¹⁸ E poi ci sono voluti miliardi di anni di evoluzione tra i primi organismi unicellulari e gli umani.

Eric Chaisson, David Christian, Fred Spier e molti altri hanno pubblicato studi documentati, dei periodi di tempo che vanno dal big bang 13,82 miliardi di anni fa, a quelli di stelle e galassie,

sostanze chimiche, pianeti terrestri come la Terra, la vita, l'evoluzione e la cultura umana. La storia non è iniziata con nazioni, civiltà o persino l'agricoltura; è iniziata con l'inizio del tempo e dello spazio.¹⁹ Nel 2010, la International Big History Association si è costituita con lo scopo di esaminare "la storia integrata del cosmo, della Terra, della vita e dell'umanità, utilizzando le migliori prove empiriche disponibili e metodi accademici." Il bollettino dell'IBHA, *Origins*, così come il *Journal of Big History* dell'organizzazione, presenta scritti e articoli accademici su questi argomenti.²⁰ David Christian, che ha coniato il termine Big History, ha pubblicato *Origin Story: A Big History of Everything* nel 2018.²¹ Il libro inizia con il Big Bang per arrivare all'Antropocene, cioè quel periodo attuale della storia della Terra quando gli esseri umani hanno l'impatto dominante sul pianeta.

Le storie di nazioni di tutto il mondo hanno messo in dubbio l'idea di una singola religione come la più indicata per datare tutti gli eventi. La World History ha a sua volta messo in dubbio l'idea predominante di dividere l'umanità in confini nazionali e gruppi sociali; ha perseguito invece una storia integrata di tutta l'umanità dalla rivoluzione agricola in poi. La grande storia ha inquadrato quella storia umana nel suo passato di circa 200.000 a 300.000 anni fa, e poi i numerosi passi che sono stati fatti oltre 13,82 miliardi di anni per arrivare alla Terra, alla vita e all'umanità.

La nuova visione di chi siamo, da dove veniamo e di cosa facciamo parte è stata rafforzata dalla foto di Earthrise scattata il 24 dicembre 1968 dall'astronauta William Anders dell'Apollo 8. È la foto che Fred Spier ha usato per la copertina del suo libro *Big History and the Future of Humanity*. È da allora che egli riflette su quella foto.²² Vedere la Terra dal punto di vista della luna ha

cambiato chi siamo. La bellissima Terra blu, bianca e verde mostrata come un gioiello in uno spazio molto oscuro e inquietante. Non c'è pianeta B verso cui rifugiarsi con la nostra tecnologia, né allora né ora, se finissimo col rendere la nostra Terra inabitabile. Per molti, vecchie idee di sicurezza nazionale impallidivano in confronto alla sicurezza della patria globale.

SETI e una Storia di Maturazione

Per quanto sorprendente fosse la vista della Terra dalla luna, molti si chiedevano se c'erano altri pianeti abitabili oltre il nostro sistema solare. Una volta si era pensato che Marte fosse una possibile patria per la vita intelligente, ma si è sempre più finito col mettere in dubbio le sue capacità di ospitare persino la vita microbica. Una delle nostre migliori speranze è nei mari di una delle lune di Giove, Io. La ricerca di esopianeti (pianeti al di fuori del nostro sistema solare), la ricerca di vita in qualsiasi parte dell'universo oltre quella sulla Terra come pure la ricerca di intelligenza extraterrestre sfida e prolunga la grande storia. La grande storia non è abbastanza grande per questi campi. Esistono molti pianeti oltre la Terra; a partire dal 2019 sono stati rilevati oltre 4.000 proprio nell'area limitrofa della nostra galassia.²³ Il numero di pianeti nell'universo con oltre 100 miliardi di galassie deve essere strabiliante. L'interesse nella possibile esistenza di molti altri pianeti non è solo dei nostri tempi. Nel quindicesimo secolo, il cardinale tedesco Nicola Cusano propose l'esistenza altri pianeti attorno ad altre stelle oltre al nostro sole. Egli scrisse che "La terra è una stella come le altre stelle, non è il centro dell'universo, non è a riposo, né i suoi poli sono fissi. I corpi celesti non sono necessariamente sferici, né le loro orbite sono circolari."²⁴ Il frate domenicano italiano del XVI secolo, Giordano Bruno, sosteneva

che le stelle fossero soli lontani circondati dai loro stessi pianeti, così come l'universo è infinito e non poteva quindi avere un centro.

Nel 1685, l'autore francese Bernard le Bovier de Fontenelle pubblicò le *Conversazioni sulla pluralità dei mondi*. Non lo scrisse in latino, pratica comune per gli studiosi dell'epoca, ma in francese poiché il suo scopo era quello di rendere le idee accessibili alla cultura popolare.²⁵

Una differenza notevole tra questi primi scritti e SETI è rappresentata dai grandi progressi scientifici e tecnologici compiuti negli ultimi tempi che ci consentono di cercare prove fisiche di esopianeti piuttosto che speculare soltanto su di essi. Ora possiamo usare l'osservazione per stabilire che ci sono altri pianeti abitabili, cioè quelli con acqua liquida che possono ospitare la vita così come possiamo immaginarla.

Abbiamo trovato con successo prove di esopianeti; stiamo ancora cercando prove di qualsiasi altra vita, anche se non intelligente, oltre la Terra. È probabile che troveremo prove perché è ancora una domanda aperta. Nel 1961, Frank Drake scrisse la sua famosa equazione che proponeva ciò che dovevamo sapere prima di poter calcolare quante forme di vita oltre la Terra esistevano.

La formula era

$$N = R_* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

dove

N = corrisponde al numero di civiltà nella nostra galassia con cui potrebbe essere possibile comunicare (cioè che sono sul nostro attuale cono di luce passato);

R_* = al tasso medio di formazione stellare nella nostra galassia,

f_p = alla frazione di quelle stelle che hanno pianeti,

n_e = al numero medio di pianeti che possono potenzialmente sostenere la vita, per stella che ha pianeti,

f_i = alla frazione di pianeti che potrebbe sostenere la vita e che effettivamente sviluppa la vita ad un certo punto,

f_c = alla frazione di pianeti con tracce di vita che effettivamente continua a sviluppare la vita intelligente (civiltà),

L = al periodo di tempo durante cui tali civiltà rilasciano segnali rilevabili nello spazio, e

Sulla Terra soltanto, c'è quasi un'infinita varietà di forme di vita oltre agli umani. Sarebbe così sorprendente se sul numero quasi illimitato di pianeti nell'universo ci fossero molte altre

forme di vita, comprese quelle intelligenti? L'interesse della grande storia per il cosmo va bene; la sua enfasi sulla Terra, la vita sulla Terra e l'umanità è però troppo ristretto. Dobbiamo anche pensare, e cercare, esopianeti, astrobiologia ed esointelligenza.

A molti sembrava molto probabile che con innumerevoli pianeti abitabili, di cui abbiamo scoperto solo alcuni, dovevano esserci molte forme di vita extraterrestre.²⁶ Lo pensava anche il grande fisico italo-americano, Enrico Fermi, ma poi si chiese: "Ma allora, dove sono tutti?"²⁷

Rilevazione e Comunicazione

Finora non abbiamo ancora rilevato alcun tipo di vita o intelligenza extraterrestre. Una speranza ancora più ambiziosa è poter forse comunicare un giorno con qualche forma di vita extraterrestre o formare una sorta di relazione con altri esseri.²⁸ E ancor più ambiziosa è l'idea che possano visitare la

Terra o per noi di andare da loro.²⁹ Date le enormi difficoltà di percorrere tali distanze, di certo non abbiamo modo di farlo adesso o nel prossimo futuro. Altre civiltà molto più avanzate potrebbero averlo capito, ma non ci sono ancora prove che abbiano convinto gli scienziati di tali visite. Non abbiamo neanche rilevato gli irraggiamenti molto più probabili di civiltà oltre la Terra.

Una Storia di Crescita

Anche se non abbiamo trovato esempi di vita semplice o intelligente oltre la Terra, tale ricerca è importante. Per molti secoli, abbiamo pensato che la nostra Terra fosse il centro dell'universo. Pensavamo di essere le uniche forme di vita nel cosmo. Anche solo un secolo fa, ben dopo quindi aver appreso che orbitavamo attorno al sole, la maggioranza pensava che fossimo nell'unica galassia dell'universo. Solo quando Edwin Hubble e altri hanno dimostrato che c'erano un numero enorme di altre galassie ci siamo resi conto che non c'erano solo poche nuvole o nebulose che circondavano la Via Lattea. Prima del 1995, non avevamo prove di pianeti al di fuori del nostro sistema solare. Ora sappiamo che ce ne sono migliaia in poche migliaia di anni luce dai nostri. Non abbiamo dato per scontato che siamo tutto ciò che esiste. Abbiamo cercato e trovato altri pianeti. Abbiamo cercato la vita oltre la Terra e la vita intelligente oltre la Terra—e stiamo ancora cercando.

Immaginare e cercare la vita e l'intelligenza extraterrestre rappresenta il livello successivo di complessità che la grande storia non aveva messo in evidenza prima. La storia della grande storia riguardava già la crescente complessità delle relazioni. La storia dipendeva dall'emergere di relazioni precedenti incorporate in nuove relazioni più complesse con nuove caratteristiche. La grande storia ha presentato

una narrazione di quark “su” e “giù” nelle relazioni tra neutroni e protoni attraverso la mediazione della forza forte. Protoni e neutroni hanno formato relazioni con elettroni attraverso la mediazione della forza elettromagnetica. L'equilibrio dinamico tra gravità e fusione nucleare ha permesso alle stelle di formare nuclei con un numero maggiore di protoni rispetto a quanto precedentemente ottenuto dall'idrogeno e dall'elio. Questi elementi, una volta espulsi nello spazio da stelle morenti o supernove, si collegavano all'interno di sostanze chimiche multi-elemento. Con questo processo, oltre alle stelle di neutroni che si scontrano tra loro, si ebbero elementi più pesanti per formare pianeti terrestri. Alcuni come la Terra avevano più livelli, con un nucleo metallico, il magma, un fondo marino, le piastre continentali e molto altro. La chimica si è evoluta in biochimica che si è evoluta negli insiemi di relazioni più complesse fino ad oggi all'interno di virus e cellule procarioti unicellulari. Queste alla fine divennero ancora più complesse con nuovi organelli e un nucleo nelle cellule eucariote. Le forme di vita multicellulari sono esplose in un numero quasi infinito di forme di vita nel periodo Cambriano. Una devastante meteora potrebbe aver causato l'estinzione dei dinosauri non-aviari e aver dato spazio ai mammiferi per evolversi infine in *Homo sapiens*. Le relazioni tra individui della nostra specie andavano dai gruppi nomadi imparentati tra loro, ai villaggi agricoli stanziali, alle città stato, alle nazioni, agli imperi e alle fragili istituzioni globali. Ora, con autori come H. G. Wells e gli scienziati SETI, potremmo immaginare un livello successivo di relazioni interplanetarie e intergalattiche. L'idea era tanto assurda quanto l'idea di una cellula procariota per i primi atomi di carbonio, idrogeno

e ossigeno.

C'è un che di ironico nel modo in cui comprendiamo noi stessi, la vita e la Terra non appena iniziamo a pensare ad altri pianeti e a forme di vita ed esseri intelligenti. Anche se non troviamo la vita extraterrestre, la ricerca ci fa crescere. Pensiamo alle origini di altri pianeti, ad altre forme di vita, ad altri esseri intelligenti e così non pensiamo esclusivamente alle nostre stesse origini. Questo processo non è una storia delle origini per noi; è una storia di crescita. Si potrebbe dire che una persona diventa maggiorenne con la consapevolezza che esistono indipendentemente altre persone che hanno le proprie idee, le proprie emozioni e i propri interessi. Alcuni hanno raggiunto tale maturità da un vivo interesse per l'evoluzione di altre specie qui sulla Terra. La linea che inizia dalla vita non si estende solo all'umanità, come nella dichiarazione di intenti dell'IBHA, ma a un numero quasi infinito di altre specie sulla e forse oltre la Terra.

Cultura Popolare

Molte persone non hanno aspettato la semplice prova della vita e dell'intelligenza extraterrestre per immaginare cosa potrebbe essere e come potrebbe influenzarci. Le forme di vita e le civiltà altamente sviluppate su altri pianeti hanno attirato la nostra attenzione in una serie di fonti immaginarie, tra cui romanzi, film, fumetti, serie televisive e canzoni.

Percival Lowell rese popolare l'idea della vita intelligente su Marte nei suoi tre libri: *Mars* (1895), *Mars and Its Canals* (1906), e *Mars as the Abode of Life* (1908).³⁰ Nel giro di due anni dall'uscita del libro di Lowell del 1895, H. G. Wells pubblicò il suo romanzo *La guerra dei mondi*. Nel 1938, Orson Welles lo adattò e ne fece recitare la storia alla radio, creando un enorme panico in

tutti gli Stati Uniti.³¹

Gli avvistamenti di UFO erano più comuni negli anni '50, ma ne continuiamo a ricevere regolarmente segnalazioni, con il sospetto che il nostro governo stia sopprimendo la conoscenza su di essi per paura del panico che causerebbe.³²

Nel 1966, i Byrds cantarono in “Mr. Spaceman” di

...quegli alieni che vengono ogni notte.
Quelle luci a forma di disco volante
mettono le persone in difficoltà. Lasciano
impronte verde blu che brillano nel
buio. Spero che tornino a casa sani e
salvi.

La serie televisiva *Star Trek* è andata in onda dal 1966 al 1969, e sin da allora ha avuto un folto numero di devoti fan. La serie di film di grande successo di George Lucas, *Star Wars*, è iniziata nel 1977. Nel 1982, abbiamo visto il magnifico film di Steven Spielberg, *E.T. l'Extra-Terrestre*. Nel 1997, Jodie Foster ha recitato in *Contact*, basato sul libro di Carl Sagan dallo stesso titolo. Non meno incantevole è stato *Avatar* del 2009 di James Cameron. La lista di racconti popolari sulla vita extraterrestre è lunga.³³ Pare che non possiamo fare a meno della paura, della meraviglia, dell'eccitazione e della stupore che deriva dal pensiero di ciò che le forme di vita su altri pianeti potrebbero significare per noi.

Mentre tali documenti sono spesso incredibilmente divertenti, spesso ci permettono anche di riflettere su ciò che la scoperta della vita extraterrestre significherebbe per noi. Andremo in bicicletta con E.T. attraverso il cielo o lotteremo contro Darth Vader in battaglie inter-galattiche ad alta tecnologia? Le forme di vita extraterrestre che scopriremo saranno solo microbi? Ci offriranno nuove medicine o

porteranno malattie pandemiche? Come immaginiamo il nostro rapporto con loro? Ci sono buone ragioni per essere affascinati dalla vita extraterrestre ancora da scoprire.

Una Storia di Finali

Crescere non dipende solo da una relazione, anche se solo speculativa, con forme di vita da altri pianeti. Proviene anche da un senso di mortalità. Anche se rispondiamo al paradosso di Fermi e troviamo prove di altre forme di vita intelligenti attraverso il rilevamento di una sorta di segnali radio, è probabile che le nostre nuove forme di vita trovate siano molto distanti da noi. Abbiamo cercato solo pianeti abitabili entro 5.000 anni luce. Solo la nostra galassia ha 100.000 anni luce di diametro. Abbiamo appena iniziato a esplorare la nostra galassia, e ancor meno gli altri cento miliardi. Se riceviamo un segnale da soli mille anni luce, ci vorranno al massimo 2000 anni prima che riusciamo a mandare la nostra risposta a loro e quindi ricevere la loro per noi. Questo non è certo la frequenza di comunicazione su cui costruire una relazione significativa. Chiunque avrà sentito il loro primo segnale e poi avrà inviato una risposta sarà sicuramente morto prima di ricevere una risposta. Ancora più problematico, la loro civiltà esisterà ancora quando finalmente saremo riusciti a far arrivare la nostra risposta? Forse anche loro stanno distruggendo il proprio ambiente o si stanno facendo esplodere a vicenda. Esisterà la nostra di civiltà quando riceveremo la loro risposta? Dopo solo una manciata di scambi nel nostro dialogo con i nostri nuovi amici, è più probabile di quanto vorremmo ammettere che la nostra specie sarà scomparsa.

Certo, anche la grande storia non ha a che fare solo con origini; ha avuto anche a che fare con finali. Abbiamo ascoltato gli astronomi e gli astrofisici che

hanno parlato di come il nostro sole diventerà un gigante rosso entro cinque miliardi di anni, espandendosi fino a quando non farà evaporare gli oceani della Terra e friggere qualsiasi creatura ancora aggrappata alla vita. Il colpo di grazia verrà dall'energia oscura che sta separando le galassie nel nostro universo. Molti continuano a svanire oltre un orizzonte degli eventi, per non essere mai più visti da noi. Con abbastanza tempo, la maggior parte delle galassie nel nostro universo si sarà allontanata dalla nostra vista, lasciandoci con un cielo prevalentemente nero. E poi, le nostre galassie vicine e persino la materia potrebbero disgregarsi. Chinua Achebe aveva più ragione di quanto potesse sapere: le cose davvero vanno in pezzi.³⁴ O le cose vengono fatte a pezzi. Alla fine, tutto. In questa prospettiva, il Big Rip, o Grande Strappo, segue il Big Bang. Non solo noi come persone e come specie finiremo, lo sarà il nostro sistema solare e il nostro intero universo—forse. Sapevamo di questa possibilità, ma *Origins* continuava a sembrare più ottimista. Forse molti di noi che erano piuttosto avanti negli anni erano anche come alcuni adolescenti che possono essere temerari perché sembrano pensare di essere immortali. Se concludiamo la nostra storia con l'Antropocene, sembra quasi che questo sia un periodo che durerà per sempre. Non lo sarà; non sarà così. L'*Homo sapiens* esiste da circa due o trecentomila anni. Per quanto tempo riusciremo a sopravvivere nessuno lo sa, ma è altamente improbabile che saremo qui fino a quando il nostro sole raggiungerà lo stadio di gigante rosso che renderà impossibile la vita sulla Terra. La speranza che dopo aver completato la distruzione del nostro pianeta natale possiamo migrare su un altro è un'idea contemplata da alcuni. Per ora è roba da fantascienza. Discutere su come finiranno l'umanità, la vita, la

Terra e gli esopianeti non è certo quello che si direbbe proprio uno spasso, ma fa parte della nostra storia di crescita.

Conclusioni

SETI pone una sfida e amplia lo scopo della grande storia di esaminare il pianeta Terra, la vita sulla Terra e l'umanità. Ci ricorda che esiste una miriade di altre forme di vita sulla Terra e che ne possono esistere altre su altri pianeti. Gli *Homo sapiens*—"i saggi"—potrebbero essere solo uno tra molti tipi di esseri intelligenti, ognuno con le proprie storie lunghe e complesse. In un certo senso, abbiamo ripreso la nostra posizione al centro dell'universo che occupavamo nella visione del mondo tolemaico. Solo che ora anche tutti gli altri pianeti e le galassie del nostro universo hanno avuto il proprio inizio nello stesso punto, e che dalla loro prospettiva, tutto il resto si sta espandendo dalla loro posizione. Ogni posto nell'universo è il centro dell'universo. Ogni luogo – e ogni forma di vita ha una sua storia che risale all'inizio del tempo. Il Big Bang conduce a noi e a tutto il resto. Lo studio della Terra, della vita e dell'umanità deve far parte dello studio degli esopianeti, dell'astrobiologia, di tutta la vita possibile e di tutti i modi di essere intelligente. Questo sforzo può aiutarci a scoprire e amare il prossimo.

Note di Chisura

'Sarah Abbott, "Plant Memory," *Untamed Science*, <https://untamedscience.com/biology/plants/plant-memory/>, last accessed December 18, 2019; Gagliano M et al. 2014. L'esperienza insegna alle piante ad apprendere più velocemente e dimenticare più lentamente negli ambienti in cui è importante. *Oecologia*, pubblicata online il 5 gennaio 2014; doi: 10.1007/s00442-013-2873-7; Robert Krulwich, "Can a Plant Remember? This One Seems to—Here's the Evidence," *National Geographic*,

December 15, 2015, <https://www.nationalgeographic.com/science/phenomena/2015/12/15/can-a-plant-remember-this-one-seems-to-heres-the-evidence/>; Sarah Laskow, "The Hidden Memories of Plants, *Atlas Obscura*, September 5, 2017, <https://www.atlasobscura.com/articles/plant-memory-hidden-vernalization>; ultimo accesso 18 dicembre 2019.

²Frans de Waal, "The Surprising Complexity of Animal Memories" *The Atlantic*, June 2, 2019, <https://www.theatlantic.com/science/archive/2019/06/surprising-complexity-animal-memories/589420/>; ultimo accesso 17 dicembre, 2019; Panoz-Brown et al., 2018, "Replay of Episodic Memories in the Rat," *Current Biology* 28, 1628–1634, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.04.006>; ultimo accesso 17 dicembre, 2019; Christine Dell-Amore, Dolphins have the longest memories in the animal kingdom, August 6, 2013, National Geographic, <https://www.nationalgeographic.com/news/2013/8/130806-dolphins-memories-animals-science-longest/>; ultimo accesso 17 dicembre 2019.

³Klaus Zuberbühler, "Predator-Specific Alarm Calls in Campbell's Monkeys, *Cercopithecus campbelli*," *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Vol. 50, No. 5 (Oct., 2001), pp. 414-422, <https://www.jstor.org/stable/4601985>; ultimo accesso 16 dicembre 2019.

⁴The Lion Man: an Ice Age Masterpiece, The British Museum, <https://blog.britishmuseum.org/the-lion-man-an-ice-age-masterpiece/>; ultimo accesso 16 dicembre 2019.

⁵David B. Green, "This Day in Jewish History 3761 BCE: The World Is Created, According to the Hebrew Calendar and an Obscure Sage. Basing himself on no source but the bible, Rabbi Yose ben Halaftha, who lived in the 2nd century CE, sat down and did the math."

Haaretz, Oct 07, 2015, ultimo accesso 10 dicembre 2019. <https://www.haaretz.com/jewish/3761-bce-the-world-is-created-1.5405777>.

⁶Taylor, J.H., traduzione e commento ad Agostino, *The Literal Meaning of Genesis* (Augustine, *De Genesi ad Litteram*), Vol. 1, Newman/Paulist Press, New York, 1982. Si veda inoltre Augustine, *The City of God*, 12.10, 'Of the falseness of the history which allots many thousand years to the world's past', in Schaff, P. (Ed.), NPNF1-02, ref 6, pp.232-233.

⁷Ussher, James. *Annales Veteris Testamenti, a prima mundi origine deducti: una cum rerum asiaticarum et aegyptiacarum chronico, a temporis historici principio usque ad Maccabaicorum initia producto*. Londini, ex officina J. Flesher, & prostant apud J. Crook & J. Baker, 1650. Pdf. <https://www.loc.gov/item/21002221/>. <https://www.loc.gov/resource/rbctos.2017gen52659>.

⁸Declercq, Georges: *Anno Domini. The Origins of the Christian Era*. Turnhout Belgium. 2000.

⁹Lersch, *Chronologie*, Freiburg, 1899, p. 233, citato in "Dionysius Exiguus," the *Catholic Encyclopedia*, <http://www.newadvent.org/cathen/05010b.htm>, ultimo accesso 13 dicembre 2019.

¹⁰Thompson, C. Bradley. *America's Revolutionary Mind* (p. xi). New York, Encounter Books, 2019.

¹¹McDougall, Walter A.. *The Tragedy of U.S. Foreign Policy: How America's Civil Religion Betrayed the National Interest*. New Haven, Yale University Press, 2016, p. 25.

¹²"Brief History of the AHA," American Historical Association, ultimo accesso 17 dicembre 2019, <http://www.historians.org/about-aha-and-membership/aha-history-and-archives/brief-history-of-the-aha>.

¹³John Gast, American progress, Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C.

20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>, ppmsca 09855 <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/ppmsca.09855>, Reproduction Number: LC-DIG-ppmsca-09855 Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>. Ultimo accesso 17 dicembre 2019.

¹⁴Benedict Anderson, *Imagined Communities: Reflections on the Origin and Spread of Nationalism* (London: Verso, 1991); Marc Ferro, *The Use and Abuse of History: Or How the Past Is Taught to Children* (London: Routledge, 2003); Ernest Gellner, *Nations and Nationalism* (Ithaca: Cornell University Press, 1983); Stephen J. Hartnett, Lisa B. Keranen, and Donovan Conley, eds., *Imagining China: Rhetorics of Nationalism in an Age of Globalization* (East Lansing, Michigan: Michigan State University Press, 2017); Derek Hastings, *Nationalism in Modern Europe: Politics, Identity and Belonging since the French Revolution* (London; New York: Bloomsbury Academic, 2017); Guntram Henrik Herb and David H. Kaplan, eds. *Scaling Identities: Nationalism and Territoriality* (Lanham, Maryland: Rowman & Littlefield, 2018); John Hutchinson, *Nationalism and War* (New York: Oxford University Press, 2017); Fawcett Kohl, eds. *Nationalism, Politics and the Practice of Archaeology* (Cambridge University Press, 1996); Ronald Grigor Suny, "Constructing Primordialism: Old Histories for New Nations," *The Journal of Modern History* 73, no. 4 (December 2001): 862-896.

¹⁵Jill Lepore, *This America: The Case for the Nation*, New York, Liveright Publishing Corporation, 2019, p.15.

- ¹⁶Un classico del genere è William H. McNeill, *A World History*, Oxford, Oxford University Press, 1979.
- ¹⁷William H. McNeill, *A World History*, Oxford, Oxford University Press, 1967.
- ¹⁸Olga García-Moreno, Luís Erick Aguirre-Palafox, Walter Álvarez, William Hawley. "A Little Big History of Iberian Gold," *Journal of Big History*, Volume 1, numero 1, 2017, <https://doi.org/10.22339/jbh.viii.2243>.
- ¹⁹Si veda ad esempio: Craig Benjamin, Esther Quaedackers, David Baker, *The Routledge Companion to Big History*, New York, Routledge, 2020; Brown, Cynthia Stokes. *Big History: From the Big Bang to the Present*. New York: New Press: Distributed by W. W. Norton, 2007; Carroll, Sean. *The Big Picture: On the Origins of Life, Meaning, and the Universe Itself*. New York: Dutton, 2017; Chaisson, Eric. *Epic of Evolution: Seven Ages of the Cosmos*. New York: Columbia University Press, 2006; Christian, David. *Maps of Time: An Introduction to Big History*. The California World History Library. Berkeley: University of California Press, 2004; Christian, David, Cynthia Stokes Brown, and Craig Benjamin. *Big History: Between Nothing and Everything*. New York: McGraw Hill Education, 2014; Dartnell, Lewis. *Origins: How Earth's History Shaped Human History*, New York, Basic Books, 2019; Hazen, Robert. *Genesis: The Scientific Quest for Life's Origin*. Washington, DC: Joseph Henry Press, 2005; Hazen, Robert. *The Story of Earth: The First 4.5 Billion Years, from Stardust to Living Planet*. New York: Viking, 2012; Rodrigue, Barry, Leonid Grinin, Andrey Korotayev, co-editors, *From Big Bang to Galactic Civilizations: A Big History Anthology*. Delhi: Primus Books, 2015–2016. three-volumes; Shubin, Neil. *The Universe Within: Discovering the Common History of Rocks, Planets, and People*. New York: Pantheon Books, 2013; Shubin, Neil. *Your Inner Fish: A Journey into the 3.5-Billion-Year History of the Human Body*. New York, Vintage, 2008; Spier, Fred. *Big History and the Future of Humanity*. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons Inc., 2015; Volk, Tyler, *Quarks to Culture: How We Came to Be*, New York, Columbia University Press, 2017.
- ²⁰Numeri passati di *Origins* sono disponibili all'indirizzo <https://bighistory.org/members/origins-bulletin/>; il *Journal of Big History* è disponibile qui: <https://jbh.journals.villanova.edu/>.
- ²¹David Christian, *Origin Story: A Big History of Everything*, New York, Little, Brown and Company, 2018.
- ²²Spier, F. (2019) Sull'impatto sociale, o meno, della foto, si veda *Journal of Big History*, III (3); 117 - 150. <https://doi.org/10.22339/jbh.v3i3.3390>, ultimo accesso 15 dicembre 2019.
- ²³Dennis Overbye, Search for Habitable Worlds Joined by New European Space Telescope, New York Times, December 18, 2019, <https://www.nytimes.com/2019/12/18/science/cheops-satellite-launch.html?action=click&module=RelatedLinks&pgtype=Article>, ultimo accesso 23 dicembre 2019; Exoplanet Exploration: Planets beyond our solar system, NASA, <https://exoplanets.nasa.gov/>, ultimo accesso 19 dicembre 2019; Campante, Tiago L., Nuno C. Santos, and Márcio J. P. F. G. Monteiro. *Asteroseismology and Exoplanets: Listening to the Stars and Searching for New Worlds: IVth Azores International Advanced School in Space Sciences*. Cham: Springer, 2018; Carroll, Michael. *Earths of Distant Suns: How We Find Them, Communicate With Them, and Maybe Even Travel There*. Cham: Springer International Publishing: Imprint: Copernicus, 2017; Exoplanet Discoveries: Have We Found Other Earths?: Joint Hearing Before the Subcommittee On Space & Subcommittee On Research, Committee On Science, Space, and Technology, House of Representatives, One Hundred Thirteenth Congress, First Session, Thursday, May 9, 2013. Washington: U.S. Government Printing Office, 2013; Fontenelle, M. de 1657-1757., and John Glanvill. *A Plurality of Worlds*. London: Printed for R. Bentley and S. Magnes, 1688; Frank, Adam. *Light of the Stars: Alien Worlds and the Fate of the Earth*. New York, NY: W.W. Norton & Company, 2018; Howard, Sethanne. "Exoplanets." *Journal of the Washington Academy of Sciences* 97, no. 3 (2011): 33-53; Kitchin, C. R. *Exoplanets: Finding, Exploring, and Understanding Alien Worlds*. New York, NY: Springer, 2012; Lemonick, Michael D. *Mirror Earth: The Search for Our Planet's Twin*. 1st U.S. ed. New York: Walker, 2012; Sage, Leslie. "Exoplanets." *Nature* 513, no. 7518 (2014): 327; Seager, Sara. *Exoplanets*. Tucson: University of Arizona Press, 2011.
- ²⁴Nicholas of Cusa, *Catholic Encyclopedia*, <https://www.catholic.org/encyclopedia/view.php?id=8455>, last accessed December 18, 2019; Nicholas of Cusa (1401—1464); si veda anche *The Internet Encyclopedia of Philosophy* (IEP), <https://www.iep.utm.edu/nicholas/#H4>, ultimo accesso 18 dicembre 2019.
- ²⁵*A plurality of worlds written in French by the author of the Dialogues of the dead*; tradotto in inglese da Glanvill. Fontenelle, M. de (Bernard Le Bovier), 1657-1757., Glanvill, John, 1664?-1735. London: Printed for R. Bentley and S. Magnes, 1688. <https://quod.lib.umich.edu/e/eebo/>

- A39871.0001.001?view=toc, ultimo accesso 18 dicembre 2019.
- ²⁶Asimov, Isaac. *Extraterrestrial Civilizations*. New York: Crown Publishers, 1979; Dick, Steven J. *Plurality of Worlds: The Origins of the Extraterrestrial Life Debate From Democritus to Kant*. Cambridge [Cambridgeshire]; New York: Cambridge University Press, 1982; Dick, Steven J. *Life On Other Worlds: The 20th-century Extraterrestrial Life Debate*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 1998; Hamilton, Joseph. *The Starry Hosts: A Plea for the Habitation of the Planets*. London: Edinburgh: Simpkin, Marshall; A. Elliott, [etc.], 1875; Jayawardhana, Ray. *Strange New Worlds: The Search for Alien Planets and Life Beyond Our Solar System*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2011; Linde, Peter. *The Hunt for Alien Life: A Wider Perspective*. 1st edition 2016. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2016; Macvey, John W. *Whispers From Space*. New York: Macmillan, 1973; Morrison, Philip., John Billingham, and John Wolfe. *The Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI*. [Washington, D.C.]: National Aeronautics and Space Administration, Scientific and Technical Information Office, 1977; Regis, Edward. *Extraterrestrials: Science and Alien Intelligence*. Cambridge [Cambridgeshire] ; New York: Cambridge University Press, 1985; Ross, Monte. *The Search for Extraterrestrials: Intercepting Alien Signals*. Berlin ; New York : Chichester, UK: Springer; published in association with Praxis, 2009; SETI: Search for Extra-terrestrial Intelligence. Washington, D.C.: Moffett Field, Calif.: Pasadena, Calif.: Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration; Ames Research Center, SETI Office; Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, SETI Office ; NASA Headquarters, Office of Space Sciences and Applications, Life Sciences Division, 1990; Shuch, H. Paul. *Searching for Extraterrestrial Intelligence: SETI Past, Present, and Future*. Berlin; Heidelberg; New York: Chichester: Springer ; Praxis Publishing, 2011; Squeri, Lawrence. *Waiting for Contact: The Search for Extraterrestrial Intelligence*. Gainesville, Florida: University Press of Florida, 2016; Traphagan, John. *Extraterrestrial Intelligence and Human Imagination: SETI At the Intersection of Science, Religion, and Culture*. Cham: Springer, 2014; Vakoch, Douglas A., and Albert A. Harrison. *Civilizations Beyond Earth: Extraterrestrial Life and Society*. New York: Berghahn Books, 2011; Waldrop, M. Mitchell. "The Search for Alien Intelligence: SETI Is Dead ? Long Live SETI." *Nature* 475, no. 7357 (2011): 442-444; Wall, Michael. *Out There: A Scientific Guide to Alien Life, Antimatter, and Human Space Travel (For the Cosmically Curious)*. Grand Central Publishing, New York, 2018.
- ²⁷Milan M. Cirkovic: *The Great Silence: The Science and Philosophy of Fermi's Paradox*: Oxford University Press, Great Clarendon Street, Oxford OX2 6DP, United Kingdom, 2018; Davies, P. C. W. *The Eerie Silence: Renewing Our Search for Alien Intelligence*. 1st U.S. ed. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2010; Webb, Stephen. *If the Universe Is Teeming With Aliens ... Where Is Everybody?: Seventy-five Solutions to the Fermi Paradox and the Problem of Extraterrestrial Life*. 2nd Ed. Springer, 2015.
- ²⁸Hippke, Michael. "Interstellar Communication: The Colors of Optical SETI." *Journal of Astrophysics and Astronomy* 39, no. 6 (2018): 1-16; Vakoch, Douglas A. *Communication With Extraterrestrial Intelligence*. Albany: State University of New York Press, 2011.
- ²⁹Haswell, Carole A. *Transiting Exoplanets*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- ³⁰Percival Lowell, *Mars*, Boston, Houghton, Mifflin, 1896, <https://archive.org/details/marsbypercivalloolowe/page/n8>; *Mars and its canals*, New York, The Macmillan company; London, Macmillan & co., ltd., 1906, <https://archive.org/details/marsanditscanalolowegoog/page/n13>; *Mars as the Abode of Life*, New York, The Macmillan company, 1908, <https://archive.org/details/agg9438.0001.001.umich.edu/page/n2>, ultimo accesso 20 dicembre 2019.
- ³¹H. G. Wells, *The War of the Worlds*, ultimo aggiornamento: 20 settembre, 2019, Project Gutenberg, <https://www.gutenberg.org/files/36/36-h/36-h.htm>; la trasmissione originale del 1938 è disponibile su vari siti tra cui: <https://www.youtube.com/watch?v=9q7tN7MhQ4I>, ultimo accesso 16 dicembre 2019.
- ³²Ad esempio, Donald Keyhoe, *Flying Saucers from Outer Space*, New York, Henry Holt 1953.
- ³³Si veda ad esempio: Extraterrestrial life in popular culture, [https://en.wikipedia.org/wiki/Category: Extraterrestrial_life_in_popular_culture](https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Extraterrestrial_life_in_popular_culture); lista di film con extraterrestri: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_films_featuring_extraterrestrials; canzoni sulla vita extraterrestre: [https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Songs about extraterrestrial life](https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Songs_about_extraterrestrial_life); libri sulla vita extraterrestre: [https://en.wikipedia.org/wiki/Category: Books about extraterrestrial life](https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Books_about_extraterrestrial_life), ultimo accesso 20 dicembre 2019.
- ³⁴Achebe, Chinua. *The African Trilogy*. (London: Everyman's Library, 2010) ISBN 9781841593272. Edito con introduzione di Chimamanda Ngozi Adichie. *Things Fall Apart, No Longer at Ease, e Arrow of God* in un solo volume.

SETI e a Grande História: Desafio e Extensão

Lowell S. Gustafson

Department of Political Science, Villanova University

Traduzido por Daniel de Pinho Barreiros

Correspondência | Lowell S. Gustafson, lowell.gustafson@villanova.edu

Citação | Gustafson, Lowell S. 2020. "SETI e a Grande História: Desafio e Extensão." Traduzido por Daniel de Pinho Barreiros. *Journal of Big History* IV (2) 30-43.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4212>

Resumo SETI é um dos relevantes desafios ao arcabouço da Grande História, e que expande seus propósitos. A Grande História tem exercido impacto similar sobre a história mundial, da mesma forma que as histórias nacionais impactaram as histórias religiosas. A Grande História busca empregar evidência e o melhor da análise teórica para integrar estudos sobre o cosmos, a Terra, a vida na Terra, e a humanidade. SETI compartilha desse interesse pelo cosmos, mas examina exoplanetas, astrobiologia, bem como possível inteligência extra-terrestre. Nesse artigo, consideramos as relações em desenvolvimento entre os propósitos da SETI e a Grande História.

Introdução

Histórias religiosas

Histórias políticas, nacionais e sociais

História mundial

Grande História

SETI

Detecção e comunicação

Uma História de Maioridade

Cultura Popular

Uma História de Epílogos

Conclusões

Introdução

O passado simplesmente não é mais o que costumava ser. Ele continua mudando. O ponto em que começamos nossos relatos do passado tem variado ao longo do tempo. As histórias que examinamos se transformaram. Essas mudanças ocorrem por meio de um processo de desafio e extensão, e nos dizem muito sobre como entendemos a nós mesmos. Histórias políticas, nacionais e sociais desafiaram e mudaram as histórias religiosas e tradicionais. A história mundial desafiou e ampliou as histórias nacionais. A Grande História fez o mesmo com a história mundial. E a busca por inteligência extraterrestre (SETI) está entre os desafios que

implicitamente exigem uma extensão analítica da própria Grande História.

Uma das características definidoras da humanidade é a memória, que difere da evidência do passado. Os condritos, ou meteoritos que orbitam nosso Sol desde a formação do nosso Sistema Solar, nos fornecem evidências do que aconteceu no espaço há mais de 4,5 bilhões de anos atrás. Intrusões de rochas ígneas nos dão evidências do que aconteceu a milhões de anos atrás na Terra. Mas costumamos considerar que essas evidências rememorem ou espelhem as condições das quais fizeram parte há muito tempo atrás.

Alguns afirmaram que as plantas são dotadas da capacidade de memorizar.

Muitos animais - chimpanzés, golfinhos, elefantes, pássaros, ratos e outros - mostram sinais de serem capazes de lembrar-se do próprio passado, e dão indícios de como a memória os ajuda na preparação para o futuro.

Humanos não apenas compartilham a capacidade de lembrar, mas também podemos compartilhar e transmitir nossas memórias em um processo que David Christian chama de aprendizado coletivo. Podemos guardar ideias sobre o passado, mesmo quando aquilo de que lembramos não existe mais. Essa habilidade foi aprimorada com desenvolvimentos cognitivos que permitiram o pensamento simbólico. Os macacos vervet emitem sons

distintos que alertam outros em sua tropa sobre a presença e o perigo representado por águias e leopardos. O que eles não são capazes de fazer é usar esses sons na ausência do referente. Eles não ficam sentados à volta de uma fogueira à noite, com um pedido de desculpas: “Pensei que tinha visto uma águia hoje quando chamei; mas era apenas um corvo. Desculpe-me pelo alarme falso.” A evolução da capacidade de reter um pensamento e invocá-lo explicitamente por meio de sons atribuíveis e comunicáveis é um marco para os hominíneos.

A memória de todos os tipos de coisas que não existem mais pode parecer mais importante do que aquilo que existe no tempo presente. Lembrávamos-nos de nossos cuidadores dos tempos de criança muito tempo depois de terem morrido. A memória que tínhamos deles era real para nós, mesmo quando eles não existiam mais. Então, foi um pequeno passo para pensarmos que eles, assim como as memórias que temos deles, estavam vivos. Nossas memórias se tornaram seus espíritos. Nisso, a memória estava ligada a outra explosão cognitiva: a imaginação. Imaginamos o que nunca existiu e, em seguida, atuamos para dotar essas ideias de materialidade. Podemos assumir aqui que ninguém viu seus ancestrais na vida após a morte, mas temos atuado para prepará-los para isso por um tempo que antecede a própria história escrita. Pode ou não haver um Paraíso, mas há túmulos nos quais as pessoas parecem ter preparado seus ancestrais para o próximo mundo. Não apenas essas pessoas, mas os bens de que precisariam para viver bem na próxima vida, tinham espíritos. Então, enterramos panelas, armas, joias e outros itens com eles.

Outra maneira de imaginar veio da capacidade de reunir memórias das coisas que vimos, de modo a vislumbrar algo novo em nossos olhos “mentais”. Um exemplo disso é a estatueta Löwenmensch ou Homem-Leão, uma escultura descoberta na Alemanha em 1939 (Figura 1). Podemos nos lembrar de ter visto um leão e um homem, mas nunca uma criatura que era ambos ao mesmo tempo. Nossa capacidade de imaginar uma síntese criou uma nova ideia, uma nova opção de algo que poderia ser. Ninguém jamais viu um homem-leão, mas um artista de 35.000 a 40.000 anos atrás podia imaginar e esculpir um a partir de uma peça de marfim. Naquela época, ninguém tinha visto uma cidade ou um computador, mas, eventualmente, pessoas imaginativas vieram planejá-los e os criaram.

Memória e imaginação criaram o espaço para tudo que pode ser real para nós. Isso nos deu opções para concebermos aquilo de que fizemos parte ao longo do tempo; deu-nos opções também para concebermos os modos pelos quais participamos daquilo que veio antes—ou daquilo que virá depois de nós.

Histórias Religiosas

Temos muitas maneiras de registrar nossas memórias. Métodos para registrar os dias e outras unidades, como meses ou anos, podem ter sido desenvolvidos desde o período neolítico. O arranjo lítico de Wurdi Youang, datado de 11.000 a 20.000 anos atrás, em Victoria, Austrália, parece ter servido a esse propósito. A famosa estrutura de Stonehenge na Inglaterra, construída entre 4.000 e 5.000 anos atrás, pode ter registrado e previsto os solstícios de inverno e verão. Várias construções maias, como o Caracol em Chichén Itzá, estão alinhadas com uma variedade de eventos celestes que



Figura 1: The Lion Man: An Ice Age Capolavoro.

marcam datas. Esses e muitos outros exemplos remetem a períodos anteriores à escrita, em que nossos ancestrais viam a si mesmos em relação com o cosmos, com seus eventos, e com fenômenos que se esperavam serem cíclicos. Memória e expectativa foram conectadas.

Pode-se pensar que esses eventos cósmicos estejam associados a outros tantos na Terra, como o aparecimento de certas plantas, movimentos de manadas ou a chegada de chuvas. As observações cosmológicas e sua associação com eventos locais se desenvolveram ou se tornaram parte do ritual e da religião. Elas também foram úteis no registro da passagem do tempo. As religiões geralmente registram o tempo de um evento importante em suas próprias histórias ou cosmogonias. Isso pode ter a ver principalmente com os ciclos anuais, que se repetem. O tempo cíclico tem sido frequentemente a norma. Às vezes,

os ciclos anuais faziam parte de ciclos mais longos. Por exemplo, os maias tinham uma contagem de 365 dias em um ano (dezoito meses a cada vinte dias, com um mês de transição de cinco dias) ou Haab'. Um k'atun de vinte anos ou 7.200 dias, um baktun de 144.000 dias, uma "longa contagem" de treze baktuns, e um ciclo de 52 anos, ao Giro do Calendário, com base em uma comparação do calendário ritual de 260 com os Haab'. Eles tinham outras contagens de dias também. A antiga contagem maia antiga começou na data de criação mais recente, o equivalente a 11 de agosto de 3114 AEC no calendário gregoriano prolético.

Outros calendários religiosos também acompanham a passagem do tempo. Os calendários usados oficialmente na China antes de 1911 eram fundamentalmente calendários cíclicos (solar/lunar), que correspondiam a eventos astronômicos e sazonais, úteis aos agricultores. Contavam também com os "anos reais", Huang Li, associados a uma sequência de imperadores. No calendário hindu, faz 5.122 anos desde que Sri Krisna retornou à sua morada eterna. Nos calendários budistas, Buda alcançou parinibbãna em 13 de maio de 544 AEC ou por volta disso. Yose ben Halafta, um rabino judeu do século II da Era Comum calculou que a criação começou em 0679 Elul 25 do ano 1 (3761 AEC). Maimônides, filósofo e cientista judeu do século XII, afirmou que o início da criação ocorreu no ano hebraico o (conhecido como "Anno Mundi o" em latim) e que a criação dos seres humanos ocorreu em Anno Mundi 1, que corresponde a 3761 AEC. O ano atual (2020 EC) no calendário judaico é 5780.

Uma data tradicional é a data usada para a publicação desta edição: 2020. Essa data se referia ao número de anos desde o nascimento de Cristo. Santo Agostinho (354-430 EC), em seu trabalho, "O

significado literal de Gênesis" (De Genesi ad litteram libri duodecim) argumentou que a Terra tinha cerca de 6.000 anos. James Ussher, líder religioso na Irlanda do século XVII, concordou aproximadamente com a data da criação ainda usada no calendário judaico, e por Agostinho. A leitura de Ussher dos textos bíblicos e de outros textos antigos o levou a estabelecer a data da criação "no começo da noite que precede o 23 de outubro . . . do ano 4004 anterior a Cristo." O que importava para os cristãos não era tanto a criação do mundo, mas sua recriação em Cristo. Como foi escrito na epístola da Bíblia Cristã, 2 Coríntios 5:17, ". . . se alguém está em Cristo, a nova criação chegou: O velho se foi, o novo está aqui!

A partir do segundo século depois de Cristo, alguns bispos do Império Romano do Oriente começaram a contar os anos desde o nascimento de Jesus. No entanto, vários estudiosos usaram calendários diferentes para colocar o nascimento de Jesus em anos ligeiramente diferentes. A questão ainda não havia sido resolvida nem três séculos depois. Dionísio, o Exíguo, também conhecido como Denis, o Pequeno, era um monge originário das atuais Romênia e Bulgária, que mais tarde atuou em Roma. Sua principal preocupação era a de localizar as datas da Páscoa em diferentes anos dentro do calendário litúrgico anual. Ele foi o primeiro a registrar que havia uma data para a Páscoa 525 anos após o nascimento de Cristo, ou no Anno Domini, AD, no ano de nosso Senhor. Alguns já haviam declarado que Cristo havia nascido 5.500 anos após a criação do mundo, e então previram que Jesus retornaria no ano de 6000. "A Era da Encarnação . . . foi logo muito usada na Itália e, até certo ponto, um pouco mais tarde na Espanha; durante os séculos VIII e IX, foi adotada na Inglaterra. Dizem que Carlos Magno foi o primeiro governante cristão a empregá-la oficialmente. Somente no século X foi empregada na chancelaria papal." Esse sistema de datação atualmente se refere, em linhas gerais, ao início de uma Era Comum

secular (EC), ou a um tempo Antes da Era Comum (AEC), substituindo a contagem "antes de Cristo" ou a partir do Ano de Nosso Senhor (AD ou DC). Mantém o número de anos por conveniência, mas rejeita a referência religiosa.

O Islã também começa sua contagem de anos a partir de um evento importante em sua história. O calendário islâmico calcula 1441 anos desde a migração de Maomé de Meca a Medina, conhecida como Hégira. Por muitos séculos, um grande número de pessoas se posicionou no tempo de acordo com essas estruturas religiosas que remontam a milênios.

Histórias políticas, nacionais e sociais

Nem sempre é fácil distinguir entre política e religião, uma vez que elas geralmente estão tão entrelaçadas. Os líderes políticos frequentemente reivindicam algum tipo de *status* religioso. Ainda assim, podemos ver como a contagem de anos nos calendários tem sido frequentemente definida politicamente. Pode começar com a chegada ao poder de um líder ou dinastia, ou em termos de histórias políticas nacionais.

Durante a República Romana, os anos também foram datados por consultas. Denis, o Pequeno, queria mudar o sistema comum de contar anos desde a fundação de Roma ou desde a chegada ao poder de Diocleciano, a Era dos Mártires.

Na história europeia, a soberania de Deus deu lugar à soberania dinástica após a Paz da Vestfália em 1648. Sob o princípio de *Cuius regio, eius religio*, (tal a religião do príncipe, tal um país), súditos leais aceitavam o catolicismo ou o ramo do protestantismo que seu monarca soberano possuía. Ser um súdito leal do rei Henrique VIII significava ser um membro da Igreja

Anglicana que ele dirigia. Especialmente com o Iluminismo e a Revolução Francesa, a soberania dinástica deu lugar à soberania nacional ou popular. Cidadãos da nação eram as pessoas que detinham soberania política. As histórias das nações, mais do que dinastias ou religiões, tornaram-se o que importava. Como e quando uma nação se originou, e depois se desenvolveu?

Um exemplo disso é dado por Joseph Priestley, um teólogo separatista inglês do século XVIII, filósofo natural, químico e teórico político liberal. Ele foi creditado com a descoberta de oxigênio, entre outras realizações científicas. Em 1769, ele dedicou seu *New Chart of History* (veja a Figura 2) a seu amigo e colega cientista, o politicamente engajado Benjamin Franklin. Ele não começou com a criação do mundo, um ponto de partida religioso ou com a chegada ao poder de um monarca. Em vez desses tipos de pontos de partida, ele começou sua história com as nações antigas de Israel e Egito. Certamente, esses eram pontos de partida nacionais que correspondiam ao sentido de tempo herdado da Bíblia. Mas sua enumeração não mencionou o Gênesis, o Rei Davi ou Zézer. Seu novo relato da história era global, bem como nacional; incluiu muitas, senão a maioria das grandes nações do mundo, e algumas regiões como Escandinávia, Polônia, Rússia, Grã-Bretanha, Espanha, França, Itália, Turquia na Europa, Turquia na Ásia, Alemanha, Pérsia, Índia, China, África e América.

O calendário republicano (figura 3, abaixo) procurou situar o novo regime na França após a Revolução Francesa de 1789, em um período de tempo recém-planejado, racional e livre da superstição medieval. Não começou o registro do tempo com o nascimento de

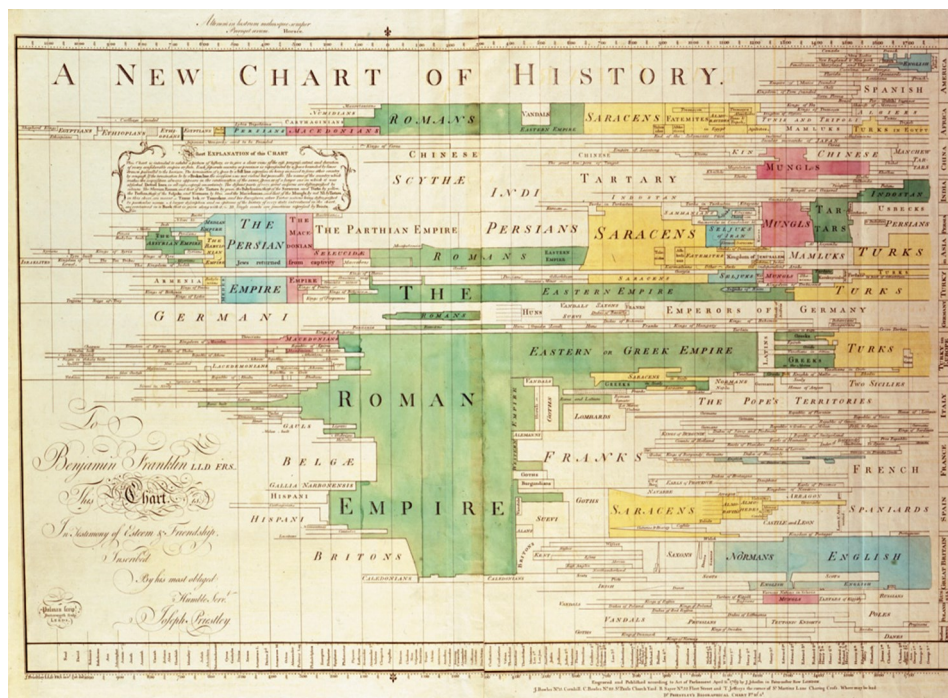


Figura 2. Uma versão a cores de *A New Chart of History* de Joseph Priestley. A Benjamin Franklin LLD. FRs. Questo grafico a testimonianza di stima e amicizia. Inscritto dal suo più umile servizio umile. Joseph Priestley. 1769.



Figura 3. Calendrier républicain...: an III: [estampe] / P.L. Debucourt del. et sculp. 1794.

Jesus ou com Israel antigo. A contagem de anos começaria com os importantes acontecimentos recentes na França. As pessoas discordavam se a contagem de anos deveria começar com a Grande Revolução de 14 de julho de 1789, mas aqueles que eram a favor do início da contagem de anos a partir da República em 22 de setembro de 1792 venceram a discussão. O tempo decimal foi considerado mais racional; portanto, cada dia deveria ter dez horas, cada uma com 100 minutos e cada minuto com cem segundos. Os limites exigidos pela racionalidade e o respeito à tradição clássica mantiveram o uso dos numerais romanos, como An (ano) I ou VI ou X. O calendário republicano foi usado na França por 12 anos, do final de 1793 a 1805, e por 18 dias durante a Comuna de Paris em 1871.

O ensino da história nos Estados Unidos da América nunca resultou em um novo calendário, mas para muitos, a história nacional era a história que importava. Os documentos quase

sagrados da nação, de 1776 e 1787, eram quase que de importância bíblica. Como escreve C. Bradley Thompson, Abraham Lincoln parafraseou Provérbios (25:11) e “afirmou que o princípio da liberdade na Declaração de Independência era a palavra ‘falada apropriadamente’ que se mostrou um ‘pomo de ouro’ para nós.” A Constituição era a ‘imagem de prata’ que ‘emoldurava’ a Declaração.” A criação do mundo por Deus ou a nova criação em Cristo não pareceram mobilizar tanto quanto o Destino Manifesto da República em uma Nova Terra. A religião civil clássica da América é o ponto de partida para Walter A. McDougall iniciar seu *Tragedy of U. S. Foreign Policy*. O papado teve sua sucessão remontando a Jesus; os Estados Unidos têm sua dinastia constitucional iniciada com George Washington. O atual ocupante mais recente da sucessão presidencial é Donald Trump, o 45º detentor do cargo. Alguns americanos se orgulhavam da

sucessão constitucional ininterrupta do poder, que remonta a 1789.

A identidade política americana está ligada ao conhecimento da história da experiência nacional americana, que era um dos principais objetivos da educação pública. Quando a *American Historical Association* (AHA) foi fundada em 1884, ainda era recente a emergência da História como uma disciplina acadêmica distinta. “Os primeiros professores no campo da história foram nomeados apenas nas principais universidades na década de 1870”. O país havia sobrevivido à Guerra Civil e o último prego de dormente da ferrovia transcontinental fora marretado em 1869. A nação havia alcançado seu Destino Manifesto de integrar território de mar a mar. Estava pronta para contar sua história. Em 1872, John Gast pintou seu “*American Progress*”, mostrando uma mulher com cabelos loiros esvoaçantes e túnica branca ondulante voando como uma deusa sobre colonos e trabalhadores que estavam substituindo animais e povos selvagens (Figura 4). O estado estava pronto para manter escolas públicas, em alguma medida para promover o nacionalismo e a boa cidadania. A história americana estava no currículo, não as histórias de todas as nações. Os americanos não foram os únicos que comemoraram suas histórias nacionais. Existem muitas histórias de muitas nações cujo objetivo era o de incentivar a identidade política nacional. Figuras heroicas, grandes batalhas e eventos épicos formam as histórias de origem de muitas nações - e as identidades políticas de muitos cidadãos.

Da mesma forma, a *American Political Science Association* foi fundada algumas décadas após a AHA, em 1903. O estudo da ciência política, como o da história, foi associado à ideia de “ser



Figura 4. John Gast, *American Progress*, 1872.

americano" e até à de participar da vida pública americana. Cursos a respeito dos Três Poderes foram eventualmente complementados através de trabalhos sobre políticas étnicas, de classe e de gênero, junto com muitos outros subcampos. Conhecer e entender os eventos que levaram à Declaração de Independência, à Constituição, ao Discurso de Gettysburg, e a Carta de uma Cadeia de Birmingham (bem como conhecer esses próprios textos em si) e muito mais se tornou parte de ser um bom cidadão americano.

Não apenas a história política americana apareceu como uma disciplina comum e parte importante da formação de identidades nacionais. Cursos em várias outras histórias nacionais, e às vezes regionais, têm sido frequentes: disciplinas sobre histórias britânica, francesa, russa, chinesa, africana, latino-americana têm sido comuns em universidades americanas e em outros lugares. Se os alunos saíam com alguma coisa, era a noção de que as nações é que mereciam ser estudadas. O período histórico no qual cada curso costumava iniciar variava significativamente. As disciplinas começavam normalmente com estudo de alguns séculos no passado. Em alguns casos, como em cursos sobre a história romana ou chinesa antiga, podia começar com eventos de milênios atrás.

Durante a geração passada, o estudo e o ensino sobre as nações viveram tempos difíceis. Como observa Jill Lepore, os intelectuais "pararam de estudar a nação, acreditando que o estado-nação estava em declínio. O mundo se tornou global, unido por intrincadas redes de comércio e formas aceleradas de transporte e comunicação. Eles insistiram que o futuro era cosmopolita, não provincial. Por que se preocupar em estudar a nação?"

Muitos historiadores começaram a se afastar das histórias políticas e nacionais em favor da investigação da história social, ou das histórias de raça, gênero, classe e outras categorias em vários períodos históricos envolvendo as últimas décadas, séculos ou milênios. Estudos de afro-americanos, afro-latino-americanos, mulheres, membros de comunidades LGBTQ e outros se tornaram muito mais comuns. A estes foram adicionadas histórias temáticas, como histórias ambientais. Estes cursos foram frequentemente ministrados como parte de um esforço para dar voz aos grupos até então sem voz ou pouco estudados. Ainda assim, a maioria das histórias nacionais, políticas e até sociais eram geralmente limitadas ao período do registro escrito do passado humano.

Todo mundo tem uma história, não apenas líderes políticos importantes e grandes nações. Se eles não se encaixavam perfeitamente em uma grande narrativa, tanto melhor. Grandes narrativas abrangentes acabaram excluindo grupos marginalizados e serviram aos interesses dos grupos que dominavam a criação da cultura.

História Mundial

Alguns historiadores buscavam uma estrutura maior do que o estudo de nações, tipos de regime ou grupos sociais. Pouco mais de um século após a formação da AHA, em 1982, alguns historiadores se uniram na *World History Association* para contar uma história da globalização. Essas eram histórias da humanidade, pelo menos desde o início das sociedades agrícolas. Os historiadores vasculham arquivos cheios de documentos primários, talvez voltando até à antiga Suméria. Até o momento em que a escrita se desenvolveu na Suméria, em 2700 AEC, havia diferentes grupos de pessoas

vivendo em todos os continentes e regiões do mundo, exceto na Antártica. Os povos falavam línguas diferentes e haviam desenvolvido culturas distintas; as agora familiares diferenças físicas entre os povos eram visíveis. Diferenças civilizacionais, regionais, nacionais, étnicas e outras já estavam bem desenvolvidas. O início do estudo dos humanos nesse período de tempo deixa de fora um prelúdio muito longo.

Os historiadores cujo objetivo era o de promover uma identidade política global enfrentaram a tarefa de tentar construir pontes entre várias identidades culturais pré-existentes. Ao iniciar o ensino da história nos últimos milhares de anos, a história começava com diferenças bem estabelecidas que muitas vezes levaram a conflitos. Essa abordagem começava com a diferença, e frequentemente com desconfiança e hostilidade. Que identidade política seria formada se os pontos de partida das histórias políticas retrocedessem para antes das origens das nações? Se a história política humana tiver começado na África há pelo menos 200.000 anos, então novas identidades humanas podem ser resultado de cursos sobre política humana, além dos cursos sobre política americana, britânica, chinesa e outras.

Pode ser que, bem-vindas ou não, as histórias nacionais tenham retornado nos últimos anos. China, Índia, Estados Unidos, Grã-Bretanha e outros parecem estar interessados em tornar suas nações grandes novamente. Muitos viram um novo tribalismo na onda global de populismo dos últimos anos, em que vários grupos sociais buscam fronteiras mais impermeáveis. Mas outros desafiaram e procuraram expandir as histórias nacionais, sociais e até mundiais.

Grande História

William McNeill iniciou seu texto da

história mundial com a revolução na produção de alimentos entre 8500 e 7000 AEC. Ao fazer isso, ele usou outras fontes além das fontes escritas. Para discutir seu tópico, ele teve que se referir a artefatos e arqueologia. Isso abriu uma comporta para alguns historiadores que aprenderam com as ciências naturais a como ir além dos materiais escritos nos arquivos para examinar o passado pré-letrado. Esses historiadores começaram a colocar o registro escrito do passado humano no âmbito do registro natural de todo o passado conhecido. Ao fazer isso, eles entraram em um mundo intelectual que geólogos, astrônomos, astrofísicos, químicos, biólogos, antropólogos físicos e outros desenvolviam há séculos. Foram os cientistas naturais, e não os historiadores tradicionais e outros especialistas em humanidades e ciências sociais, que revolucionaram nossa compreensão de nosso lugar no passado. O passado não começou com a Epopeia de Gilgamesh, no Oriente Médio, cerca de 4.000 anos atrás, com os escritos da Bíblia ou com os Pré-Socráticos. Os cientistas aprenderam a ler as histórias contadas por luz, pedras, ossos e sangue. E essas histórias remetiam a cerca de milhões e bilhões de anos atrás. Os seres humanos foram realmente formados a partir dos mesmos elementos comuns na superfície da Terra, mas claramente não foram formados diretamente a partir de um punhado de argila. Os primeiros organismos unicelulares foram formados a partir dos elementos e produtos químicos encontrados na crosta terrestre. O próprio carbono, hidrogênio, aminoácidos e proteínas tiveram longas histórias. Como Carl Sagan observou de maneira tão eloquente e famosa, somos todos feitos de matéria estelar. E então, como Walter Alvarez e outros argumentaram, a matéria estelar foi concentrado pela

Terra. E depois foram necessários bilhões de anos de evolução entre os primeiros organismos celulares e humanos.

Eric Chaisson, David Christian, Fred Spier e muitos outros publicaram relatos baseados em evidências que vão do Big Bang há 13,82 bilhões de anos atrás, ao surgimento das estrelas e galáxias, elementos químicos, planetas sólidos como Terra, vida, evolução e cultura humana. A história não começou com nações, civilizações ou mesmo agricultura; começou com o começo do tempo e do espaço. Em 2010, a *International Big History Association* foi formada com o objetivo de examinar “a história integrada do Cosmos, Terra, Vida e Humanidade, usando as melhores evidências empíricas disponíveis e métodos acadêmicos.” O boletim da IBHA, *Origins*, bem como o *Journal of Big History* apresentam escritos e artigos acadêmicos sobre esses tópicos. David Christian, que cunhou o termo Big History, publicou *Origin Story: a Big History of Everything* em 2018. O livro começa pelo Big Bang e chega ao Antropoceno, o período atual da história da Terra, quando os humanos têm o impacto dominante do planeta.

Histórias de nações de todo o mundo desafiaram a ideia de que uma simples ideia religiosa seja melhor para datar todos os eventos. A história do mundo desafiou a ideia predominante de dividir a humanidade em fronteiras nacionais e grupos sociais; buscou uma história integrada de toda a humanidade desde a revolução agrícola. A Grande História colocou essa história humana em seu próprio passado de cerca de 200.000 a 300.000 anos, e depois disso, nos muitos passos que tiveram que ser tomados ao longo de 13,82 bilhões de anos para chegar à Terra, à vida e à humanidade.

A nova visão de quem somos, de onde viemos, e do que somos parte, foi reforçada pela foto *Earthrise*, tirada em 24 de dezembro de 1968, pelo astronauta da Apollo 8, William Anders. É a foto que Fred Spier usou para a capa de seu livro *Big History and the Future of Humanity*. Ele refletiu sobre essa foto desde então. Ver a Terra do ponto de vista da Lua mudou quem somos. A linda Terra azul, branca e verde mostrada como uma joia em um espaço escuro e agourento. Não havia “Planeta B” para o qual pudéssemos escapar com nossa tecnologia, então ou agora, se acabarmos por tornar nossa Terra inabitável. Para muitos, velhas ideias de segurança nacional empalideceram em comparação com a segurança doméstica global.

SETI e uma História de Amadurecimento

Por mais impressionante que a vista da Terra fosse da Lua, muitos se perguntaram se havia outros planetas habitáveis fora de nosso sistema solar. Já se imaginou um dia que Marte pudesse abrigar vida inteligente, mas agora sobre o planeta se impõem perguntas a respeito de abrigar ou não vida microbiana. Uma de nossas melhores esperanças está nos mares de uma das luas de Júpiter, Io. A busca por exoplanetas (planetas fora do nosso sistema solar), pela vida em qualquer lugar do universo além da Terra, e pela inteligência extraterrestre, desafiam e ampliam a Grande História. Uma Grande História não é grande o suficiente para esses campos. Existem muitos planetas além da Terra; desde 2019, mais de 4.000 foram detectados apenas dentro da área local de nossa própria galáxia. O número de planetas no universo com mais de 100 bilhões de galáxias deve ser fenomenal.

O interesse em haver possivelmente muitos outros planetas não tem sido

exclusivo do nosso tempo. O cardeal alemão Nicolau de Cusa sugeriu no século XV que existiam outros planetas em torno de outras estrelas além do nosso sol. Ele escreveu que “a Terra é uma estrela como outras estrelas, não é o centro do universo, não está em repouso nem seus polos são fixos. Os corpos celestes não são estritamente esféricos, nem suas órbitas circulares”. O frade dominicano italiano do século XVI, Giordano Bruno, argumentou que as estrelas eram sóis distantes cercados por seus próprios planetas, além de afirmar que o universo é infinito e que não poderia ter um centro.

Em 1685, o autor francês Bernard le Bovier de Fontenelle publicou *Conversations on the Plurality of Worlds*. Ele escreveu não em latim, que era comum para os estudiosos da época, mas em francês, pois seu objetivo era tornar as ideias acessíveis à cultura popular.

Uma grande diferença entre esses primeiros escritos e o SETI são os grandes avanços científicos e tecnológicos feitos nos últimos tempos, que nos permitem procurar evidências físicas de exoplanetas em vez de apenas especular sobre eles. Agora podemos usar a observação para estabelecer que existem outros planetas habitáveis, isto é, aqueles com água líquida, que podem hospedar a vida como a imaginamos.

Encontramos evidências de exoplanetas com sucesso; ainda estamos procurando evidências de qualquer outra vida, ainda que muito menos inteligente, além da Terra. A probabilidade de encontrarmos evidências ainda é uma questão em aberto. Em 1961, Frank Drake escreveu sua famosa equação que sugeria o que precisávamos saber antes de podermos calcular vida além. Sendo quantas

formas de da Terra existiam.

Inicialmente,

$$N = R^* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

N = o número de civilizações em nossa galáxia com as quais a comunicação pode ser possível (ou seja, quais estão em nosso atual cone de luz do passado);

e

R^* = a taxa média de formação de estrelas em nossa galáxia;

f_p = a fração daquelas estrelas que possuem planetas;

n_e = o número médio de planetas que podem potencialmente suportar a vida, por estrela que possui planetas;

f_l = a fração de planetas que poderiam sustentar a vida, e que realmente desenvolve a vida em algum momento;

f_i = a fração de planetas com vida que de acaba por desenvolver vida inteligente (civilizações);

f_c = a fração de civilizações que desenvolvem uma tecnologia que libera sinais detectáveis de sua existência no espaço;

L = o período de tempo durante o qual essas civilizações liberam sinais detectáveis no espaço

Somente na Terra, existe quase uma variedade infinita de formas de vida além dos seres humanos. Seria surpreendente se no número quase ilimitado de planetas dentro do universo existissem muitas outras formas de vida, incluindo as inteligentes? O interesse da Grande História pelo cosmos é bom; suas ênfases na Terra, na vida na Terra e na humanidade são míopes demais. Também precisamos pensar sobre e

procurar exoplanetas, astrobiologia e exo-inteligência.

Para muitos, parecia provável que, com inúmeros planetas habitáveis, devia haver muitas formas de vida extraterrestres. O grande físico ítalo-americano, Enrico Fermi também acreditava nisso, mas então se perguntou: "Então, onde estão?"

Detecção e Comunicação

Até agora, ainda não detectamos vida ou inteligência extraterrestre. Uma esperança ainda mais ambiciosa é a de que talvez possamos nos comunicar com vida extraterrestre ou formar algum tipo de relacionamento com os outros seres. E mais ambiciosa ainda é a ideia de visitarem a Terra ou de nós viajarmos até eles. Dadas as enormes dificuldades de deslocamento por distâncias tão vastas, certamente não teremos uma forma de fazê-lo agora ou no futuro próximo. Outras civilizações muito mais avançadas podem ter descoberto como viajar por tais distâncias, mas ainda não há evidências que persuadam os cientistas a respeito de tais visitas. Nem sequer detectamos a radiação de civilizações além da Terra, o que seria muito provável de ter acontecido.

Uma História de Maturidade

Embora não tenhamos encontrado exemplos da vida simples ou inteligente além da Terra, a pesquisa a esse respeito é importante. Por muitos séculos, pensamos que nossa Terra era o centro do universo. Pensávamos que éramos as únicas formas de vida no cosmos. Mesmo apenas um século atrás, bem depois de sabermos que orbitávamos em torno do sol, a maioria supunha que estávamos na única galáxia do universo. Quando Edwin Hubble e outros tivessem provado a existência de numerosas outras galáxias, percebemos que não apenas

nós, algumas nuvens e nébulas circulavam a Via Láctea. Antes de 1995, não tínhamos evidências de planetas fora do nosso sistema solar. Agora sabemos que existem milhares deles em alguns milhares de anos-luz distantes de nós. Não assumimos que somos tudo o que existe. Nós procuramos e encontramos outros planetas. Nós procuramos vida além da Terra e vida *inteligente* além da Terra - e ainda estamos procurando.

Imaginar e procurar vida e inteligência extraterrestres representa o próximo nível de complexidade que a Grande História não havia enfatizado até aqui. A história da Grande História já versava sobre a crescente complexidade dos relacionamentos. A história dependia de relacionamentos anteriores, sendo incorporados, de forma emergente, em relacionamentos novos e mais complexos, com novas propriedades. A Grande História apresentou uma narrativa a respeito de *quarks* para cima e para baixo, que se relacionam no âmbito de nêutrons e prótons, mediados pela força nuclear forte. Prótons e nêutrons formaram relações com elétrons através da mediação da força eletromagnética. O equilíbrio dinâmico entre a gravidade e a fusão nuclear permitiu às estrelas formar núcleos com maior número de prótons do que os alcançados pelo hidrogênio e o hélio. Esses elementos, uma vez lançados no espaço por estrelas moribundas ou supernovas, conectaram-se no âmbito de compostos químicos multielementos. Com esse processo, além de estrelas de nêutrons colidindo umas com as outras, elementos mais pesados se tornaram disponíveis para formar planetas sólidos. Alguns como a Terra tinham vários níveis, com um núcleo metálico, magma, fundo do mar, placas continentais e muito mais. A química

evoluiu para a bioquímica, que evoluiu para os conjuntos mais complexos de relacionamentos até então, no âmbito de vírus e células procarióticas unicelulares. Estes acabaram se tornando ainda mais complexos com a presença de novas organelas e de um núcleo nas células eucarióticas.

Formas de vida multicelulares explodiram em um número quase infinito de formas no período cambriano. Um meteoro devastador pode ter causado a extinção de dinossauros não aviários, e dado aos mamíferos espaço para evoluir e eventualmente dar origem a *Homo sapiens*. Os relacionamentos entre indivíduos de nossa espécie foram de grupos de parentesco nômades, aldeias agrícolas assentadas, cidades, nações, impérios e frágeis instituições globais. Agora, com autores como H.G. Wells e os cientistas do SETI, poderíamos imaginar um próximo nível de relações interplanetárias e intergalácticas. A ideia era tão absurda quanto a ideia de uma célula procariota em comparação com os primeiros átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio.

Há um efeito irônico na maneira como entendemos a nós mesmos, a vida e a Terra assim que começamos a pensar em outros planetas, formas de vida e seres inteligentes. Mesmo se não encontrarmos vida extraterrestre, a busca nos amadurece. Pensamos nas origens de outros planetas, outras formas de vida, outros seres inteligentes e não pensamos exclusivamente em nossas próprias origens. Esse processo não é uma história de origem para nós; é uma história de amadurecimento. Pode-se dizer que uma pessoa individual atinge a maioria percebendo que outras pessoas existem independentemente, e têm suas próprias ideias, emoções e interesses. Alguns tiveram esse

amadurecimento por um grande interesse na evolução de outras espécies aqui na Terra. A linha da vida corre não apenas para a humanidade, como na Declaração de Propósitos da IBHA, mas para um número quase infinito de outras espécies na Terra, e talvez além dela.

Cultura Popular

Muitas pessoas não esperaram meras evidências de vida e inteligência extraterrestres para imaginar o que elas poderiam ser e como isso nos afetaria. Formas de vida e civilizações altamente desenvolvidas em outros planetas chamaram nossa atenção em várias fontes fictícias, incluindo romances, filmes, histórias em quadrinhos, séries de televisão e músicas.

Percival Lowell popularizou a ideia sobre a vida inteligente em Marte em seus três livros: *Mars* (1895), *Mars and Its Canals* (1906) e *Mars as the Abode of Life* (1908). Dois anos depois do livro de Lowell em 1895, H.G. Wells publicou seu romance *A Guerra dos Mundos*. Em 1938, Orson Welles adaptou e narrou dramaticamente a história no rádio, causando pânico generalizado nos Estados Unidos.

Avistamentos de UFOs eram mais comuns na década de 1950, mas ainda recebemos relatórios regularmente, com alguma suspeita de que nosso governo esteja suprimindo o conhecimento sobre eles por medo do pânico que causaria.

Em 1966, os Byrds cantaram na música "Mr. Spaceman" sobre:

“. . . aqueles estranhos que vêm todas as noites. / Aquelas luzes em forma de discos deixam as pessoas tensas. / Deixam pegadas verde-azuladas que brilham no escuro. / Espero que eles cheguem bem em casa.”

A série de televisão *Star Trek* foi televisionada de 1966 a 69, e mantém desde então fãs dedicados. A série de filmes fenomenalmente bem-sucedida de George Lucas, *Star Wars* começou em 1977. Em 1982, vimos o magnífico filme de Steven Spielberg, *E. T., o Extraterrestre*. Em 1997, Jodie Foster estrelou *Contato*, com base no livro homônimo de Carl Sagan. Não menos encantador foi *Avatar* de James Cameron, de 2009. A lista de relatos populares de vida extraterrestre é extensa. Aparentemente, não nos cansamos do medo, da maravilha, da excitação e da admiração provocados pela ideia do que pode significar, para nós, a vida em outros planetas.

Embora sejam frequentemente divertidos, também nos permitem refletir sobre o que a descoberta de vida extraterrestre significaria para nós. Vamos pedalar com E.T. no céu ou lutar contra Darth Vader em batalhas intergalácticas de alta tecnologia? As formas de vida extraterrestres que descobrimos serão apenas micróbios? Eles vão nos oferecer novos medicamentos ou doenças pandêmicas? Como imaginamos nosso relacionamento com eles? Existem sérias razões pelas quais somos fascinados pela vida extraterrestre ainda não descoberta.

Uma História de Epílogos

A maioria vem não apenas de um relacionamento, mesmo que apenas especulativo, com as formas de vida de outros planetas. Também vem de uma sensação de mortalidade. Mesmo se enfrentarmos o paradoxo de Fermi e encontrarmos evidências de outras formas de vida inteligentes através da detecção de algum tipo de sinal de rádio, é provável que as novas formas de vida encontradas estejam a uma grande distância de nós. Em cinco mil

anos-luz, procuramos apenas planetas habitáveis. Apenas nossa própria galáxia tem 100.000 anos-luz de diâmetro. Mal começamos a explorar nossa própria galáxia, muito menos os outros cem bilhões. Se recebermos um sinal a apenas mil anos-luz de distância, levará 2.000 anos, na melhor das hipóteses, até que façamos nossa resposta chegar a eles e, em seguida, que eles façam a sua nova resposta chegar a nós. Essa dificilmente é a taxa de comunicação sobre a qual se possa construir um relacionamento significativo. Qualquer um de nós que ouvir o primeiro sinal e depois enviar uma resposta certamente estará morto há muito tempo quando obtiver uma resposta. O que é ainda mais incômodo, a civilização deles ainda existirá quando finalmente formos capazes de fazer a mensagem chegar até lá? Talvez eles também estejam destruindo seu próprio meio ambiente ou explodindo uns aos outros. Existiremos quando recebermos sua resposta? Depois de apenas alguns episódios em nosso diálogo com nossos novos amigos, é mais provável que tenhamos de admitir que nossa espécie terá sido extinta.

É certo que a Grande História tem se debruçado não apenas sobre origens; mas também sobre epílogos. Ouvimos os astrônomos e astrofísicos falarem sobre o nosso Sol se tornar uma gigante vermelha em cinco bilhões de anos, expandindo-se até evaporar os oceanos da Terra e fritar qualquer criatura que ainda tente sobreviver. O golpe de misericórdia virá da energia escura, que está afastando as galáxias de nosso universo umas das outras. Muitas continuam desaparecendo além do horizonte de eventos, para nunca mais serem vistas por nós. Com tempo suficiente, a maioria das galáxias em

nosso universo terá desaparecido da nossa vista, deixando-nos com um céu predominantemente escuro. E então, nossas próprias galáxias locais e até a matéria poderão se desfazer. Chinua Achebe estava ainda mais certo do que imaginou; as coisas realmente desmoronam. Ou as coisas são destruídas. Em longo prazo, tudo. Nesta visão, o Big Rip segue o Big Bang. Não apenas nós, como pessoas e como espécie, que terminamos; talvez o nosso sistema solar e todo o nosso universo. Nós sabíamos dessa possibilidade, mas tratar de "origens" soa como algo mais otimista. Talvez muitos de nós, que demoraram um pouco demais, sejamos como alguns adolescentes, que podem ser atrevidos porque pensam que são imortais. Se terminarmos nossa história com o Antropoceno, isso quase sugere que este é um período que durará para sempre. Mas não será. *Homo sapiens* existe por meros duzentos a trezentos mil anos. Quanto tempo sobreviveremos é uma incógnita, mas é altamente improvável que estejamos aqui até que a gigante vermelha em que nosso sol se transformará torne a vida na Terra impossível. Alguns têm demonstrado a ideia de que, esperançosamente, depois de concluímos a destruição de nosso planeta natal, possamos migrar para outro. É material da ficção científica, por enquanto. Discutir como a humanidade, a vida, a Terra e os exoplanetas terminarão não é algo agradável, mas isso faz parte da nossa história de maioria.

Conclusões

O SETI desafia e expande o propósito da Grande História de examinar o planeta Terra, a vida na Terra e a humanidade. Isso nos lembra de que uma miríade de outras formas de vida

existe na Terra, e que ainda mais podem existir em outros planetas. *Homo sapien* –“sábios”-pode ser apenas um dentre muitos tipos de seres inteligentes, cada um com suas longas e complexas histórias. De certa forma, recuperamos nossa posição no centro do universo, tal qual na cosmovisão ptolemaica. E justamente agora, que todos os outros planetas e galáxias em nosso universo também começaram no mesmo ponto, e que, do ponto de vista deles, tudo o mais está se expandindo a partir de sua localização. Todo lugar no universo é o centro do universo. Todo lugar-e toda forma de vida-tem sua própria história que remonta ao início dos tempos. O Big Bang leva progressivamente a nós e a tudo mais. O estudo da Terra, da Vida e da Humanidade precisa fazer parte do estudo de exoplanetas, da astrobiologia, de toda vida possível e de todas as formas de ser inteligente. O esforço pode nos ajudar a descobrir e amar o próximo.

Acknowledgements

I am grateful to Lacy Loar-Gruenler for her editing of this article; of course, any mistakes or errors are my responsibility.

Endnotes

¹Sarah Abbott, “Plant Memory,” *Untamed Science*, <https://untamedscience.com/biology/plants/plant-memory/>, last accessed December 18, 2019; Gagliano M et al. 2014. Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters. *Oecologia*, published online January 05, 2014; doi: 10.1007/s00442-013-2873-7; Robert Krulwich, “Can a Plant Remember? This One Seems to – Here’s the Evidence,” *National Geographic*, December 15, 2015, www.nationalgeographic.com/science/phenomena/2015/12/15/can-a-plant-remember-this-one-seems-toheres-the-

[evidence/](https://www.atlasobscura.com/articles/plant-memory-hiddenvernalization); Sarah Laskow, “The Hidden Memories of Plants, *Atlas Obscura*, September 5, 2017, <https://www.atlasobscura.com/articles/plant-memory-hiddenvernalization>, last accessed, December 18, 2019.

²Frans de Waal, “The Surprising Complexity of Animal Memories” *The Atlantic*, June 2, 2019, <https://www.theatlantic.com/science/archive/2019/06/surprisingcomplexity-animalmemories/589420/>, last accessed December 17, 2019; Panoz-Brown et al., 2018, “Replay of Episodic Memories in the Rat,” *Current Biology* 28, 1628–1634, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.04.006>, last accessed December 17, 2019; Christine DellAmore, Dolphins have the longest memories in the animal kingdom, August 6, 2013, *National Geographic*, <https://www.nationalgeographic.com/news/2013/8/130806-dolphinmemories-animals-science-longest/>, last accessed December 17, 2019.

³Klaus Zuberbühler, Predator-Specific Alarm Calls in Campbell’s Monkeys, *Cercopithecus campbelli*, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, Vol. 50, No. 5 (Oct., 2001), pp. 414–422, <https://www.jstor.org/stable/4601985>, last accessed December 16, 2019.

⁴The Lion Man: an Ice Age masterpiece, *The British Museum*, <https://blog.britishmuseum.org/the-lionman-an-ice-age-masterpiece/>, last accessed December 16, 2019.

⁵David B. Green, This Day in Jewish History 3761 BCE: The World Is Created, According to the Hebrew Calendar and an Obscure Sage. Basing himself on no source but the bible, Rabbi Yose ben Halafta, who lived in the 2nd century CE, sat down and did the math. *Haaretz*, Oct 07, 2015, last accessed on December 10, 2019, <https://www.haaretz.com/jewish/3761-bce-the-world-is-created-according-to-the-hebrew-calendar-and-an-obscure-sage-1.5405777>.

www.haaretz.com/jewish/3761-bce-the-world-is-created-according-to-the-hebrew-calendar-and-an-obscure-sage-1.5405777.

⁶Taylor, J.H., translation and annotation of St Augustine, *The Literal Meaning of Genesis* (Augustine, *De Genesi ad Litteram*), Vol. 1, Newman/Paulist Press, New York, 1982. Also see Augustine, *The City of God*, 12.10, ‘Of the falseness of the history which allots many thousand years to the world’s past’, in Schaff, P. (Ed.), *NPNF1-02*, ref 6, pp.232–233.

⁷Ussher, James. *Annales Veteris Testamenti, a prima mundi origine deducti: una cum rerum asiaticarum et ægyptiacarum chronico, a temporis historici principio usque ad Maccabaicorum initia producto*. Londini, ex officina J. Flesher, & prostant apud J. Crook & J. Baker, 1650. Pdf. <https://www.loc.gov/item/21002221/>. <https://www.loc.gov/resource/rbctos.2017gen52659>.

⁸Declercq, Georges: *Anno Domini. The Origins of the Christian Era*. Turnhout Belgium. 2000.

⁹Lersch, *Chronologie*, Freiburg, 1899, p. 233, cited in “Dionysius Exiguus,” the *Catholic Encyclopedia*, <http://www.newadvent.org/cathen/05010b.htm>, last accessed on December 13, 2019.

¹⁰Thompson, C. Bradley. *America’s Revolutionary Mind* (p. xi). New York, Encounter Books, 2019.

¹¹McDougall, Walter A.. *The Tragedy of U.S. Foreign Policy: How America’s Civil Religion Betrayed the National Interest*. New Haven, Yale University Press, 2016, p. 25.

¹²“Brief History of the AHA,” *American Historical Association*, accessed December 17, 2019, <http://www.historians.org/about-aha-and-membership/aha-history-and-archives/brief-history-of-the-aha>.

¹³John Gast, American progress, Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>, ppmsca 09855 <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/ppmsca.09855>, Reproduction Number: LC-DIGppmsca-09855 Library of Congress Prints and Photographs Division Washington, D.C. 20540 USA <http://hdl.loc.gov/loc.pnp/pp.print>. Last accessed December 17, 2019.

¹⁴Benedict Anderson, *Imagined Communities: Reflections on the Origin and Spread of Nationalism* (London: Verso, 1991); Marc Ferro, *The Use and Abuse of History: Or How the Past Is Taught to Children* (London: Routledge, 2003); Ernest Gellner, *Nations and Nationalism* (Ithaca: Cornell University Press, 1983); Stephen J. Hartnett, Lisa B. Keranen, and Donovan Conley, eds., *Imagining China: Rhetorics of Nationalism in an Age of Globalization* (East Lansing, Michigan: Michigan State University Press, 2017); Derek Hastings, *Nationalism in Modern Europe: Politics, Identity and Belonging since the French Revolution* (London; New York: Bloomsbury Academic, 2017); Guntram Henrik Herb and David H. Kaplan, eds. *Scaling Identities: Nationalism and Territoriality* (Lanham, Maryland: Rowman & Littlefield, 2018); John Hutchinson, *Nationalism and War* (New York: Oxford University Press, 2017); Fawcett Kohl, eds. *Nationalism, Politics and the Practice of Archaeology* (Cambridge University Press, 1996); Ronald Grigor Suny, "Constructing Primordialism: Old Histories for New Nations," *The Journal of Modern History* 73, no. 4 (December 2001): 862-896.

¹⁵Jill Lepore, *This America: The Case for the Nation*, New York, Liveright Publishing Corporation, 2019, p.15.

¹⁶A classic in this genre is William H. McNeill, *A World History*, Oxford, Oxford University Press, 1979.

¹⁷William H. McNeill, *A World History*, Oxford, Oxford University Press, 1967.

¹⁸Olga García-Moreno, Luis Erick Aguirre-Palafox, Walter Álvarez, William Hawley. "A Little Big History of Iberian Gold," *Journal of Big History*, Volume 1, Issue 1, 2017, <https://doi.org/10.22339/jbh.viii.2243>.

¹⁹See, e.g., Craig Benjamin, Esther Quaedackers, David Baker, *The Routledge Companion to Big History*, New York, Routledge, 2020; Brown, Cynthia Stokes. *Big History: From the Big Bang to the Present*. New York: New Press: Distributed by W. W. Norton, 2007; Carroll, Sean. *The Big Picture: On the Origins of Life, Meaning, and the Universe Itself*. New York: Dutton, 2017; Chaisson, Eric. *Epic of Evolution: Seven Ages of the Cosmos*. New York: Columbia University Press, 2006; Christian, David. *Maps of Time: An Introduction to Big History*. The California World History Library. Berkeley: University of California Press, 2004; Christian, David, Cynthia Stokes Brown, and Craig Benjamin. *Big History: Between Nothing and Everything*. New York: McGraw Hill Education, 2014; Dartnell, Lewis. *Origins: How Earth's History Shaped Human History*, New York, Basic Books, 2019; Hazen, Robert. *Genesis: The Scientific Quest for Life's Origin*. Washington, DC: Joseph Henry Press, 2005; Hazen, Robert. *The Story of Earth: The First 4.5 Billion Years, from Stardust to Living Planet*. New York: Viking, 2012; Rodrigue, Barry, Leonid Grinin, Andrey Korotayev, co-editors, *From Big Bang to Galactic Civilizations: A Big History Anthology*. Delhi: Primus Books, 2015–2016. three-volumes; Shubin, Neil. *The Universe Within: Discovering the Common History of Rocks, Planets, and Peo-*

ple. New York: Pantheon Books, 2013; Shubin, Neil. *Your Inner Fish: A Journey into the 3.5-Billion-Year History of the Human Body*. New York, Vintage, 2008; Spier, Fred. *Big History and the Future of Humanity*. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons Inc., 2015; Volk, Tyler, *Quarks to Culture: How We Came to Be*, New York, Columbia University Press, 2017.

²⁰Archived copies of Origins may be found at <https://bighistory.org/members/origins-bulletin/>; the Journal of Big History is at <https://jbh.journals.villanova.edu/>.

²¹David Christian, *Origin Story: A Big History of Everything*, New York, Little, Brown and Company, 2018.

²²Spier, F. (2019) On the social impact of the Apollo 8 Earthrise photo, or the lack of it? *Journal of Big History*, III (3); 117 - 150. <https://doi.org/10.22339/jbh.v3i3.3390>, last accessed December 15, 2019.

²³Dennis Overbye, Search for Habitable Worlds Joined by New European Space Telescope, *New York Times*, December 18, 2019, <https://www.nytimes.com/2019/12/18/science/cheops-satellite-launch.html?action=click&module=RelatedLinks&pgtype=Article>, ultimo accesso 23 dicembre 2019; Exoplanet Exploration: Planets beyond our solar system, NASA, <https://exoplanets.nasa.gov/>, ultimo accesso 19 dicembre 2019; Campante, Tiago L., Nuno C. Santos, and Ma'rio J. P. F. G. Monteiro. Asteroseismology and Exoplanets: Listening to the Stars and Searching for New Worlds: IVth Azores International Advanced School in Space Sciences. Cham: Springer, 2018; Carroll, Michael. *Earths of Distant Suns: How We Find Them, Communicate With Them, and Maybe Even Travel There*. Cham: Springer International Publishing: Imprint:

Copernicus, 2017; Exoplanet Discoveries: Have We Found Other Earths? Joint Hearing Before the Subcommittee On Space & Subcommittee On Research, Committee On Science, Space, and Technology, House of Representatives, One Hundred Thirteenth Congress, First Session, Thursday, May 9, 2013. Washington: U.S. Government Printing Office, 2013; Fontenelle, M. de 1657-1757., and John Glanvill. *A Plurality of Worlds*. London: Printed for R. Bentley and S. Magnes, 1688; Frank, Adam. *Light of the Stars: Alien Worlds and the Fate of the Earth*. New York, NY: W.W. Norton & Company, 2018; Howard, Sethanne. "Exoplanets." *Journal of the Washington Academy of Sciences* 97, no. 3 (2011): 33-53; Kitchin, C. R. *Exoplanets: Finding, Exploring, and Understanding Alien Worlds*. New York, NY: Springer, 2012; Lemonick, Michael D. *Mirror Earth: The Search for Our Planet's Twin*. 1st U.S. ed. New York: Walker, 2012; Sage, Leslie. "Exoplanets." *Nature* 513, no. 7518 (2014): 327; Seager, Sara. *Exoplanets*. Tucson: University of Arizona Press, 2011.

²⁴Nicholas of Cusa, Catholic Encyclopedia, <https://www.catholic.org/encyclopedia/view.php?id=8455>, last accessed December 18, 2019; Nicholas of Cusa (1401—1464); also see The Internet Encyclopedia of Philosophy (IEP), <https://www.iep.utm.edu/nicholas/#H4>, last accessed December 18, 2019.

²⁵A plurality of worlds written in French by the author of the *Dialogues of the Dead*; translated into English by Mr. Glanvill. Fontenelle, M. de (Bernard Le Bovier), 1657-1757., Glanvill, John, 1664?-1735. London: Printed for R. Bentley and S. Magnes, 1688. <https://quod.lib.umich.edu/e/eebo/A39871.0001.001?view=toc>, last accessed, December 18, 2019.

²⁶Asimov, Isaac. *Extraterrestrial Civilizations*. New York: Crown Publishers, 1979; Dick, Steven J. *Plurality of Worlds: The Origins of the Extraterrestrial Life Debate From Democritus to Kant*. Cambridge [Cambridgeshire]; New York: Cambridge University Press, 1982; Dick, Steven J. *Life On Other Worlds: The 20th-century Extraterrestrial Life Debate*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 1998; Hamilton, Joseph. *The Starry Hosts: A Plea for the Habitation of the Planets*. London: Edinburgh: Simpkin, Marshall; A. Elliott, [etc.], 1875; Jay-awardhana, Ray. *Strange New Worlds: The Search for Alien Planets and Life Beyond Our Solar System*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2011; Linde, Peter. *The Hunt for Alien Life: A Wider Perspective*. 1st edition 2016. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2016; Macvey, John W. *Whispers From Space*. New York: Macmillan, 1973; Morri-son, Philip., John Billingham, and John Wolfe. *The Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI*. [Washington, D.C.]: National Aeronautics and Space Administration, Scientific and Technical Information Office, 1977; Regis, Edward. *Extraterrestrials: Science and Alien Intel-ligence*. Cambridge [Cambridgeshire] ; New York: Cambridge University Press, 1985; Ross, Monte. *The Search for Extraterrestrials: Intercepting Alien Signals*. Berlin ; New York : Chich-ester, UK: Springer; published in association with Praxis, 2009; SETI: Search for Extra-terrestrial Intelligence. Washington, D.C.: Moffett Field, Calif.: Pasadena, Calif.: Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration; Ames Research Center, SETI Office; Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, SETI Office ;

NASA Headquarters, Office of Space Sciences and Applications, Life Sciences Division, 1990; Shuch, H. Paul. *Searching for Extraterrestrial Intelligence: SETI Past, Present, and Future*. Berlin; Heidelberg; New York: Asimov, Isaac. *Extraterrestrial Civilizations*. New York: Crown Publishers, 1979; Dick, Steven J. *Plurality of Worlds: The Origins of the Extraterrestrial Life Debate From Democritus to Kant*. Cambridge [Cambridgeshire]; New York: Cambridge University Press, 1982; Dick, Steven J. *Life On Other Worlds: The 20th-century Extraterrestrial Life Debate*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 1998; Hamilton, Joseph. *The Starry Hosts: A Plea for the Habitation of the Planets*. London: Edinburgh: Simpkin, Marshall; A. Elliott, [etc.], 1875; Jay-awardhana, Ray. *Strange New Worlds: The Search for Alien Planets and Life Beyond Our Solar System*. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 2011; Linde, Peter. *The Hunt for Alien Life: A Wider Perspective*. 1st edition 2016. Cham: Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2016; Macvey, John W. *Whispers From Space*. New York: Macmillan, 1973; Morri-son, Philip., John Billingham, and John Wolfe. *The Search for Extraterrestrial Intelligence, SETI*. [Washington, D.C.]: National Aeronautics and Space Administration, Scientific and Technical Information Office, 1977; Regis, Edward. *Extraterrestrials: Science and Alien Intel-ligence*. Cambridge [Cambridgeshire] ; New York: Cambridge University Press, 1985; Ross, Monte. *The Search for Extraterrestrials: Intercepting Alien Signals*. Berlin ; New York : Chich-ester, UK: Springer; published in association with Praxis, 2009; SETI: Search for Extra-terrestrial Intelligence. Washington, D.C.: Moffett

Field, Calif.: Pasadena, Calif.: Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration; Ames Research Center, SETI Office; Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, SETI Office ; NASA Headquarters, Office of Space Sciences and Applications, Life Sciences Division, 1990; Shuch, H. Paul. Searching for Extraterrestrial Intelligence: SETI Past, Present, and Future. Berlin; Heidelberg; New York; Chichester: Springer; Praxis Publishing, 2011; Squeri, Lawrence. Waiting for Contact: The Search for Extraterrestrial Intelligence. Gainesville, Florida: University Press of Florida, 2016; Traphagan, John. Extraterrestrial Intelligence and Human Imagination: SETI At the Intersection of Science, Religion, and Culture. Cham: Springer, 2014; Vakoch, Douglas A., and Albert A. Harrison. Civilizations Beyond Earth: Extraterrestrial Life and Society. New York: Berghahn Books, 2011; Waldrop, M. Mitchell. "The Search for Alien Intelligence: SETI Is Dead? Long Live SETI." *Nature* 475, no. 7357 (2011): 442-444; Wall, Michael. Out There: A Scientific Guide to Alien Life, Antimatter, and Human Space Travel (For the Cosmically Curious). Grand Central Publishing, New York, 2018.

²⁷Milan M. Cirkovic: *The Great Silence: The Science and Philosophy of Fermi's Paradox*: Oxford University Press, Great Clarendon Street, Oxford OX2 6DP, United Kingdom, 2018; Davies, P. C. W. *The Eerie Silence: Renewing Our Search for Alien Intelligence*. 1st U.S. ed. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2010; Webb, Stephen. *If the Universe Is Teeming With Aliens...Where Is Everybody?: Seventy-five Solutions to the Fermi Paradox and the Problem of Extraterrestrial Life*. 2nd Ed. Springer, 2015

²⁸Hippke, Michael. "Interstellar Communication: The Colors of Optical SETI." *Journal of Astrophysics and Astronomy* 39, no. 6 (2018): 1-16; Vakoch, Douglas A. *Communication with Extraterrestrial Intelligence*. Albany: State University of New York Press, 2011.

²⁹Haswell, Carole A. *Transiting Exoplanets*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

³⁰Percival Lowell, *Mars*, Boston, Houghton, Mifflin, 1896, <https://archive.org/details/marsbypercivalloolowe/page/n8>; *Mars and its canals*, New York, The Macmillan company; London, Macmillan & co., ltd., 1906, <https://archive.org/details/marsanditscanalolowegoog/page/n13>; *Mars as the Abode of Life*, New York, The Macmillan company, 1908, <https://archive.org/details/agg9438.0001.001.umich.edu/page/n2>, last accessed, December 20, 2019.

³¹H. G. Wells, *The War of the Worlds*, Last Updated: September 20, 2019, Project Gutenberg, <https://www.gutenberg.org/files/36/36h/36-h.htm>, the original 1938 broadcast is available at various locations, including <https://www.youtube.com/watch?v=9q7tN7MhQ4I>, last accessed December 16, 2019.

³²E.g., Donald Keyhoe, *Flying Saucers from Outer Space*, New York, Henry Holt 1953.

³³See, e.g. *Extraterrestrial life in popular culture*, https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Extraterrestrial_life_in_popular_culture; *List of films featuring extraterrestrials*, https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_films_featuring_extraterrestrials; *Songs about extraterrestrial life*, https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Songs_about_extraterrestrial_life; *Books about extraterrestrial life*, https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Books_about_extraterrestriallife, last accessed December 20, 2019.

en.wikipedia.org/wiki/Category:Songs_about_extraterrestrial_life; *Books about extraterrestrial life*, https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Books_about_extraterrestriallife, last accessed December 20, 2019.

³⁴Achebe, Chinua. *The African Trilogy*. (London: Everyman's Library, 2010) ISBN 9781841593272. Edited with an introduction by Chimamanda Ngozi Adichie. *Things Fall Apart, No Longer at Ease, and Arrow of God* in one volume.

A History of Cosmic Habitability

Amedeo Balbi

Physics Department University of Rome Tor Vergata, Italy

Correspondence | balbi@roma2.infn.it

Citation | Balbi, Amedeo. 2020. "A History of Cosmic Habitability." *Journal of Big History* IV (2). 44-48.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4220>

Abstract Our understanding of the universe is based on the big bang cosmological model, which describes an expanding universe whose development began 13.8 billion years ago from a hot, dense state. This model introduces a strong evolutionary and historical perspective to the account of many observed physical phenomena, including the origin of life and its possible distribution in the universe. I discuss how properly taking the "big picture" and its temporal unfolding into account is relevant for the scope of astrobiology and SETI (the search for extra-terrestrial intelligence).

Introduction

In the past century, we have learned much about the history of the universe. One of the most important of these is precisely that the universe has a history. This is to say that we know that the observable universe was not always the way it is today. It has been evolving for 13.8 billion years, and it has changed dramatically during this time. It all started in the past from a very simple and undifferentiated state, very close to equilibrium (at least in some sense to be specified later) and then, as time passed, complexity and structure slowly

emerged (Figure 1). From a hot primordial plasma of free particles, the forces of nature assembled galaxies, stars, planets and molecules. The key questions for astrobiology are: How does life fit into the general scheme of the universe? How common is it? Is life on Earth just a fluke event, without equal in the rest of the universe, or is it part of a generic phenomenon that happened many times elsewhere? The main point of this article is to emphasize how the perspective of big history is essential to attain a good grasp of such issues.

For a physicist or a cosmologist, most of the things that happened in the history of the universe are rather simple to predict. For example, knowing that at the beginning of the universe existed density fluctuations of a given amplitude in the primordial plasma, to predict that after some time stars and galaxies will develop would be rather easy. From a physics standpoint, the fact that the universe is full of stars would not be a surprise even to someone who never had seen a star. When we try to include life in the cosmic picture, however, things are much more complicated. No way is known, at the moment, how to predict from first principles things like the epoch when life first appeared or its frequency and distribution in the universe.

In fact, in a scenario where the universe existed and evolved for 13.8 billion years—that is, in the hot big bang model that constitutes our current best description of cosmic history—even the existence of a single instance of life on one single planet poses a puzzle. To

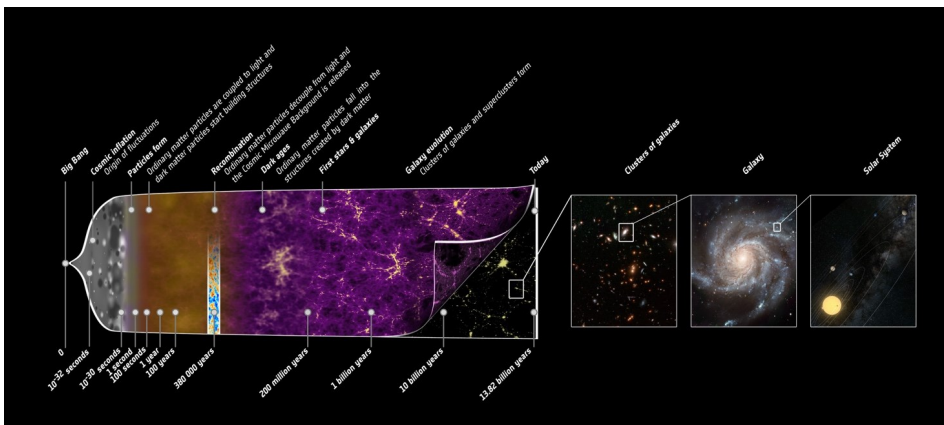


Figure 1: The "big picture" of the history of the universe according to the standard cosmological big bang model (Image credit: NASA)

understand why, compare the situation with the one envisioned by the now discredited steady-state model (Bondi and Gold 1948), which posits a universe that has been existing forever in the same state as we observe it today: in such a universe, there was enough time (in fact, an infinite amount of time) to produce even the most unlikely combination of molecules, somewhere. So, in a stationary, eternal universe, one should not be too surprised to find that life exists. On the other hand, the mere existence of a single example of life in a universe with a finite age—the kind of universe we, in fact, live in—begs for an explanation. Equally importantly, the evaluation of the likelihood of the appearance of life cannot be easily disentangled from the overall evolution of the cosmos and from its specific features, such as the values of the physical parameters and constants that govern its behavior (Barrow 1998; Rees 1972).

Cosmic History, Complexity and Life

In the big bang model, the appearance of life—or, at the very least, the emergence of the conditions for the appearance of life—requires a number of preliminary steps. First, the universe has to create the nuclei of light elements in the primordial plasma; then it has to form stars, and the stars have to cook heavier elements in their nuclei until their abundance is high enough to form rocky planets around main sequence stars. Then, molecular clouds in interstellar space have to form organic molecules that can end up into planetary atmospheres and surfaces, while collisions and impacts with icy bodies have to carry enough water to planets in the habitable zone of their stars—where temperatures and atmospheric pressure are compatible with the presence of lakes and oceans. Only after all these steps have taken place can a chance for replicating molecules appear—and perhaps metabolism, microorganisms,

complex life, and intelligence. This is true regardless of the abundance of life in the universe—whether it is widespread or it exists in just a few locations in the whole observable universe. The problem of the origin of life cannot be addressed without having a grasp of this big picture. This is the overall cosmic context where all the necessary steps leading to the appearance of life took place. It is important to note that all such steps can be arranged in a broad evolutionary narrative (Chaisson 2001), and this, in turn, makes the historical perspective crucial to interpret the physical picture.

The very fact that an evolutionary tendency persists may seem counterintuitive at first. The obvious trend from simplicity to complexity that we observe in the universe seems to go against our naïve understanding of thermodynamics: we know that simplicity is more likely than complexity and that disorder comes after order, not vice versa. Actually, however, nothing about this is strange. In fact, the spontaneous appearance of order and self-organization in the universe is possible for two reasons, both of which are di-

rectly related to overall cosmological behavior. First, in an expanding universe, any process tends to go out of equilibrium at some point (Figure 2). This is due to the fact that the average time required for any interaction to take place eventually becomes greater than the rate at which the universe is expanding (i.e., the time it takes for the universe to double its size) because although both of these rates depend upon the overall density of the universe, they depend upon it in different ways (Balbi 2018). When this happens, the interaction cannot be quick enough to maintain equilibrium. Thus, disequilibrium can arise from a very uniform initial state.

The second reason is related to the thermodynamical role of gravity. When we think of entropy, the standard textbook picture is that of a gas in a box (Figure 3). If the gas starts with all the molecules clumped in one corner of the box, we expect that at later times it ends up in a simpler, more uniform and disordered state, where the molecules are evenly spread all over the box. So, we tend to associate high entropy with high uniformity. If one includes gravity

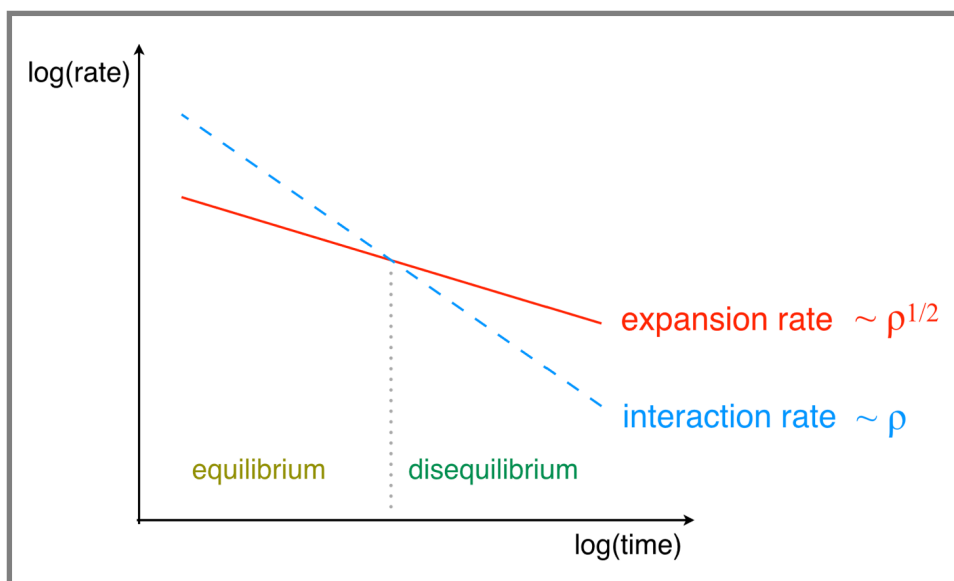


Figure 2: The expansion rate of the universe and the interaction rate of any two-body process depend in different ways on the average density of the universe (which, in turn, decreases as a power of cosmic time). This implies that any interaction eventually goes out of equilibrium, since its rate becomes smaller than the expansion rate of the universe.

in the pictures, things go the opposite way: clumpiness and entropy increase in the same direction. In fact, despite the smooth appearance, the initial state of the universe is very far from the highest possible disorder. In thermodynamic parlance, an expanding universe has plenty of ways to increase its entropy while, at the same time, producing transitory complex structures (see, e.g., Carroll 2010).

All of this, of course, is crucial for the possibility of life. Life thrives on the disequilibrium produced by the evolution of the universe. Think, for example, of sunlight striking the surface of Earth. Photons from the Sun have low entropy compared to the ones leaving Earth to space. In the midst of this flux of photons from a low entropy heat source (the Sun) to a higher entropy colder sink (empty space), is Earth and life on it. Life is possible because there is work to be extracted from this thermodynamic engine operating between different temperatures (Lineweaver and Egan 2008). A number of studies have started to adopt an explicitly thermodynamical point of view when considering life in the cosmic context (see, e.g., Frank, Kleidon and Alberti 2017). One way to frame the issue is to see life as an efficient way (or a more efficient way than non-living systems) to use free energy and produce entropy, according to a maximum entropy principle (MEP, see e.g., Kleidon 2010a, 2010b).

We then see a strong historical aspect (in the sense of a deep relation with the flow of time) when we try to understand the place of life in the universe. This is true not just with regard to past cosmic history but also when considering its future evolution. We are not entirely sure of what is going to happen; in fact, we might never be entirely sure (see Krauss and Turner 1999), but if the universe keeps expanding at an acceler-

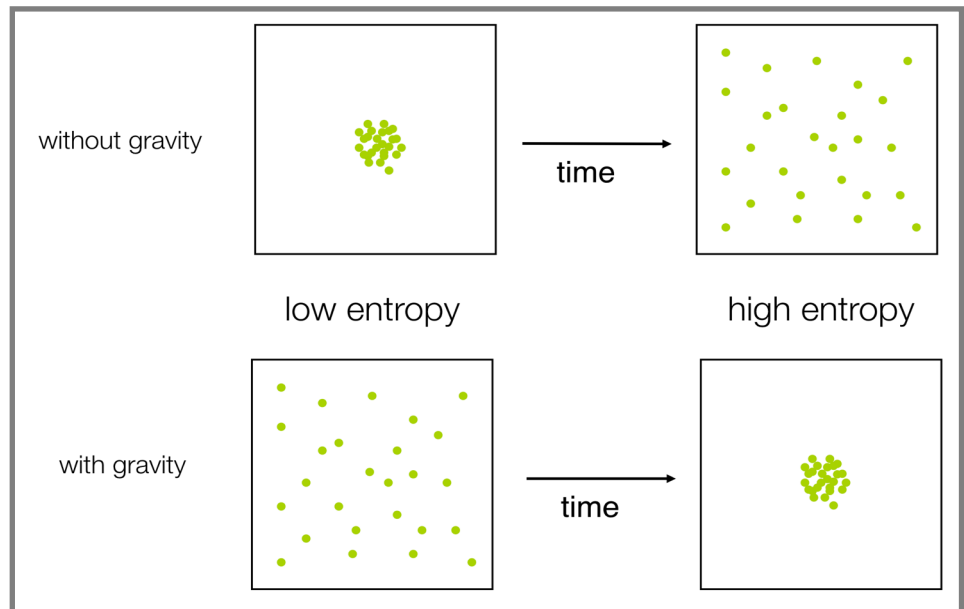


Figure 3: In the presence of gravity, the growth of entropy does not correspond to more uniformity, as in the standard “gas in a box” picture (upper panel): rather, it leads to larger clumpiness (bottom panel). This is crucial to explain the somewhat counterintuitive spontaneous emergence of structure in the universe as time passes.

ated rate (as current observations suggest), eventually it will become cold and structureless, approaching thermodynamic equilibrium (Adams and Laughlin 1997). An eternity will follow where basically nothing complex can happen since the universe will eventually reach “heat death,” the highest possible entropy. This puts the present time in an even weirder position. We are living in a fleeting epoch in the overall history of the universe—a tiny temporary interval where there can be stars, planets, molecules and life, enclosed between two equally featureless aeons. One potentially profound consequence of this is that, while Copernicanism is a good guiding principle when applied to space, it is most certainly wrong when applied to time. Our epoch is quite untypical, and we should take this into account when forecasting the frequency and distribution of life in the universe, or judging its likelihood (Cirkovic and Balbi 2019).

When Did the Universe Become Habitable?

Taking the temporal variable into account, then, is of the utmost im-

portance for astrobiology and SETI.

One aspect of the role of time is to consider *when* the universe became suitable for life. This might seem like an obvious question (especially in a big history perspective), but it received surprisingly little attention until not so long ago. In fact, we usually think of habitability only as a question of *where* the necessary conditions for the origin and maintenance of life can be (see, e.g., Cockell et al 2016). For example, interest abounds in finding planets around the habitable zone of other stars—that is, where the temperature can be compatible with the stable presence of surface liquid water (Kopparapu et al 2013). Some work has also been done to identify suitable locations in our galaxy where habitable planets, and perhaps life, are more likely, i.e., a “galactic habitable zone” (Lineweaver 2001; Lineweaver et al 2004; Gonzales 2005); yet comparatively little effort has been devoted to assessing during what epoch in cosmic history life started being possible (Dayall et al 2016; Loeb et al 2016). It is clear from the previous discussion that the right conditions were not present in our universe from the beginning

and might not be present in the distant future.

Certain known examples of astrophysical processes with a strong temporal dependence can potentially affect habitability not just on the local scale of planetary systems but even on a galactic scale. For example, we know that during the early history of our galaxy (about eight billion years ago), the supermassive black hole at its center was active—that is, it was accreting matter at a very high rate. As a consequence of this, high levels of ionizing radiation were emitted from the galactic core, and this might have had an impact on the overall habitability of the galaxy. Rocky exoplanets that were close enough to the black hole (within one thousand light years, i.e., in the bulge region of the galaxy) while it was active (a period that might have extended for roughly 100 million years) may have lost a substantial fraction of their atmospheres (Balbi and Tombesi 2017). Moreover, life on such planets might have suffered serious biological damage.

Of course, this is a very large and complex topic, and we are just starting to scratch its surface: it is hard to tell, for example, whether ionizing radiation is only harmful to life or, in some way, also necessary, perhaps to induce mutations and other biogenic effects (Lingam et al 2019). Clearly, much remains to learn from studying the connection between the history of the universe and its habitability both on small and large scales. Putting together a history of cosmic habitability would be a potentially fecund subfield of big history.

The Temporal Aspects of SETI

Understanding the history of cosmic habitability would also have a strong impact on the search for intelligent life elsewhere in the universe. Unfortunately,

the temporal factor has been almost entirely overlooked in SETI studies (Cirkovic 2004). One area where time enters the game is in the causal properties of any signal that we might be able to detect. In other words, when we search for communicating civilizations that may populate our galaxy, we have to be aware of a strict requirement that any electromagnetic signal (or, more generally, any physical interaction) has to satisfy in order for it to be observed by us today. Just to fix the idea, one can think of a radio message emitted from a location a thousand light-years from the Sun: if such communication ceased before a thousand years ago, we cannot observe it anymore. This may seem at first a trivial fact, but it has profound implications (Balbi 2017; Grimaldi 2017). For example, it implies that any technological civilization of which we might find empirical evidence must be either very long-lived or almost coeval to ours. It also implies that the chances of discovering intelligent life outside Earth depend on how life was distributed in time over the course of cosmic history. If we are latecomers and most other civilizations already have gone extinct, we might be alone. On the other hand, if life started appearing only very recently, and the universe is just waking up right now, we might be one of the infant technological civilizations.

This may shed new light on such old puzzles as the mismatch between the sheer number of potentially habitable locations in the universe and the absence of evidence of intelligent life beyond Earth (a puzzle usually epitomized by Fermi's question: "Where is everybody?"). If the universe was not as life-friendly in the past as it is today, then the questions change and the puzzle takes on new aspects. Evaluating the chances of the success of SETI, or even interpreting negative results, needs to

assume knowledge of how the propensity for life of our universe changed over time, a perspective that is inseparable from the historical and evolutionary aspects of the cosmological scenario.

Conclusion

The fact that we live in an expanding universe with a finite age whose average state changed dramatically over time introduces a historical perspective to many of the physical processes that science tries to explain. I have argued that the problem of the origin of life, on Earth and elsewhere, must fully embrace this historical and evolutionary point of view. Investigating the history of cosmic habitability—i.e., of the propensity of the universe to host life—can illuminate many aspects of contemporary research in both astrobiology and SETI. Eventually, this is yet one more indication that adopting a big history perspective can have profound consequences on understanding our place in the cosmos.

References

- Adams, Fred C., and Gregory Laughlin. 1997. "A Dying Universe: The Long Term Fate and Evolution of Astrophysical Objects." *Reviews of Modern Physics* 69 (2): 337, doi:10.1103/RevModPhys.69.337.
- Balbi, Amedeo. 2013. "Cosmology and Time." *EPJ Web of Conferences* 58, doi:10.1051/epjconf/20135802004.
- Balbi, Amedeo. 2018. "The Impact of the Temporal Distribution of Communicating Civilizations on Their Detectability." *Astrobiology* 18 (1): 54.
- Balbi, Amedeo, and Francesco Tombesi. 2017. "The Habitability of the Milky Way during the Active Phase of Its Central Supermassive Black Hole." *Scientific Reports* 7, doi:org/10.1038/s41598-017-16110-0.

- Barrow, John D. 2008. *Cosmology and the Origin of Life*. November 30, 1998. Invited presentation. Varenna Conference on the Origin of Intelligent Life in the Universe. ArXiv:astro-ph/9811461.
- Bondi, H., and T. Gold. 1948. "The Steady-state Theory of the Expanding Universe." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 108 (3): 252–270, doi.org/10.1093/mnras/108.3.252.
- Carroll, Sean. 2010. *From Eternity to Here: The Quest for the Ultimate Theory of Time*. New York: Dutton.
- Chaisson, Eric J. 2001. *Cosmic Evolution: the Rise of Complexity in Nature*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Ćirković, Milan M. 2004. "The Temporal Aspect of the Drake Equation and SETI." *Astrobiology* 4 (2): 225.
- Ćirković, Milan M., and Amedeo Balbi. 2019. "Copernicanism and the Typicality in Time." *International Journal of Astrobiology* 19 (2): 1–9, doi.org/10.1017/S1473550419000223.
- Cockell, C. S., T. Bush, C. Bryce, S. Direito, M. Fox-Powell, J. P. Harrison, H. Lammer, et al. 2016. "Habitability: a Review." *Astrobiology* 16 (1): 89–117, doi.org/10.1089/ast.2015.1295.
- Dayal, Pratika, Martin Ward, and Charles Cockell. 2016. "The Habitability of the Universe through 13 Billion Years of Cosmic Time." ArXiv:1606.09224.
- Frank, Adam, Axel Kleidon, and Marina Alberti. 2017. "Earth as a Hybrid Planet: The Anthropocene in an Evolutionary Astrobiological Context." *Anthropocene* 19: 13.
- Gonzalez, Guillermo. 2005. "Habitable Zones in the Universe." *Origin of Life and Evolution of the Biospheres* 35 (6): 555–606.
- Grimaldi, Claudio. 2017. "Signal Coverage Approach to the Detection Probability of Hypothetical Extraterrestrial Emitters in the Milky Way." *Scientific Reports* 7 (46273).
- Kleidon, A. 2010. "A Basic Introduction to the Thermodynamics of the Earth System Far from Equilibrium and Maximum Entropy Production." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. 365 (1545): 1303.
- Kleidon, Axel. 2010. "Life, Hierarchy, and the Thermodynamic Machinery of Planet Earth." *Physics of Life Reviews* 7 (4): 424.
- Kopparapu, Ravi Kumar, Ramses Ramirez, James F. Kasting, Vincent Eymet, Tyler D. Robinson, Suvrath Mahadevan, Ryan C. Terrien, et al. 2013. "Habitable Zones around Main-sequence Stars: New Estimates." *Astrophysical Journal*, 765 (131): 1–16.
- Krauss, Lawrence M., and Michael S. Turner. 1999. "Geometry and Destiny." *General Relativity and Gravitation* 31: 1453.
- Lineweaver, C. H. 2001. "An Estimate of the Age Distribution of Terrestrial Planets in the Universe: Quantifying Metallicity as a Selection Effect." *Icarus* 151: 307–313.
- Lineweaver, C. H., Y. Fenner, and B. K. Gibson. 2004. "The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way." *Science* 303 (5654): 59–62.
- Lineweaver, Charles H. 2005. Cosmological and Biological Reproducibility: Limits of the Maximum Entropy Production Principle. In Kleidon, A., and R. Lorenz. *Non-equilibrium Thermodynamics and the Production of Entropy: Life, Earth, and Beyond 2*: 67.
- Lineweaver, Charles H., and Chas A. Egan. 2008. Life, Gravity and the Second Law of Thermodynamics. *Physics of Life Reviews* 5(4): 225.
- Lingam, Manasvi, Idan Ginsburg, and Shmuel Bialy. 2019. "Active Galactic Nuclei: Boon or Bane for Biota?" *Astrophysical Journal* 877: 62.
- Loeb, Abraham, Rafael A. Batista, and David Sloan. 2016. "Relative Likelihood for Life as a Function of Cosmic Time." *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 8: 10.
- Rees, M. J. 1972. "Cosmological Significance of e_2/Gm_2 and Related Large Numbers." *Comments on Astrophysics and Space Physics* 4: 179–185.

Una Storia dell’Abitabilità Cosmica

Amedeo Balbi

Dipartimento di Fisica Università di Roma “Tor Vergata,” Italy

Correspondence | balbi@roma2.infn.it

Citation | Balbi, Amedeo. 2020. “Una Storia dell’Abitabilità Cosmica.” *Journal of Big History* IV (2): 49-53.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4221>

Abstract La nostra comprensione dell'universo si basa sul modello cosmologico del big bang, che descrive un universo in espansione il cui sviluppo è iniziato 13,8 miliardi di anni fa da uno stato caldo e denso. Questo modello introduce una forte prospettiva evolutiva e storica nella spiegazione di molti fenomeni fisici osservati, tra cui l'origine della vita e la sua possibile distribuzione nell'universo. Prendere correttamente in considerazione il “quadro generale” e il suo dispiegamento temporale è rilevante ai fini dell'astrobiologia e del SETI (la ricerca di intelligenza extraterrestre).

Introduzione

Nel secolo scorso abbiamo imparato molto sulla storia dell'universo. Una delle cose più importanti che abbiamo imparato è proprio che l'universo ha una storia, e cioè che l'universo osservabile non è sempre stato come è oggi. Esso si è evoluto per 13,8 miliardi di anni e durante questo periodo è cambiato radicalmente. Tutto è iniziato, in passato, da uno stato molto semplice e indifferenziato, molto vicino all'equilibrio (almeno in un certo senso che chiarirò in seguito) e poi, con il passare del tempo, sono emerse lentamente complessità e struttura (Figura 1). Da

un plasma primordiale caldo di particelle libere, le forze della natura hanno assemblato galassie, stelle, pianeti e molecole. La domanda chiave dell'astrobiologia è capire come la vita si inquadri in questo schema generale, e quanto sia tipica. La vita sulla Terra è stato solo un evento fortunato, senza eguali nel resto dell'universo, o fa parte di un fenomeno generico che è accaduto molte volte altrove? Il punto principale di questo articolo è quello di sottolineare come la prospettiva della “Big History” sia essenziale per avere una buona comprensione di tali problemi.

Per un fisico o un cosmologo, la maggior parte delle cose che sono successe nella storia dell'universo sono piuttosto semplici da prevedere. Ad esempio, sapendo che all'inizio dell'universo c'erano fluttuazioni di densità di una data ampiezza nel plasma primordiale, sarebbe piuttosto facile prevedere che dopo qualche tempo ci saranno stelle e galassie. Dal punto di vista della fisica, il fatto che l'universo sia pieno di stelle non sarebbe una sorpresa nemmeno per qualcuno che non ne abbia mai visto una. Quando proviamo a includere la vita nel quadro cosmico, tuttavia, le cose sono molto più complicate. Non c'è modo, al momento, di prevedere da principi primi cose come l'epoca in cui la vita è apparsa per la prima volta, o la sua frequenza e distribuzione nell'universo.

In effetti, in uno scenario in cui l'universo è esistito e si è evoluto per 13,8 miliardi di anni—vale a dire, nel modello del big bang caldo che costituisce la nostra migliore descrizione attuale della storia cosmica—anche l'esistenza di un singolo esempio di vita su un singolo pianeta pone un enigma. Per capire

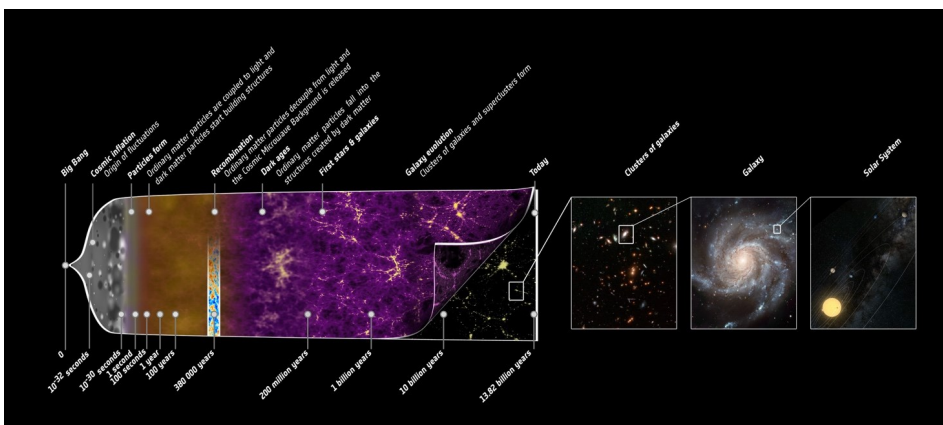


Figura 1: Il “quadro generale” della storia dell'universo secondo il modello cosmologico standard del big bang (Credito immagine: NASA)

perché, basta confrontare la situazione con quella immaginata dall'ormai screditato modello dello stato stazionario (Bondi and Gold 1948), che postulava un universo che esiste da sempre nello stesso stato in cui lo osserviamo oggi: in un universo simile, c'era abbastanza tempo (in effetti, un tempo infinito) per produrre anche la combinazione più improbabile di molecole, da qualche parte. Quindi, in un universo stazionario ed eterno, non si dovrebbe essere troppo sorpresi di osservare che la vita esiste. D'altra parte, la semplice esistenza di un singolo esempio di vita in un universo con un'età finita—il tipo di universo in cui viviamo in realtà—richiede una spiegazione. Cosa altrettanto importante, la valutazione della probabilità della comparsa della vita non può essere facilmente districata dall'evoluzione complessiva del cosmo e dalle sue caratteristiche specifiche, come i valori dei parametri fisici e delle costanti che regolano il suo comportamento (Barrow 1998; Rees 1972).

Storia Cosmica, Complessità e Vita

Nel modello del big bang, la comparsa della vita—o, almeno, l'emergere delle condizioni per la comparsa della vita—richiede una serie di passaggi preliminari. Giusto per nominare quelli principali: prima l'universo deve creare i nuclei degli elementi leggeri nel plasma primordiale, quindi deve formare le stelle, e le stelle devono cucinare elementi più pesanti nei loro nuclei, fino a quando la loro abbondanza è abbastanza alta da formare pianeti rocciosi attorno alle stelle di sequenza principale. Quindi, le nubi molecolari nello spazio interstellare devono formare molecole organiche che possono finire nelle atmosfere e nelle superfici planetarie, mentre le collisioni e gli impatti con corpi ghiacciati devono trasportare abbastanza acqua sui pianeti nella zona abitabile delle loro stelle, dove le temperature e la pressione atmosferica so-

no compatibili con la presenza di laghi e oceani. Solo dopo che tutti questi passaggi hanno avuto luogo c'è la possibilità che appaiano molecole in grado di replicarsi, e magari il metabolismo, i primi microrganismi, la vita complessa e l'intelligenza.

Questo è vero indipendentemente dall'abbondanza di vita nell'universo, sia che sia diffusa o che esista in pochi luoghi nell'intero universo osservabile. Il problema dell'origine della vita non può essere affrontato senza avere una comprensione di questo quadro generale, cioè del contesto cosmico in cui sono avvenuti tutti i passi necessari per la comparsa della vita. È importante notare che tutti questi passaggi possono essere organizzati in una sequenza evolutiva (Chaisson 2001), e questo, a sua volta, rende la prospettiva storica cruciale per interpretare il quadro fisico. Il fatto stesso che esista una tendenza evolutiva può inizialmente sembrare controintuitivo. L'ovvia tendenza dalla semplicità alla complessità che osserviamo nell'universo sembra andare contro la nostra ingenua comprensione della termodinamica: sappiamo che la semplicità è più probabile della com-

plexità, e che il disordine viene dopo l'ordine, non viceversa. In realtà, tuttavia, non c'è nulla di strano in questo. In effetti, l'apparizione spontanea di ordine e auto-organizzazione nell'universo è possibile per due ragioni, entrambe direttamente correlate al comportamento cosmologico generale. La prima è che, in un universo in espansione, qualsiasi processo tende a un certo punto ad andare fuori equilibrio (Figura 2). Ciò è dovuto al fatto che il tempo caratteristico di qualsiasi interazione diventa alla fine maggiore del tempo di espansione dell'universo (il tempo impiegato dall'universo per raddoppiare le sue dimensioni), poiché le due scale di tempo dipendono in modi diversi dalla densità totale dell'universo (Balbi 2018). Quando ciò accade, l'interazione non riesce a essere abbastanza rapida da mantenere l'equilibrio. Pertanto, si può generare squilibrio anche a partire da uno stato iniziale molto uniforme. La seconda ragione è legata al ruolo termodinamico della gravità. Quando pensiamo all'entropia, l'immagine standard da libro di testo è quella di un gas in una scatola (Figura 3). Se il gas inizia con tutte le molecole raggruppate in un

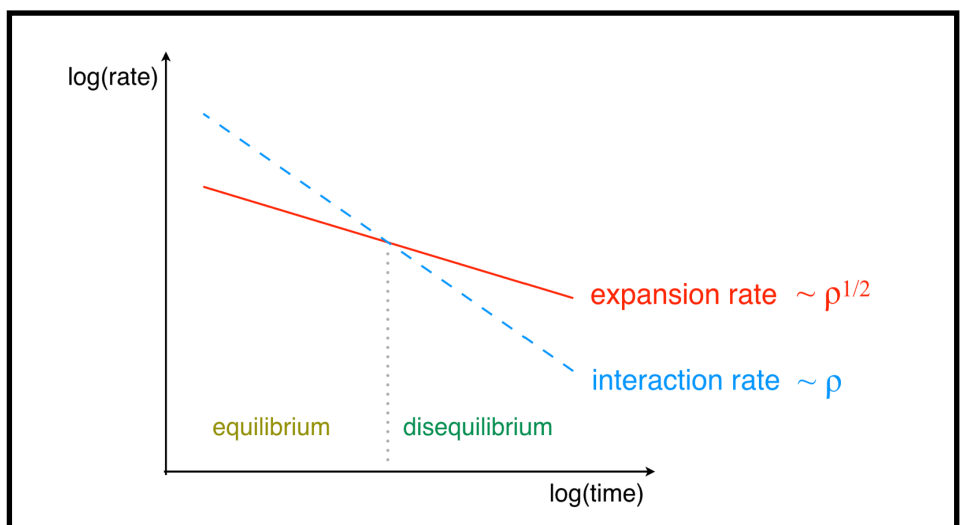


Figura 2: Il tasso di espansione dell'universo e il tasso di interazione di qualsiasi processo a due corpi dipendono in modi diversi dalla densità media dell'universo (che, a sua volta, diminuisce come una potenza del tempo cosmico). Ciò implica che ogni interazione alla fine va fuori equilibrio, poiché la sua velocità diventa più piccola della velocità di espansione dell'universo.

angolo della scatola, ci aspettiamo che in un secondo momento si troverà in uno stato più semplice, più omogeneo e disordinato, in cui le molecole saranno distribuite uniformemente in tutta la scatola. Quindi, tendiamo ad associare alta entropia ad alta uniformità. Ma se in questo quadro si include la gravità, le cose vanno nella direzione opposta: la disuniformità e l'entropia aumentano nella stessa direzione. In effetti, nonostante l'aspetto uniforme, lo stato iniziale dell'universo è molto lontano dal più alto disordine possibile. Nel linguaggio termodinamico, un universo in espansione può aumentare di molto la sua entropia, pur producendo, allo stesso tempo, strutture complesse transitorie (vedi, ad esempio, Carroll 2010).

Tutto ciò, ovviamente, è cruciale per la possibilità che la vita abbia origine. La vita prospera proprio sullo squilibrio prodotto dall'evoluzione dell'universo. Si pensi, ad esempio, alla luce solare che colpisce la superficie della Terra. I fotoni del Sole hanno una bassa entropia rispetto a quelli che lasciano la Terra propagandosi nello spazio. Nel mezzo di questo flusso di fotoni da una fonte di calore a bassa entropia (il Sole) a un serbatoio freddo ad alta entropia (lo spazio vuoto), c'è la Terra, e su di essa la vita. La vita è possibile perché c'è lavoro da estrarre da questo motore termodinamico che funziona tra temperature diverse (Lineweaver and Egan 2008). Numerosi studi hanno iniziato ad adottare un punto di vista esplicitamente termodinamico quando si considera la vita nel contesto cosmico (si veda, ad esempio, Frank, Kleidon e Alberti 2017). Un modo per inquadrare il problema è vedere la vita come un modo efficiente (o un modo più efficiente dei sistemi non viventi) di usare energia libera e produrre entropia, secondo il cosiddetto principio di entropia massima (Maximum Entropy Principle, MEP,

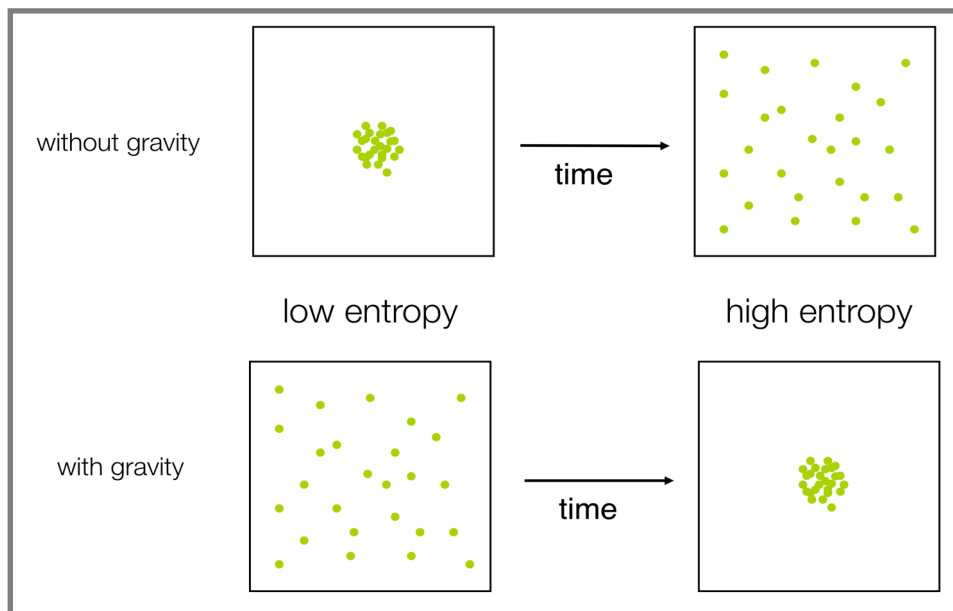


Figura 3: In presenza di gravità, la crescita dell'entropia non corrisponde a una maggiore uniformità, come nell'immagine standard del "gas in una scatola" (pannello superiore): piuttosto, essa porta a una maggiore disuniformità (pannello inferiore). Questo è cruciale per spiegare l'emergere spontaneo, e in qualche modo controintuitivo, della struttura nell'universo col passare del tempo.

si veda, ad esempio, Kleidon 2010a, 2010b).

Vediamo quindi che c'è un forte aspetto storico (nel senso di una profonda relazione con il flusso del tempo) nel tentativo di capire il posto della vita nell'universo. Questo non è vero solo per quanto riguarda la storia cosmica passata, ma anche quando si considera la sua evoluzione futura. Non siamo del tutto sicuri di ciò che accadrà (in effetti, potremmo non essere mai del tutto sicuri, si veda Krauss and Turner 1999), ma se l'universo continuerà ad espandersi a un ritmo accelerato (come suggeriscono le attuali osservazioni) alla fine esso diventerà freddo e privo di strutture, avvicinandosi sempre di più all'equilibrio termodinamico (Adams and Laughlin 1997). Ci sarà un'eternità in cui praticamente non potrà accadere nulla di complesso, poiché l'universo alla fine raggiungerà la "morte termica", lo stato di massima entropia possibile. Ciò pone il tempo presente in una posizione piuttosto strana. Viviamo in un'epoca fugace nella storia generale dell'universo: un piccolo intervallo tempora-

neo in cui possono esserci stelle, pianeti, molecole e vita, racchiusi tra due eoni ugualmente privi di interesse. Una conseguenza potenzialmente profonda di ciò è che, sebbene il copernicanismo sia un buon principio guida quando applicato allo spazio, è certamente sbagliato quando applicato al tempo. La nostra epoca è piuttosto atipica, e dovremmo tenerne conto quando prevediamo la frequenza e la distribuzione della vita nell'universo, o ne giudichiamo la probabilità (Cirkovic e Balbi 2019).

Quando L'universo è Diventato Abitabile?

Prendere in considerazione la variabile temporale, quindi, è della massima importanza per l'astrobiologia e per il SETI. Un aspetto del ruolo del tempo è nel considerare *quando* l'universo sia diventato adatto alla vita. Potrebbe sembrare una domanda ovvia (specialmente in una prospettiva di "Big History") ma essa ha ricevuto un'attenzione sorprendentemente bassa fino a non molto tempo fa. In effetti, di solito pensiamo

all'abitabilità solo come una questione di *dove* possano esserci le condizioni necessarie per l'origine e il mantenimento della vita (vedi, ad esempio, Cockell et al 2016). Ad esempio, c'è molto interesse nel trovare pianeti intorno alla zona abitabile di altre stelle, ovvero dove la temperatura può essere compatibile con la presenza stabile di acqua liquida sulla superficie (Kopparapu et al 2013). Sono anche stati fatti alcuni studi per identificare i luoghi nella nostra galassia dove è più probabile la presenza di pianeti abitabili, e forse di vita: la cosiddetta "zona abitabile galattica" (Lineweaver 2001; Lineweaver et al 2004; Gonzales 2005). Ma relativamente poco è stato fatto per valutare in quale epoca della storia cosmica abbia iniziato a essere possibile la vita (Dayall et al 2016; Loeb et al 2016). Dalla discussione precedente è chiaro che le giuste condizioni non erano presenti nel nostro universo sin dall'inizio, e potrebbero non essere più presenti in un lontano futuro.

Esistono esempi noti di processi astrofisici con una forte dipendenza temporale che possono potenzialmente influire sull'abitabilità non solo sulla scala locale dei sistemi planetari, ma anche su scala galattica. Ad esempio, sappiamo che durante la prima fase della storia della nostra galassia (circa 8 miliardi di anni fa) il buco nero supermassiccio al suo centro era in attività, cioè accumulava materia a un ritmo molto alto. Di conseguenza, dal nucleo galattico venivano emessi alti livelli di radiazioni ionizzanti: ciò avrebbe potuto avere un impatto sull'abitabilità complessiva della galassia. Gli esopianeti rocciosi che erano abbastanza vicini al buco nero (entro un raggio di circa mille anni luce, vale a dire nella regione del "bulge", il rigonfiamento attorno al nucleo della galassia) mentre esso era attivo (un periodo che potrebbe essersi prolungato per circa 100 milioni di anni) potrebbe-

ro aver perso una frazione sostanziale delle loro atmosfere (Balbi and Tombesi 2017). Inoltre, la vita su tali pianeti potrebbe aver subito gravi danni biologici. Naturalmente, questo è un argomento molto ampio e complesso, e stiamo appena iniziando a grattarne la superficie: è difficile dire se le radiazioni ionizzanti siano solo dannose per la vita o, in qualche modo, anche necessarie, ad esempio per indurre mutazioni e altri effetti biogenici (Lingam et al 2019). Ad ogni modo, c'è chiaramente molto da imparare dallo studio della connessione tra la storia dell'universo e la sua abitabilità sia su piccola che su grande scala. Mettere insieme una storia dell'abitabilità cosmica potrebbe essere un ambito potenzialmente fecondo della "Big History."

Gli Appetiti Temporali di SETI

Comprendere la storia dell'abitabilità cosmica avrebbe anche un forte impatto sulla ricerca di vita intelligente nell'universo. Sfortunatamente, il fattore temporale è stato tradizionalmente quasi interamente trascurato negli studi SETI (Cirkovic 2004). Un'area in cui il tempo entra in gioco è nelle proprietà causali di qualsiasi segnale che potremmo essere in grado di rilevare. In altre parole, quando cerchiamo civiltà comunicanti che possano popolare la nostra galassia, dobbiamo essere consapevoli che esiste un requisito rigoroso che qualsiasi segnale elettromagnetico (o, più in generale, qualsiasi interazione fisica) deve soddisfare per essere osservato da noi oggi. Giusto per fissare le idee, si può pensare a un messaggio radio emesso da una posizione a mille anni luce dal Sole: se tale comunicazione fosse cessata prima di mille anni fa, oggi non potremmo più osservarla. Questo può sembrare sulle prime un fatto banale, ma ha profonde implicazioni (Balbi 2017; Grimaldi 2017). Ad esempio, implica che qualsiasi civiltà

tecnologica di cui potremmo trovare prove empiriche debba essere o di lunga durata o quasi coeva alla nostra. Implica anche che la probabilità di scoprire la vita intelligente al di fuori della Terra dipende da come la vita è stata distribuita nel tempo nel corso della storia cosmica. Se siamo ritardatari, e la maggior parte delle altre civiltà si è già estinta, potremmo essere soli. Altrimenti, se la vita ha iniziato ad apparire solo di recente, e l'universo si sta svegliando proprio ora, potremmo essere solo uno dei tanti esempi di civiltà nella fase di "infanzia" tecnologica. Ciò potrebbe far luce su enigmi antichi come la discrepanza tra il numero di luoghi potenzialmente abitabili nell'universo e l'assenza di prove di vita intelligente oltre la Terra (un enigma di solito incarnato dalla domanda di Fermi: "Dove sono tutti quanti?"). Se l'universo non era così adatto alla vita in passato come lo è oggi, allora l'enigma può dissolversi, o almeno essere mitigato. In generale, valutare le possibilità di successo del SETI, o anche interpretarne i risultati negativi, deve presupporre una conoscenza di come la propensione alla vita nel nostro universo sia cambiata nel tempo, una prospettiva inseparabile dagli aspetti storici ed evolutivi dello scenario cosmologico.

Conclusioni

Il fatto viviamo in un universo in espansione con un'età finita e il cui stato fisico è cambiato drasticamente nel tempo introduce una prospettiva storica in molti dei processi che la scienza cerca di spiegare. Ho mostrato come il problema dell'origine della vita, sulla Terra e altrove, deve abbracciare pienamente questo punto di vista storico ed evolutivo. Investigare la storia dell'abitabilità cosmica—cioè della propensione dell'universo a ospitare la vita—può illuminare molti aspetti della ricerca. Il fatto che viviamo in un universo in

contemporanea sia in astrobiologia che nel SETI. Alla fine, questa è ancora un'ulteriore indicazione del fatto che l'adozione di una prospettiva di "Big History" può avere profonde conseguenze sulla comprensione del nostro posto nel cosmo.

Referenze

- Adams, Fred C., and Gregory Laughlin. 1997. "A Dying Universe: The Long Term Fate and Evolution of Astrophysical Objects." *Reviews of Modern Physics* 69 (2): 337, doi:10.1103/RevModPhys.69.337.
- Balbi, Amedeo. 2013. "Cosmology and Time." *EPJ Web of Conferences* 58, doi:10.1051/epjconf/20135802004.
- Balbi, Amedeo. 2018. "The Impact of the Temporal Distribution of Communicating Civilizations on Their Detectability." *Astrobiology* 18 (1): 54.
- Balbi, Amedeo, and Francesco Tombesi. 2017. "The Habitability of the Milky Way during the Active Phase of Its Central Supermassive Black Hole." *Scientific Reports* 7, doi:org/10/1038/s41598-017-16110-0.
- Barrow, John D. 2008. *Cosmology and the Origin of Life*. November 30, 1998. Invited presentation. Varenna Conference on the Origin of Intelligent Life in the Universe. ArXiv:astro-ph/9811461.
- Bondi, H., and T. Gold. 1948. "The Steady-state Theory of the Expanding Universe." *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 108 (3): 252-270, doi:org/10.1093/mnras/108.3.252.
- Carroll, Sean. 2010. *From Eternity to Here: The Quest for the Ultimate Theory of Time*. New York: Dutton.
- Chaisson, Eric J. 2001. *Cosmic Evolution: the Rise of Complexity in Nature*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Ćirković, Milan M. 2004. "The Temporal Aspect of the Drake Equation and SETI." *Astrobiology* 4 (2): 225.
- Ćirković, Milan M., and Amedeo Balbi. 2019. "Copernicanism and the Typicality in Time." *International Journal of Astrobiology* 19 (2): 1-9, doi:org/10.1017/S1473550419000223.
- Cockell, C. S., T. Bush, C. Bryce, S. Direito, M. Fox-Powell, J. P. Harrison, H. Lammer, et al. 2016. "Habitability: a Review." *Astrobiology* 16 (1): 89-117, doi:org/10.1089/ast.2015.1295.
- Dayal, Pratika, Martin Ward, and Charles Cockell. 2016. "The Habitability of the Universe through 13 Billion Years of Cosmic Time." ArXiv:1606.09224.
- Frank, Adam, Axel Kleidon, and Marina Alberti. 2017. "Earth as a Hybrid Planet: The Anthropocene in an Evolutionary Astrobiological Context." *Anthropocene* 19: 13.
- Gonzalez, Guillermo. 2005. "Habitable Zones in the Universe." *Origin of Life and Evolution of the Biospheres* 35 (6): 555-606.
- Grimaldi, Claudio. 2017. "Signal Coverage Approach to the Detection Probability of Hypothetical Extraterrestrial Emitters in the Milky Way." *Scientific Reports* 7 (46273).
- Kleidon, A. 2010. "A Basic Introduction to the Thermodynamics of the Earth System Far from Equilibrium and Maximum Entropy Production." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. 365 (1545): 1303.
- Kleidon, Axel. 2010. "Life, Hierarchy, and the Thermodynamic Machinery of Planet Earth." *Physics of Life Reviews* 7 (4): 424.
- Kopparapu, Ravi Kumar, Ramses Ramirez, James F. Kasting, Vincent Eymet, Tyler D. Robinson, Suvrath Mahadevan, Ryan C. Terrien, et al. 2013. "Habitable Zones around Main-sequence Stars: New Estimates." *Astrophysical Journal*, 765 (131): 1-16.
- Krauss, Lawrence M., and Michael S. Turner. 1999. "Geometry and Destiny." *General Relativity and Gravitation* 31: 1453.
- Lineweaver, C. H. 2001. "An Estimate of the Age Distribution of Terrestrial Planets in the Universe: Quantifying Metallicity as a Selection Effect." *Icarus* 151: 307-313.
- Lineweaver, C. H., Y. Fenner, and B. K. Gibson. 2004. "The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way." *Science* 303 (5654): 59-62.
- Lineweaver, Charles H. 2005. Cosmological and Biological Reproducibility: Limits of the Maximum Entropy Production Principle. In Kleidon, A., and R. Lorenz. *Non-equilibrium Thermodynamics and the Production of Entropy: Life, Earth, and Beyond 2*: 67.
- Lineweaver, Charles H., and Chas A. Egan. 2008. Life, Gravity and the Second Law of Thermodynamics. *Physics of Life Reviews* 5(4): 225.
- Lingam, Manasvi, Idan Ginsburg, and Shmuel Bialy. 2019. "Active Galactic Nuclei: Boon or Bane for Biota?" *Astrophysical Journal* 877: 62.
- Loeb, Abraham, Rafael A. Batista, and David Sloan. 2016. "Relative Likelihood for Life as a Function of Cosmic Time." *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 8: 10.
- Rees, M. J. 1972. "Cosmological Significance of e_2/Gm_2 and Related Large Numbers." *Comments on Astrophysics and Space Physics* 4: 179-185.

Uma História da Habitabilidade Cósmica

Amedeo Balbi

Departamento de Física Universidade de Roma Tor Vergata

Traduzido por Daniel de Pinho Barreiros

Correspondência | balbi@roma2.infn.it

Citation | Balbi, Amedeo. 2020. "Uma História da Habitabilidade Cósmica." Traduzido por Daniel de Pinho Barreiros. *Journal of Big History IV* (2): 54-59.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4222>

Resumo Nossa compreensão do universo é baseada no modelo cosmológico do Big Bang, que descreve um universo em expansão cujo desenvolvimento começou 13,8 bilhões de anos atrás, a partir de um estado quente e denso. Este modelo introduz uma forte perspectiva evolutiva e histórica na descrição de muitos fenômenos físicos observados, incluindo a origem da vida e sua possível distribuição no universo. Discuto como é relevante para a astrobiologia e para a SETI (a busca de inteligência extraterrestre) levarmos em conta, apropriadamente, o "quadro geral" e seu desdobramento temporal.

Introdução

No século passado, aprendemos muito sobre a história do universo. Uma das coisas mais importantes que aprendemos é precisamente que o universo tem uma história. Isso significa que sabemos que o universo observável nem sempre foi do jeito em que se encontra hoje. Ele tem evoluído por 13,8 bilhões de anos, e mudou

drasticamente durante esse período. Tudo começou no passado a partir de um estado muito simples e indiferenciado, muito próximo do equilíbrio (pelo menos em certo sentido, a ser especificado posteriormente) e depois, com o passar do tempo, complexidade e estrutura emergiram lentamente (Figura 1). A partir de um plasma primordial quente,

composto de partículas livres, as forças da natureza formaram galáxias, estrelas, planetas e moléculas. As principais perguntas para a astrobiologia são as seguintes: Como a vida se encaixa no esquema geral do universo? E quanto comum é isso? A vida na Terra é apenas um evento casual, sem equivalente no resto do universo, ou é parte de um fenômeno genérico que aconteceu por muitas vezes em outros lugares? O ponto principal deste artigo é enfatizar como a perspectiva da Grande História é essencial para obter uma boa compreensão de tais questões.

Para um físico ou um cosmologista, a maioria das coisas que aconteceram na história do universo são de previsão bastante simples. Por exemplo, sabendo que no começo do universo havia uma dada amplitude em termos de flutuações de densidade no plasma primordial, seria bastante fácil prever

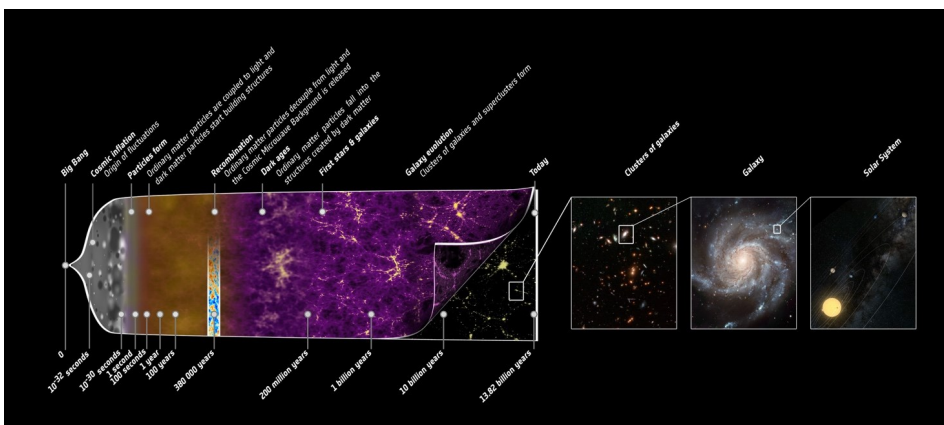


Figura 1: Il "quadro generale" della storia dell'universo secondo il modello cosmologico standard del big bang (Credito immagine: NASA)

que, depois de algum tempo, estrelas e galáxias surgiriam. Do ponto de vista da física, o fato de o universo estar cheio de estrelas não seria uma surpresa, mesmo para alguém que nunca viu uma estrela. Contudo, quando tentamos incluir a vida num enquadramento cósmico, as coisas são muito mais complicadas. No momento não há como prever, a partir dos princípios primordiais, por exemplo, a época em que a vida apareceu pela primeira vez, ou sua frequência e distribuição no universo.

De fato, em um cenário em que o universo existiu e evoluiu por 13,8 bilhões de anos—ou seja, no modelo do "Big Bang quente" que constitui nossa melhor descrição atual da história cósmica—até a existência de uma única instância de vida em um único planeta apresenta—se como um enigma. Para entender o porquê, compare a situação com a prevista pelo agora desacreditado modelo de estado estacionário (Bondi e Gold 1948), que postulava um universo que existe para sempre no mesmo estado em que o observamos hoje: nesse universo, havia tempo suficiente (de fato, uma quantidade infinita de tempo) para produzir, algures, até a mais improvável combinação de moléculas. Portanto, em um universo estacionário e eterno, não deveríamos nos surpreender ao descobrir que a vida existe. Por outro lado, a mera existência de um único exemplo de vida em um universo com uma idade finita—o tipo de universo em que realmente vivemos—pede uma explicação. E de igual importância é o seguinte: a avaliação da probabilidade do surgimento da vida não pode ser facilmente desvinculada da evolução geral do cosmos e de suas características específicas, tais como os valores dos parâmetros físicos e das constantes que governam seu

comportamento (Barrow 1998; Rees 1972).

História Cósmica, Complexidade e Vida

No modelo do Big Bang, o surgimento da vida—ou, pelo menos, o surgimento das condições para a emergência da vida—requer uma série de etapas preliminares. Primeiro, o universo precisa criar os núcleos de elementos leves no plasma primordial; então ele precisa formar estrelas, e as estrelas precisam fundir elementos mais pesados em seus núcleos, até que sua abundância seja grande o suficiente para formar planetas rochosos em torno das estrelas da sequência principal. Então, nuvens moleculares no espaço interestelar precisam formar moléculas orgânicas, que podem acabar alcançando atmosferas e superfícies planetárias, enquanto colisões e impactos com corpos gelados precisam transportar água suficiente para planetas na zona habitável de suas estrelas—onde temperaturas e pressão atmosférica são compatíveis com a presença de lagos e oceanos. Somente após todas essas etapas, é possível que moléculas replicadoras apareçam—e talvez o metabolismo, os micro-

organismos, a vida complexa e a inteligência.

Isso é verdade, independentemente da abundância de vida no universo—sendo ela generalizada ou existente em apenas alguns locais em todo o universo observável. O problema da origem da vida não pode ser resolvido sem uma compreensão desse quadro geral. Este é o contexto cósmico geral no qual todos os passos necessários para o aparecimento da vida ocorreram. É importante notar que todos esses passos podem ser organizados em uma ampla narrativa evolutiva (Chaisson 2001), e isso, por sua vez, torna a perspectiva histórica crucial para interpretar o quadro físico.

O próprio fato de haver uma tendência evolutiva pode parecer contra-intuitivo a princípio. A tendência óbvia de simplicidade para complexidade que observamos no universo parece contrariar nossa compreensão ingênua da termodinâmica: sabemos que a simplicidade é mais provável que a complexidade e que a desordem vem depois da ordem, e não vice-versa. Na verdade, no entanto, não há nada de estranho nisso. De fato, a aparência espontânea de ordem e

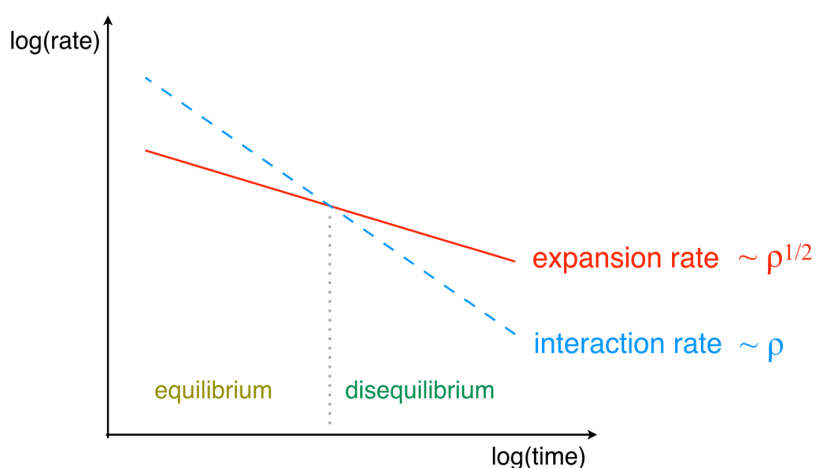


Figura 2: Il tasso di espansione dell'universo e il tasso di interazione di qualsiasi processo a due corpi dipendono in modi diversi dalla densità media dell'universo (che, a sua volta, diminuisce come una potenza del tempo cosmico). Ciò implica che ogni interazione alla fine va fuori equilibrio, poiché la sua velocità diventa più piccola della velocità di espansione dell'universo.

auto-organização no universo é possível por duas razões, ambas diretamente relacionadas ao comportamento cosmológico geral. Primeiro, em um universo em expansão, qualquer processo tende a sair de equilíbrio em algum momento (Figura 2). Isso se deve ao fato de que o tempo médio necessário para que, eventualmente, qualquer interação ocorra se torna maior do que a taxa na qual o universo está se expandindo (ou seja, o tempo que leva para o universo dobrar seu tamanho), porque, embora essas duas taxas dependam da densidade geral do universo, elas dependem dessa densidade de maneiras diferentes (Balbi 2018). Quando isso acontece, a interação não pode ser rápida o suficiente para manter o equilíbrio. Assim, o desequilíbrio pode surgir de um estado inicial muito uniforme.

A segunda razão está relacionada ao papel termodinâmico da gravidade. Quando pensamos em entropia, a imagem padrão dos livros didáticos é a de um gás em uma caixa (Figura 3). Se o gás começa com todas as moléculas agrupadas em um canto da caixa, esperamos que mais tarde assumam um estado mais simples, mais uniforme e desordenado, onde as moléculas estejam homoganeamente espalhadas por toda a caixa. Portanto, tendemos a associar alta entropia com alta uniformidade. Mas, se incluirmos a gravidade nas imagens, as coisas seguem o caminho oposto: a aglomeração e a entropia aumentam na mesma direção. De fato, apesar da aparência lisa, o estado inicial do universo está muito longe da mais intensa desordem possível. Na linguagem termodinâmica, um universo em expansão tem muitas maneiras de aumentar sua entropia e, ao mesmo tempo, produzir estruturas complexas

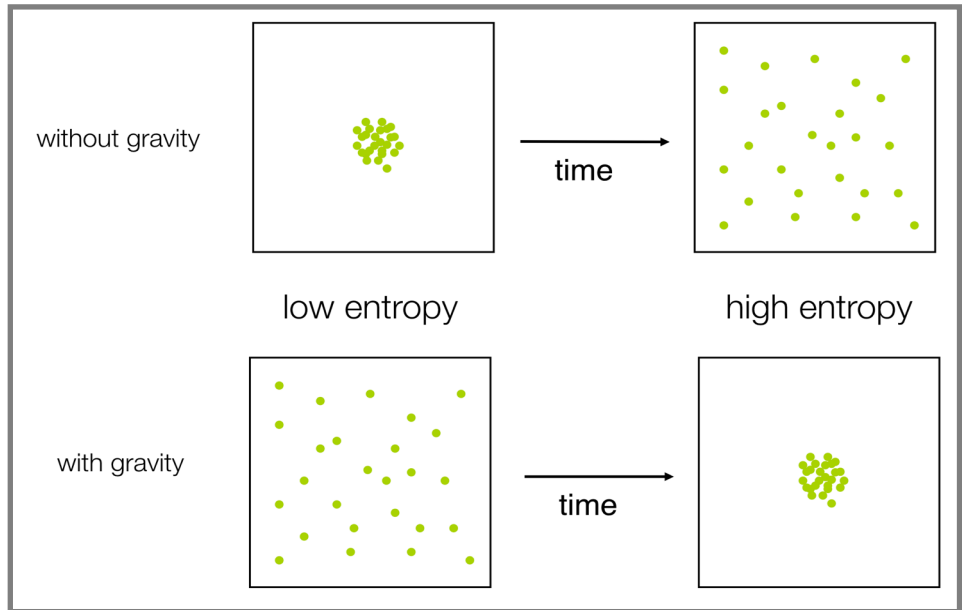


Figura 3: In presenza di gravità, la crescita dell'entropia non corrisponde a una maggiore uniformità, come nell'immagine standard del "gas in una scatola" (pannello superiore): piuttosto, essa porta a una maggiore disuniformità (pannello inferiore). Questo è cruciale per spiegare l'emergere spontaneo, e in qualche modo controintuitivo, della struttura nell'universo col passare del tempo.

transitórias (ver, por exemplo, Carroll 2010).

Tudo isso, claro, é crucial para a possibilidade de vida. A vida prospera no desequilíbrio produzido pela evolução do universo. Pense, por exemplo, na luz do sol atingindo a superfície da Terra. Os fótons vindos do Sol têm baixa entropia em comparação com os que deixam a Terra em direção ao espaço. Em meio a esse fluxo de fótons partindo de uma fonte quente de baixa entropia (o Sol) em direção a um dissipador frio de alta entropia (o vácuo espacial), existe a Terra, e a vida nela. A vida é possível porque há trabalho a ser extraído deste motor termodinâmico operando entre diferentes temperaturas (Lineweaver e Egan 2008). Vários estudos começaram a adotar um ponto de vista explicitamente termodinâmico ao considerar a vida no contexto cósmico (ver, por exemplo, Frank, Kleidon e Alberti 2017). Uma maneira de enquadrar a questão é a de ver a vida como uma maneira eficiente (ou mais eficiente que os sistemas não-vivos) de

usar energia livre e produzir entropia, de acordo com o princípio da máxima entropia (MEP, ver, por exemplo, Kleidon 2010a, 2010b).

Vemos então que há um forte aspecto histórico (no sentido de uma relação profunda com o fluxo do tempo) quando tentamos entender o lugar da vida no universo. Isto não é apenas verdade no que diz respeito à história cósmica passada, mas também ao considerar sua evolução futura. Não temos certeza do que vai acontecer (de fato, podemos nunca ter certeza, ver Krauss e Turner, 1999), mas se o universo continuar se expandindo a uma taxa acelerada (como sugerem as observações atuais), eventualmente se tornará frio e sem estrutura, aproximando—se do equilíbrio termodinâmico (Adams e Laughlin 1997). Haverá uma eternidade em que basicamente nada de complexo poderá acontecer, já que o universo chegará à morte térmica, a mais alta entropia possível. Isso coloca o tempo presente em uma posição ainda mais estranha.

Estamos vivendo uma época fugaz na história geral do universo —um pequeno intervalo temporário em que pode haver estrelas, planetas, moléculas e vida, entre dois éons igualmente descaracterizados. Uma consequência potencialmente profunda disso é que, embora o copernicanismo seja um bom princípio orientador quando aplicado ao espaço, ele certamente está errado quando aplicado ao tempo. Nossa época é bastante atípica, e devemos levar isso em consideração ao prever a frequência e distribuição da vida no universo, ou ao julgar sua probabilidade (Cirkovic e Balbi 2019).

Quando o Universo Se Tornou Habitável?

Levar em consideração a variável temporal é de extrema importância para a astrobiologia e para a SETI. Um aspecto do papel do tempo é o de considerar "quando" o universo se torna adequado para a vida. Isso pode parecer uma pergunta óbvia (especialmente na perspectiva da Grande História), mas surpreendentemente recebeu pouca atenção até pouco tempo atrás. De fato, geralmente pensamos na habitabilidade apenas como uma questão de "onde" podem existir as condições necessárias para a origem e a manutenção da vida (ver, por exemplo, Cockell et al 2016). Por exemplo, há muito interesse em encontrar planetas em torno da zona habitável de outras estrelas—ou seja, onde a temperatura pode ser compatível com a presença estável de água líquida na superfície (Kopparapu et al 2013). Também foi feito algum esforço para a identificação de locais adequados em nossa galáxia, onde os planetas habitáveis, e talvez a vida, sejam mais prováveis—ou seja, uma "zona habitável galáctica" (Lineweaver 2001; Lineweaver et al 2004; Gonzales 2005). Mas comparativamente pouco esforço foi dedicado a avaliar em que

época da história cósmica a vida passou a ser possível (Dayall et al 2016; Loeb et al 2016). Está claro na discussão anterior que as condições corretas não estavam presentes em nosso universo desde o início, e podem não estar presentes em um futuro distante.

Existem exemplos conhecidos de processos astrofísicos com uma forte dependência temporal que podem potencialmente afetar a habitabilidade, não apenas na escala local dos sistemas planetários, mas até mesmo em escala galáctica. Por exemplo, sabemos que durante o início da história de nossa galáxia (cerca de 8 bilhões de anos atrás), o buraco negro supermassivo em seu centro estava ativo—ou seja, estava acumulando matéria a uma taxa muito alta. Como consequência disso, altos níveis de radiação ionizante foram emitidos a partir do núcleo galáctico, e isso pode ter tido um impacto na habitabilidade geral da galáxia.

Exoplanetas rochosos próximos o suficiente do buraco negro (dentro de mil anos-luz, ou seja, na região protuberante da galáxia) enquanto esteve ativo (período esse que pode ter durado por aproximadamente 100 milhões de anos), podem ter perdido uma fração substancial de suas atmosferas (Balbi e Tombesi 2017). Além disso, a vida nesses planetas pode ter sofrido sérios danos biológicos.

É claro que este é um tópico muito amplo e complexo, e estamos apenas começando a arranhar sua superfície: é difícil dizer, por exemplo, se a radiação ionizante é prejudicial à vida ou, de alguma forma, também necessária, talvez para induzir mutações e outros efeitos biogênicos (Lingam et al 2019). Claramente, há muito o que aprender ao estudar a conexão entre a história do universo e sua habitabilidade, tanto em pequenas como em grandes escalas. Construir uma história de

habitabilidade cósmica seria um subcampo potencialmente fecundo da Grande História.

Os Aspectos Temporais do SETI

Compreender a história da habitabilidade cósmica também teria um forte impacto na busca por vida inteligente em outras partes do universo. Infelizmente, o fator temporal foi quase totalmente ignorado nos estudos da SETI (Cirkovic 2004). Um campo em que o tempo entra em jogo é o das propriedades causais necessárias a qualquer sinal de vida que possamos detectar. Em outras palavras, quando procuramos civilizações capazes de se comunicar conosco e que eventualmente habitem nossa galáxia, temos de atentar para o fato de que existem requerimentos estritos a serem cumpridos por um sinal eletromagnético (ou, de forma mais geral, qualquer interação física) para que ele seja captado por nós, hoje. A título de ênfase, pode-se pensar em uma mensagem de rádio emitida a partir de um local a mil anos-luz do Sol: se essa comunicação cessou antes de mil anos atrás, não podemos mais observá-la. Isso pode parecer a princípio um fato trivial, mas apresenta implicações profundas (Balbi 2017; Grimaldi 2017). Por exemplo, isso implica que qualquer civilização tecnológica da qual possamos encontrar evidências empíricas deve ser ou muito longa, ou aproximadamente contemporânea a nós. Isso também implica que as chances de descobrir vida inteligente fora da Terra dependem de como a vida foi distribuída no tempo ao longo da história cósmica. Se somos retardatários e a maioria das outras civilizações já foi extinta, podemos estar sozinhos. Por outro lado, se a vida começou a aparecer apenas muito recentemente, e o universo está apenas

acordando agora, podemos ser uma das primeiras civilizações tecnológicas.

Isso pode lançar uma nova luz sobre antigos enigmas, como a incompatibilidade entre o grande número de locais potencialmente habitáveis no universo e a ausência de evidências de vida inteligente além da Terra (geralmente resumido pela pergunta de Fermi: “Onde estão todos?”). Se o universo não era tão favorável à vida no passado como é hoje, então as perguntas mudam e o quebra-cabeça assume novos aspectos. Avaliar as chances de sucesso da SETI, ou mesmo interpretar resultados negativos, é algo que precisa considerar conhecimentos acerca de como a propensão à vida em nosso universo mudou ao longo do tempo, perspectiva essa que é inseparável dos aspectos históricos e evolutivos do cenário cosmológico.

Conclusão

O fato de vivermos em um universo em expansão com uma idade finita, cujo estado médio mudou drasticamente ao longo do tempo, introduz uma perspectiva histórica em muitos dos processos físicos que a ciência tenta explicar. Argumentei aqui que o problema da origem da vida, na Terra e em outros lugares, deve abraçar completamente esse ponto de vista histórico e evolutivo. Investigar a história da habitabilidade cósmica—isto é, da propensão do universo a hospedar a vida—pode iluminar muitos aspectos da pesquisa contemporânea em astrobiologia e SETI. Eventualmente, essa é mais uma indicação de que a adoção de uma perspectiva fundada na Grande História pode ter consequências profundas para a compreensão de nosso lugar no cosmos.

Referências

- Adams, Fred C., and Gregory Laughlin. 1997. “A Dying Universe: The Long Term Fate and Evolution of Astrophysical Objects.” *Reviews of Modern Physics* 69 (2): 337, doi:10.1103/RevModPhys.69.337.
- Balbi, Amedeo. 2013. “Cosmology and Time.” *EPJ Web of Conferences* 58, doi:10.1051/epjconf/20135802004.
- Balbi, Amedeo. 2018. “The Impact of the Temporal Distribution of Communicating Civilizations on Their Detectability.” *Astrobiology* 18 (1): 54.
- Balbi, Amedeo, and Francesco Tombesi. 2017. “The Habitability of the Milky Way during the Active Phase of Its Central Supermassive Black Hole.” *Scientific Reports* 7, doi:org/10/1038/s41598-017-16110-0.
- Barrow, John D. 2008. *Cosmology and the Origin of Life*. November 30, 1998. Invited presentation. Varenna Conference on the Origin of Intelligent Life in the Universe. ArXiv:astro-ph/9811461.
- Bondi, H., and T. Gold. 1948. “The Steady-state Theory of the Expanding Universe.” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 108 (3): 252–270, doi.org/10.1093/mnras/108.3.252.
- Carroll, Sean. 2010. *From Eternity to Here: The Quest for the Ultimate Theory of Time*. New York: Dutton.
- Chaisson, Eric J. 2001. *Cosmic Evolution: the Rise of Complexity in Nature*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Ćirković, Milan M. 2004. “The Temporal Aspect of the Drake Equation and SETI.” *Astrobiology* 4 (2): 225.
- Ćirković, Milan M., and Amedeo Balbi. 2019. “Copernicanism and the Typicality in Time.” *International Journal of Astrobiology* 19 (2): 1–9, doi.org/10.1017/S1473550419000223.
- Cockell, C. S., T. Bush, C. Bryce, S. Direito, M. Fox-Powell, J. P. Harrison, H. Lammer, et al. 2016. “Habitability: a Review.” *Astrobiology* 16 (1): 89–117, doi.org/10.1089/ast.2015.1295.
- Dayal, Pratika, Martin Ward, and Charles Cockell. 2016. “The Habitability of the Universe through 13 Billion Years of Cosmic Time.” ArXiv:1606.09224.
- Frank, Adam, Axel Kleidon, and Marina Alberti. 2017. “Earth as a Hybrid Planet: The Anthropocene in an Evolutionary Astrobiological Context.” *Anthropocene* 19: 13.
- Gonzalez, Guillermo. 2005. “Habitable Zones in the Universe.” *Origin of Life and Evolution of the Biospheres* 35 (6): 555–606.
- Grimaldi, Claudio. 2017. “Signal Coverage Approach to the Detection Probability of Hypothetical Extraterrestrial Emitters in the Milky Way.” *Scientific Reports* 7 (46273).
- Kleidon, A. 2010. “A Basic Introduction to the Thermodynamics of the Earth System Far from Equilibrium and Maximum Entropy Production.” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*. 365 (1545): 1303.
- Kleidon, Axel. 2010. “Life, Hierarchy, and the Thermodynamic Machinery of Planet Earth.” *Physics of Life Reviews* 7 (4): 424.
- Kopparapu, Ravi Kumar, Ramses Ramirez, James F. Kasting, Vincent Eymet, Tyler D. Robinson, Suvrath

- Mahadevan, Ryan C. Terrien, et al. 2013. "Habitable Zones around Main-sequence Stars: New Estimates." *Astrophysical Journal*, 765 (131): 1-16.
- Krauss, Lawrence M., and Michael S. Turner. 1999. "Geometry and Destiny." *General Relativity and Gravitation* 31: 1453.
- Lineweaver, C. H. 2001. "An Estimate of the Age Distribution of Terrestrial Planets in the Universe: Quantifying Metallicity as a Selection Effect." *Icarus* 151: 307-313.
- Lineweaver, C. H., Y. Fenner, and B. K. Gibson. 2004. "The Galactic Habitable Zone and the Age Distribution of Complex Life in the Milky Way." *Science* 303 (5654): 59-62.
- Lineweaver, Charles H. 2005. Cosmological and Biological Reproducibility: Limits of the Maximum Entropy Production Principle. In Kleidon, A., and R. Lorenz. *Non-equilibrium Thermodynamics and the Production of Entropy: Life, Earth, and Beyond* 2: 67.
- Lineweaver, Charles H., and Chas A. Egan. 2008. Life, Gravity and the Second Law of Thermodynamics. *Physics of Life Reviews* 5(4): 225.
- Lingam, Manasvi, Idan Ginsburg, and Shmuel Bialy. 2019. "Active Galactic Nuclei: Boon or Bane for Biota?" *Astrophysical Journal* 877: 62.
- Loeb, Abraham, Rafael A. Batista, and David Sloan. 2016. "Relative Likelihood for Life as a Function of Cosmic Time." *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics* 8: 10.
- Rees, M. J. 1972. "Cosmological Significance of e^2/Gm^2 and Related Large Numbers." *Comments on Astrophysics and Space Physics* 4: 179-185.

Biospheric Evolution Is Coarsely Deterministic

David Schwartzman

Department of Biology, Howard University

Correspondence | David Schwartzman, dschwartzman@gmail.com

Citation | Schwartzman, David. 2020. "Biospheric Evolution Is Coarsely Deterministic." *Journal of Big History* IV (2): 60-66.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4230>

Abstract Starting with the origin of life, I argue that the general pattern of the tightly coupled evolution of biota and climate on Earth has been the very probable outcome from a relatively small number of possible histories at the macroscale, given the same initial conditions. Thus, the evolution of the biosphere self-selects a pattern of biotic evolution that is coarsely deterministic, with critical constraints likely including surface temperature as well as oxygen and carbon dioxide levels in the atmosphere. Environmental physics and chemistry drive the major events in biotic evolution, including photosynthesis and oxygenic photosynthesis, the emergence of new cell types (eucaryotes) from the merging of complementary metabolisms and finally multicellularity and even encephalization.

Revival of an Old Debate: "Playing the Tape Again," Contingency vs Predictability in Evolution

Here I revisit a provocation: that the evolution of the biota, embedded in the biosphere, has been coarsely deterministic (Schwartzman 1999, 2002; Schwartzman 2001; Lineweaver and Schwartzman 2004; Schwartzman and Lineweaver 2005). I obviously take sides in an old but still active debate. If the "tape were played again," would the outcome be roughly the same, or is biologic evolution non-repeatable given similar initial conditions and roughly similar solar/planetary/impact history? Stephen J. Gould in his exchange with Simon Conway Morris (Conway Morris and Gould 1998-1999) took the position that the origin of life is very probable, but biologic evolution is not predictable, while Conway Morris argued that the evolution of life is predictable, but the origin of life was an unlikely event.

I agree in part with both scientists on the side of coarse determinism, both are very probable given the Earth/Sun's initial conditions. Conway Morris's position is largely based on his case for strong convergence of morphologies and biochemistries in the history of life (Conway Morris 2003; 2010; 2015). The issue of contingency versus determinism in this history continues to be a focus of vigorous research (e.g., Blount 2017; Blount et al. 2018; Simoes 2019). Determinism almost certainly breaks down at finer levels; it is hard to imagine that giraffes and blue whales are on Earth-like planets around Sun-like stars in our galaxy, except in bad science fiction novels!

Cosmic Thermobiology, Emergence at the Edge of Stability

Returning to the likelihood of the origin of life on Earth, we can start with the observation that the cooling of the Earth and its climate and growing com-

plexity of lifeforms are correlated, consistent with the same trend for complexity in the universe since the Big Bang (Lineweaver and Schwartzman 2004; Chaisson 2009). A roughly deterministic cosmic thermobiology can be inferred from the evolution of life on Earth, enabling us to predict a potential similar pattern of growing complexity in biologic evolution on the surfaces of terrestrial planets around Sun-like stars. Of course, this pattern, indeed abiogenesis itself, is contingent on the context of the planetary system, i.e., stellar mass/luminosity history, distance of the terrestrial planet to its host star, and the initial conditions and impact history of the planet considered (see chapter 10, Schwartzman 1999 2002).

Starting with The Last Universal Common of Life (LUCA), I argue that the emergence of the main groups of living organisms occurred at their edge of

stability, at their upper temperature limits. LUCA emerged at thermophilic to hyperthermophilic temperatures in submarine alkaline hydrothermal vents (Martin and Russell 2007; Lane 2015; Weiss et al. 2016a; Sojo et al. 2016). This scenario is robustly supported, e.g., by the stereochemistry of FeS clusters in the cores of primitive enzymes such as ferredoxin, inferred to have been inherited from sulfide minerals deposited in the vents (Russell and Hall 1997) and the key role of iron catalysis and iron sulfide minerals in the origin of life (Camprubi et al. 2017; Li et al. 2018).

A critical driver of determinism in evolutionary history has been the strong coupling of biologic evolution with climate history as a result of the long-term biogeochemical carbon cycle. A key process in this cycle is the progressive increase of the biotic enhancement of weathering resulting from the increase of terrestrial productivity and evolution of the land biota in the history of life (Schwartzman 1999, 2002; 2015). In the case of the Earth, the trend to present of decreasing volcanic outgassing, increasing continental area and biotic enhancement of weathering has outweighed the warming influence of rising solar luminosity, but the latter will overwhelm cooling influences in the future (e.g., Caldeira and Kasting 1992). Further, considering the astrobiological implications, if biospheres emerge in a strongly habitable context, their survival is likely enhanced by analogous strong coevolutionary mechanisms (Nicholson et al. 2018; Lenton et al. 2018).

The following is a test of the difficulty for steps in major evolutionary emergences: If a potential constraint is released at the time of emergence, then it was virtually inevitable (“easy”). The upper

temperature limits of growth of the main groups of living organisms corresponds to the approximate climatic temperature at the times of their first emergence, assuming a very warm Archean climate (Schwartzman 1999, 2002; Schwartzman and Knauth 2009; Garcia et al. 2017; Schwartzman 2017). The case for a very warm Archean climate will be outlined shortly. These

emergences are illustrated in Figure 1 on the climatic temperature curve consistent with the hot early climate scenario, as well in Table 1.

The Earth’s climate went from a “Hothouse” to an “Icehouse” in the last 4 billion years. The numbers on the curve correspond to the ratio of the present biotic enhancement of weathering to that at the indicated time in the

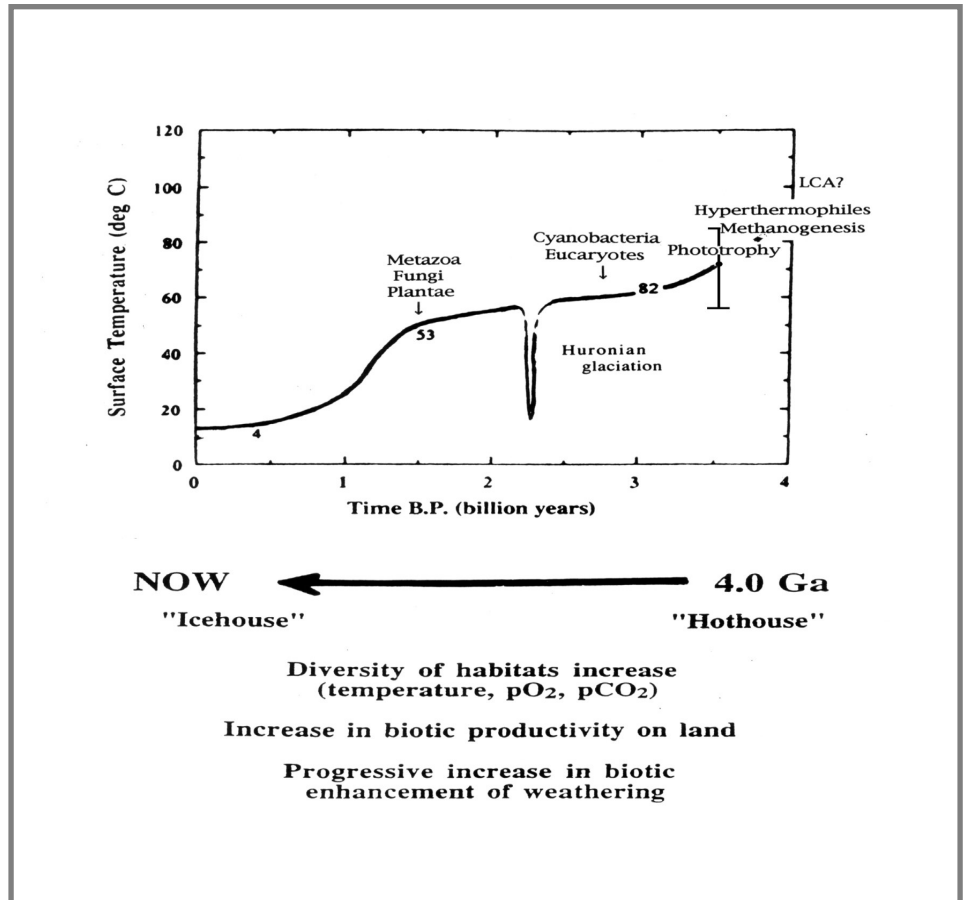


Figure 1. Temperature History of Biosphere

Group	Approximate upper temperature limit (°C)	Time of Emergence (Ga)
<i>“Higher” kingdoms:</i>		
Plants	50	0.5-1.5
Metazoans (Animals)	50	0.6-1.5
Fungi	60	0.6-2.4 (?)
Eukaryotes	60	2.1-2.8
<i>Prokaryotes</i>		
Phototrophs	70	>3.5
Hyperthermophiles	>100	>3.8

(Temperatures from Brock et al. 1994)

Table 1. Upper temperature limits for growth of living organisms, approximate times of their emergence

past, as derived from modeling in Schwartzman (1999; 2002); see update in Schwartzman (2017). This curve leaves out Temperature excursions in the last billion years, including major glacial episodes.

The upper temperature limits are very likely primitive characters determined by the intrinsic biochemistry/biophysics of cellular components, for example, the nuclear and mitochondrial membranes. Phototrophic organisms had over three billion years to adapt to hyperthermophilic temperatures (above 80°C) but never succeeded; likewise during at least two billion years, eucaryotes did not succeed in adapting to temperatures above about 65°C; there are no living hyperthermophilic phototrophs or eucaryotes. The empirical foundation for this temperature history is derived from the sedimentary chert oxygen isotopic record, specifically from the highest O^{18}/O^{16} ratio at any age, as well as other evidence summarized as follows:

1) The oxygen isotope record in sedimentary chert and the compelling case for a near constant isotopic oxygen composition of seawater over geologic time support thermophilic surface temperatures prevailing in the Archean, with some support for hot conditions lasting until about 1.5 billion years ago, aside from lower temperatures during the glacial episodes at 2.2- 2.4 Ga and a problematic one at 2.9 Ga (Pongola).

2) Melting temperatures of proteins resurrected from sequences inferred from robust molecular phylogenies give paleotemperatures at emergence consistent with a very warm early climate (see discussion below).

3) High atmospheric pCO_2 levels in the Archean are consistent with high climatic temperatures near the triple point of primary iron minerals in

banded iron formations and the formation of Mn-bicarbonate clusters leading to oxygenic photosynthesis.

4) Higher weathering intensities on land in the Archean would not have occurred if seafloor weathering dominated the carbon sink, pulling down the temperature; hence, this empirical evidence supports a hot climate and high carbon dioxide levels, likewise consistent with 50-60 bars of CO_2 in the crust as carbonate and reduced organic carbon.

5) The inferred viscosity of seawater at 2.7 Ga is consistent with a hot Archean climate.

6) A cold Archean is difficult to explain taking into account the higher outgassing rates of carbon dioxide, significantly smaller land areas and weaker biotic enhancement of weathering than present in the context of the long-term carbon cycle, taking into account the fainter Archean sun in climate modeling.

This case is discussed in more detail, including references with support for the arguments and evidence presented in the above list in Schwartzman, 2015; 2017; 2018.

Critique of Recent Challenges to a Hot Archean Climate

Re: Galili et al. (2019)

In their study of oxygen isotopic composition of marine iron oxides, they conclude that seawater has become isotopically lighter from the early Paleozoic to Archean time. However, their case rests on an inference of a non-uniformitarian variation in the seawater oxygen isotopic ratio for the sake of undermining a hot Archean climate. For a rebuttal of their interpretation of the chert Archean oxygen isotopic record see Knauth and Lowe (2003). Critically, their trend to lighter oxygen isotopic ratios of parent fluids

for Fe oxides going back to 1.88 Ga (their Fig. 2 D) is consistent with a meteoric water influence in diagenesis in the continental shelf or an estuarine environment (see, e.g., Fralick et al. 2017, noting that the oldest Fe oxides sampled by Galili et al. (2019) come from the Gibraltar Iron Formation, a Canadian deposit of the same age as the Gunflint Formation).

Further, they ignore the evidence for near present seawater O^{18}/O^{16} ratio going back into the Archean including the following.

1) There are direct measurements of fossil seawater from salt inclusions for Paleozoic seawater (Knauth and Roberts 1991). The same conclusion comes from clumped isotope studies (Bergmann et al. 2017; Henkes et al. 2018; Ryb and Eiler 2018).

2) Likewise, the same conclusion comes from the inferred seawater ratio in the Neoproterozoic (760 Ma: Hodel et al. 2018) and Early Proterozoic (2.4 Ga: Zakharov and Bindeman 2019).

3) Again, the same conclusion is inferred from the geologic record of ancient seawater- altered oceanic crust (ophiolites, their eclogite proxies, greenstones). Aside from their problematic interpretation of this geologic record, Galili et al. (2019) fail to confront the evidence from Archean eclogite proxies for depleted/enriched seawater-altered oceanic crust (Jacob 2004) with abundant depleted values, clear evidence of high temperature interaction with seawater, an O^{18} source for seawater during the buffering process, noting that a favorite way to generate lighter ratios has been to argue this process was not happening back in the early Precambrian.

Re: *Krissansen-Totton et al. (2018)*

They model the long-term carbon cycle, concluding that current best knowledge of this cycle precludes a hot Archean. However, rather than actually critiquing the robust empirical case for a hot Archean climate they cite, they make a model to refute it by generating a Sleep and Zahnle (2001) model with sufficient seafloor weathering to keep Archean temperatures below 50 deg C. Ignored is evidence for high Hadean/Archean pCO₂ levels in the atmosphere/ocean as well as higher weathering intensities on land.

Re: *Charnay et al. (2017)*

From their 3D climate-carbon model, they “favor cold or temperate climates with global mean temperatures between around 8°C (281 K) and 30° C (303 K) and with 0.1–0.36 bar of CO₂ for the late Hadean and early Archean.” However, the much lower biotic enhancement of weathering on land in this early time was not included in their modeling of the long-term carbon cycle; further, the recycling of CO₂ back in subduction zones in Archean was likely close to 100% efficient because of a hotter upper mantle rather than the lower value they assume.

Temperature History from Molecular Phylogeny

More evidence for this temperature history comes from molecular phylogeny of organisms belonging to the three main domains of life, Bacteria, Archaea and Eukarya, noting the apparent absence on the rRNA phylogenetic tree of deeply-rooted mesophiles/psychrophiles (see, e.g., Figure 1 in Schwartzman and Lineweaver 2004). If Archean temperatures were similar to the Phanerozoic, then some of the low-temperature prokaryotes should be grouped near the root with the hyperthermophiles/thermophiles. While some more recent phylogenetic trees

are more ambiguous regarding this conclusion (e.g., see Lineweaver and Chopra 2019 citing Hug et al. 2016), Weiss et al.'s (2016a) research supports a thermophilic LUCA:

The concept of a last universal common ancestor of all cells (LUCA, or the progenote) is central to the study of early evolution and life's origin, yet information about how and where LUCA lived is lacking. We investigated all clusters and phylogenetic trees for 6.1 million protein coding genes from sequenced prokaryotic genomes in order to reconstruct the microbial ecology of LUCA. Among 286,514 protein clusters, we identified 355 protein families (0.1%) that trace to LUCA by phylogenetic criteria. Because these proteins are not universally distributed, they can shed light on LUCA's physiology. Their functions, properties and prosthetic groups depict LUCA as anaerobic, CO₂-fixing, H₂-dependent with a Wood-Ljungdahl pathway, N₂-fixing and thermophilic. LUCA's biochemistry was replete with FeS clusters and radical reaction mechanisms... The 355 phylogenies identify clostridia and methanogens, whose modern lifestyles resemble that of LUCA, as basal among their respective domains. LUCA inhabited a geochemically active environment rich in H₂, CO₂ and iron. The data support the theory of an autotrophic origin of life involving the Wood-Ljungdahl pathway in a hydrothermal setting.” (Abstract)

For more views on the concept of LUCA and its identification, see, for example, the following papers: Gogarten and Deamer (2016) with a reply by Weiss et al. (2016b), Di Giulio (2019) and Lineweaver (in press).

The inferred paleotemperatures from resurrected (elongation) proteins of cyanobacteria are consistent with a hot Archean climate, with cyanobacteria emerging at about 60° C at 2.8 Ga. (Garcia et al. 2017, as proposed by Schwartzman et al. 2008 and Gaucher et al. 2008; also see Fournier and Alm 2015; Romero-Romero et al. 2016; Bous-sau et al. 2008).

The Burst of Encephalization in the Late Cenozoic

For warm-blooded animals, the body temperature T_{body} is close to the upper limit of 40° C for vertebrates, thereby providing for the energy-intensive brain while the differential between body and climatic temperature, T_{body} - T_{climate}, determines the efficiency of heat loss from brain, recognizing that humidity and the evolution of sweating and hair distribution on the body also impact heat loss. Hence, we have proposed that climatic cooling is a *prime releaser* for encephalization (Schwartzman et al. 2009), with the window of opportunity for maximum encephalization shown in Figure 2. Thus, I argue that an intelligence niche, among other solutions to reproductive survival, exists on our planet and by implication potentially on other Earth-like planets around Sun-like stars. On Earth we have an intelligence niche for lineages in birds

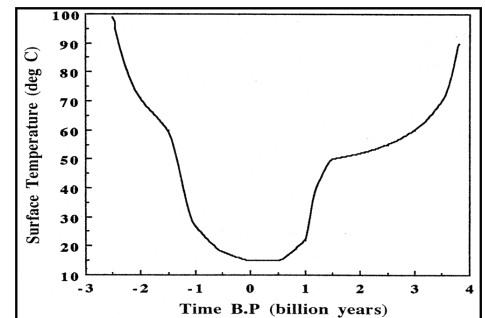


Figure 2. The surface temperature of the Earth in the past and projected for the future (positive and negative respectively on the x-axis), noting that 0 is the present and the temperature curve of the past approximates and compresses what is seen in Figure 1. A window for maximum encephalization is generated between +1 and -1 billion years B.P.

(e.g., corvids), marine mammals (e.g., dolphins) and terrestrial mammals (e.g., elephants, anthropoid apes, hominins) in the Cenozoic. Dunbar's (2016) strong case for sociality driving the evolution of big brains in mammals is the context for climate cooling reducing the constraint of inefficient heat loss from bigger brains. Thus, social animals are an apparent attractor niche for encephalization, and for warm blooded animals heat loss from an energy-intensive brain is a constraint. For primates in particular, Street et al. (2017) have made a convincing case that brain expansion and high reliance on culturally transmitted behavior coevolved with sociality and extended lifespan.

Conclusion

The case outlined here points to an important conclusion regarding biological evolution, namely,

to the critical role of a temperature constraint holding back the emergence of major organismal groups, starting with phototrophs in the Archean, culminating with eucaryotes, then metazoans in the Proterozoic and the burst of encephalization in the late Cenozoic. (It is important also to acknowledge that the constraints on biotic evolution have included atmospheric oxygen levels on macroeucaryotes, including metazoans in the Phanerozoic, along with atmospheric carbon dioxide levels on emergence of lichens and leaves (megaphylls) in the Devonian).

The pattern of biospheric evolution argued here raises the potential of similar coevolutionary relationships of life and its environment on Earth-like planets around Sun-like stars.

Acknowledgements

This paper expands on my presentation to the International Symposium on Life in the Universe 2019, Big History, SETI

and the Future of Humankind, Milan (Milano), Italy, given on

July 15, 2019 (<https://bighistory.org/seti-and-big-history>). I thank the audience for their questions, as well as Tyler Volk for our long continuing discussions on this subject and Charley Lineweaver for critical comments in a reading of the draft of this paper.

References

- Bergmann, K., S. Finnegan, R. Creel, et al. 2017. "A Paired Apatite and Calcite Clumped Isotope Thermometry Approach to Estimating Cambro-Ordovician Seawater Temperatures and Isotopic Composition." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 224: 18-41.
- Blount, Z. D. 2017. "Replaying Evolution." *American Scientist* 105 (3): 156-165.
- Blount, Z. D., R. E. Lenski, and J. B. Losos. 2018. "Contingency and Determinism in Evolution: Replaying Life's Tape." *Science* 362 (6415), doi: 10.1126/science.aam5979.
- Boussau, B., S. Blanquart, A. Necsulea, N. Lartillot, and M. Gouy. 2008. "Parallel Adaptations to High Temperatures in the Archaean Eon." *Nature* 456: 942-945.
- Brock, T. D., M. T. Madigan, J. M. Martinko, and J. Parker. 1994. *Biology of Microorganisms*. 7th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Caldeira, K., and J. F. Kasting. 1992. "The Life Span of the Biosphere Revisited." *Nature* 360: 721-723.
- Camprubi, E., S. F. Jordan, R. Vasiliadou, et al. 2017. "Iron Catalysis at the Origin of Life." *IUBMB Life* 69(6): 373-381.
- Chaisson, E. J. 2009. "Exobiology and Complexity." In: R. Myers, ed. *Encyclopedia of Complexity and Systems*

Science. Berlin: Springer, 3267- 3284.

- Charnay, B, G. Le Hir, F. Fluteau, F. Forget, and D. C. Catling. 2017. "A Warm or a Cold Early Earth? New Insights from a 3-D Climate-carbon Model." *Earth and Planetary Science Letters* 474: 97-109.
- Conway Morris, S. 2003. *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Conway Morris, S. 2010. "Evolution: Like Any Other Science It Is Predictable." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*: 365, 133-145. doi:10.1098/rstb.2009.0154.
- Conway Morris, S. 2015. *The Runes of Evolution: How the Universe Became Self-Aware*. West Conshohocken: Templeton Press.
- Conway Morris, S and S. J. Gould. 1998-1999. "Showdown on the Burgess Shale." *Natural History* 107 (10): 48-55.
- Di Giulio, M. 2019. The Universal Ancestor, the Deeper Nodes of the Tree of Life, and the Fundamental Types of Primary Cells (Cellular Domains)." *Journal of Theoretical Biology* 460: 142-143.
- Dunbar, R. 2016. *Human Evolution*. Oxford UK: Oxford University Press.
- Fournier, G. P., and E. J. Alm. 2015. "Ancestral Reconstruction of a Pre-LUCA Aminoacyl-tRNA Synthetase Ancestor Supports the Late Addition of Trp to the Genetic Code." *Journal of Molecular Evolution*. doi:10.1007/s00239-015-9672-1.
- Fralick, P., N. Planavsky, J. Burton, et al. 2017. "Geochemistry of Paleoproterozoic Gunflint Formation Carbonate: Implications for Hydrosphere-

- atmosphere Evolution." *Precambrian Research* 290: 126-146.
- Galili, N., A. Shemesh, R. Yam, et al. 2019. "The Geologic History of Seawater Oxygen Isotopes from Marine Iron Oxides." *Science* 365 (6452): 469-473.
- Garcia, A. K., J.W. Schopf, S-i Yokobori, et al. 2017. "Reconstructed Ancestral Enzymes Suggest Long-term Cooling of Earth's Photic Zone since the Archean." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114: 4619-4624.
- Gaucher, E.A., S. Govindaraja, and O. K. Ganesh. 2008. "Palaeotemperature Trend for Precambrian Life Inferred from Resurrected Proteins." *Nature* 451, 704-708.
- Gogarten, J. P., and D. Deamer. 2016. "Is LUCA a Thermophilic Progenote?" *Nature Microbiology* 1: 16229. doi: 10.1038/NMICROBIOL.2016.229.
- Henkes, G. A., B. H. Passey, E. L. Grossman, et al. 2018. "Temperature Evolution and the Oxygen Isotope Composition of Phanerozoic Oceans from Carbonate Clumped Isotope Thermometry." *Earth and Planetary Science Letters* 490: 40-50.
- Hodel, F., M. Macouin, R.I. F. Trindade, et al. 2018. "Fossil Black Smoker Yields Oxygen Isotopic Composition of Neoproterozoic Seawater." *Nature Communications* 9:1453. doi: 10.1038/s41467-018-03890-w.
- Hug, L., B. J. Baker, K. Anantharaman, et al. 2016. "A New View of the Tree of Life." *Nature Microbiology* 1: 16048.
- Jacob, D. E. 2004. "Nature and Origin of Eclogite Xenoliths from Kimberlites." *Lithos* 77: 295-316.
- Knauth, L.P., and D. R. Lowe. 2003. "High Archean Climatic Temperature Inferred from Oxygen Isotope Geochemistry of Cherts in the 3.5 Ga Swaziland Supergroup, South Africa." *Geological Society of America Bulletin* 115 (5): 566-580.
- Knauth, L. P., and S. K. Roberts. 1991. "The Hydrogen and Oxygen Isotopic History of the Silurian- Permian Hydrosphere as Determined by Direct Measurement of Fossil Water." *Geochemical Society Special Publication* No. 3: 91-104.
- Krissansen-Totton, J, G. N. Arney, and D. C. Catling. 2018. "Constraining the Climate and Ocean pH of the Early Earth with a Geological Carbon Cycle Model." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115 (16): 4105-4110.
- Lane, N. 2015. *The Vital Question: Energy, Evolution and the Origins of Complex Life*. New York: W. W. Norton.
- Lenton, T. M., S. J. Daines, J. G. Dyke, A. E. Nicholson, D. M. Wilkinson, and H. T. P. Williams. 2018. "Selection for Gaia across Multiple Scales." *Trends in Ecology & Evolution* 33: 633-645.
- Li, Y., N. Kitadai, and R. Nakamura. 2018. "Chemical Diversity of Metal Sulfide Minerals and Its Implications for the Origin of Life." *Life* 8: 46; doi:10.3390/life8040046.
- Lineweaver, C. H. In press. "What Do the DPANN Archaea and the CPR Bacteria Tell Us about the Last Universal Common Ancestors?" In: Seckbach J. and H. Stan-Lotter (eds) *Extremophiles as Astrobiological Models*. Beverly, MA: Scrivener-Wiley.
- Lineweaver, C. H., and A. Chopra. 2019. "The Biological Overview Effect: Our Place in Nature." *Journal of Big History* III (3): 109-122.
- Lineweaver, C. H., and D. Schwartzman. 2004. "Cosmic Thermobiology, Thermal Constraints on the Origin and Evolution of Life." In: Seckbach, J. (ed) *Origins: Genesis, Evolution and Biodiversity of Microbial Life in the Universe*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 233-248.
- Martin, W., and M. J. Russell. 2007. "On the Origin of Biochemistry at an Alkaline Hydrothermal Vent." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 362: 1887-925.
- Nicholson, A. E., D. M. Wilkinson, H. T. P. Williams, and T. M. Lenton. 2018. "Alternative Mechanisms for Gaia." *Journal of Theoretical Biology* 457: 249-257.
- Pace, N. R. 1997. "A Molecular View of Microbial Diversity and the Biosphere." *Science* 276: 734-740.
- Romero-Romero, M. L., V. A. Risso, S. Martinez-Rodriguez, E. A. Gaucher, et al. 2016. "Selection for Protein Kinetic Stability Connects Denaturation Temperatures to Organismal Temperatures and Provides Clues to Archaean Life." *PLoS ONE* 11(6): e0156657.
- Russell, M. J., and A. J. Hall. 1997. "The Emergence of Life from Iron Monosulphide Bubbles at a Submarine Hydrothermal Redox and pH Front." *Journal of the Geological Society, London* 154, 377-402.
- Ryb, U., and J. M. Eiler. 2018. "Oxygen Isotope Composition of the Phanerozoic Ocean and a Possible Solution to the Dolomite Problem." *Proceedings of the National Academy of*

- Sciences of the United States of America* 115 (26): 6602-6607.
- Schwartzman, D. 1999, 2002. *Life, Temperature, and the Earth: The Self-Organizing Biosphere*. New York: Columbia University Press.
- Schwartzman, D. 2001. "Playing the Tape Again, a Deterministic Theory of Biosphere/Biotic Evolution." In: *Earth System Science: A New Subject for Study (Geophysiology) or a New Philosophy? International School Earth and Planetary Sciences, Proceedings* (S. Guerzoni, S. Harding, T. Lenton and F. Ricci Lucchi, eds.), Siena 2001, 53-60.
- Schwartzman, D. 2015. "The Case for a Hot Archean Climate and Its Implications to the History of the Biosphere." *Arxiv.org.*, April 1.
- Schwartzman, D. 2017. "Life's Critical Role in the Long-term Carbon Cycle: the Biotic Enhancement of Weathering." *AIMS Geosciences* 3 (2): 216-238.
- Schwartzman, D. 2018. "The Dialectics of Biospheric Evolution." In Awerbuch, Tamara, Maynard S. Clark, and Peter J. Taylor, eds. *The Truth is the Whole: Essays in Honor of Richard Levins*. Arlington, MA: The Pumping Station, 21-33.
- Schwartzman D, K. Caldeira, and A. Pavlov. 2008. "Cyanobacterial Emergence at 2.8 Gya and Greenhouse Feedbacks." *Astrobiology* 8 (1): 187-203.
- Schwartzman, D., and C. H. Lineweaver. 2005. "Temperature, Biogenesis and Biospheric Self-Organization." In: Kleidon, A., and R. D. Lorenz, eds. *Non-Equilibrium Thermodynamics and the Production of Entropy: Life, Earth, and Beyond*. Berlin: Springer, Chapter 16, 207-221.
- Schwartzman, D., G. Middendorf, and M. Armour-Chelu. 2009. "Was Climate the Prime Releaser for Encephalization?" *Climatic Change* 95 (3): 439-447.
- Schwartzman, D. W., and L. P. Knauth. 2009. "A Hot Climate on Early Earth: Implications to Biospheric Evolution. In: Meech K. J. et al., eds. *Bioastronomy 2007: Molecules, Microbes, and Extraterrestrial Life* 420, 221-228, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, San Francisco.
- Schwartzman, D. W., and C. H. Lineweaver. 2004. "The Hyperthermophilic Origin of Life Revisited." *Biochemical. Society Transactions* 32: 168-171.
- Simoës, T. R. 2019. "Contingency vs. Predictability in Evolution." *Nature Research: Ecology and Evolution*. <https://natureecoevocommunity.nature.com/users/87830-tiago-r-simoës/posts/43332-contingency-vs-predictability-in-evolution>.
- Sleep, N. H., and K. Zahnle. 2001. "Carbon Dioxide Cycling and Implications for Climate on Ancient Earth." *Journal of Geophysical Research: Planets* 106: 1373-1399.
- Sojo, V., B. Herschy, A. Whicher, et al. 2016. "The Origin of Life in Alkaline Hydrothermal Vents." *Astrobiology* 16 (2): 181-197.
- Street, S. E., A. F. Navarrete, S. M. Reader, et al. 2017. "Coevolution of Cultural Intelligence, Extended Life History, Sociality, and Brain Size in Primates." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114 (30): 7908-7914.
- Weiss, M. C., S. Neukirchen, M. Roettger, et al. 2016b. Reply to "Is LUCA a Thermophilic Progenote?" *Nature Microbiology* 1: 16230. doi: 10.1038/NMICROBIOL.2016.230.
- Weiss, M. C., F. L. Sousa, N. Mrnjavac, et al. 2016a. "The Physiology and Habitat of the Last Universal Common Ancestor." *Nature Microbiology* 1: 16116. doi: 10.1038/NMICROBIOL.2016.116.
- Zakharov, D. O., and I. N. Bindeman. 2019. "Triple Oxygen and Hydrogen Isotopic Study of Hydrothermally Altered Rocks from the 2.43-2.41 Ga Vetryny Belt, Russia: An Insight into the Early Paleoproterozoic Seawater." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 248: 185-209.

L'Evoluzione Biosferica è Grossolanamente Deterministica

David Schwartzman

Professore Emerito, Dipartimento di Biologia, Howard University, Washington, D.C.

Tradotto da Nicoló Anonietti

Correspondence | David Schwartzman, dschwartzman@gmail.com

Citation | Schwartzman, David. 2020. "L'Evoluzione Biosferica è Grossolanamente Deterministica." Tradotto da Nicoló Anonietti
Journal of Big History IV (2): 67-73.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4231>

Astratto A partire dall'origine della vita, sostengo che il modello generale dell'evoluzione strettamente accoppiata del biota e del clima sulla Terra sia stato il risultato molto probabile di un numero relativamente piccolo di storie possibili alla macroscale, date le stesse condizioni iniziali. Pertanto, l'evoluzione della biosfera auto-seleziona un modello di evoluzione biotica che è grossolanamente deterministico, con vincoli critici che includono probabilmente la temperatura superficiale nonché i livelli di ossigeno e anidride carbonica nell'atmosfera. La fisica e la chimica ambientale guidano i principali eventi dell'evoluzione biotica tra cui la fotosintesi e la fotosintesi ossigenata, l'emergere di nuovi tipi di cellule (eucarioti) dalla fusione di metabolismi complementari e infine la multicellularità e persino l'encefalizzazione.

Revival di un vecchio dibattito:

"Riproduzione del nastro", Contingency vs Predictability in Evolution

Qui rivedo una provocazione, secondo cui l'evoluzione del biota, incorporata nella biosfera, è stata grossolanamente deterministica (Schwartzman 1999, 2002; Schwartzman 2001; Lineweaver e Schwartzman 2004; Schwartzman e Lineweaver 2005). Ovviamente mi schiero in un dibattito vecchio ma ancora attivo, se il "nastro fosse riprodotto di nuovo", il risultato sarebbe più o meno lo stesso, o l'evoluzione biologica non sarebbe ripetibile date condizioni iniziali simili e una storia solare/planetario/di impatti approssimativamente simile? Stephen J. Gould nel suo dibattito con Simon Conway Morris (Conway Morris e Gould 1998-1999) ha

assunto la posizione secondo cui l'origine della vita è molto probabile, ma l'evoluzione biologica non è prevedibile, mentre Conway Morris ha sostenuto che l'evoluzione della vita è prevedibile, ma l'origine della vita è stato un evento improbabile.

Concordo in parte con entrambi gli scienziati dalla parte del determinismo grossolano, entrambi sono molto probabili date le condizioni iniziali della Terra/Sole. La posizione di Conway Morris si basa in gran parte sul suo caso di forte convergenza di morfologie e biochimiche nella storia della vita (Conway Morris 2003, 2010, 2015). La questione della contingenza rispetto al determinismo in questa storia continua a essere al centro di una vigorosa ricer-

ca (ad esempio, Blount 2017; Blount et al. 2018; Simoes 2019). Il determinismo quasi certamente si scompone a livelli più fini; è difficile immaginare che giraffe e balene blu si trovino su pianeti simili alla Terra attorno a stelle simili al Sole nella nostra galassia, tranne nei romanzi di fantascienza!

Termobiologia cosmica, emergenza al limite della stabilità

Ritornando alla probabilità dell'origine della vita sulla Terra, possiamo iniziare con l'osservazione che il raffreddamento della Terra e il suo clima e la crescente complessità delle forme di vita sono correlati, coerenti con la stessa tendenza alla complessità nell'universo dal Big Bang (Lineweaver e Schwartzman 2004; Chaisson 2009). Una termobiologia

cosmica approssimativamente deterministica può essere dedotta dall'evoluzione della vita sulla Terra, permettendoci di prevedere un modello simile di crescente complessità nell'evoluzione biologica sulle superfici dei pianeti terrestri intorno alle stelle simili al Sole. Ovviamente questo modello, in effetti l'abiogenesi stessa, dipende dal contesto del sistema planetario, cioè dalla storia di massa / luminosità stellare, dalla distanza del pianeta terrestre dalla sua stella ospite e dalle condizioni iniziali e dalla storia di impatto del pianeta considerate (si veda capitolo 10, Schwartzman 1999 2002).

A partire da The Last Universal Common Ancestor of Life (LUCA), sostengo che l'emergere dei principali gruppi di organismi viventi si è verificato al limite della stabilità, ai limiti di temperatura superiori. LUCA è emersa a temperature termofile-ipertermofiliiche in presenza d'aria idrotermali alcaline sottomarine (Martin e Russell 2007; Lane 2015; Weiss et al. 2016a; Sojo et al. 2016). Questo scenario è fortemente supportato, ad esempio, dalla stereochimica dei cluster di FeS nei nuclei di enzimi primitivi come la ferredossina, che si presume sia stata ereditata dai minerali di solfuro depositati nelle aperture (Russell e Hall 1997) e dal ruolo chiave della catalisi del ferro e minerali di solfuro di ferro nell'origine della vita (Camprubi et al. 2017; Li et al. 2018).

Un fattore critico del determinismo nella storia dell'evoluzione è stato il forte accoppiamento dell'evoluzione biologica con la storia del clima a seguito del ciclo del carbonio biogeochimico a lungo termine. Un processo chiave in questo ciclo è il progressivo aumento del miglioramento biotico degli agenti atmosferici risultante dall'aumento della produttività terrestre e dall'evoluzione del biota terrestre nella storia della vita (Schwartzman 1999; 2002;

2015). Nel caso della Terra, la tendenza a presentare la riduzione della degassificazione vulcanica, l'aumento dell'area continentale e il miglioramento biotico degli agenti atmosferici ha superato l'influenza del riscaldamento dell'aumento della luminosità solare, ma quest'ultima supererà in futuro le influenze di raffreddamento (ad esempio Caldeira e Kasting 1992). Inoltre, considerando le implicazioni astrobiologiche, se le biosfere emergono in un contesto fortemente abitabile, la loro sopravvivenza è probabilmente migliorata da analoghi forti meccanismi coevolutivi (Nicholson et al. 2018; Lenton et al 2018).

Di seguito è un test della difficoltà per i passaggi nelle principali emergenze evolutive:

Se un potenziale vincolo viene rilasciato al momento dell'emergenza, allora è

stato praticamente inevitabile ("facile"). I limiti di temperatura superiore della crescita dei principali gruppi di organismi viventi corrispondono alla temperatura climatica approssimativa ai tempi della loro prima emergenza, assumendo un clima archeano molto caldo (Schwartzman 1999; 2002; Schwartzman e Knauth 2009; Garcia et al. 2017; Schwartzman 2017). A breve verrà delineata la causa di un clima archeano molto caldo. Queste emergenze sono illustrate nella Figura 1, sul clima curva della temperatura coerente con lo scenario caldo del clima precoce, nonché nella tabella 1.

Il clima della Terra è passato da una "serra" a una "ghiacciaia" negli ultimi 4 miliardi di anni. I numeri sulla curva corrispondono al rapporto dell'attuale potenziamento biotico di agenti atmosferici rispetto a quello al momento indicato nel passato, come derivato

Group	Approximate upper temperature limit (°C)	Time of Emergence (Ga)
<i>"Higher" kingdoms:</i>		
Plants	50	0.5-1.5
Metazoa (Animals)	50	0.6-1.5
Fungi	60	0.6-2.4 (?)
Eukaryotes	60	2.1-2.8
<i>Prokaryotes</i>		
Phototrophs	70	>3.5
Hyperthermophiles	>100	>3.8

(Temperatures from Brock et al. 1994)

Tabella 1. Upper temperature limits for growth of living organisms, approximate times of their emergence.

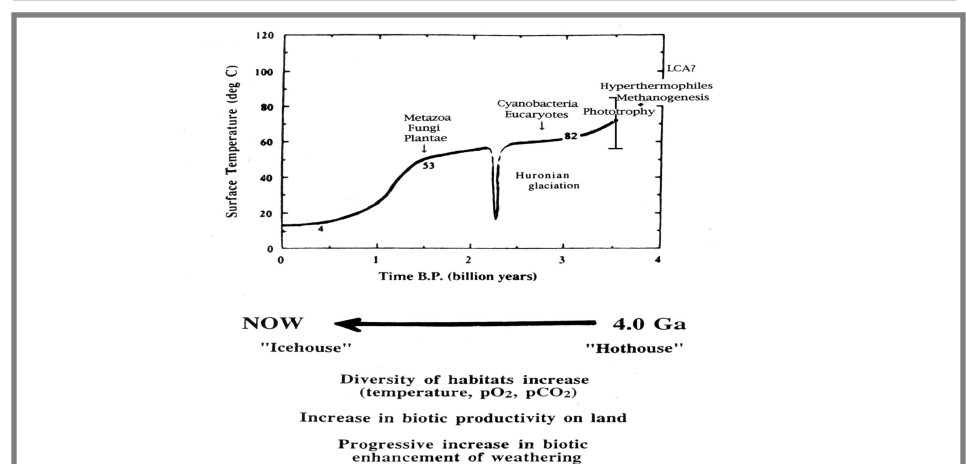


Figura 1. Temperature History of Biosphere

dalla modellazione in Schwartzman (1999 2002); vedi aggiornamento in Schwartzman (2017). Questa curva lascia fuori altre Escursioni termiche negli ultimi miliardi di anni, Compresi i principali episodi glaciali.

I limiti di temperatura superiori sono molto probabilmente caratteri primitivi determinati dalla biochimica intrinseca/biofisica dei componenti cellulari, ad esempio le membrane nucleare e mitocondriale. Gli organismi fototrofici avevano oltre tre miliardi di anni per adattarsi alle temperature ipertermofili (sopra gli 80 °C)" ma non ci riuscirono mai, allo stesso modo durante almeno due miliardi di anni gli eucarioti non riuscirono ad adattarsi a temperature superiori a circa 65 gradi °C; non ci sono fototrofi o eucarioti ipertermofili viventi. Le basi empiriche di questa storia della temperatura derivano dal record isotopico dell'ossigeno sedimentario, in particolare dal più alto rapporto O₁₈/O₁₆ a qualsiasi età, nonché da altre prove riassunte come segue:

- 1) Il record di isotopi di ossigeno nel cheros sedimentario e il caso convincente per una composizione di ossigeno isotopica pressoché costante dell'acqua di mare nel tempo geologico supportano le temperature termofile della superficie prevalenti nell'arceano, con un certo supporto per le condizioni calde che durano fino a circa 1,5 miliardi di anni fa, a parte temperature più basse durante gli episodi glaciali a 2,2- 2,4 Ga e una problematica a 2,9 Ga (Pongola).
- 2) Le temperature di fusione delle proteine resuscitate da sequenze dedotte da robuste filogenesi molecolari danno paleotemperature all'emergenza coerenti con un clima molto caldo all'inizio (vedi discussione sotto).

3) I livelli atmosferici elevati di pCO₂ nell'arceano sono coerenti con le alte temperature climatiche vicino al punto triplo dei minerali di ferro primari nelle formazioni di ferro legato e la formazione di cluster di Mn-bicarbonato che portano alla fotosintesi ossigenata.

4) Le intensità atmosferiche più elevate sulla terra nell'arceano non si sarebbero verificate se l'erosione del fondo marino avesse dominato il pozzo di carbonio, abbassando la temperatura, quindi questa evidenza empirica supporta un clima caldo e alti livelli di anidride carbonica, similmente coerenti con 50-60 bar di CO₂ nella crosta come carbonato e carbonio organico ridotto.

5) La viscosità inferita dell'acqua di mare a 2,7 Ga è coerente con un clima caldo delle Archean.

6) Un Archean freddo è difficile da spiegare tenendo conto dei più alti tassi di degassificazione di anidride carbonica, aree terrestri significativamente più piccole e un miglioramento biotico degli agenti atmosferici rispetto al presente nel contesto del ciclo del carbonio a lungo termine, tenendo conto del sole Archean più debole nella modellistica climatica.

Questo caso è discusso in modo più dettagliato, inclusi riferimenti con supporto per gli argomenti e le prove presentati nell'elenco precedente in Schwartzman 2015; 2017; 2018.

Critica delle recenti sfide a un clima caldo delle Archean

Ri: Galili et al (2019)

Nel loro studio sulla composizione isotopica dell'ossigeno degli ossidi di ferro marini, hanno concluso che l'acqua di mare è diventata isotopicamente più leggera dai primi paleozoici ai tempi degli Archea. Tuttavia, il loro caso si

basa sull'inferenza di una variazione non uniforme del rapporto isotopico dell'ossigeno nell'acqua di mare allo scopo di minare un clima caldo delle Archean. Per una confutazione della loro interpretazione della documentazione isotopica dell'ossigeno Archean, vedi Knauth e Lowe (2003). Criticamente, la loro tendenza a ridurre i rapporti isotopici dell'ossigeno dei fluidi parentali per gli ossidi di Fe risalenti a 1,88 Ga (la loro Figure 2D) è coerente con un'influenza meteorica dell'acqua nella diagenesi nella piattaforma continentale o in un ambiente estuarico (vedi ad es. Fralick et al. 2017, rilevando che i più antichi ossidi di Fe campionati da Galili et al. (2019) provengono dalla Gibling Iron Formation, un deposito canadese della stessa età della Gunflint Formation).

Inoltre, ignorano le prove per il rapporto quasi odierno O₁₈ / O₁₆ dell'acqua di mare che risale nell'arceano tra cui:

- 1) Esistono misure dirette di acqua di mare fossile da inclusioni di sale per acqua di mare paleozoica (Knauth e Roberts 1991). La stessa conclusione deriva da studi di isotopi raggruppati (Bergmann et al. 2017; Henkes et al. 2018; Ryb and Eiler 2018).
- 2) Allo stesso modo la stessa conclusione viene dal rapporto inferito di acqua di mare nel Neoproterozoico (760 Ma: Hodel et al. 2018) e Early Proterozoic (2.4 Ga: Zakharov and Bindeman 2019).
- 3) Ancora una volta la stessa conclusione è dedotta dalla documentazione geologica di antiche croste oceaniche alterate dall'acqua di mare (ofoliti, loro proxy ecologici, pietre preziose). A parte la loro interpretazione problematica di questa documentazione geologica, Galili et al. (2019) non riescono a confrontare le prove dei proxy ecologici archeani per crosta

oceanica alterata / arricchita con alterazioni dell'acqua di mare (Jacob 2004) con abbondanti valori esauriti, chiara evidenza di interazione ad alta temperatura con acqua di mare, una fonte di O₁₈ per l'acqua di mare durante il processo di buffering, osservando che un modo preferito per generare rapporti più leggeri è stato quello di sostenere che questo processo non stava accadendo nei primi anni del Precambrian.

Ri: Krissansen-Totton et al. (2018)

Modellano il ciclo del carbonio a lungo termine, concludono che l'attuale migliore conoscenza di questo ciclo preclude un caldo Archean. Tuttavia, piuttosto che criticare effettivamente il solido caso empirico per un caldo clima archeano che citano, creano un modello per confutarlo, generando un modello Sleep and Zahnle (2001) con sufficiente alterazione del fondo marino per mantenere le temperature degli Archean sotto i 50 gradi C. Ignorata è la prova di alti livelli di pCO₂ Hadean/Archean in atmosfera / oceano, nonché di maggiori intensità di agenti atmosferici sulla terra.

Ri: Charnay et al. (2017)

Dal loro modello 3D clima-carbonio, "favoriscono i climi freddi o temperati con temperature medie globali comprese tra circa 8° C (281 K) e 30° C (303 K) e con 0,1-0,36 bar di CO₂ per il tardo Hadean e il primo Archean." Tuttavia, il potenziamento biotico molto più basso degli agenti atmosferici sulla terra in questi primi tempi non è stato incluso nella loro modellizzazione del ciclo del carbonio a lungo termine, inoltre il riciclo della CO₂ nelle zone di subduzione in Archean era probabilmente vicino al 100% di efficienza a causa di un mantello superiore più caldo, anziché il valore inferiore che assumono.

Storia della temperatura dalla filogenesi molecolare

Ulteriori prove per questa storia di tem-

peratura provengono dalla filogenesi molecolare di organismi appartenenti ai tre principali domini della vita, i batteri, l'archaea e l'eucarià, notando l'apparente assenza sull'albero filogenetico rRNA di mesofili / psicofili profondamente radicati (vedi ad esempio, Figura 1 in Schwartzman e Lineweaver 2004). Se le temperature degli Archea erano simili al Fanerozoico, allora alcuni dei procarionti a bassa temperatura dovrebbero essere raggruppati vicino alla radice con gli ipertermofili / i termofili. Mentre alcuni alberi filogenetici più recenti sono più ambigui riguardo a questa conclusione (ad esempio, vedi Lineweaver e Chopra 2019, citando Hug et al. 2016; Weiss et al. 2016a) la ricerca supporta un LUCA termofilo:

Il concetto di un ultimo antenato comune universale di tutte le cellule (LUCA, o progenote) è centrale nello studio della prima evoluzione e dell'origine della vita, ma mancano informazioni su come e dove viveva LUCA. Abbiamo studiato tutti i gruppi e gli alberi filogenetici per 6,1 milioni di geni codificanti proteine da genomi procariontici sequenziati al fine di ricostruire l'ecologia microbica del LUCA. Tra 286.514 gruppi di proteine, abbiamo identificato 355 famiglie di proteine (~0,1%) che risalgono al LUCA secondo criteri filogenetici. Poiché queste proteine non sono distribuite universalmente, possono far luce sulla fisiologia di LUCA. Le loro funzioni, proprietà e gruppi protesici descrivono il LUCA come anaerobico, fissatore di CO₂, dipendente da H₂ con un percorso di Wood-Ljungdahl, fissante N₂ e termofilo. La biochimica di LUCA era piena di ammassi di FeS e meccanismi di reazione radicale... Le 355 filogenesi identificano clostridi e metanogeni, i cui stili di vita moderni assomigliano a quelli di LUCA, come base tra i loro rispet-

tivi domini. LUCA abitava un ambiente geochimicamente attivo ricco di H₂, CO₂ e ferro. I dati supportano la teoria di un'origine autotrofica della vita che coinvolge il sentiero Wood-Ljungdahl in un ambiente idrotermale." (Abstract)

Per ulteriori opinioni sul concetto di LUCA e la sua identificazione, ad esempio, consultare i seguenti articoli: Gogarten e Deamer (2016) con una risposta di Weiss et al. (2016b), Di Giulio (2019) e Lineweaver (in corso di stampa).

Sono le paleotemperature dedotte dalle proteine resuscitate (allungamento) dei cianobatteri coerente con un caldo clima archeano, con i cianobatteri che emergono a circa 60 ° C a 2,8 Ga. (Garcia et al. 2017, come proposto da Schwartzman et al. 2008 e Gaucher et al. 2008; vedi anche Fournier e Alm 2015; Romero-Romero et al. 2016; Bous-sau et al. 2008).

Lo scoppio dell'encefalizzazione nel tardo Cenozoico

Per gli animali a sangue caldo, la temperatura corporea T_{body} è vicina al limite superiore di 40 ° C per i vertebrati, fornendo così al cervello ad alta intensità energetica mentre il differenziale tra la temperatura corporea e climatica, T_{body} - T_{climate}, determina l'efficienza della perdita di calore da cervello, riconoscendo che l'umidità e l'evoluzione della sudorazione e la distribuzione dei capelli sul corpo influiscono anche sulla perdita di calore. Pertanto, abbiamo proposto che il raffreddamento climatico sia un fattore di rilascio principale per l'encefalizzazione (Schwartzman et al. 2009), con la finestra di opportunità per la massima encefalizzazione mostrata nella Figura 2. Pertanto, sostengo che una nicchia di intelligenza, tra le altre soluzioni per la sopravvivenza riproduttiva, esiste sul nostro pianeta e,

di conseguenza, potenzialmente su altri pianeti simili alla Terra attorno a stelle simili al Sole. Sulla Terra abbiamo una nicchia di intelligenza per lignaggi negli uccelli (ad es. Corvidi), mammiferi marini (ad es. Delfini) e mammiferi terrestri (ad es. Elefanti, scimmie antropoidi, ominine) nel Cenozoico. Il caso forte di Dunbar (2016) per la socialità che guida l'evoluzione dei cervelli grandi nei mammiferi è il contesto per il raffreddamento del clima che riduce il vincolo della perdita di calore inefficiente da parte dei cervelli più grandi. Pertanto, gli animali sociali sono una nicchia di attrattore apparente per l'encefalizzazione e per gli animali a sangue caldo la perdita di calore da un cervello ad alta intensità energetica è un vincolo. Per i primati in particolare, Street et al. (2017) hanno dimostrato in modo convincente che l'espansione del cervello e la forte dipendenza da comportamenti trasmessi culturalmente hanno favorito la socialità e la durata della vita estesa.

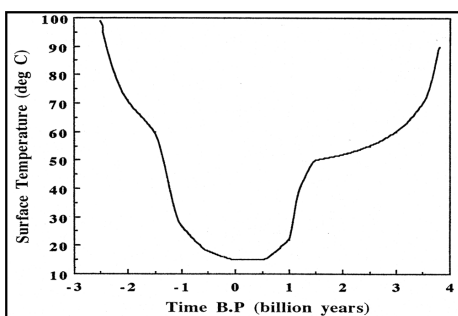


Figura 2. La temperatura superficiale della Terra in passato e proiettata per il futuro (rispettivamente positivo e negativo sull'asse x) notando che 0 è il presente e la temperatura la curva del passato si avvicina e comprime ciò che si vede nella figura 1. A window for maximum encephalization is generated between +1 and -1 billion years B.P.

Conclusione

Il caso qui delineato indica un'importante conclusione riguardante l'evoluzione biologica, vale a dire al ruolo critico di un vincolo di temperatura che trattiene l'emergenza dei principali gruppi organici, iniziando con i fototro-

fi nell'arceano, culminando con eucarioti, poi metazoi nel proterozoico e scoppi di encefalizzazione nel tardo cenozoico (è importante anche riconoscere che i vincoli sull'evoluzione biotica hanno incluso i livelli di ossigeno atmosferico sui macroeucarioti, compresi i metazoi nel Fanerozoico, insieme ai livelli atmosferici di anidride carbonica sull'emergenza di licheni e foglie (megaphylls) in Devoniano.

Il modello di evoluzione della biosfera sostenuto qui aumenta il potenziale di simili relazioni coevolutive della vita e del suo ambiente su pianeti simili alla Terra attorno a stelle simili al Sole.

Riferimenti

- Bergmann, K., S. Finnegan, R. Creel, et al. 2017. "A Paired Apatite and Calcite Clumped Isotope Thermometry Approach to Estimating Cambro-Ordovician Seawater Temperatures and Isotopic Composition." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 224: 18-41.
- Blount, Z. D. 2017. "Replaying Evolution." *American Scientist* 105 (3): 156-165.
- Blount, Z. D., R. E. Lenski, and J. B. Losos. 2018. "Contingency and Determinism in Evolution: Replaying Life's Tape." *Science* 362 (6415), doi: 10.1126/science.aam5979.
- Boussau, B., S. Blanquart, A. Necsulea, N. Lartillot, and M. Gouy. 2008. "Parallel Adaptations to High Temperatures in the Archaean Eon." *Nature* 456: 942-945.
- Brock, T. D., M. T. Madigan, J. M. Martinko, and J. Parker. 1994. *Biology of Microorganisms*. 7th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Caldeira, K., and J. F. Kasting. 1992. "The Life Span of the Biosphere Revisited." *Nature* 360: 721-723.
- Camprubi, E., S. F. Jordan, R. Vasiliadou, et al. 2017. "Iron Catalysis at the Origin of Life." *IUBMB Life* 69(6): 373-381.
- Chaisson, E. J. 2009. "Exobiology and Complexity." In: R. Myers, ed. *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*. Berlin: Springer, 3267- 3284.
- Charnay, B., G. Le Hir, F. Fluteau, F. Forget, and D. C. Catling. 2017. "A Warm or a Cold Early Earth? New Insights from a 3-D Climate-carbon Model." *Earth and Planetary Science Letters* 474: 97-109.
- Conway Morris, S. 2003. *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Conway Morris, S. 2010. "Evolution: Like Any Other Science It Is Predictable." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*: 365, 133-145. doi:10.1098/rstb.2009.0154.
- Conway Morris, S. 2015. *The Runes of Evolution: How the Universe Became Self-Aware*. West Conshohocken: Templeton Press.
- Conway Morris, S and S. J. Gould. 1998-1999. "Showdown on the Burgess Shale." *Natural History* 107 (10): 48-55.
- Di Giulio, M. 2019. The Universal Ancestor, the Deeper Nodes of the Tree of Life, and the Fundamental Types of Primary Cells (Cellular Domains)." *Journal of Theoretical Biology* 460: 142-143.
- Dunbar, R. 2016. *Human Evolution*. Oxford UK: Oxford University Press.
- Fournier, G. P., and E. J. Alm. 2015. "Ancestral Reconstruction of a Pre-LUCA Aminoacyl-tRNA Synthetase Ancestor Supports the Late Addition of Trp to the Genetic Code." *Journal*

- of *Molecular Evolution*. doi:10.1007/s00239-015-9672-1.
- Fralick, P., N. Planavsky, J. Burton, et al. 2017. "Geochemistry of Paleoproterozoic Gunflint Formation Carbonate: Implications for Hydrosphere-atmosphere Evolution." *Precambrian Research* 290: 126-146.
- Galili, N., A. Shemesh, R. Yam, et al. 2019. "The Geologic History of Seawater Oxygen Isotopes from Marine Iron Oxides." *Science* 365 (6452): 469-473.
- Garcia, A. K., J.W. Schopf, S-i Yokobori, et al. 2017. "Reconstructed Ancestral Enzymes Suggest Long-term Cooling of Earth's Photic Zone since the Archean." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114: 4619-4624.
- Gaucher, E.A., S. Govindaraja, and O. K. Ganesh. 2008. "Palaeotemperature Trend for Precambrian Life Inferred from Resurrected Proteins." *Nature* 451, 704-708.
- Gogarten, J. P., and D. Deamer. 2016. "Is LUCA a Thermophilic Progenote?" *Nature Microbiology* 1: 16229. doi: 10.1038/NMICROBIOL.2016.229.
- Henkes, G. A., B. H. Passey, E. L. Grossman, et al. 2018. "Temperature Evolution and the Oxygen Isotope Composition of Phanerozoic Oceans from Carbonate Clumped Isotope Thermometry." *Earth and Planetary Science Letters* 490: 40-50.
- Hodel, F., M. Macouin, R.I. F. Trindade, et al. 2018. "Fossil Black Smoker Yields Oxygen Isotopic Composition of Neoproterozoic Seawater." *Nature Communications* 9:1453. doi: 10.1038/s41467-018-03890-w.
- Hug, L., B. J. Baker, K. Anantharaman, et al. 2016. "A New View of the Tree of Life." *Nature Microbiology* 1: 16048.
- Jacob, D. E. 2004. "Nature and Origin of Eclogite Xenoliths from Kimberlites." *Lithos* 77: 295-316.
- Knauth, L.P., and D. R. Lowe. 2003. "High Archean Climatic Temperature Inferred from Oxygen Isotope Geochemistry of Cherts in the 3.5 Ga Swaziland Supergroup, South Africa." *Geological Society of America Bulletin* 115 (5): 566-580.
- Knauth, L. P., and S. K. Roberts. 1991. "The Hydrogen and Oxygen Isotopic History of the Silurian- Permian Hydrosphere as Determined by Direct Measurement of Fossil Water." *Geochemical Society Special Publication* No. 3: 91-104.
- Krissansen-Totton, J, G. N. Arney, and D. C. Catling. 2018. "Constraining the Climate and Ocean pH of the Early Earth with a Geological Carbon Cycle Model." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115 (16): 4105-4110.
- Lane, N. 2015. *The Vital Question: Energy, Evolution and the Origins of Complex Life*. New York: W. W. Norton.
- Lenton, T. M., S. J. Daines, J. G. Dyke, A. E. Nicholson, D. M. Wilkinson, and H. T. P. Williams. 2018. "Selection for Gaia across Multiple Scales." *Trends in Ecology & Evolution* 33: 633-645.
- Li, Y., N. Kitadai, and R. Nakamura. 2018. "Chemical Diversity of Metal Sulfide Minerals and Its Implications for the Origin of Life." *Life* 8: 46; doi:10.3390/life8040046.
- Lineweaver, C. H. In press. "What Do the DPANN Archaea and the CPR Bacteria Tell Us about the Last Universal Common Ancestors?" In: Seckbach J. and H. Stan-Lotter (eds) *Extremophiles as Astrobiological Models*. Beverly, MA: Scrivener-Wiley.
- Lineweaver, C. H., and A. Chopra. 2019. "The Biological Overview Effect: Our Place in Nature." *Journal of Big History* III (3): 109-122.
- Lineweaver, C. H., and D. Schwartzman. 2004. "Cosmic Thermobiology, Thermal Constraints on the Origin and Evolution of Life." In: Seckbach, J. (ed) *Origins: Genesis, Evolution and Biodiversity of Microbial Life in the Universe*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 233-248.
- Martin, W., and M. J. Russell. 2007. "On the Origin of Biochemistry at an Alkaline Hydrothermal Vent." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 362: 1887-925.
- Nicholson, A. E., D. M. Wilkinson, H. T. P. Williams, and T. M. Lenton. 2018. "Alternative Mechanisms for Gaia." *Journal of Theoretical Biology* 457: 249-257.
- Pace, N. R. 1997. "A Molecular View of Microbial Diversity and the Biosphere." *Science* 276: 734-740.
- Romero-Romero, M. L., V. A. Risso, S. Martinez-Rodriguez, E. A. Gaucher, et al. 2016. "Selection for Protein Kinetic Stability Connects Denaturation Temperatures to Organismal Temperatures and Provides Clues to Archaeal Life." *PLoS ONE* 11(6): e0156657.
- Russell, M. J., and A. J. Hall. 1997. "The Emergence of Life from Iron Monosulfide Bubbles at a Submarine Hydrothermal Redox and pH Front." *Journal of the Geological Society, London* 154, 377-402.
- Ryb, U., and J. M. Eiler. 2018. "Oxygen Isotope Composition of the Phanerozoic Ocean and a Possible Solution to the Dolomite Problem." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115 (26): 6602-6607.

- Schwartzman, D. 1999, 2002. *Life, Temperature, and the Earth: The Self-Organizing Biosphere*. New York: Columbia University Press.
- Schwartzman, D. 2001. "Playing the Tape Again, a Deterministic Theory of Biosphere/Biotic Evolution." In: *Earth System Science: A New Subject for Study (Geophysiology) or a New Philosophy? International School Earth and Planetary Sciences, Proceedings* (S. Guerzoni, S. Harding, T. Lenton and F. Ricci Lucchi, eds.), Siena 2001, 53-60.
- Schwartzman, D. 2015. "The Case for a Hot Archean Climate and Its Implications to the History of the Biosphere." *Arxiv.org.*, April 1.
- Schwartzman, D. 2017. "Life's Critical Role in the Long-term Carbon Cycle: the Biotic Enhancement of Weathering." *AIMS Geosciences* 3(2): 216-238.
- Schwartzman, D. 2018. "The Dialectics of Biospheric Evolution." In Awerbuch, Tamara, Maynard S. Clark, and Peter J. Taylor, eds. *The Truth is the Whole: Essays in Honor of Richard Levins*. Arlington, MA: The Pumping Station, 21-33.
- Schwartzman D, K. Caldeira, and A. Pavlov. 2008. "Cyanobacterial Emergence at 2.8 Gya and Greenhouse Feedbacks." *Astrobiology* 8 (1): 187-203.
- Schwartzman, D., and C. H. Lineweaver. 2005. "Temperature, Biogenesis and Biospheric Self-Organization." In: Kleidon, A., and R. D. Lorenz, eds. *Non-Equilibrium Thermodynamics and the Production of Entropy: Life, Earth, and Beyond*. Berlin: Springer, Chapter 16, 207-221.
- Schwartzman, D., G. Middendorf, and M. Armour-Chelu. 2009. "Was Climate the Prime Releaser for Encephalization?" *Climatic Change* 95 (3): 439-447.
- Schwartzman, D. W., and L. P. Knauth. 2009. "A Hot Climate on Early Earth: Implications to Biospheric Evolution." In: Meech K. J. et al., eds. *Bioastronomy 2007: Molecules, Microbes, and Extraterrestrial Life* 420, 221-228, Astronomical Society of the Pacific Conference Series, San Francisco.
- Schwartzman, D. W., and C. H. Lineweaver. 2004. "The Hyperthermophilic Origin of Life Revisited." *Biochemical Society Transactions* 32: 168-171.
- Simoës, T. R. 2019. "Contingency vs. Predictability in Evolution." *Nature Research: Ecology and Evolution*. <https://naturecoevocommunity.nature.com/users/87830-tiago-r-simoës/posts/43332-contingency-vs-predictability-in-evolution>.
- Sleep, N. H., and K. Zahnle. 2001. "Carbon Dioxide Cycling and Implications for Climate on Ancient Earth." *Journal of Geophysical Research: Planets* 106: 1373-1399.
- Sojo, V., B. Herschy, A. Whicher, et al. 2016. "The Origin of Life in Alkaline Hydrothermal Vents." *Astrobiology* 16 (2): 181-197.
- Street, S. E., A. F. Navarrete, S. M. Reader, et al. 2017. "Coevolution of Cultural Intelligence, Extended Life History, Sociality, and Brain Size in Primates." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114 (30): 7908-7914.
- Weiss, M. C., S. Neukirchen, M. Roettger, et al. 2016b. Reply to "Is LUCA a Thermophilic Progenote?" *Nature Microbiology* 1: 16230. doi: 10.1038/NMICROBIOL.2016.230.
- Weiss, M. C., F. L. Sousa, N. Mrnjavac, et al. 2016a. "The Physiology and Habitat of the Last Universal Common Ancestor." *Nature Microbiology* 1: 16116. doi: 10.1038/NMICROBIOL.2016.116.
- Zakharov, D. O., and I. N. Bindeman. 2019. "Triple Oxygen and Hydrogen Isotopic Study of Hydrothermally Altered Rocks from the 2.43-2.41 Ga Vetryny Belt, Russia: An Insight into the Early Paleoproterozoic Seawater." *Geochimica et Cosmochimica Acta* 248: 185-209.

Searching for Life on Mars: the Role of Chaos

Giorgio Bianciardi MS, MD, PhD

Department of Medicine, Surgery, and Neuroscience
University of Siena, Italy

Correspondence | giorgio.bianciardi@unisi.it

Citation | Bianciardi, Giorgio. 2020. "Searching for Life on Mars: the Role of Chaos." *Journal of Big History* IV (2): 74-77.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4240>

Abstract Chaotic/fractal analysis of the Viking LR (Labeled Release) experiment and of Mars rover images provides evidences of present and, respectively, past life on Mars, suggesting the presence of microorganisms on the Red Planet. The possible presence of living beings on Mars is an open question that cannot be disproven at this time.

Chaos: An Historical Introduction

According to the physics that we know from high school,

- 1) It is possible to build models with deterministic characteristics, which allow us to predict a system in the future and back in time.
- 2) Time is reversible.
- 3) The object is simple or reducible in simple systems, but with an increase in entropy, there is a tendency to disorder.

However, according to biology,

- 1) Complex systems cannot be predicted over time.
- 2) Time's arrow means that the reversal of time is impossible.
- 3) Living systems exhibit characteristics of self-organization (teleonomy).

Which is correct: physics or biology?

The triumph of scientific determinism seems evident in the words of Laplace:

We may regard the present state of the universe as the effect of its past and the cause of its future. An intellect which at any given moment knew all of the forces that animate nature and the mutual positions of the beings that compose it, if this intellect were vast enough to submit the data to analysis, could condense into a single formula the movement of the greatest bodies of the universe and that of the lightest atom; for such an intellect nothing could be uncertain and the future just like the past would be present before its eyes.

Everything appears clear. Everything is understood. Is this true?

Interestingly, we can find analogous descriptions of the world today. According to Giorgio Bellettini, co-discoverer of the last or "top" quark on March 3, 1995, "Knowing what they are and how quarks interact with each other will make it possible to follow mathematically the evolution of the entire

universe, especially in the past, but also in the future." In biology recently, "Noise [indeterministic behavior] permeates biology on all levels, from the most basic molecular, sub-cellular processes to the dynamics of tissues, organs, organisms, and populations" (Tsimring). Then, is this a deterministic universe as physics tells us or an indeterministic universe as biology describes? The first warning one century ago presented as the problem of three gravitating bodies.

Oscar II of Sweden proposed a prize to whoever is able to present a general solution that describes three orbiting bodies, whatever the mass and distance. Poincaré demonstrated that a general solution does not exist.

Edward Lorenz was a mathematician and meteorologist at the Massachusetts Institute of Technology. On a particular day in the winter of 1961, Lorenz wanted to re-examine a sequence of data coming from his model. Instead of

restarting the entire run, he decided to save time and restart the run from somewhere in the middle. While they matched at first, the runs eventually began to diverge dramatically—the second run losing all resemblance to the first within a few "model" months, a long story that resulted in presenting a way to treat this strange indeterministic world.

Currently, in physics and biology, chaos description clearly appears able to describe our real world. What is chaos? In everyday language "chaos" implies the existence of unpredictable behavior. Chaos embodies important principles: extreme sensitivity to initial conditions due to nonlinearity; complex dynamics where cause and effect are not proportional; long-term prediction becomes impossible; a statistical description of the dynamic system is possible, only.

Chaos owns a geometry; it is the fractal geometry that was revealed by Benoit B. Mandelbrot.

Trees and bronchial trees, tissues under microscope as well as neurons, can be described by the geometry of chaos (fractal geometry), with their statistical laws, like self-similarity. This new geometry permits us to examine, to measure, the biological entities with high deep meaning. Fractal structures are also clearly visible in physics: solar system, galaxies,

Our Results: Searching for Signs of Life on the Red Planet by Chaotic Analysis

Chaotic Analysis of Viking LR Experiments

The first (and only) known life detection experiments on Mars were performed by the Viking landers in 1976. One of these was the Labeled Release (LR) experiment by Levin and Straat with the injections of organic com-

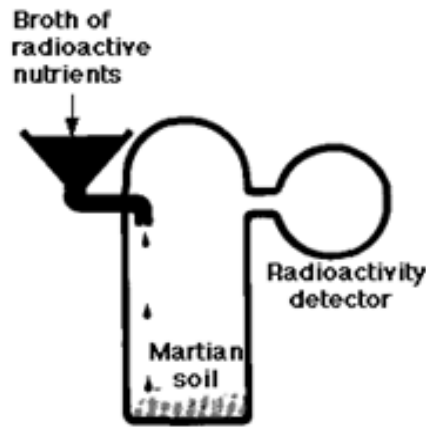


Figure 1. Labeled Release (LR) experiment

pounds in Martian soil samples (Figure 1).

Immediately after the injections of organic compounds in Martian samples, radioactive gas evolved approaching a plateau. These "active" experiments were run many times with similar results. Interestingly, the LR response in 160°C was very low, so satisfying the premission criteria for life. (Figure 2)

However, a controversy toward a biologic interpretation of the LR data suddenly arose and continues today: the Gas Chromatograph/Mass spectrometer (GCMS) did not find any organic compounds on Mars. Do no organic compounds = no life, or was the GCMS lacking sensitivity? In an attempt to resolve this issue, we have employed chaotic analysis of the Viking LR data and of

terrestrial LR pilot studies using bacteria-laden active or inactive sterilized tests as well other biological and abiological controls. In particular, we performed a reanalysis of Viking LR experiments on 16,000 test points from #9 LR experiments carried out on Mars (active, sterilized, starved, Sun protected tests), as well as from biological samples (positive controls, presence of life: a terrestrial bacteria-laden active test and a 23-day series of core temperature readings taken every minute from a rat in constant darkness) and abiological samples (negative controls, absence of life: pre-nutrient administration, background radioactivity, series of internal Viking Lander 1 temperature measurements, series of external Mars atmosphere temperature, terrestrial heat-sterilized sample test). Seven nonlinear chaotic indexes were used: Lempel-Ziv complexity, Hurst and Lyapunov exponents, Entropy (Kolmogorov), Time Correlation, BDS (Brock-Dechert-Scheinkman statistics), Correlation Dimension. The set of all the chaotic parameters distinguished the active LR experiments on Mars and the biological ones on Earth from the abiotic control tests ($p < 0.001$), giving evidence to us that LR experiments detected extant life on Mars (Table 1. Bianciardi et al. 2012).

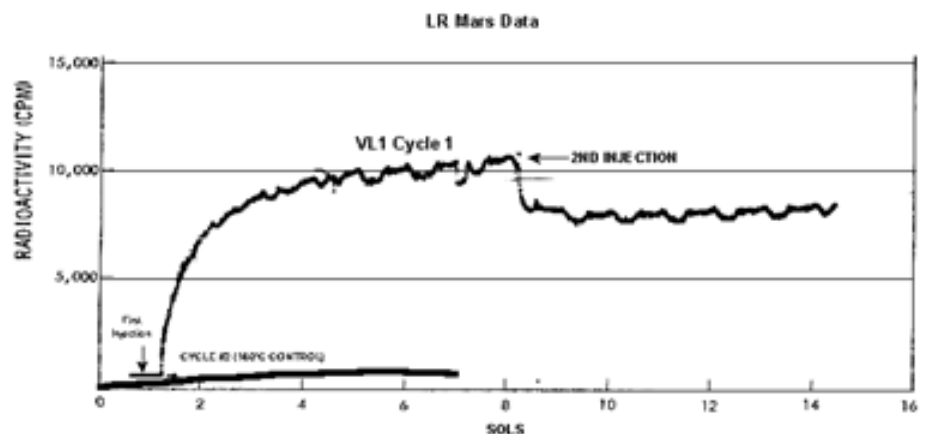


Figure 2. Release of CO₂ after injections of organic compounds and (below) its inhibition after pre-treatment at 160°C. LR experiment, Mars

Cluster 1 (controls/physical) of 2 Contains 8 Cases

Case	Members		Statistics		
	Distance	Variable	Minimum	Mean	Maximum
VL2C4	0.464	LZ	0.294	0.790	1.379
VII C2	0.593	H	-0.984	-0.706	0.111
VL1C4	0.479	λ	0.000	0.724	2.404
VL2C5	0.966	K	-1.434	0.534	1.449
BIOL 6	0.311	BDS	-2.010	-0.721	0.190
DT VL2C3	0.790	τ	-0.645	-0.508	-0.156
VL1 Atmo. temp	0.413				
Pre-inj radioactivity	0.494				

Cluster 2 (actives/biological) of 2 Contains 7 Cases

Case	Members		Statistics		
	Distance	Variable	Minimum	Mean	Maximum
BIOL5	0.534	LZ	-2.136	-0.902	-0.080
VL1C1	0.285	H	-0.218	0.806	2.190
VL1C3	0.409	λ	-1.202	-0.828	-0.219
VL2C1	0.544	K	-1.656	-0.610	0.673
VL2C3	0.622	BDS	0.664	0.824	1.291
VL2C2	0.587	τ	-0.174	0.581	3.304
Rat temp	1.354				

Table 1. A Cluster analysis separates active LR experiments (Mars and Earth) and biological controls (cluster 2) with sterilized LR tests and abiological controls (cluster 1), $p < 0.001$

Fractal Geometric Analysis of Martian Outcrops

Microbialites, such as stromatolites, are the oldest evidence of life on Earth. Stromatolites/microbialites are an organization of primitive cyanobacteria into large structures, analogous to coral reefs. They grew in vast colonies. Microbialites can be identified through their mineral structures that result from the growth patterns of their constituent bacteria. Stromatolites/-



Figure 3. Fossil stromatolites

Microbialites are a frequently named target of life-detection missions on Mars (Clarke and Stocker 2013; Jepsen et al. 2007; McKay and Stocker 1989).

Are there fossil stromatolites/microbialites on Mars? To solve the problem, we performed a fractal analysis of the microstructures present in the stromatolites and other microbialites on Earth, comparing them with the microstructures present in the outcrops

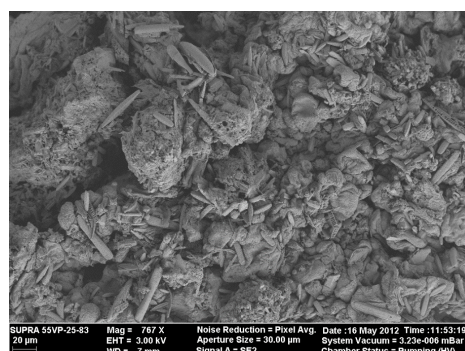


Figure 4. Microspherules and filaments in a living stromatolite at high magnification. Scanning Electron Microscopy, courtesy by M. E. Farias

photographed by the Opportunity and Spirit rovers on Mars. The contours present in the terrestrial and Martian images were automatically extracted from the images and converted to single pixel outlines by a canny-edge filter. A fractal analysis was performed evaluating the terrestrial and the Martian images: geometric complexities at low and high scales, information dimensions (entropy) at low and high scales, algorithmic complexity (Lempel-Ziv index or “randomness”), fractal dimension of the minimum path (or “tortuosity”), maximum diameter, minimum diameter. The fractal analysis of the Athena images shot by the Opportunity rover, analyzing 15,000 microstructures, showed fractal parameters that were overlapping the ones of terrestrial biogenic microbialites: the probability of this occurring by chance was less than $1/2^8$, $p < 0.004$ (Table 2) (while, abiogenic pseudostromatolites presented morphometric indexes statistically different from the ones of biogenic stromatolites) (Bianciardi et al. 2014). Analogous results were obtained analyzing 20,000 microstructures shot by the Spirit rover (Bianciardi et. al 2015).

Summary

Chaotic approaches to the biological LR experiment performed on Mars by the Vikings have shown in our hands evidences of biology. Performed by us, fractal [the Geometry of Chaos] analysis of images shot by Martian rovers

	Earth (mean/SD)	Mars (mean/SD)
Complex, High	1.82(0.02)	1.81(0.02)
Complex, Low	1.48(0.05)	1.52(0.07)
Entropy, High	1.88(0.01)	1.87(0.02)
Entropy, Low	1.41(0.05)	1.44(0.05)
LZ index	0.46(0.04)	0.48(0.04)
Dmin	0.79(0.03)	0.78(0.03)
Max Dia (mm)	0.08(0.001)	0.08(0.001)
Min Dia (mm)	0.21(0.003)	0.21(0.003)

Table 2. Fractal parameters and diameters of the Martian microscopic microstructures overlapped the ones of terrestrial biogenic microbialites. The probability of this occurring by chance is less than $p < 0.004$.

showed evidence of the presence of microbialites on Mars. Other investigators, with different approaches, have reached similar conclusions (Noffke 2015). At present there is not any definitive proof of Martian life, but a great deal of evidence in favor of biology in the present or past on Mars has been collected and is still being collected today. Certainly, the possible presence of life on Mars remains an open question that cannot be disproven at this time.

References

- Bianciardi, G. et al. 2015. "Microbialites at Gusev Crater, Mars." *Journal of Astrobiology & Outreach* 3, 5.
- Bianciardi, G., J. D. Miller, P. A. Straat, and G. V. Levin. 2012. "Complexity Analysis of the Viking Labeled Release Experiments." *Journal of Aeronautical and Space Sciences* 13 (1): 14.
- Bianciardi, G., V. Rizzo, and N. Cantasano. 2014. "Opportunity Rover's Image Analysis: Microbialites on Mars?" *International Journal of Aeronautical and Space Sciences* 15 (4): 419.
- Clarke, J. D., and C. R. Stocker. 2013. "Searching for Stromatolites: The 3.4 ga Strelley Pool Formation (Pilbara Region, Western Australia) as a Mars Analogue." *Icarus* 224, 413.
- Jepsen, S.M., et al. 2007. "The Potential for Lithoautotrophic Life on Mars: Application to Shallow Interfacial Water Environments." *Astrobiology* 7 (2): 342.
- Laplace, Pierre-Simon. 1840. *Essai Philosophique sur les Probabilités*. Paris: Bachelier.
- Levin, G.V., and P. A. Straat. 1977. "Life on Mars? The Viking Labeled Release Experiment." *Biosystem* 92, 165.
- McKay, C.P. and C. R. Stoker. 1989. "The Early Environment and Its Evolution on Mars: Implications for Life." *Reviews of Geophysics* 27 (2): 189.
- Noffke, N. 2015. "Ancient Sedimentary Structures in the < 3.7b Ga Gillespie Lake Member, Mars, That Compare in Macroscopic Morphology, Spatial Associations, and Temporal Succession with Terrestrial Microbialites." *Astrobiology* 15 (2): 1.
- Poincaré, Henri. 1889-1890. "Sur le Problème des Trois Corps et les Equations de la Dynamique." *Acta Mathematica* 13, 1-270.
- Tsimring, Lev S. 2014. "Noise in Biology." *Reports on Progress in Physics, Physical Society (Great Britain)* 77 (2): 026601. doi:10.1088/0034-4885/77/2/026601.

Alla ricerca di vita su Marte: il ruolo della Fisica del Caos

Giorgio Bianciardi, MS, MD, PhD

Università di Siena, Dipartimento di Scienze Mediche, Chirurgiche e Neuroscienze, Siena, Italy

Tradotto da Nicoló Antonietti

Corrispondenza | giorgio.bianciardi@unisi.it

Citation | Bianciardi, Giorgio. 2020. "Alla Ricerca di Vita su Marte: il Ruolo della Fisica del Caos. Tradotto da Nicoló Antonietti" *Journal of Big History IV* (2): 78-81.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4241>

Riassunto L'analisi caotica/frattale dei dati dell'esperimento LR dei Viking e delle immagini dei Rover Marziani hanno dato nelle nostre mani indizi molto forti della vita presente e passata su Marte, suggerendoci la presenza di microrganismi sul Pianeta Rosso. Ad oggi, la possibile presenza di esseri viventi su Marte è una domanda ancora aperta che non può essere rifiutata.

Una Introduzione Storica alla Fisica del Caos

La Fisica (deterministica) che conosciamo dal liceo:

- 1) è possibile costruire modelli con caratteristiche deterministiche, che ci permettono di prevedere il sistema, verso il futuro, come indietro nel tempo.
- 2) Il tempo è reversibile.
- 3) L'oggetto è semplice o riducibile in sistemi semplici. Il nostro Mondo è il regno dell'aumento dell'entropia, la tendenza al disordine.

Nasce un problema, il mondo della biologia:

- 1) il regno della complessità e dell'ordine
- 2) della freccia temporale: l'inversione del tempo è impossibile.
- 3) della teleonomia: il sistema vivente ha finalismo.

Chi ha ragione? La Fisica o la Biologia? Il trionfante determinismo scientifico

può essere descritto ricordando le parole di Laplace:

Possiamo considerare lo stato attuale dell'universo come l'effetto del suo passato e la causa del suo futuro. Un intelletto che in un dato momento conosca tutte le forze che animano la natura e le posizioni reciproche dei corpi che lo compongono, se questo intelletto fosse abbastanza vasto da sottoporre i dati all'analisi, potremmo condensare in un'unica formula il movimento dei più grandi corpi dell'universo e quello dell'atomo più leggero; per un tale intelletto nulla potrebbe essere incerto e il futuro come il passato sarebbe presente davanti ai suoi occhi. (*Essai philosophiques sur les probabilités*, 1814, Laplace)

Tutto sembra chiaro. Tutto è compreso. Ma è così?

È interessante notare che ancora oggi impèri tra i Fisici la descrizione Laplaceana del Mondo: "Conoscendo chi sono e come interagiscono fra di loro i

quark si può seguire matematicamente l'evoluzione dell'intero Universo. Soprattutto nel passato ma anche nel futuro.» (da: *La Nazione*, 3 marzo 1995, Giorgio Bellettini, co-scopritore dell'ultimo quark).

Ma, ancora, in Biologia, possiamo oggi leggere: "Il rumore [tipico comportamento indeterministico] permea la biologia a tutti i livelli, dai processi molecolari e subcellulari più elementari alle dinamiche di tessuti, organi, organismi e popolazioni". (*Noise in Biology*, *Rep Prog Phys.* 2014 Lev S. Tsimring) Quindi: un universo deterministico come ci dice la Fisica o un universo indeterministico come descrive la Biologia? I primi avvertimenti un secolo fa: il Problema dei 3 Corpi.

Oscar II di Svezia propose un premio: chi era in grado di presentare una soluzione generale che descrivesse il moto di tre corpi in mutua orbita, qualunque fosse la massa e la distanza? Poincaré vinse il premio.. dimostrando che non esisteva alcuna soluzione generale! (*Sur*

le problème des trois corps et les équations de la dynamique, H. Poincaré, 1889)

Nasce la Scienza del Caos

Edward Lorenz era un matematico e meteorologo presso il Massachusetts Institute of Technology. In un giorno di inverno del 1961, Lorenz stava riesaminando una sequenza di dati provenienti da un suo modello. Invece di riavviare l'intera elaborazione, aveva deciso di risparmiare tempo e riavviare l'elaborazione da dove aveva sospeso il calcolo poco prima (pausa caffè). Mentre inizialmente si proponevano gli stessi risultati forniti in una elaborazione precedente, alla fine le serie numeriche iniziavano a divergere, in modo drammatico—dopo poco era persa ogni somiglianza con i calcoli precedenti.

Una lunga storia che permise la nascita di approcci possibili a questo strano mondo indeterministico (il nostro).

Oggi, in Fisica e Biologia, la Fisica del Caos appare chiaramente in grado di descrivere il nostro Mondo reale.

Che cos'è "Caos"? Nel linguaggio quotidiano il "caos" implica l'esistenza di comportamenti imprevedibili. Il Caos, nel senso della Fisica del Caos, incarna principi importanti: in ogni sistema dinamico: estrema sensibilità alle condizioni iniziali dovuta alla non linearità, dinamiche complesse in cui causa ed effetto non sono proporzionali, previsione a lungo termine impossibile, risultando solo possibile una descrizione meramente statistica del sistema stesso.

Gli alberi e gli alberi bronchiali, i tessuti al microscopio, i neuroni, possono essere descritti dalla geometria del Caos (la geometria frattale), con le loro leggi statistiche, come l'auto-somiglianza al cambiamento di scala. Questa nuova geometria ci consente di esaminare e misurar le, entità biologiche, con un significato profondo. La struttura frattale è anche chiaramente visibile nel

mondo della Fisica: Sistema Solare, galassie, ...

I Nostri Risultati: Ricerca di Segni di Vita sul Pianeta Rosso per Mezzo dell'Analisi Coatica/Frattale

Analisi Caotica dei Viking LR experiments.

I primi (e unici) esperimenti per la ricerca di vita su Marte furono eseguiti dai Lander Viking nel 1976. Uno di questi, l'esperimento di rilascio marcato (LR) di Levin e Straat: iniezioni di composti organici marcati nei campioni di suolo marziano (Figura 1).

Immediatamente dopo le iniezioni di composti organici nei campioni marziani, gas radioattivo si rilasciava dal suolo marziano, avvicinandosi a un plateau. Questi esperimenti vennero condotti molte volte con risultati simili. È interessante notare che la risposta LR a 160 °C (sterilizzazione) era molto bassa, soddisfacendo così i criteri premissione per la conferma della presenza di vita (Figura 2).

Tuttavia, e fino ad oggi, sorse una controversia nei confronti di una interpretazione biologica dei dati LR: il gascromatografo / spettrometro di massa (GCMS) non aveva trovato alcun composto organico su Marte; nessun composto organico = assenza di vita..oppure il GCMS mancava di forte sensibilità?

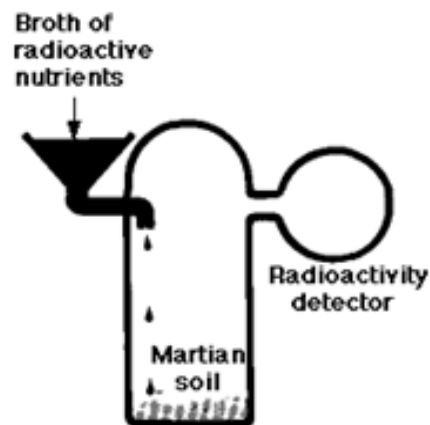


Figura 1. Labeled Release (LR) experiment

Nel tentativo di risolvere il problema abbiamo impiegato un'analisi caotica dei dati LR marziani e di studi pilota LR terrestri, insieme a dati controllo, biologici e abiologici. In particolare, la rianalisi degli esperimenti di Viking LR è stata da noi eseguita su tutti i 16.000 punti di test sorti dai 9 esperimenti LR effettuati su Marte (attivi, sterilizzati, "affamati", protetti dalla luce solare), nonché dai dati di campioni biologici (controlli positivi, presenza di vita: un test in presenza di batteri terrestri e una serie di 23 giorni di letture della temperatura interna di un ratto) e campioni abiologici (controlli negativi, assenza di vita: radioattività di fondo, misurazioni della temperatura interna del Lander Viking 1, di temperature esterne dell'atmosfera di Marte, oscillazioni della temperatura degli oceani

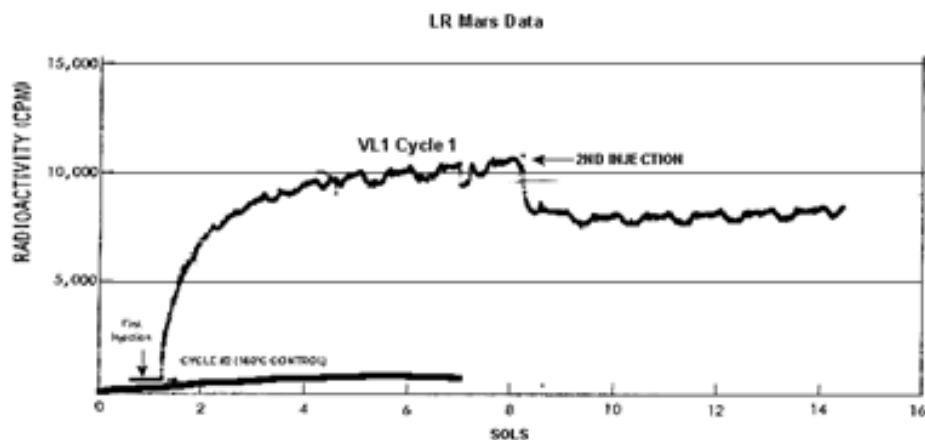


Figura 2. Rilascio di CO₂ dopo iniezioni di composti organici e (sotto) sua inibizione dopo pretrattamento a 160 °C. Esperimento LR, Marte.

Cluster 1 (controls/physical) of 2 Contains 8 Cases

Case	Members		Statistics		
	Distance	Variable	Minimum	Mean	Maximum
VL2C4	0.464	LZ	0.294	0.790	1.379
VIIIC2	0.593	H	-0.984	-0.706	0.111
VL1C4	0.479	λ	0.000	0.724	2.404
VL2C5	0.966	K	-1.434	0.534	1.449
BIOL 6	0.311	BDS	-2.010	-0.721	0.190
DT VL2C3	0.790	τ	-0.645	-0.508	-0.156
VL1 Atmo. temp	0.413				
Pre-inj radioactivity	0.494				

Cluster 2 (actives/biological) of 2 Contains 7 Cases

Case	Members		Statistics		
	Distance	Variable	Minimum	Mean	Maximum
BIOL5	0.534	LZ	-2.136	-0.902	-0.080
VL1C1	0.285	H	-0.218	0.806	2.190
VL1C3	0.409	λ	-1.202	-0.828	-0.219
VL2C1	0.544	K	-1.656	-0.610	0.673
VL2C3	0.622	BDS	0.664	0.824	1.291
VL2C2	0.587	τ	-0.174	0.581	3.304
Rat temp	1.354				

Tabella 1. Una Cluster analysis separa gli esperimenti LR attivi (Marte e Terra) e i controlli biologici (cluster 2) con i test LR sterilizzati e i controlli abiologici (cluster 1), $p < 0,001$

terrestri). Sette indici non lineari furono utilizzati: Complessità di Lempel-Ziv, Esponenti di Hurst e di Lyapunov, Entropia (Kolmogorov), Correlazione Temporale, BDS (Brock-Dechert-Scheinkman statistics), Dimensione di Correlazione. L'insieme di tutti i parametri caotici risultò in grado di distinguere gli esperimenti LR attivi su Marte e quelli biologici sulla

Terra dai test di controllo abiotici ($p < 0,001$) (Tabella 1), permettendoci di sos-

tenere come gli esperimenti LR avevano davvero rilevato la vita su Marte. (Bianciardi et al., 2012)

Analisi geometrica frattale degli affioramenti marziani

Le microbialiti, come le stromatoliti, sono la più antica testimonianza della vita sulla Terra. Le stromatoliti / microbialiti sono un'organizzazione di cianobatteri primitivi in grandi strutture, analoghe alle barriere coralline. Crescono in vaste colonie. Le microbialiti pos-

sono essere identificate attraverso le loro strutture minerali, risultanti dai modelli di crescita dei loro batteri costituenti. Le stromatoliti / microbialiti sono spesso il bersaglio di missioni di rilevamento della vita su Marte (Clarke and Stocke 2013; Jepsen et al., 2007; McKay and Stocke 1989). Ci sono stromatoliti / microbialiti fossili su Marte? Per risolvere il problema, abbiamo eseguito un'analisi frattale delle microstrutture presenti nelle stromatoliti e altri microbialiti sulla Terra, confrontandoli con le microstrutture presenti negli affioramenti fotografati dai rover Opportunity e Spirit rovere. I contorni presenti nelle immagini terrestri e marziane sono stati automaticamente estratti dalle immagini e convertiti in contorni a singolo pixel tramite un filtro Canny. Venne eseguita un'analisi frattale, valutando le immagini terrestri o marziane: complessità geometriche a scala bassa e alta, entropia, a scala bassa e alta, complessità algoritmica (indice Lempel-Ziv o "casualità"), dimensione frattale del minimo percorso (o "tortuosità"), diametro massimo, diametro minimo. L'analisi frattale delle immagini scattate dal rover Opportunity, analizzando 15.000 microstrutture, mostrò parametri frattali che si sovrapponevano a quelli delle microbialiti terrestri: $p < 0,004$ (Tabella 2) (mentre, le pseudostromatoliti abiogeniche presentarono indici morfometrici statisticamente diversi da quelli biogenici) (Bianciardi et al., 2014). Risultati analoghi sono stati otte-



Figura 3. Stromatoliti fossili

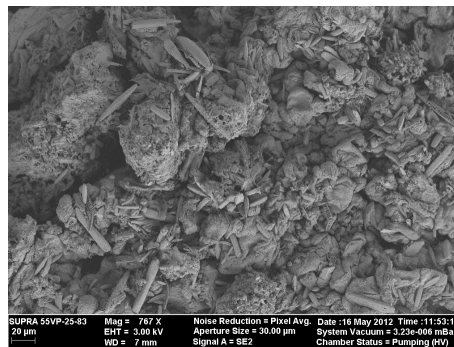


Figura 4. Microsfere e filamenti in una stromatolite vivente ad alto ingrandimento. Microscopia elettronica a scansione, per gentile concessione di M.E. Farias.

	Earth (mean/SD)	Mars (mean/SD)
Complex, High	1.82(0.02)	1.81(0.02)
Complex, Low	1.48(0.05)	1.52(0.07)
Entropy, High	1.88(0.01)	1.87(0.02)
Entropy, Low	1.41(0.05)	1.44(0.05)
LZ index	0.46(0.04)	0.48(0.04)
Dmin	0.79(0.03)	0.78(0.03)
Max Dia (mm)	0.08(0.001)	0.08(0.001)
Min Dia (mm)	0.21(0.003)	0.21(0.003)

Table 2. Fractal parameters and diameters of the Martian microscopic microstructures overlapped the ones of terrestrial biogenic microbialites. The probability of this occurring by chance is less than $p < 0.004$.

nuti analizzando 20.000 microstrutture eseguite dal rover Spirit (Bianciardi et al., 2015).

Riassunto

Approcci caotici all'esperimento biologico LR eseguito su Marte dai Viking hanno mostrato nelle nostre mani forti evidenze di presenza di vita attuale sul Pianeta Rosso.

L'analisi frattale [la geometria del caos] delle immagini riprese dai rover marziani ha mostrato forti evidenze della presenza di microbialiti su Marte (vita passata sul Pianeta Rosso). Altri investigatori, con approcci diversi, hanno raggiunto conclusioni simili (Noffke, 2015)

Al momento, non esiste alcuna prova definitiva della presenza di vita marziana, ma un numero elevato di evidenze a favore di vita, presente e passata, su Marte sono state raccolte ad oggi. Certamente, la possibile presenza di esseri viventi su Marte è una domanda aperta, ma che non può essere rifiutata.

Bibliografia

- Bianciardi, G. et al. 2015. "Microbialites at Gusev Crater, Mars." *Journal of Astrobiology & Outreach* 3, 5.
- Bianciardi, G., J. D. Miller, P. A. Straat, and G. V. Levin. 2012. "Complexity Analysis of the Viking Labeled Release Experiments." *Journal of Aeronautical and Space Sciences* 13 (1): 14.
- Bianciardi, G., V. Rizzo, and N. Cantasano. 2014. "Opportunity Rover's Image Analysis: Microbialites on Mars?" *International Journal of Aeronautical and Space Sciences* 15 (4): 419.
- Clarke, J. D., and C. R. Stocker. 2013. "Searching for Stromatolites: The 3.4 ga Strelley Pool Formation (Pilbara Region, Western Australia) as a Mars Analogue." *Icarus* 224, 413.

Jepsen, S.M., et al. 2007. "The Potential for Lithoautotrophic Life on Mars: Application to Shallow Interfacial Water Environments." *Astrobiology* 7 (2): 342.

Laplace, Pierre-Simon. 1840. *Essai Philosophique sur les Probabilités*. Paris: Bachelier.

Levin, G. V., and P. A. Straat. 1977. "Life on Mars? The Viking Labeled Release Experiment." *Biosystem* 92, 165.

McKay, C. P. and C. R. Stoker. 1989. "The Early Environment and Its Evolution on Mars: Implications for Life." *Reviews of Geophysics* 27 (2): 189.

Noffke, N. 2015. "Ancient Sedimentary Structures in the < 3.7b Ga Gillespie Lake Member, Mars, That Compare in Macroscopic Morphology, Spatial Associations, and Temporal Succession with Terrestrial Microbialites." *Astrobiology* 15 (2): 1.

Poincaré, Henri. 1889-1890. "Sur le Problème des Trois Corps et les Equations de la Dynamique." *Acta Mathematica* 13, 1-270.

Tsimring, Lev S. 2014. "Noise in Biology." *Reports on Progress in Physics, Physical Society (Great Britain)* 77 (2): 026601. doi:10.1088/0034-4885/77/2/026601.

Two Power Curves Yielding the Energy of a Lifetime in Evo-SETI Theory

Claudio Maccone

International Academy of Astronautics (IAA, Paris)
and Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF, Italy)

Correspondence | claudio.maccone@gmail.com

Citation | Maccone, Claudio. 2020. "Two Power Curves Yielding the Energy of a Lifetime in Evo-SETI Theory." *Journal of Big History IV* (2): 82-104.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4250>

Keywords: Biological Evolution; Molecular Clock; Entropy; SETI

Abstract

This paper presents a new mathematical model for the ENERGY that a living being needs in order to live its whole life between birth and death. This also applies to a civilization made up by many living beings. The model is based on a LOGELL POWER CURVE, which is a curve in time made up by a lognormal probability density between birth and peak, followed by an ellipse between peak and death (LOGELL means LOGnormal plus ELLipse). We derive analytic equations yielding the ENERGY in terms of three free parameters only: the time of birth b , the time of the power peak p , and the time of death, d .

The author's previously published papers about his so-called Evo-SETI Theory (Evo-SETI stands for Evolution and SETI) cover the biological evolution over the last 3.5 billion years described as an increase in the number of living species from one (RNA) to the current (say) 50 million. Past mass extinctions make this evolution become a stochastic process having an exponential mean value, called Geometric Brownian Motion (GBM). In those papers, a lifetime, rather than a logell, was a b -lognormal, i.e., a lognormal starting at instant b (birth) and descending straight to death at its descending inflexion point. Our mathematical discovery of the Peak-Locus Theorem showed that the GBM exponential is the geometric locus of all the peaks of the b -lognormals. Since b -lognormals are probability densities, the area under each of them always equals 1 (normalization condition); going from left to right on the time axis, the b -lognormals become more and more "peaky," so they last less and less in time. This "level of civilization" is what physicists call (Shannon) ENTROPY of information, meaning that the higher Species have higher information content than the lower Species. This author also proved mathematically that for all GBMs, the (Shannon) Entropy of the b -lognormals grows LINEARLY in time. The Molecular Clock, well known to geneticists since 1962, shows that the DNA base-substitutions occur LINEARLY in time since they are neutral with respect to Darwinian selection. The conclusion is that the Molecular Clock and the LINEAR increase of EvoEntropy in time are just the same thing! In other words, we derived the Molecular Clock mathematically as a part of our Evo-SETI Theory. Finally, this linearly growing entropy is just the new EvoSETI SCALE to measure the evolution of life on Exoplanets (measured in bits). In conclusion, our invention of the logell power curve, described in this paper, provides a new mathematical tool for our Evo-SETI mathematical description of Life, History and SETI.

PART 1: Logell Curves and Their History Equations

1. Introduction to Logell “Finite Lifetime” Curves

The starting idea is easy: we seek to represent the lifetime of any living being by virtue of just three points in the time: birth, peak, death (BPD). No other point in between them is needed. That is, no other “senility point” s is needed such as the one appearing in all b-lognormals that this author had published in his Evo-SETI Theory prior to 2017. In fact, it is easier and more natural to describe someone’s lifetime in terms of just birth, peak and death, than in terms of birth, senility and death, since it is *uncertain* to define when senility arrives, and actually difficult to define in the practice for any

individual or for any civilization.

Please look at Figure 1. The first part, the one on the left, i.e., prior to the peak time p , is just a b-lognormal: it starts at birth time b , climbs up to the adolescence time a (ascending inflexion point of the b-lognormal) (in reality the adolescence time should more properly be called “puberty time” since it marks the beginning of the reproduction capacity for that individual) and finally reaches the peak time at p (maximum, i.e., the point of zero first derivative of the b-lognormal). All this is just ordinary b-lognormal stuff, as we have been publishing since about 2012.

Now the novelty comes, i.e., the second part, the one on the right: that is just a *ellipse* having its vertex exactly at the

peak time p . Notice that this definition automatically implies that the tangent line at the peak is horizontal, i.e., the same for both the b-lognormal and the ellipse. Notice also that, after the peak, the ellipse plunges down until it reaches the time axis at the death time d with a perfectly vertical tangent. Therefore, this new definition of death time d is different from the old definition of d applying to b-lognormals alone, as we published prior to 2017.

This is the LOGELL (b-LOGnormal plus ELLipse) new CURVE, FINITE IN TIME (namely ranging in time just between birth and death). We introduce the logell for the first time in the present paper and we study it with surprising results.

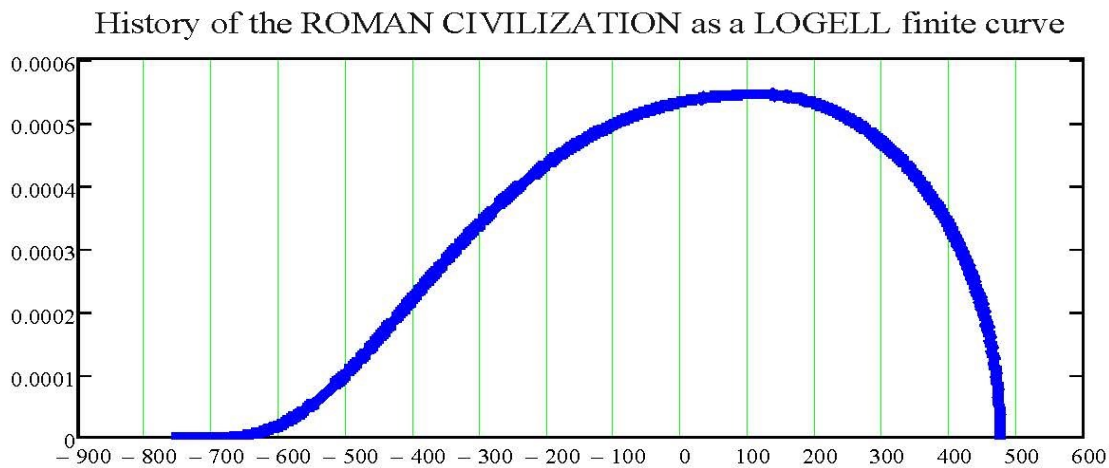


Figure 1. Representation of the History of the Ancient Roman civilization as a LOGELL curve, finite in the time. Rome was founded in 753 B.C., i.e., in the year -753 in our notation, or $b = -753$. Then the Roman republic and empire (the latter since the first emperor, Augustus, roughly after

27 B.C.) kept growing in conquered territory until it reached its peak (maximum extension, up to Susa in current Iran) in the year 117 A.D., i.e., $p = 117$, under emperor Trajan. Afterward, it started to decline and loose territory until the final collapse in 476 A.D. ($d = 476$, Romulus

Augustus, last emperor). Thus, just three points in time are necessary to summarize the History of Rome:

$b = -753$, $p = 117$, $d = 476$. The numbers along the vertical axis will be explained later.

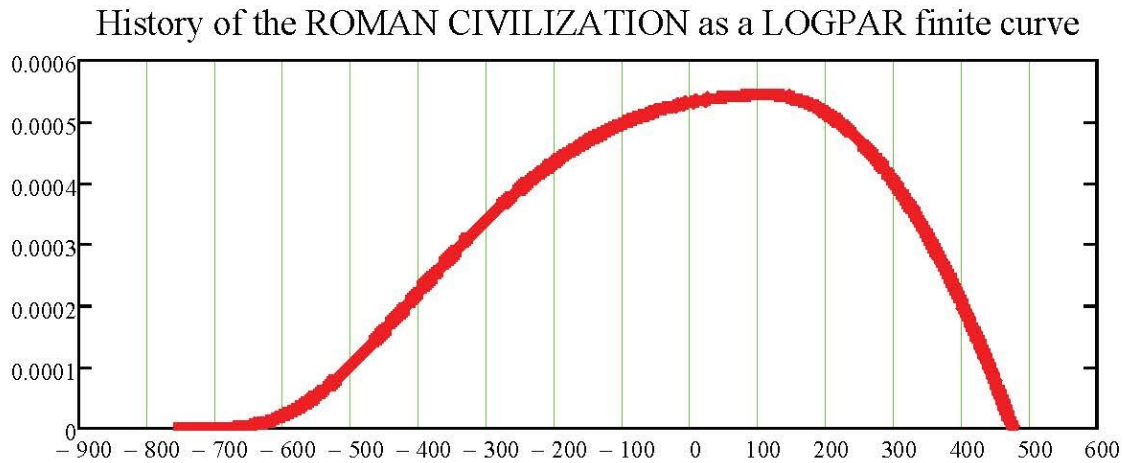


Figure 2. Representation of the History of the Roman civilization as a LOGPAR finite curve. This logpar curve in time is made up by a b-lognormal in between birth and peak, and a parabola in between peak and death. It was used by this author in the years 2017 and 2018 in refs. [1] and [2]. Please have a look at these references for the full logpar mathematical description, culminating in the two Logpar History Formulae expressing the b-lognormal's two parameters (a real number) and (a positive number) in terms of the three assigned real numbers b , p and d , with the condition $b < p < d$.

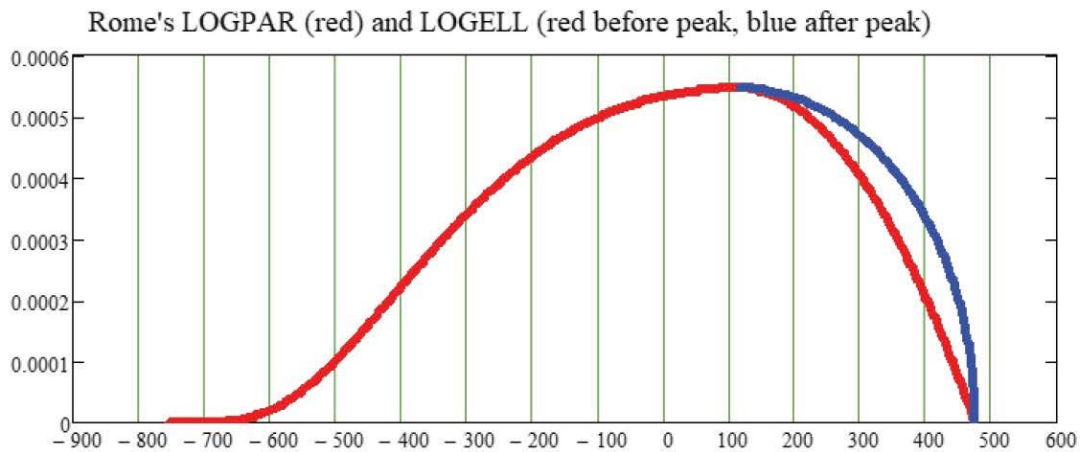


Figure 3. The difference between LOGELL and LOGPAR is only in their behaviour between peak p and death d : an ELLIPSE for the LOGELL (in blue above) and a PARABOLA for the LOGPAR (in red above). The common part of the curve prior to the peak (shown in red here) is a b-lognormal, that is a lognormal probability density function (pdf) in the time starting at the birth time b and reaching its peak at time p . In this way, the finite lifetime of any living being or civilization is a POWER curve (power means measured in Watts, as in physics) and the area under this power curve is the total ENERGY that the living being or civilization needs in order to cope for its own existence. In fact, the ENERGY is the just integral of the POWER in the time, or, if you prefer, the POWER is just the DERIVATIVE OF THE ENERGY with respect to the time.

2. Finding the Ellipse Equation of the Right Part of the Logell

We will now cast into appropriate mathematics the above popular description of a logell curve. Consider the equation of an ellipse in the time t having vertical axis along the $t = p$ vertical line:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (1)$$

as every high-school student knows. The horizontal axis now is the time, denoted t , with $p < t < d$. On the vertical axis, we have the independent variable y ranging between 0 and P . Thus, we may pass from (1) to the new ellipse equation by virtue of the four substitutions

$$\begin{cases} x \rightarrow (t - p) \\ a \rightarrow (d - p) \\ y \rightarrow y \\ b \rightarrow P \end{cases} \quad (2)$$

Inserting (2) into (1), the latter becomes

$$\frac{(t - p)^2}{(d - p)^2} + \frac{y^2}{P^2} = 1. \quad (3)$$

That is

$$\frac{y^2}{P^2} = 1 - \frac{(t - p)^2}{(d - p)^2} \quad (4)$$

Solving (4) for y and taking the plus sign in front of the radical ,i.e., the upper branch of the ellipse, yields the desired equation of our quarter of the ellipse as a function of the time t

$$y(t) = P \sqrt{1 - \frac{(t - p)^2}{(d - p)^2}}. \quad (5)$$

As confirmation, one may check that (5) immediately yields the two evident conditions

$$\begin{cases} y(p) = P \\ y(d) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

3. Finding the b-Lognormal Equation of the Left Park of the Logell

As for the b-lognormal between birth and peak, the left part of the logell curve, we already know all its mathematical details from the previous many papers published by this author on this topic, but we shall summarize here the main equations for the sake of completeness.

The equation of the b-lognormal starting at b reads

$$b_lognormal(t, \mu, \sigma, b) = \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma(t-b)}. \quad (7)$$

with $\sigma > 0$ and $-\infty < \mu < \infty$. Tables listing the main equations that can be derived from (7) were given by this author in refs. [1] and [2] and we shall not re-derive them here again. We just confine ourselves to reminding that:

1) The abscissa p of the peak of (7) is given by

$$p = b + e^{\mu - \sigma^2}. \quad (8)$$

Proof. Take the derivative of (7) with respect to t and set it equal to zero. Then solve the resulting equation for t , which now becomes p , and (8) is found.

2) The ordinate P of the peak of (7) is given by

$$P = \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2} - \mu}}{\sqrt{2\pi}\sigma}. \quad (9)$$

Proof. Rewrite p instead of t in (7) and then insert (8) instead of p . Then simplify to find (9).

3) The abscissa of the adolescence point (that should actually be better named “puberty point”) is the abscissa of the ascending inflexion point of (7). It is given by

$$a = b + e^{-\frac{\sigma\sqrt{\sigma^2+4}}{2} - \frac{3\sigma^2}{2} + \mu} \quad (10)$$

Proof. Take the second derivative of (7) with respect to t and set it equal to zero. Then solve the resulting equation for t , that now becomes a , and (10) is found.

4) The ordinate of the adolescence point is given by

$$\frac{e^{-\frac{\sigma\sqrt{\sigma^2+4}}{4} + \frac{\sigma^2}{4} - \mu - \frac{1}{2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \quad (11)$$

Proof. Just rewrite a instead of t in (7) and then insert (10) and simplify the result.

Let us now notice that, within the framework of the logell theory described in this paper, we may NOT

say that (7) fulfills the b-lognormal's normalization condition

$$\int_b^{\infty} \text{b_lognormal}(t, \mu, \sigma, b) dt = 1. \quad (12)$$

In fact, (7) here is allowed to range in between only b and p . Thus, rather than adopting (12), we must thus replace (12) by the integral of (7) between b and p only. Fortunately, it is possible to evaluate this integral in terms of the *error function* defined by

$$\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt. \quad (13)$$

In fact, the integral of the b-lognormal (7) between b and p turns out to be given by

$$\begin{aligned} \int_b^p \text{b_lognormal}(t, \mu, \sigma, b) dt &= \\ &= \int_b^p \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma(t-b)} dt = \frac{1 + \text{erf}\left(\frac{\sqrt{2} \ln(p-b) - \sqrt{2} \mu}{2\sigma}\right)}{2} = \end{aligned}$$

Now, inserting (8) instead of p into the last *erf* argument, a remarkable simplification occurs: μ and b both disappear and only σ is left. In addition, the erf property $\text{erf}(-x) = -\text{erf}(x)$ allows us to rewrite

$$= \frac{1 + \text{erf}\left(-\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} = \frac{1 - \text{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2}. \quad (14)$$

In conclusion, the area under the b-lognormal between birth and peak is given by

$$\int_b^p \text{b_lognormal}(t, \mu, \sigma, b) dt = \frac{1 - \text{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2}. \quad (15)$$

This result will prove to be of key importance for the further developments described in the present paper.

4. Area under the Ellipse on the Right Part of the Logell between Peak and Death

We already proved that the ellipse on the right part of the logell curve has the equation (5). Now we want to find the area under this ellipse between peak and death. If one remembers that the area of the whole ellipse with semi-axes a and b equals πab , it is obvious that our area is just a quarter of that. The same result is, of course, found by evaluating the definite integral (this calculation left to the reader as an exercise)

$$\int_p^d P \sqrt{1 - \frac{(t-p)^2}{(d-p)^2}} dt = \frac{\pi}{4} P (d-p). \quad (16)$$

5. Area under the Full Logell Curve between Birth and Death

We are now in a position to compute the full area A under the logell curve, that is given by the *sum* of equations (15) and (16), that is

$$\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} + \frac{\pi}{4} P (d-p) = A. \quad (17)$$

This is one of the most important equations in this paper. In fact, if we want the logell be a truly probability density function (pdf), we must assume in (17)

$$A = 1. \quad (18)$$

But, surprisingly, we shall NOT do so! Let us rather ponder over what we are doing:

- 1) We are creating a “Mathematical History” model where the “unfolding History” of each Civilization in the time is represented by a logell curve.
- 2) The knowledge of only three points in time is requested in this model: b , p and d .
- 3) But the area under the whole curve depends on σ as well as on μ , as we see upon inserting (9) instead of P into (17), that is

$$\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} + \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2} - \mu}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \frac{\pi}{4} (d-p) = A(\mu, \sigma). \quad (19)$$

- 4) Also, p is to be replaced by its expression (8) in terms of σ and μ , yielding the new equation

$$\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} + \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2} - \mu(\sigma)}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \frac{\pi(d - b - e^{\mu(\sigma) - \sigma^2})}{4} = A(\sigma). \quad (20)$$

- 5) The meaning of (20) is that **if birth and death are fixed**, but the position of the **peak may freely move in between them** according to the different living beings or civilizations that we are going to consider. In other words, (20) yields different numeric values of σ and $\mu(\sigma)$ according to where the peak is between birth and death.
- 6) In addition, we would like to get rid of the error function erf in (20). How may we do so?
6. **The Area under the Logell Curve Depends on Sigma Only, and Here is the Area Derivative W.R.T. Sigma**

The simple answer to the last question 6) is “by differentiating both sides of (20) with respect to σ .” In fact, the derivative of the erf function (13) is just the “Gaussian” exponential,

$$\frac{d \operatorname{erf}(x)}{dx} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-x^2}. \quad (21)$$

Therefore, the erf function itself **will disappear** by differentiating (20) with respect to σ . Actually, the derivative of the first term on the left side of (20) simply is, according to (21),

$$\frac{d}{d\sigma} \left[\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} \right] = -\frac{e^{-\frac{\sigma^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}}. \quad (22)$$

As for the derivative with respect to σ of the second term on the left side of (20), we firstly notice that σ appears three times within that term. Thus, the relevant derivative is the sum of three terms, each of which includes the derivative of one of the three terms multiplied by the other two terms unchanged. In equations, one has the following:

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\sigma} \left[\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} + \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2} - \mu}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \frac{\pi(d - b - e^{\mu - \sigma^2})}{4} \right] = \\ = \frac{\sqrt{\pi} e^{-\frac{\sigma^2}{2}}}{2^{\frac{3}{2}}} - \frac{e^{-\frac{\sigma^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} - \frac{\sqrt{\pi}(-e^{\mu - \sigma^2} + d - b)e^{\frac{\sigma^2}{2} - \mu}}{2^{\frac{5}{2}}\sigma^2} + \\ - \frac{\sqrt{\pi}(e^{\mu - \sigma^2} - d + b)e^{\frac{\sigma^2}{2} - \mu}}{2^{\frac{5}{2}}}. \quad (23) \end{aligned}$$

Several alternative forms of this equation (23) are possible, and that is rather confusing. However, using a symbolic manipulator (this author did so by virtue of NASA's Maxima), a few more steps lead to the following form of (23):

$$\begin{aligned} \frac{dA(\mu(\sigma), \sigma)}{d\sigma} &\equiv \frac{dA(\sigma)}{d\sigma} = \\ &= \frac{e^{-\frac{\sigma^2}{2} + \mu} \sqrt{2} \left[\pi(d-b)(\sigma^2 - 1)e^{\sigma^2} + e^\mu (\sigma^2 (\pi - 4) + \pi) \right]}{8\sqrt{\pi}\sigma^2}. \end{aligned} \tag{24}$$

We may further simplify (24) by inserting (8) and so letting μ disappear. The result is

$$\begin{aligned} \frac{dA(\sigma)}{d\sigma} &= \\ &= \frac{e^{-\frac{\sigma^2}{2} + \mu} \sqrt{2} \left\{ \pi(d-p)(\sigma^2 - 1)e^{\sigma^2} + e^{\sigma^2} (p-b) [\sigma^2 (\pi - 4) + \pi] \right\}}{8\sqrt{\pi}\sigma^2} = \\ &= \frac{e^{-\frac{\sigma^2}{2} + \mu} \sqrt{2} e^{\sigma^2} \left\{ \pi(d-p)(\sigma^2 - 1) + (p-b) [\sigma^2 (\pi - 4) + \pi] \right\}}{8\sqrt{\pi}\sigma^2} = \\ &= \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2} + \mu} \sqrt{2} \left\{ \sigma^2 [\pi(d-b) + (\pi - 4)(p-b)] - (\pi(d-p)) \right\}}{8\sqrt{\pi}\sigma^2}. \end{aligned} \tag{25}$$

This (25) is the derivative of the logell area with respect to sigma.

7. Exact "History Equations" for each Logell Curve

We now take a further, crucial step in our analysis of the logell curve: we IMPOSE that the derivative of the area with respect to sigma, i.e., (25), is zero

$$\frac{dA(\sigma)}{d\sigma} = 0. \tag{26}$$

What does that mean? Well, (26) is the Evo-SETI equivalent of the LEAST ACTION PRINCIPLE in physics! This conclusion does not show up at the moment, but it will at the end of this paper. For the time being, rewrite the imposed condition (26) by virtue of the last expression in (25) that, getting rid of both the exponential and the denominator, boils down to

$$\sigma^2 [\pi(d-b) + (\pi - 4)(p-b)] - (\pi(d-p)) = 0. \tag{27}$$

The last equation is a quadratic equation in σ

$$\sigma^2 [\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)] = \pi(d-p) \quad (28)$$

that, solved for σ^2 , immediately yields

$$\sigma^2 = \frac{\pi(d-p)}{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}. \quad (29)$$

This is the most important new result discovered in the present paper: the LOGELL HISTORY EQUATION FOR σ ,

$$\sigma = \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{d-p}}{\sqrt{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}}. \quad (30)$$

In words, given the input triplet (b, p, d) , then (30) immediately yields the exact σ of the elliptical left part of the logell curve. It was discovered by this author on September 4, 2018, and led not only to this paper but to the *introduction of the ENERGY spent in a lifetime by a living creature, or by a whole civilization whose “power-vs-time” behaviour is given by the logell curve*, as we will understand better in the coming sections of this paper. At the moment we confine ourselves to taking the limit of both sides of (30) for $d \rightarrow \infty$, with the result

$$\begin{aligned} \lim_{d \rightarrow \infty} \sigma &= \lim_{d \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{d-p}}{\sqrt{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}} = \\ &= \lim_{d \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{d}}{\sqrt{\pi d}} = 1. \end{aligned} \quad (31)$$

Since we already know that σ must be positive (31) really shows that σ may range between zero and one only

$$0 < \sigma < 1. \quad (32)$$

The two limiting values $\sigma \rightarrow 0$ and $\sigma \rightarrow 1$ are “unphysical”, since one may not die at birth nor die at an infinite age, respectively.

Next to (30), of course, is a similar LOGELL EQUATION FOR μ , which is immediately derived from (8) and (30). To this end, just take the log of (8) to get

$$\mu = \ln(p-b) + \sigma^2 \quad (33)$$

so that, invoking (29), one finds the desired logell equation for μ :

$$\mu = \ln(p-b) + \frac{\pi(d-p)}{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}. \quad (34)$$

In conclusion, our key two **LOGELL HISTORY EQUATIONS** are

$$\begin{cases} \sigma = \frac{\sqrt{\pi}\sqrt{d-b}}{\sqrt{\pi(d-b)+(\pi-4)(p-b)}} \\ \mu = \ln(p-b) + \frac{\pi(d-p)}{\pi(d-b)+(\pi-4)(p-b)}. \end{cases} \quad (35)$$

8. Considerations on the Logell History Equations

Some considerations on the logell History Formulae (35) are now in order:

- 1) All these formulae are *exact*, i.e., no Taylor series expansion was used to derive them.
- 2) But they were obtained by equalling to zero the *derivative* with respect to σ of the total area under the logell curve given by (20).
- 3) Therefore, the logell History Formulae (35) are the equations of a *minimum* (later shown that this is, indeed, a minimum and not a maximum) *of the $A(\sigma)$ function expressing the total area (20) as a function of σ* . This minimum is the MINIMUM ENERGY PRINCIPLE of our Evo-SETI Theory, i.e., “in our lifetime, we always act in such a way as to *minimize* the energy that we are using.”

9. Logell Peak Coordinates Expressed in Terms of (b, p, d) Only

Of particular importance for all future logell applications is the expression of the peak coordinates (p, P) expressed in terms of the *input triplet* (b, p, d) only. Since the peak abscissa p is assumed to be known, we have to derive only the formula for the peak ordinate P . That is readily obtained by inserting the logell History Formulae (35) into the peak height expression (9). After a few rearrangements, it is found to be given by

$$P = \frac{\sqrt{(\pi-4)(p-b)+\pi(d-b)}}{\sqrt{2}\pi\sqrt{d-p}(p-b)} e^{-\frac{\pi(d-p)}{2[(\pi-4)(p-b)+\pi(d-b)]}}. \quad (36)$$

10. History of Rome as an Example of How to Use the Logell History Formulae

Let us go back to the History of Rome as summarized in the caption to Figure 1. First of all, let us write down neatly the key three *numeric input values* in the History of Rome that were already mentioned in the caption to Figure 1:

$$\text{Rome_input_triplet} = \begin{cases} b = -753 \\ p = 117 \\ d = 476. \end{cases} \quad (37)$$

Then the logell History Equations (35) immediately yield *numerical values of the logell σ and μ for Rome*, which we shall hereafter denote by σ_R and μ_R , respectively

$$\text{Rome_logell_doublet} \begin{cases} \sigma_R = 0.602 \\ \mu_R = 7.131. \end{cases} \quad (38)$$

Next the study of the logell *peak* comes. We already know from (37) that the abscissa of the peak of the Roman civilization was in 117 A.D. under Trajan

$$p_{\text{Rome}} = 117. \quad (39)$$

However, the logell peak ordinate for Rome must be found by virtue of (36). One thus gets

$$P_{\log \sigma^2_{\text{Rome}}} = 6.358 \cdot 10^{-4} = 0.0006358. \quad (40)$$

Part 2: Energy as the Area under Logell Power Curves

ii. Area under Any Logell Power Curve and its Meaning as "Lifetime Energy" of That Living Being

The logell history formulae (35)

$$\begin{cases} \sigma = \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{d-p}}{\sqrt{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}} \\ \mu = \ln(p-b) + \frac{\pi(d-p)}{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}. \end{cases} \quad (41)$$

are "much similar" to the logpar history formulae (39) of ref. [1], that is

$$\begin{cases} \sigma = \frac{\sqrt{2} \sqrt{d-p}}{\sqrt{2d - (b+p)}} \\ \mu = \ln(p-b) + \frac{2(d-p)}{2d - (b+p)}. \end{cases} \quad (42)$$

From this point in the paper onward, we may thus proceed along the lines outlined in ref. [1]. What is the *physical* meaning of the area (20)? If we consider the logell curve as the curve of the *power* (measured in watts) of the Roman civilization along the whole of its history course, then the area under this curve, i.e., the integral of the logell between birth and death is the total energy (measured in joules) spent by the civilization in its whole lifetime:

$$\begin{aligned} \text{ENERGY_spent_in_the_Civilization_LIFETIME} &= \\ &= \int_b^d \text{POWER_of_that_Civilization}(t) dt = \quad (43) \\ &= \int_b^d \text{logell_curve_of_that_Civilization}(t) dt. \end{aligned}$$

In other words, if we know the power curve of any living being that lived in the past, like a cell, or an animal, or a human, or a civilization of humans or of any other living forms (including extraterrestrials), the integral of that power curve, i.e., logell curve, between birth and death, is the TOTAL ENERGY spent by that living form during the whole of its lifetime.

One more point regarding the last statement is this: if we assume that all Humans have potentially the *same* amount of energy to spend during their whole lifetime, then the logell of great men who “died young” (like Mozart, for instance) must have the same area below their logell and so a much higher peak since they lived shorter than others.

Let us next consider the condition that usually one’s death comes *after* one’s peak, but, in exceptional cases, one’s death may also come *just at* one’s peak (as, for instance, for death in a car accident), that is

$$d > p . \quad (44)$$

We now wish to find the value of the ENERGY AT THE PEAK of one’s lifetime. Then, taking the limit of (19) for $d \rightarrow p$ from above and noticing from (13) that $erf(0) = 0$, we find

$$\begin{aligned} \text{Energy}(p) &= \lim_{d \rightarrow p} \frac{1 - erf\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} = \\ &= \lim_{d \rightarrow p} \frac{1 - erf\left(\frac{\sqrt{\pi}\sqrt{d-p}}{\sqrt{2}\sqrt{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}}\right)}{2} = \quad (45) \\ &= \frac{1 - erf(0)}{2} = \frac{1}{2}. \end{aligned}$$

This (45) may look like a surprising result: why should the Energy of a being at its peak be equal to just $\frac{1}{2}$ and not to any other positive value (in joules)? Well, we will soon solve this matter of extending the Energy at peak from $\frac{1}{2}$ to any other positive value as we did already in ref. [1]. But, for the time being, please just content yourself with using the conventional value $\frac{1}{2}$ to simplify the calculations.

On the contrary, if we take the limit of (19) for $d \rightarrow \infty$ (which limit is called “immortality limit” since the living being or civilization is now supposed to live for an infinite amount of time), we immediately see that

$$\begin{aligned} \lim_{d \rightarrow \infty} A(\mu, \sigma) &= \\ &= \lim_{d \rightarrow \infty} \left\{ \frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} + \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2} - \mu}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \frac{\pi}{4} (d - p) \right\} = \infty. \end{aligned} \quad (46)$$

In other words: “if you want to live for an infinite amount of time, you need an infinite amount of energy to do so” (as is obvious).

The next question is this: what is the time of the energy *minimum*? We skip all the lengthy calculations made by Maxima and just write here the result:

$$\begin{aligned} d_{\text{abscissa_of_logell_minimum_Energy}} &= \\ &= b + \frac{\left(\sqrt{-\pi^2 + 8\pi - 12} + 2\right)(p - b)}{\pi}. \end{aligned} \quad (47)$$

This is the abscissa of the minimum of the Energy: we could prove that it is really a minimum, rather than a maximum, by computing the second derivative, but we shall not do so here for the sake of brevity. Let us rather remark that, for the case (37) of Ancient Rome, (47) yields the year of Rome’s minimum energy as 301 A.D. This was the time of Emperor Diocletian, certainly a very troubled time since it was the time of the largest persecution ever against the Christians

(<https://en.wikipedia.org/wiki/Diocletian>). Tourists, visiting the Basilica of Santa Maria degli Angeli e dei Martiri in today’s Rome, might just think of the 40,000 Christian slaves who died to build Diocletian’s Baths, e.g., just at the *minimum of Pagan Rome’s Civilization*.

12. Discovering an Oblique Asymptote of the Energy Function Energy (D) Is Increasing Indefinitely

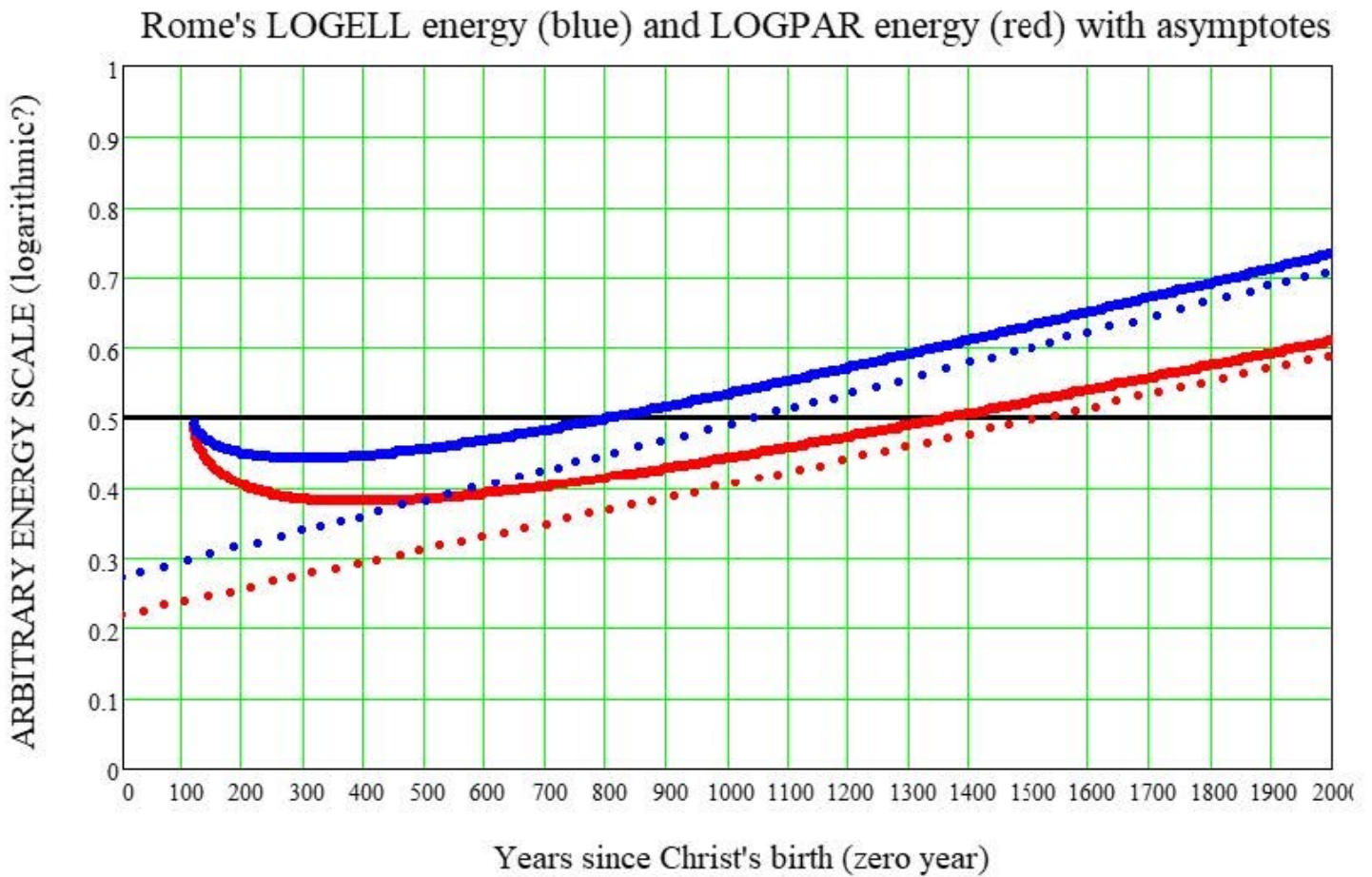
This author discovered (on September 4, 2018) that the following logell total energy (48) has an *oblique asymptote* for $d \rightarrow \infty$. Before we derive the equation of this oblique asymptote, however, some careful understanding of what d means is in order. We always said that the logell theory described in this paper necessitates the three inputs (b, p, d) . However, in this section, we are going to consider *higher and higher* values of the death instant d so that the area under the logell, i.e., the energy of the phenomenon of which the logell is the power, may assume any assigned value. Thus, in this section, the death time d becomes a sort of *new independent variable* D rather than just one of the three fixed inputs (b, p, d) . In other words still, we will be careful to make the distinction between

- 1) the fixed, i.e., known, death instant d and
- 2) the movable, i.e. independent variable D , allowing us to extrapolate into the future the logell having the three fixed input values (b, p, d) .

Having so said, the logell total ENERGY provided by Maxima upon inserting (41) into (20) and then rearranging must more correctly be rewritten as a function of D rather than d and reads

$$\begin{aligned} \text{logell_total_energy}(D) = & \\ = \frac{1 - \text{erf}\left(\frac{\sqrt{\pi}\sqrt{D-p}}{\sqrt{2}\sqrt{\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b)}}\right)}{2} + & \quad (48) \\ + \frac{\sqrt{D-p}\sqrt{\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b)} e^{-\frac{\pi(D-p)}{2\pi D+(2\pi-8)p+(8-4\pi)b}}}{2^{\frac{5}{2}}(p-b)}. & \end{aligned}$$

The following Figure 4 shows Rome's both LOGELL total energy in blue and the LOGPAR total energy in red, the latter as mathematically described in ref. [1].



- 1) Figure 4. Rome's total energy as a function of D (i.e., d , the death time regarded now as the independent variable): The solid curve in red is the LOGPAR ENERGY curve as described in ref. [1]. The dot-dot straight line in red is its oblique asymptote.
- 2) The solid curve in blue is the LOGELL ENERGY curve as given by equation (48) of this paper. The dot-dot straight line in blue is its oblique asymptote.

Now consider the definition of oblique asymptote given in elementary calculus textbooks: if the limit

$$\lim_{D \rightarrow \infty} [Energy(D) - (mD + q)] \quad (49)$$

exists, then the Energy curve $Energy(D)$ approaches more and more the straight line

$$y_{\text{oblique_asymptote}}(D) = mD + q. \quad (50)$$

Differentiating (50) with respect to D , we immediately see that the angular coefficient m of the oblique asymptote is given by the limit for $D \rightarrow \infty$ of the first derivative of the energy (48).

In fact, the first derivative of (48) is given by the following lengthy expression provided by Maxima:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dD} \logell_energy = & ((\pi^2 D^2 - 4\pi p D - 2\pi^2 b D + 4\pi b D + \pi^2 p^2 - 8\pi p^2 + 16p^2 - 2\pi^2 b p + 20\pi b p - 32bp \\ & \frac{\pi p}{\pi^2 b^2 - 12\pi b^2 + 16b^2}) \%e^{2\pi D + 2\pi p - 8p - 4\pi b + 8b} - \frac{\pi D}{2\pi D + 2\pi p - 8p - 4\pi b + 8b}) / (2^{5/2} (p-b) \sqrt{D-p} \\ & (\pi D + (\pi-4)p + (4-2\pi)b)^{3/2}) \end{aligned} \quad (51)$$

Taking the limit of (51) for $D \rightarrow \infty$, we get the energy asymptote's angular coefficient m :

$$m = \lim_{D \rightarrow \infty} \frac{dEnergy(D)}{dD} = \frac{\sqrt{\pi}}{2^{5/2} \sqrt{e} (p-b)} = \frac{0.1900}{p-b}. \quad (52)$$

The same would of course been found had we considered the limit

$$\lim_{D \rightarrow \infty} \frac{Energy(D)}{D} = \lim_{D \rightarrow \infty} \frac{mD + q}{D} = m. \quad (53)$$

As for the asymptote's intercept with the vertical axis, q , (50) shows that it is given by the limit

$$q = \lim_{D \rightarrow \infty} [Energy(D) - mD]. \quad (54)$$

Thus, (50), (52) and Maxima yielded the result

$$q = \frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}{2} - \frac{\sqrt{e}\sqrt{\pi}p}{2^{\frac{5}{2}}\sqrt{e}(p-b)} + \frac{\sqrt{2}\pi - 2^{\frac{3}{2}}}{4\sqrt{e}\sqrt{\pi}} \quad (55)$$

In conclusion, the oblique asymptote to the Logell Energy (48) is given by

$$y(D) = \frac{\pi D + \pi(p-2b) - 4(p-b)}{2^{\frac{5}{2}}\sqrt{e}\sqrt{\pi}(p-b)} + \frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}{2} \quad (56)$$

Part 3: Mean Power in a Logell Lifetime

13. Mean Power in a Logell Lifetime

In this section we are going to consider the notion of *mean value* of a logell power curve. Having abandoned the normalization condition for our logell curves, clearly we may not use the same mean value definition of a random variable typical of probability theory. However, using the **Mean Value Theorem for Integrals** instead is easy. This is a variation of the **mean value theorem**, which guarantees that a continuous function has at least one point where the function equals the *average* value of the function.

To translate the **Mean Value Theorem for Integrals** into a mathematical equation holding for logell curves, we have to start from the Area equation, which is the logell energy equation (48) with *d* replaced by *D*, and divide that area by the length of the (*D* - *b*) segment in order to get the point along the vertical axis such that the area of the rectangle equals the Area. This is the required **Mean Power Value over a lifetime** and is given by

$$\begin{aligned} \text{Mean_POWER_over_a_lifetime} &= \frac{A(b,p,D)}{D-b} = \\ &= \frac{\text{logell_total_energy}(D)}{D-b} = \quad (57) \\ &= \frac{1}{D-b} \left[\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{\pi}\sqrt{D-p}}{\sqrt{2}\sqrt{\pi(D-b) + (\pi-4)(p-b)}}\right)}{2} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\sqrt{D-p}\sqrt{\pi(D-b) + (\pi-4)(p-b)} e^{-\frac{\pi(D-p)}{2\pi D + (2\pi-8)p + (8-4\pi)b}}}{2^{\frac{5}{2}}(p-b)} \right] \end{aligned}$$

Just to check the correctness of (57), consider the limit of the Mean POWER over a lifetime (57) for $D \rightarrow \infty$. The calculation implies the use of L'Hospital's rule, and the result is

$$\begin{aligned} \text{Asymptotic_Mean_Power_over_a_lifetime} &= \\ &= \lim_{D \rightarrow \infty} (\text{Mean_Power_over_a_lifetime}) = \\ &= \lim_{D \rightarrow \infty} \left(\frac{\text{logell_total_energy}(D)}{D-b} \right) = \quad (58) \\ &= \frac{\sqrt{\pi}}{2^{\frac{5}{2}} \sqrt{e}(p-b)}. \end{aligned}$$

But, this is, of course, the same as angular coefficient (52) of the logell energy asymptote since this angular coefficient is just the limit of the derivative of the logell total energy for $D \rightarrow \infty$; so, everything makes sense.

By this we have completed the study of the mean along the vertical axis, i.e., the power axis. However, one might still wish to find, in some sense, "the mean value of what lies on the horizontal axis," i.e., the lifetime mean value. That is done in the next section.

Part 4: Logell Lifetime Mean Value

14. Lifetime Mean Value

It is natural to seek for some mathematical expression yielding the mean value of a lifetime, meaning the mean value *along the time axis* of the $(D-b)$ time segment representing the *lifetime* of a living organism, or a civilization or even an ET civilization. We propose the following definition of such a lifetime mean value:

$$\begin{aligned} \text{lifetime_mean_value} &= \\ &= \int_b^p t \cdot b \text{-lognormal}(t, \mu, \sigma, b) dt + \int_p^D t \cdot \text{ellipse}(t) dt = \quad (59) \end{aligned}$$

inserting the b-lognormal (7) and the ellipse (5) into (59), the latter is turned into

$$= \int_b^p t \cdot \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma(t-b)} dt + \int_p^D t \cdot P \sqrt{1 - \frac{(t-p)^2}{(D-p)^2}} dt. \quad (60)$$

The first integral may be computed in terms of the error function $\text{erf}(x)$ given by (13), and the result is

$$\int_b^p t \cdot \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma(t-b)} dt =$$

$$= \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2}+\mu} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sigma^2 - \log(p-b) + \mu}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right]}{2} + \quad (61),$$

$$+ \frac{b \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\log(p-b) - \mu}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right]}{2} =$$

which may be further simplified by resorting to (8), with the result

$$\int_b^p t \cdot \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma(t-b)} dt =$$

$$= \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2}+\mu} \left[1 - \operatorname{erf}(\sqrt{2}\sigma) \right]}{2} + \frac{b \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}} \right) \right]}{2}. \quad (62)$$

Re-expressing now (62) in terms of the Logell History Formulae (35), it finally takes the lengthy but exact form given by Maxima as follows:

$$\int_b^p t \cdot \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma(t-b)} dt = \quad (63)$$

$$\frac{(p-b) \% e^{\frac{3\pi(d-p)}{2((\pi-4)(p-b)+\pi(d-b))}} \operatorname{erf} \left(\frac{\sqrt{2}\sqrt{\pi}\sqrt{d-p}}{\sqrt{(\pi-4)(p-b)+\pi(d-b)}} \right) - b \operatorname{erf} \left(\frac{\sqrt{\pi}\sqrt{d-p}}{\sqrt{2}\sqrt{(\pi-4)(p-b)+\pi(d-b)}} \right)}{2} -$$

$$\frac{(b-p) \% e^{\frac{3\pi(d-p)}{2((\pi-4)(p-b)+\pi(d-b))}} + \frac{b}{2}}$$

As for the second integral in (60), i.e., the ellipse integral, it is promptly computed as follows:

$$\int_p^D t \cdot P \cdot \sqrt{1 - \frac{(t-p)^2}{(D-p)^2}} dt = \quad (64)$$

$$\left((3p^3 - 6dp^2 + 3d^2p) \operatorname{asin}\left(\frac{D-p}{p-d}\right) + 2p^3 - 6dp^2 + 6d^2p - 2d^3 \right) P + \sqrt{-D+2p-d} \sqrt{D-d} \\ (2D^2 - pD - 3p^2 + 4dp - 2d^2)P / (6p - 6d)$$

Inserting for P its expression (36), after some rearranging, we conclude that the ellipse integral is given by

$$\int_p^D t \cdot P \cdot \sqrt{1 - \frac{(t-p)^2}{(D-p)^2}} dt = \\ \left(\sqrt{\pi(D-b) + (\pi-4)(p-b)} \frac{\pi(D-p)}{e^{2(\pi(D-b) + (\pi-4)(p-b))}} + \frac{\pi(p-D)}{\pi D + \pi p - 4p - 2\pi b + 4b} \right) \\ \left((3p^3 - 6dp^2 + 3d^2p) \operatorname{asin}\left(\frac{D-p}{p-d}\right) + 2p^3 - 6dp^2 + 6d^2p - 2d^3 \right) / \left(\sqrt{2} \pi(p-b) \sqrt{D-p} + (\sqrt{-D+2p-d} \sqrt{D-d}) \right) \\ \left(\sqrt{\pi(D-b) + (\pi-4)(p-b)} (2D^2 - pD - 3p^2 + 4dp - 2d^2) \frac{\pi(D-p)}{e^{2(\pi(D-b) + (\pi-4)(p-b))}} + \frac{\pi(p-D)}{\pi D + \pi p - 4p - 2\pi b + 4b} \right) / \left(\sqrt{2} \pi \right. \\ \left. (p-b) \sqrt{D-p} \right) / (6p - 6d) \\ (65).$$

In conclusion, the mean lifetime is found by summing (63) and (65) and reads

$$\text{lifetime_mean_value} = \quad (66)$$

$$\frac{(p-b) \% e^{\frac{3\pi(d-p)}{2((\pi-4)(p-b)+\pi(d-b))}} \operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{2}\sqrt{\pi}\sqrt{d-p}}{\sqrt{(\pi-4)(p-b)+\pi(d-b)}}\right) - b \operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{\pi}\sqrt{d-p}}{\sqrt{2}\sqrt{(\pi-4)(p-b)+\pi(d-b)}}\right)}{2} - \frac{(b-p) \% e^{\frac{3\pi(d-p)}{2((\pi-4)(p-b)+\pi(d-b))}} + \frac{b}{2}}{2}$$

$$\left((\sqrt{\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b)} \% e^{\frac{\pi(D-p)}{2(\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b))}} + \frac{\pi(p-D)}{\pi D+\pi p-4p-2\pi b+4b} \right) / \left((3p^3-6dp^2+3d^2p) \operatorname{asin}\left(\frac{D-p}{p-d}\right) + 2p^3-6dp^2+6d^2p-2d^3 \right) / (\sqrt{2}\pi(p-b)\sqrt{D-p}) + (\sqrt{-D+2p-d}\sqrt{D-d})$$

$$\sqrt{\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b)} (2D^2-pD-3p^2+4dp-2d^2) \% e^{\frac{\pi(D-p)}{2(\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b))}} + \frac{\pi(p-D)}{\pi D+\pi p-4p-2\pi b+4b} / (\sqrt{2}\pi(p-b)\sqrt{D-p}) / (6p-6d)$$

Just to give a numerical example, let us find the mean lifetime of the Civilization of Rome. The first integral (63), by virtue of the Rome input triplet (37), yields the numeric value of the mean b-lognormal, i.e.,

$$\text{mean_value_of_Rome_b-lognormal} = -35.6 \quad (67).$$

This means four years before the battle of Actium fought on 2 September 31 B.C.: a crucial event that saw Cleopatra’s Egypt being absorbed as just one more Roman province (“Battle of Actium”). On the other hand, the quarter-of-ellipse integral (16) and the Rome input triplet (37) yield for the quarter-of-ellipse mean value the year is

$$\text{Rome_quarter-of-ellipse_mean_value} = 49.1. \quad (68)$$

This year, 49 A.D., was a year falling during the empire of Claudius (41-54 A.D.) and, most importantly, was just about sixteen years after Jesus Christ had been crucified in Jerusalem. So, by summing up the two equations (67) and (68), we reach the important conclusion that the mean value of the overall Rome’s LOGELL History power curve falls just around the year 13.5 A.D., i.e., within the time of Augustus, first Roman emperor (who died August 19,14 A.D.):

$$\begin{aligned} \text{mean_value_of_Rome_LOGELL_History_Power_Curve} &= \\ &= 13.5 \text{ A.D.} = \\ &= \text{Time_of_Augustus.} \end{aligned} \quad (69)$$

This is a noteworthy result. Our Evo-SETI Theory, in the LOGELL form described in this paper, predicts that the “most important year in the History of Rome happened ... just in the time of Augustus, and just when Jesus Christ was living his transition from a boy into an adult man”—By far the most important formation time in every man’s life, and the more so in Jesus’s own life!

Part 5: Conclusions: Which One Is Better? Logell or Logpar?

15. Conclusions about Rome’s Civilization

In this paper we have discussed for the first time two alternative mathematical models for our Evo-SETI Theory:

- 1) The LOGELL model, where one’s life is described by a power curve made up by a b-lognormal in between birth and peak plus a quarter of an ellipse between peak and death.
- 2) The LOGPAR model, where one’s life is described by a power curve made up by a b-lognormal in between birth and peak plus descending parabola between peak and death.

Which one better describes the true history of a civilization?

As for the case of Rome, the two models provide the following results:

- 1) LOGELL: minimum energy at the time of Diocletian, i.e., at the crucial transition between pagan and Christian Rome (313 A.D. Edict of Milan by Constantine and Licinius). Then, full recovery (at the old Trajan level of 117 A.D.) around the year 800 A.D. by Charlemagne.
- 2) LOGPAR: minimum energy around the year 378 A.D. (first serious defeat inflicted by the Barbarians to the Romans at the battle of Hadrianople) and full recovery only at the end of the Middle Ages about 1400 A.D. (Italian Renaissance).

The personal opinion of this author is that the LOGPAR model is more appropriate than the LOGELL one, at least in the case of Rome.

16. Conclusions about Evo-SETI Theory

More and more exoplanets are now being discovered by astronomers either by observations from the ground or by virtue of space missions, like Kepler, Gaia, and other future space missions. As a consequence, a recent estimate sets at 40 billion the number of Earth-sized planets orbiting in the habitable zones of sun-like stars and red dwarf stars within the Milky Way galaxy. With such huge numbers of “possible Earths” in sight, astrobiology and SETI are becoming research fields more and more attractive to a number of young scientists. Mathematically innovative papers like the Evo-SETI ones, revealing unsuspected relationships like the one between the Molecular Clock and the Entropy of b-lognormals in Evo-SETI Theory, should thus be welcome.

In refs. [1], [2] and this paper we did more than just in all previous Evo-SETI papers. While just preserving all the advantages of the b-lognormal probability density functions, we kept these b-lognormals good for only the first part of the curve: the one between birth and peak. The second part, between peak and death, was replaced in the present paper for the first time by just a simple descending quarter-of-ellipse, thus avoiding any inflexion point like the “senility” point typical of b-lognormals that was so difficult to estimate numerically in most cases. Thus LOGELL curves, just as LOGPAR curves, have greatly simplified the description of any finite phenomenon in time like the lifetime of a cell, or a human, or a civilization (like the Rome one used in this paper as an example) or even like an ET civilization.

In other words, we abandoned the normalization condition of b-lognormals retaining just their shape but not the unit area underneath. This transformed both logpars and logells into power curves, both in the popular sense where “power” means political and military power and in the strictly physical sense, where “power” means a curve measured in Watts. The area under such a logpar or logell is indeed the ENERGY associated to the whole lifetime between birth and death. So, for the first time in the creation of our Evo-SETI Theory, we were able to add ENERGY to the ENTROPY previously considered already. Energy and entropy are the two pillars of classical thermodynamics, making Evo-SETI even more neatly applicable to a host of biological as well as physical phenomena.

Finally, one more crucial step lies ahead, which we made by introducing both logpars and logells. Without mentioning it much so far, we actually stumbled into the PRINCIPLE OF LEAST ACTION. This is, of course, the #1 mathematical tool of all theoretical physicists: just think of all the unified theories of gravitation, where a certain action function is postulated, then the Least Action Principle (or Hamilton’s Principle) and the relevant Euler-Lagrange differential equations are derived, and finally (hopefully) solved, yielding the trajectory of particles. Well, the ACTION has the dimension of an ENERGY MULTIPLIED BY THE TIME, and this is precisely what we did when finding the area under the logpars and the logells and considering their integrals between birth and death. Therefore, we claim that the logpars and logells are the optimal trajectory of our Evo-SETI Theory, also in regard to the Least Action Principle. The future will reveal whether our conjectures are right and largely applicable to astrobiology.

References

- “Battle of Actium.” 2020. Wikipedia: The Free Encyclopedia. Accessed March 2020. https://en.wikipedia.org/wiki/Battle_of_Actium
- Maccone, C. 2018. “Energy of Extraterrestrial Civilizations according to Evo-SETI Theory.” *Aca Astronautica* 144, 202-213.
- _____. 2018. “Life Expectancy and Life Energy according to Evo-SETI Theory.” *International Journal of Astrobiology* 18 (1) 1-11.

Due Curve di Potenza Rappresentanti l'Energia di un Ciclo di Vita nella Teoria Evo-SETI

Claudio Maccone

International Academy of Astronautics (IAAA, Parigi) e Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF, Italia)

Tradotto da Nicoló Antonietti

Correspondence | Claudio.maccone@gmail.com

Citation | Maccone, Claudio. 2020. "Due Curve di Potenza Rappresentanti l'Energia di un Ciclo di Vita nella Teoria Evo-SETI"

Tradotto da Nicoló Antonietti. *Journal of Big History IV* (2): 105-127

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4251>

Riassunto

Questo articolo presenta un nuovo modello matematico per l'energia di cui un essere vivente ha bisogno per vivere tutto il suo ciclo di vita, tra la nascita e la morte. Questo modello funziona anche con una civiltà fatta di molti esseri viventi. Il modello si basa su una CURVA DI POTENZA LOGELL, cioè una curva nel tempo composta da una densità di probabilità lognormale tra la nascita e il picco, seguita da un'ellisse tra il picco e la morte (LOGELL significa LOGnormale più ELLisse). Noi deriveremo le equazioni analitiche rappresentanti l'energia in termini di tre soli parametri: l'istante della nascita b , l'istante del picco della curva di potenza p , e l'istante della morte, d . L'autore ha precedentemente pubblicato diversi articoli riguardanti la sua teoria Evo-SETI (Evo-SETI significa Evoluzione e SETI) che riguarda l'evoluzione biologica sulla Terra negli ultimi 3,5 miliardi di anni, descritta come un incremento del numero di specie viventi dalla prima forma vivente (RNA, la prima molecola capace di riprodursi) fino al numero attuale di (diciamo) 50 milioni di Specie viventi sulla Terra. Le passate estinzioni in massa rendono questa evoluzione un processo stocastico, il cui valore medio è una funzione esponenziale, chiamato Moto Browniano Geometrico (GBM). In quegli articoli, un ciclo di vita, piuttosto che una Logell, era una b -lognormale, cioè una lognormale che parte da un istante b (nascita), arriva fino al flesso discendente (s) e poi scende linearmente verso l'istante della morte a partire dal suo punto di flesso discendente s . La nostra scoperta matematica del Teorema del Luogo-dei-Picchi ha dimostrato che l'esponenziale GBM è il luogo dell'insieme dei picchi delle b -lognormali. Siccome le b -lognormali sono densità di probabilità, l'area sotto ciascuna di esse vale 1 (condizione di normalizzazione) e quindi, andando da sinistra a destra lungo l'asse dei tempi, le b -lognormali diventano sempre più "piccate", e quindi durano meno nel tempo. Questo "livello di civilizzazione" è quello che i fisici chiamano ENTROPIA (di Shannon) dell'informazione, cioè le Specie più evolute hanno un contenuto di informazione maggiore rispetto alle Specie meno evolute. L'autore ha anche dimostrato matematicamente che, per tutti gli esponenziali GBM, l'Entropia di Shannon delle b -lognormali cresce LINEARMENTE nel tempo. L'Orologio Molecolare, ben noto ai genetisti sin dal 1962, mostra che il numero di sostituzioni di basi nel DNA avvengono LINEARMENTE nel tempo poiché esse

sono neutrali rispetto alla selezione darwiniana. La conclusione è che l'Orologio Molecolare e l'incremento LINEARE della EvoEntropy nel tempo sono proprio la stessa cosa! In altre parole, *noi abbiamo derivato matematicamente LA LEGGE l'Orologio Molecolare come parte della nostra teoria Evo-SETI*. Infine, questa entropia che aumenta linearmente è proprio la nuova SCALA EvoSETI per misurare l'evoluzione della vita non solo sulla Terra, ma anche sugli Esopianeti (la SCALA è misurata in bit).

In conclusione, la nostra invenzione della curva di Potenza Logell, descritta in questo articolo, fornisce un nuovo strumento matematico per la nostra descrizione matematica Evo-SETI della vita, della storia e del SETI.

Parole chiave

evoluzione biologica; orologio molecolare; entropia; SETI.

PARTE 1:

CURVE LOGELL E LE LORO EQUAZIONI DELLA STORIA

1. INTRODUZIONE ALLE CURVE LOGELL “CON CICLO DI VITA FINITO”

L'idea di partenza è semplice: cerchiamo di rappresentare il ciclo di vita di ogni essere vivente con soli tre istanti nel tempo: nascita, picco, morte (BPD). Nessun altro punto in mezzo è necessario. Cioè, nessun altro “punto di senilità” s è richiesto come quello che appare in tutte le b-lognormali che l'autore ha pubblicato nella sua teoria Evo-SETI fino al 2017. Infatti, è più facile e naturale descrivere il ciclo di vita di un individuo nei soli termini di nascita, picco e morte, piuttosto che in termini di nascita, senilità e morte, poiché è **incerto** stabilire quando incominci la senilità e, in pratica, è difficile definirlo per qualunque individuo o per qualunque civilizzazione.

Si guardi la Figura 1.

La prima parte, sulla sinistra, cioè prima del picco p , è **una semplice** b-lognormale: parte all'istante della nascita b , cresce fino all'istante dell'adolescenza a (punto di flesso ascendente della b-lognormale) (in realtà, l'istante dell'adolescenza si dovrebbe chiamare, più propriamente, “istante della pubertà” poiché segna l'inizio della capacità riproduttiva per quel dato individuo) e, finalmente, raggiunge il picco all'istante p (punto di massimo, cioè il punto in cui la derivata prima della b-lognormale vale zero). Tutto quanto riportato finora è semplice materiale riguardante la b-lognormale, come abbiamo pubblicato a partire circa dal 2012.

Ma ora giunge la novità, cioè la seconda parte, quella a destra: cioè un'**ellisse** con vertice esattamente all'istante del picco p . Si noti come questa definizione implichi automaticamente che la linea tangente al picco è orizzontale, quindi lo stesso sia per la b-lognormale che per l'ellisse. Si noti anche come, dopo il picco, la curva scenda velocemente fino a quando raggiunge l'asse dei tempi all'istante della morte d con una tangente perfettamente verticale. Quindi, questa nuova definizione di istante di morte d è **diversa dalla vecchia definizione di d** , ottenuta facendo uso solamente delle b-lognormali, come abbiamo pubblicato prima del 2017.

E questa è la nuova CURVA LOGELL (b-LOGnormale più ELLisse), LIMITATA NEL TEMPO (cioè il suo supporto temporale va dalla nascita alla morte). Introduciamo qui la curva Logell per la prima volta in questo articolo e la analizziamo con risultati sorprendenti.

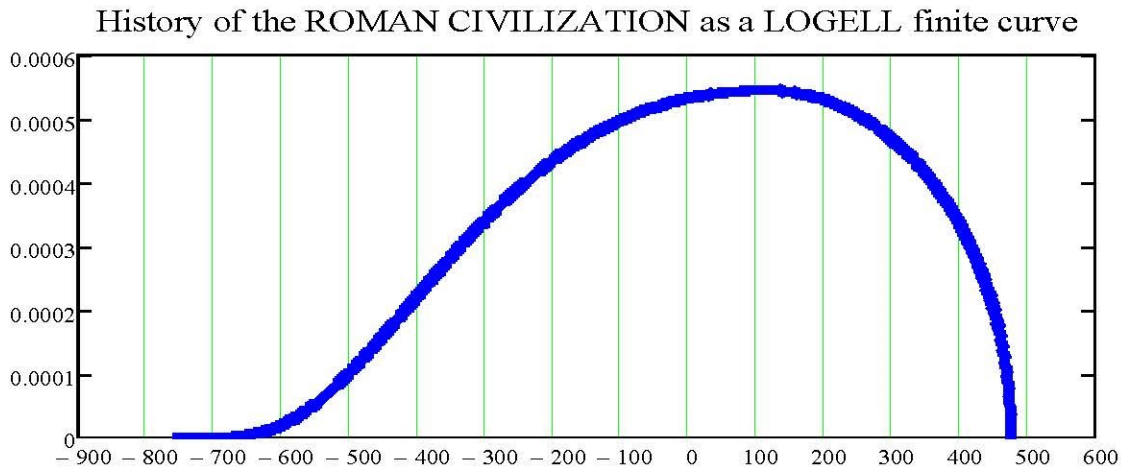


Figura 1. Rappresentazione della Storia della civilizzazione dell'Antica Roma come una curva LOGELL, limitata nel tempo. Roma fu fondata nel 753 A.C., cioè nell'anno -753, nella nostra notazione, o $b = -753$. Successivamente, la repubblica e l'impero romano (l'impero a partire dal primo imperatore, Augusto, all'incirca dopo il 27 A.C.) continuarono ad espandersi nei territori conquistati fino al picco (massima espansione, fino a Susa, nell'attuale Iran) avvenuta nell'anno 117 D.C., quindi $p = 117$, sotto l'imperatore Traiano. Dopo, ha inizio il declino e la perdita di territori fino al collasso finale nel 476 D.C. ($d = 476$, Romolo Augusto, l'ultimo imperatore). Quindi, sono necessari soltanto tre istanti nel tempo per riassumere tutta la Storia di Roma: $b = -753$, $p = 117$, $d = 476$. I numeri lungo l'asse verticale saranno spiegati nel seguito.

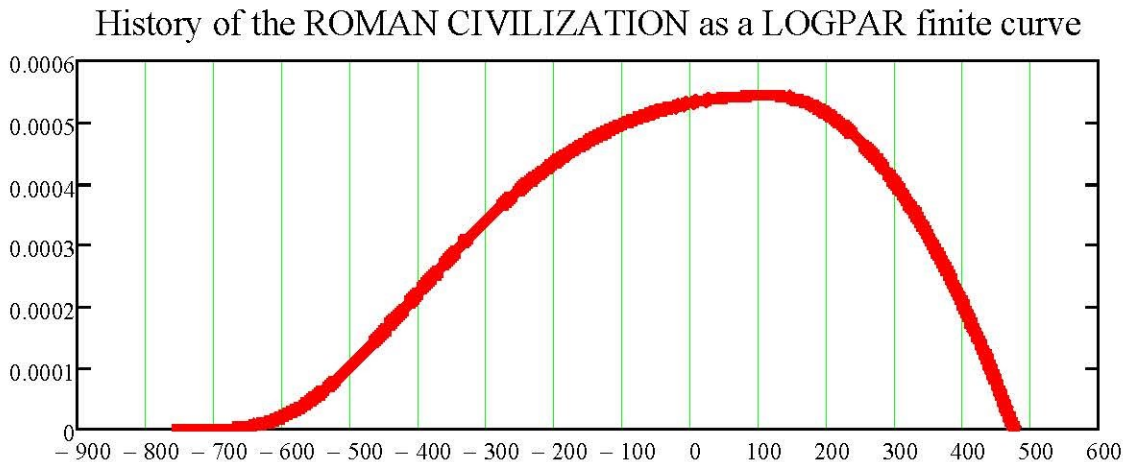


Figura 2. Rappresentazione della Storia della civiltà di Roma Antica come una curva limitata LOGPAR. Questa curva Logpar è composta, nel tempo, da una b-lognormale tra la nascita e il picco e da una parabola tra il picco e la morte. Fu usata dall'autore negli anni 2017 e 2018, nei rif. [1] and [2]. Si prega di leggere questi riferimenti per una trattazione matematica completa della Logpar, culminante nelle due Formule della Storia Logpar, che esprimono i due parametri della b-lognormale, μ (un numero reale) e σ (un numero positivo) in termini di soltanto tre numeri reali b , p e d , con la condizione $b < p < d$.

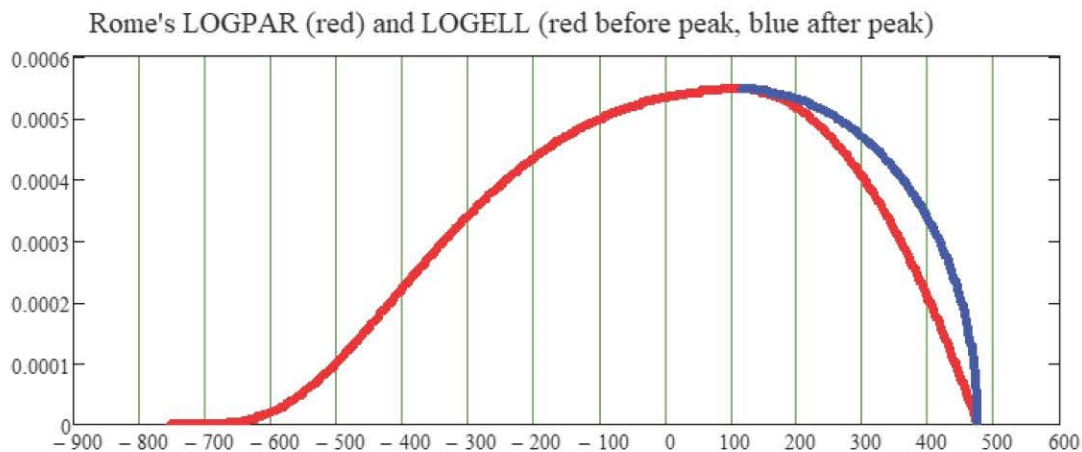


Figura 3. La differenza tra una LOGELL e una LOGPAR è solamente nel loro andamento tra il picco p e la morte d : un'ELLISSE per la LOGELL (in blu, qui sopra) e una PARABOLA per la LOGPAR (in rosso, qui sopra). La parte in comune della curva, prima del picco (in rosso, qui sopra) è una b-lognormale, cioè una funzione densità di probabilità lognormale (pdf = probability density function) nel tempo, con inizio all'istante della nascita b e picco all'istante p . In questo modo, il ciclo di vita limitato di ogni essere vivente o civiltà è una curva di POTENZA (Potenza misurata in Watt, come si fa in fisica) e l'area sotto questa curva di Potenza è l'ENERGIA totale di cui l'essere vivente o la civiltà hanno bisogno per la loro esistenza. Infatti, l'ENERGIA è proprio l'integrale della POTENZA nel tempo o, se si preferisce, la POTENZA è proprio la DERIVATA DELL'ENERGIA rispetto al tempo.

2. EQUAZIONE DELL'ELLISSE NELLA PARTE DESTRA DELLA LOGELL

Ora riporteremo, in un linguaggio opportunamente matematico, la descrizione data precedentemente della curva Logell.

Si consideri l'equazione di un'ellisse come nota a tutti gli studenti delle scuole superiori:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (1)$$

L'asse orizzontale è ora il tempo, con notazione t , e supporto $p < t < d$. Lungo l'asse verticale, abbiamo la variabile indipendente y che varia tra 0 e P . Si può quindi passare da (1) alla nuova equazione dell'ellisse grazie alle quattro sostituzioni

$$\begin{cases} x \rightarrow (t - p) \\ a \rightarrow (d - p) \\ y \rightarrow y \\ b \rightarrow P \end{cases} \quad (2)$$

Inserendo (2) in (1) quest'ultima diventa

$$\frac{(t-p)^2}{(d-p)^2} + \frac{y^2}{P^2} = 1. \quad (3)$$

Oppure

$$\frac{y^2}{P^2} = 1 - \frac{(t-p)^2}{(d-p)^2} \quad (4)$$

Risolvendo (4) per y e prendendo il segno più in fronte al radicale, quindi il ramo superiore dell'ellisse, si ottiene l'equazione desiderata del nostro quarto di ellisse in funzione del tempo t

$$y(t) = P \sqrt{1 - \frac{(t-p)^2}{(d-p)^2}}. \quad (5)$$

A conferma, si può verificare che (5) immediatamente implica le due ovvie condizioni

$$\begin{cases} y(p) = P \\ y(d) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

3. EQUAZIONE DELLA b-LOGNORMALE NELLA PARTE SINISTRA DELLA LOGELL

Per quanto riguarda la b-lognormale tra nascita e picco, cioè la parte sinistra della curva Logell, sono già noti tutti i dettagli matematici grazie ai molti articoli pubblicati precedentemente dall'autore, sull'argomento, ma verranno qui riassunte le equazioni principali, per completezza.

L'equazione della b-lognormale, con inizio in b , è

$$b_lognormal(t; \mu, \sigma, b) = \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi} \sigma (t-b)}. \quad (7)$$

con $\sigma > 0$ e $-\infty < \mu < \infty$. L'autore ha fornito, nei rif. [1] e [2] le tavole con la lista delle principali equazioni che si possono dedurre da (7) e non saranno nuovamente dedotte qui. Ci limitiamo a ricordare che:

1) L'ascissa p del picco di (7) è data da

$$p = b + e^{\mu - \sigma^2}. \quad (8)$$

Dimostrazione. Si calcoli la derivata di (7) rispetto a t e la si ponga uguale a zero. Poi, si risolva l'equazione risultante per t , che diventa ora p , e si trova così (8).

2) L'ordinata P del picco di (7) è data da

$$P = \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2} - \mu}}{\sqrt{2\pi} \sigma}. \quad (9)$$

Dimostrazione. Si scriva p al posto di t in (7) e si sostituisca (8) a p . Si semplifichi, quindi, per ottenere (9).

3) L'ascisa del punto di adolescenza a (che si dovrebbe più propriamente chiamare "punto di pubertà") è l'ascissa del punto di flesso ascendente di (7). È data da

$$a = b + e^{-\frac{\sigma\sqrt{\sigma^2+4}}{2} - \frac{3\sigma^2}{2} + \mu} \quad (10)$$

Dimostrazione. Si calcoli la derivata seconda di (7) rispetto a t e la si ponga uguale a zero. Si risolva quindi l'equazione risultante per t , che diventa ora a , e si ottiene quindi (10).

4) L'ordinata del punto di adolescenza è data da

$$\frac{e^{-\frac{\sigma\sqrt{\sigma^2+4}}{4} + \frac{\sigma^2}{4} - \mu - \frac{1}{2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \quad (11)$$

Dimostrazione. Si riscriva semplicemente a al posto di t in (7) e si inserisca (10) e si semplifichi il risultato.

Si noti ora che, nel contesto della teoria della Logell descritta in questo articolo, NON si può dire che (7) rispetti la condizione di normalizzazione della b-lognormale

$$\int_b^\infty b_lognormal(t, \mu, \sigma, b) dt = 1. \quad (12)$$

Infatti, (7) può solamente variare tra b e p . Quindi, piuttosto che assumere (12), bisogna sostituire (12) con l'integrale di (7) solamente tra b e p . Fortunatamente, è possibile risolvere l'integrale in termini della **funzione di errore**, definite da

$$erf(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt. \quad (13)$$

Infatti, l'integrale della b-lognormale (7) tra b e p risulta essere dato da

$$\int_b^p b_lognormal(t, \mu, \sigma, b) dt = \int_b^p \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma(t-b)} dt = \frac{1 + erf\left(\frac{\sqrt{2}\ln(p-b) - \sqrt{2}\mu}{2\sigma}\right)}{2} =$$

Ora, inserendo (8) al posto di p nell'argomento di erf , si ottiene una notevole semplificazione μ e b scompaiono entrambi e rimane solamente σ . In aggiunta, la proprietà della funzione di errore $erf(-x) = -erf(x)$ ci consente di riscrivere

$$= \frac{1 + \operatorname{erf}\left(-\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} = \frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2}. \quad (14)$$

In conclusione, l'area sotto la b-lognormale tra la nascita e il picco è data da

$$\int_b^p b_{\text{lognormal}}(t, \mu, \sigma, b) dt = \frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2}. \quad (15)$$

Questo risultato si dimostrerà essere di importanza chiave per ulteriori sviluppi descritti in questo articolo.

4. AREA SOTTO L'ELLISSE NELLA PARTE DESTRA DELLA CURVA LOGELL TRA IL PICCO E LA MORTE

Abbiamo già dimostrato che l'ellisse nella parte destra della curva Logell ha equazione . Ora vogliamo trovare l'area sotto l'ellisse tra il picco e la morte. Se ci si ricorda che l'area completa dell'ellisse con semiassi a e b è uguale a πab , è ovvio che la nostra area è solo un quarto di questa. Lo stesso risultato si trova tramite la valutazione dell'integrale definito (si lascia questo calcolo al lettore, come esercizio)

$$\int_p^d P \sqrt{1 - \frac{(t-p)^2}{(d-p)^2}} dt = \frac{\pi}{4} P(d-p). \quad (16)$$

5. AREA SOTTO LA CURVA LOGELL COMPLETA TRA LA NASCITA E LA MORTE

Siamo ora pronti a calcolare l'area completa A sotto la curva Logell, che è data dalla **somma** delle equazioni (15) e (16), cioè

$$\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} + \frac{\pi}{4} P(d-p) = A \quad (17)$$

Questa è una delle equazioni più importanti di questo articolo. Infatti, se volessimo che la Logell fosse una vera funzione densità di probabilità (pdf), dovremmo assumere in (17)

$$A = 1 \quad (18)$$

Ma, sorprendentemente, NON lo faremo!

Consideriamo, piuttosto, cosa stiamo facendo:

1) Stiamo creando un "modello matematico della Storia", dove l'"Evoluzione della Storia" di ogni Civilizzazione nel tempo è rappresentata da una curva Logell.

- 2) In questo modello, si richiede soltanto la conoscenza di tre istanti nel tempo: b , p e d .
 3) L'area della curva completa dipende sia da σ che da μ , come si vede inserendo (9) al posto di P in (17), cioè

$$\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} + \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2} - \mu}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \frac{\pi}{4}(d - p) = A(\mu, \sigma). \quad (19)$$

- 4) Anche p deve essere sostituito dalla sua espressione (8) in termini di σ e μ per ottenere la nuova equazione

$$\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} + \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2} - \mu(\sigma)}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \frac{\pi(d - b - e^{\mu(\sigma) - \sigma^2})}{4} = A(\mu, \sigma). \quad (20)$$

- 5) La (20) significa che **la nascita e la morte sono istanti fissati**, ma la posizione del **picco può muoversi liberamente tra di essi** in accordo con i diversi esseri viventi o civiltà che saranno considerati. In altre parole, (20) restituisce differenti valori numerici di σ e μ (σ) a seconda di dove il picco si trova tra la nascita e la morte.

- 6) In aggiunta, vorremmo sbarazzarci della funzione di errore erf in (20). Come si può fare?

6. L'AREA SOTTO LA CURVA LOGELL DIPENDE SOLO DA SIGMA. E ALLORA CI CALCOLIAMO LA DERIVATA DELL'AREA RISPETTO A SIGMA

La risposta semplice all'ultima domanda 6) è "differenziando entrambi i membri di (20) rispetto a σ ". Infatti, la derivata della funzione erf (13) è l'esponenziale "gaussiano"

$$\frac{d \operatorname{erf}(x)}{dx} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-x^2} \quad (21)$$

e così, la funzione erf scomparirà differenziando (20) rispetto a σ . Infatti, la derivata del primo termine a sinistra del segno di uguale di (20) è semplicemente, in accordo con (21),

$$\frac{d}{d\sigma} \left[\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} \right] = -\frac{e^{-\frac{\sigma^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}}. \quad (22)$$

Per quanto riguarda la derivata rispetto a σ del secondo termine a sinistra del segno di uguale di (20), prima di tutto notiamo che σ compare tre volte nel termine stesso. Quindi la derivata è la somma di tre termini, ciascuno dei quali include la derivata di uno dei tre termini moltiplicato per gli altri due termini

immutati. In equazioni, si ha:

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\sigma} \left[\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} + \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2}-\mu}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \frac{\pi(d-b-e^{\mu-\sigma^2})}{4} \right] = \\ = \frac{\sqrt{\pi} e^{-\frac{\sigma^2}{2}}}{2^{\frac{3}{2}}} - \frac{e^{-\frac{\sigma^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} - \frac{\sqrt{\pi}(-e^{\mu-\sigma^2} + d-b)e^{\frac{\sigma^2}{2}-\mu}}{2^{\frac{5}{2}}\sigma^2} + \\ - \frac{\sqrt{\pi}(e^{\mu-\sigma^2} - d+b)e^{\frac{\sigma^2}{2}-\mu}}{2^{\frac{5}{2}}}. \end{aligned} \quad (23)$$

Diverse forme alternative dell'equazione (23) sono possibili, e ciò è piuttosto disorientante. Però, con un manipolatore simbolico (l'autore si è servito del programma "Maxima" creato dalla NASA negli anni '60 per i difficili calcoli dei voli spaziali), alcuni ulteriori passi conducono alla seguente forma di (23):

$$\begin{aligned} \frac{dA(\mu(\sigma), \sigma)}{d\sigma} &\equiv \frac{dA(\sigma)}{d\sigma} = \\ &= \frac{e^{-\frac{\sigma^2}{2}+\mu} \sqrt{2} \left[\pi(d-b)(\sigma^2-1)e^{\sigma^2} + e^{\mu}(\sigma^2(\pi-4)+\pi) \right]}{8\sqrt{\pi}\sigma^2}. \end{aligned} \quad (24)$$

Possiamo ancora semplificare inserendo (8) e facendo così scomparire μ . Il risultato è

$$\begin{aligned} \frac{dA(\sigma)}{d\sigma} &= \\ &= \frac{e^{-\frac{\sigma^2}{2}+\mu} \sqrt{2} \left\{ \pi(d-p)(\sigma^2-1)e^{\sigma^2} + e^{\sigma^2}(p-b)[\sigma^2(\pi-4)+\pi] \right\}}{8\sqrt{\pi}\sigma^2} = \\ &= \frac{e^{-\frac{\sigma^2}{2}+\mu} \sqrt{2} e^{\sigma^2} \left\{ \pi(d-p)(\sigma^2-1) + (p-b)[\sigma^2(\pi-4)+\pi] \right\}}{8\sqrt{\pi}\sigma^2} = \\ &= \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2}+\mu} \sqrt{2} \left\{ \sigma^2 [\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)] - (\pi(d-p)) \right\}}{8\sqrt{\pi}\sigma^2}. \end{aligned} \quad (25)$$

La (25) è la **derivata** dell'area della Logell rispetto a sigma.

7. "EQUAZIONI DELLA STORIA" ESATTE PER OGNI CURVA LOGELL

Facciamo ora un ulteriore, cruciale passo nell'analisi della curva Logell: IMPONIAMO che la derivata dell'area rispetto a sigma, cioè, (25) sia zero

$$\frac{dA(\sigma)}{d\sigma} = 0. \quad (26)$$

Cosa significa?

La (26) è l'equivalente Evo-SETI di quello che è il PRINCIPIO DI MINIMA AZIONE nella fisica! Questa conclusione non si manifesta ora, ma lo farà al termine dell'articolo.

Per ora, riscriviamo la condizione imposta (26) grazie all'ultima espressione in (25) che, rimuovendo sia l'esponentiale, sia il denominatore, diventa

$$\sigma^2 [\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)] - (\pi(d-p)) = 0. \quad (27)$$

L'ultima equazione è una equazione quadratica in σ

$$\sigma^2 [\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)] = \pi(d-p) \quad (28)$$

Risolta per s^2 , diventa

$$\sigma^2 = \frac{\pi(d-p)}{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)} \quad (29)$$

Questo è il nuovo più importante risultato in questo articolo: la L'EQUAZIONE DELLA STORIA LOGELL PER σ

$$\sigma = \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{d-p}}{\sqrt{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}}. \quad (30)$$

A parole, data la tripletta di ingresso (b, p, d) , la (30) restituisce immediatamente la σ esatta della parte ellittica sinistra della curva Logell. Essa fu scoperta dall'autore il 4 settembre 2018, e portò non solo a questo articolo, ma all'introduzione dell'ENERGIA spesa nel ciclo di una vita da una creatura vivente o da una completa civilizzazione il cui andamento "potenza-nel-tempo" è dato dalla curva Logell, come si comprenderà meglio nel seguito.

Per il momento, ci limitiamo a calcolare il limite di entrambi i membri di (30) per $d \rightarrow \infty$, con il risultato

$$\begin{aligned} \lim_{d \rightarrow \infty} \sigma &= \lim_{d \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{d-p}}{\sqrt{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}} = \\ &= \lim_{d \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{d}}{\sqrt{\pi d}} = 1. \end{aligned} \quad (31)$$

Poiché già sappiamo che s deve essere positiva, (31) dimostra che σ può variare tra zero e uno solamente

$$0 < \sigma < 1. \quad (32)$$

Si osservi che i due valori limite $\sigma \rightarrow 0$ e $\sigma \rightarrow 1$ non sono "fisici", perché non si può morire alla nascita oppure ad una età infinita, rispettivamente.

Similmente a (30) si ha, ovviamente, una EQUAZIONE LOGELL simile anche per μ , che si deriva im-

mediatamente da (8) e (30). A questo scopo, si consideri il logaritmo di (8)

$$\mu = \ln(p-b) + \sigma^2 \quad (33)$$

e, con l'aiuto di (33), si trova la desiderata equazione Logell per μ

$$\mu = \ln(p-b) + \frac{\pi(d-p)}{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}. \quad (34)$$

In conclusione, le nostre EQUAZIONI LOGELL CHIAVE DELLA STORIA sono

$$\begin{cases} \sigma = \frac{\sqrt{\pi}\sqrt{d-b}}{\sqrt{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}} \\ \mu = \ln(p-b) + \frac{\pi(d-p)}{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}. \end{cases} \quad (35)$$

8. CONSIDERAZIONI SULLE EQUAZIONI LOGELL DELLA STORIA

Facciamo ora alcune considerazioni sulle Formule Logell (35) della Storia :

- 1) Le formule sono **esatte**, cioè non sono stati usati sviluppi in serie di Taylor.
- 2) Sono state derivate eguagliando a zero la **derivata** rispetto a σ dell'area totale della curva Logell in (20).
- 3) Quindi, le Formule Logell della Storia sono le equazioni di un **minimo** (proveremo, nel seguito, che si tratta proprio di un minimo e non di un massimo) **della funzione $A(\sigma)$ che esprime l'area totale (20) come funzione di σ** . Questo minimo è il PRINCIPIO di MINIMA ENERGIA della nostra Teoria Evo-SETI, cioè "nel nostro ciclo di vita, noi agiamo sempre in modo da **minimizzare** l'energia che stiamo usando". Un risultato tutt'altro che ovvio!

9. COORDINATE DEL PICCO DELLA LOGELL IN TERMINI DEI SOLI (b, p, d)

Di particolare importanza per tutte le future applicazioni della Logell sono le coordinate del picco (p, P) espresso in termini della sola **tripletta di ingresso** (b, p, d). Poiché l'ascissa p del picco si considera nota, si deve solo derivare la formula dell'ordinata del picco P . Questa è prontamente ottenuta inserendo la Formula della Storia Logell (35) nell'espressione dell'altezza del picco (9). Dopo alcuni passaggi, si trova

$$P = \frac{\sqrt{(\pi-4)(p-b) + \pi(d-b)}}{\sqrt{2} \pi \sqrt{d-p} (p-b)} e^{-\frac{\pi(d-p)}{2[(\pi-4)(p-b) + \pi(d-b)]}}. \quad (36)$$

10. STORIA DI ROMA COME ESEMPIO DELL'UTILIZZO DELLE FORMULE DELLA STORIA DELLA LOGELL

Ritorniamo alla Storia di Roma come riassunta nella didascalia della Figura 1.

Prima di tutto, scriviamo con cura i tre **valori chiave numerici di ingresso** nella Storia di Roma, che sono già stati menzionati nella didascalia della Figura 1:

$$\text{Rome_input_triplet} = \begin{cases} b = -753 \\ p = 117 \\ d = 476. \end{cases} \quad (37)$$

Quindi, le Equazioni della Storia Logell (35) restituiscono immediatamente **i valori numerici σ e μ della Logell per Roma**, che denoteremo da qui in poi σ_R e μ_R , rispettivamente

$$\text{Rome_logell_doublet} \begin{cases} \sigma_R = 0.602 \\ \mu_R = 7.131. \end{cases} \quad (38)$$

Si giunge, ora, allo studio del **picco** della Logell. Sappiamo già, dalla (37), che l'ascissa del picco della civilizzazione di Roma fu nel 117 D.C. sotto Traiano

$$p_{\text{Rome}} = 117. \quad (39)$$

Ma il picco dell'ordinata per Roma si deve trovare grazie a (36). Si ottiene quindi

$$P_{\text{Logell_Rome}} = 6.358 \cdot 10^{-4} = 0.0006358. \quad (40)$$

PARTE 2:

ENERGIA COME AREA SOTTO LA CURVA DI POTENZA LOGELL

11. AREA SOTTO OGNI CURVA DI POTENZA LOGELL E IL SUO SIGNIFICATO COME "ENERGIA DEL CICLO DI VITA" DELL'ESSERE VIVENTE

Le formule della storia Logell

$$\begin{cases} \sigma = \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{d-p}}{\sqrt{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}} \\ \mu = \ln(p-b) + \frac{\pi(d-p)}{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}. \end{cases} \quad (41)$$

sono "molto simili" alle formule della storia Logpar (39) del rif. [1], cioè

$$\begin{cases} \sigma = \frac{\sqrt{2} \sqrt{d-p}}{\sqrt{2d - (b+p)}} \\ \mu = \ln(p-b) + \frac{2(d-p)}{2d - (b+p)}. \end{cases} \quad (42)$$

Da questo punto nell'articolo in poi, possiamo procedere in accordo a quanto definito nel rif. [1].

Qual è il significato **fisico** dell'area (20)?

Se si considera la curva Logell come la curva della **potenza** (misurata in watt) della civilizzazione di Roma lungo il corso completo della sua storia, allora l'area sotto questa curva, cioè l'integrale della Logell tra la nascita e la morte, è l'energia totale (misurata in joule) consumata dalla civilizzazione nel suo completo ciclo di vita:

$$\begin{aligned} \text{ENERGY_spent_in_the_Civilization_LIFETIME} &= \\ &= \int_b^d \text{POWER_of_that_Civilization}(t) dt = \\ &= \int_b^d \text{logell_curve_of_that_Civilization}(t) dt. \end{aligned} \quad (43)$$

In altre parole, se conosciamo la curva di potenza di ogni essere vivente vissuto nel passato, quale una cellula, o un animale, o un essere umano, o una civilizzazione di esseri umani o qualunque altra forma vivente (inclusi gli Extraterrestri), l'integrale della curva di potenza, cioè della curva Logell, tra la nascita e la morte, è **L'ENERGIA TOTALE consumata dal** quella forma di vita durante tutto il ciclo della sua vita.

Un ulteriore punto riguarda l'ultima affermazione: se assumiamo che tutti gli umani abbiano, potenzialmente, la **stessa** quantità di energia da consumare durante tutto il loro ciclo di vita, allora la Logell di grandi uomini che "morirono da giovani" (come Mozart, per esempio) devono avere la stessa area sotto la loro Logell e quindi un picco molto più alto, poiché hanno vissuto per un periodo più breve degli altri uomini "comuni".

Consideriamo quindi la condizione che, usualmente, la morte arriva ovviamente dopo il **picco** ma, in casi eccezionali, la morte può arrivare **proprio** all'istante del picco (come, per esempio, per la morte in un incidente stradale), quindi

$$d \geq p \quad (44)$$

Ora vorremmo trovare il valore dell'ENERGIA AL PICCO del ciclo di vita di ciascuno. Perciò, prendendo il limite sinistro di per $d \rightarrow p$ e notando da che $\text{erf}(0) = 0$, troviamo

$$\begin{aligned} \text{Energy}(p) &= \lim_{d \rightarrow p} \frac{1 - \text{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} = \\ &= \lim_{d \rightarrow p} \frac{1 - \text{erf}\left(\frac{\sqrt{\pi}\sqrt{d-p}}{\sqrt{2}\sqrt{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}}\right)}{2} = \\ &= \frac{1 - \text{erf}(0)}{2} = \frac{1}{2}. \end{aligned} \quad (45)$$

La può sembrare un risultato sorprendente: perché mai l'energia al picco, dovrebbe essere uguale proprio a $\frac{1}{2}$, e non a qualunque altro valore positivo (in joule)? No-problem: presto risolveremo anche l'estensione dell'Energia al picco, da $\frac{1}{2}$ a qualunque altro valore positivo come è già stato fatto nel rif. [1]. Ma, per il momento, rimaniamo soddisfatti di usare il valore convenzionale $\frac{1}{2}$ per semplificare i calcoli.

Al contrario, se consideriamo il limite di per $d \rightarrow \infty$ (questo limite è chiamato "limite dell'immortalità" poiché in questo caso l'essere vivente si suppone vivere per un tempo infinito) vediamo immediatamente che

$$\begin{aligned} \lim_{d \rightarrow \infty} A(\mu, \sigma) &= \\ &= \lim_{d \rightarrow \infty} \left[\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right)}{2} + \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2} - \mu}}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot \frac{\pi}{4} (d - p) \right] = \infty. \end{aligned} \quad (46)$$

In altre parole: “se vuoi vivere per un tempo infinito, hai bisogno di una quantità infinita di energia” (come è ovvio!).

Domanda successiva: qual è l'istante di tempo del **minimo** di energia? Saltiamo tutti lunghi calcoli fatti con Maxima e scriviamo semplicemente i risultati:

$$\begin{aligned} d_{\text{time_of_Logell_minimum_Energy}} &= \\ &= b + \frac{\left(\sqrt{-\pi^2 + 8\pi - 12} + 2\right)(p - b)}{\pi}. \end{aligned} \quad (47)$$

Questa è l'ascissa del minimo dell'Energia: potremmo dimostrare che si tratta veramente di un minimo, piuttosto che un massimo, calcolando la derivata seconda, ma non lo faremo per brevità.

Sottolineiamo piuttosto che, per il caso (37) dell'Antica Roma, (47) restituisce l'anno di minima energia di Roma nel 301 D.C. Questo era il tempo dell'imperatore Diocleziano (284 -305), sicuramente un periodo storico molto tormentato, poiché era il periodo dell'ultima e più grande persecuzione imperiale della Roma pagana contro i Cristiani. Nell'odierna Roma, i turisti che visitano la Basilica di “Santa Maria degli Angeli e dei Martiri”, dovrebbero appunto pensare ai 40mila schiavi cristiani che morirono di fatica per costruire le Terme di Diocleziano, sito https://it.wikipedia.org/wiki/Terme_di_Diocleziano aperte nel 306, cioè appunto nel tempo del **minimo di civilizzazione della Roma pagana**, dato dalla equazione (47) con la tripletta (37) della storia di Roma Antica.

Questo ovviamente significa che il nostro modello matematico della Storia si dimostra matematicamente CORRETTO !

12. SCOPERTA DI UN ASINTOTO OBLIQUO DELLA FUNZIONE ENERGIA Energia(D) CON LA CRESCITA INDEFINITA DELL'ISTANTE DELLA MORTE D

L'autore ha scoperto (il 4 settembre 2018) che l'energia totale della Logell (48) ha un **asintoto obliquo** per $d \rightarrow \infty$.

Prima di dedurre l'equazione dell'asintoto obliquo, comunque, è **necessaria qualche attenta considerazione di cosa** d significhi. Abbiamo sempre detto che la teoria Logell descritta in questo articolo ha bisogno di tre quantità in ingresso (b, p, d). Comunque, in questa sezione, considereremo valori **sempre più grandi** dell'istante della morte d così che l'area sotto la Logell, cioè l'energia dei fenomeni di cui la Logell è **la potenza**, possa assumere qualunque valor “grande”. Così, in questa sezione, l'istante della morte d diventa una sorta di **nuova variabile indipendente** D piuttosto che una delle tre quantità in ingresso (b, p, d). In altre parole, sarà fatta distinzione, con cura, tra

- 1) L'istante fisso e noto della morte d e
- 2) La variabile indipendente, non fissa, D , che permetterà di estrapolare, nel futuro, la Logell con tre valori di ingresso fissi (b, p, d).

Detto questo, l'ENERGIA totale fornita da Maxima inserendo (41) in (20) e risistemando, deve essere più

Cosa significa?

La (26) è l'equivalente Evo-SETI di quello che è il PRINCIPIO DI MINIMA AZIONE nella fisica! Questa conclusione non si manifesta ora, ma lo farà al termine dell'articolo.

Per ora, riscriviamo la condizione imposta (26) grazie all'ultima espressione in (25) che, rimuovendo sia l'esponentiale, sia il denominatore, diventa

$$\sigma^2 [\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)] - (\pi(d-p)) = 0. \quad (27)$$

L'ultima equazione è una equazione quadratica in σ

$$\sigma^2 [\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)] = \pi(d-p) \quad (28)$$

Risolta per s^2 , diventa

$$\sigma^2 = \frac{\pi(d-p)}{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)} \quad (29)$$

Questo è il nuovo più importante risultato in questo articolo: la L'EQUAZIONE DELLA STORIA LOGELL PER σ

$$\sigma = \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{d-p}}{\sqrt{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}}. \quad (30)$$

A parole, data la tripletta di ingresso (b, p, d) , la (30) restituisce immediatamente la σ esatta della parte ellittica sinistra della curva Logell. Essa fu scoperta dall'autore il 4 settembre 2018, e portò non solo a questo articolo, ma all'introduzione dell'ENERGIA spesa nel ciclo di una vita da una creatura vivente o da una completa civilizzazione il cui andamento "potenza-nel-tempo" è dato dalla curva Logell, come si comprenderà meglio nel seguito.

Per il momento, ci limitiamo a calcolare il limite di entrambi i membri di (30) per $d \rightarrow \infty$, con il risultato

$$\begin{aligned} \lim_{d \rightarrow \infty} \sigma &= \lim_{d \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{d-p}}{\sqrt{\pi(d-b) + (\pi-4)(p-b)}} = \\ &= \lim_{d \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{\pi} \sqrt{d}}{\sqrt{\pi d}} = 1. \end{aligned} \quad (31)$$

Poiché già sappiamo che s deve essere positiva, (31) dimostra che σ può variare tra zero e uno solamente

$$0 < \sigma < 1. \quad (32)$$

Si osservi che i due valori limite $\sigma \rightarrow 0$ e $\sigma \rightarrow 1$ non sono "fisici", perché non si può morire alla nascita oppure ad una età infinita, rispettivamente.

Similmente a (30) si ha, ovviamente, una EQUAZIONE LOGELL simile anche per μ , che si deriva im-

Consideriamo, ora, la definizione di asintoto obliquo data nei libri di Analisi matematica: se il limite

$$\lim_{D \rightarrow \infty} [Energy(D) - (mD + q)] \quad (49)$$

esiste, allora la curva di Energia $Energy(D)$ si avvicina sempre di più alla linea retta

$$y_{oblique_asymptote}(D) = mD + q. \quad (50)$$

Differenziando rispetto a D vediamo immediatamente che il coefficiente angolare m dell'asintoto obliquo è dato dal limite per $D \rightarrow \infty$ della derivate prima dell'energia (48).

Infatti, la derivata prima di **è data dalla lunga espressione fornita da Maxima**

$$\begin{aligned} \frac{d}{dD} \logell_energy = & ((\pi^2 D^2 - 4\pi p D - 2\pi^2 b D + 4\pi b D + \pi^2 p^2 - 8\pi p^2 + 16p^2 - 2\pi^2 b p + 20\pi b p - 32 b p + 2 \\ & \frac{\pi p}{\pi^2 b^2 - 12\pi b^2 + 16 b^2}) \%e^{2\pi D + 2\pi p - 8p - 4\pi b + 8 b} - \frac{\pi D}{2\pi D + 2\pi p - 8p - 4\pi b + 8 b}) / (2^{5/2} (p-b) \sqrt{D-p} \\ & (\pi D + (\pi-4)p + (4-2\pi)b)^{3/2}) \end{aligned} \quad (51)$$

Prendendo il limite di per $D \rightarrow \infty$ otteniamo il coefficiente angolare m dell'asintoto dell'energia:

$$m = \lim_{D \rightarrow \infty} \frac{dEnergy(D)}{dD} = \frac{\sqrt{\pi}}{2^{5/2} \sqrt{e}(p-b)} = \frac{0.1900}{p-b}. \quad (52)$$

Avremmo ottenuto lo stesso, ovviamente, se avessimo considerate il limite

$$\lim_{D \rightarrow \infty} \frac{Energy(D)}{D} = \lim_{D \rightarrow \infty} \frac{mD + q}{D} = m. \quad (53)$$

Per quanto riguarda l'intersezione dell'asintoto con l'asse verticale, q , mostra che è data dal limite

$$q = \lim_{D \rightarrow \infty} [Energy(D) - mD].$$

Così, (50), (52) e Maxima portano al risultato

$$q = \frac{1 - erf\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}{2} - \frac{\sqrt{e}\sqrt{\pi}p}{2^{5/2}\sqrt{e}(p-b)} + \frac{\sqrt{2\pi} - 2^{3/2}}{4\sqrt{e}\sqrt{\pi}}. \quad (55)$$

In conclusione, l'equazione dell'asintoto obliquo all'Energia Logell (48) è data da

$$y(D) = \frac{\pi D + \pi(p-2b) - 4(p-b)}{2^{\frac{5}{2}} \sqrt{e} \sqrt{\pi} (p-b)} + \frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}{2} \quad (56)$$

PARTE 3:

POTENZA MEDIA NEL CICLO DI VITA DI UNA LOGELL

13. POTENZA MEDIA NEL CICLO DI VITA DI UNA LOGELL

In questa sezione, considereremo la nozione di **valore medio** di una curva di potenza Logell.

Siccome abbiamo abbandonato la condizione di normalizzazione delle curve Logell, chiaramente non possiamo usare la stessa definizione di valore medio di una variabile casuale tipica della teoria della probabilità. **È comunque semplice servirsi del Teorema del Valore Medio per gli Integrali**, invece. Esso è una variazione del **teorema del valore medio**, che assicura che una funzione continua ha almeno un punto dove la funzione uguaglia **la media** della funzione.

Per tradurre il **Teorema del Valore Medio per gli Integrali** in una equazione matematica valida per le curve Logell, dobbiamo partire dall'equazione dell'Area, cioè l'equazione dell'energia della Logell (48) con d sostituita da D , e dividere quell'area per la lunghezza del segmento ($D - d$), per ottenere il punto sull'asse verticale tale che l'area del rettangolo eguaglia l'Area. Questo è il **Valore di Potenza Media in un ciclo di vita** ed è dato da

$$\begin{aligned} \text{Mean_POWER_over_a_lifetime} &= \frac{A(b, p, D)}{D-b} = \\ &= \frac{\text{logell_total_energy}(D)}{D-b} = \\ &= \frac{1}{D-b} \cdot \left[\frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{\pi} \sqrt{D-p}}{\sqrt{2} \sqrt{\pi(D-b) + (\pi-4)(p-b)}}}\right)}{2} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{\sqrt{D-p} \sqrt{\pi(D-b) + (\pi-4)(p-b)} e^{-\frac{\pi(D-p)}{2\pi D + (2\pi-8)p + (8-4\pi)b}}}{2^{\frac{5}{2}} (p-b)} \right] \quad (57) \end{aligned}$$

Solo per verificare la correttezza di , si consideri il limite della POTENZA Media in un ciclo di vita per $D \rightarrow \infty$. Il calcolo richiede l'utilizzo della regola di L'Hospital, e il risultato è

$$\begin{aligned} \text{Asymptotic_Mean_Power_over_a_lifetime} &= \\ &= \lim_{D \rightarrow \infty} (\text{Mean_Power_over_a_lifetime}) = \\ &= \lim_{D \rightarrow \infty} \left(\frac{\text{logell_total_energy}(D)}{D-b} \right) = \quad (58) \\ &= \frac{\sqrt{\pi}}{2^{\frac{5}{2}} \sqrt{e} (p-b)}. \end{aligned}$$

Ma, questo è, ovviamente, uguale al coefficiente angolare (52) dell'asintoto dell'energia della Logell, dal momento che il coefficiente angolare è proprio il limite della derivata dell'energia totale della Logell per $D \rightarrow \infty$. Quindi, il tutto ha senso.

Con questo, abbiamo completato lo studio della media sull'asse verticale, cioè l'asse della potenza. Comunque, si potrebbe ancora voler trovare, in un certo senso, "il valore medio di ciò che giace sull'asse orizzontale", cioè il valor medio del ciclo di vita. Questo verrà fatto nella prossima sessione.

PART 4:

VALOR MEDIO DI UN CICLO DI VITA PER UNA LOGELL

14. VALOR MEDIO DI UN CICLO DI VITA

È naturale ricercare una espressione matematica che riporti il valor medio di un ciclo di vita, cioè il valore medio lungo l'asse dei tempi di tutto il segmento $(D - b)$ che rappresenta l'esistenza di un organismo vivente, o di una civilizzazione umana o addirittura di una civiltà extraterrestre.

Noi proponiamo la seguente definizione del valor medio di un ciclo di vita per una Logell:

$$\begin{aligned} \text{lifetime_mean_value} = \\ = \int_b^p t \cdot b \cdot \text{lognormal}(t, \mu, \sigma, b) dt + \int_p^D t \cdot \text{ellipse}(t) dt = \end{aligned} \quad (59)$$

Inserendo la b-lognormale (7) e l'ellisse (5) in (59) quest'ultima diventa

$$= \int_b^p t \cdot \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi} \sigma (t-b)} dt + \int_p^D t \cdot P \sqrt{1 - \frac{(t-p)^2}{(D-p)^2}} dt. \quad (60)$$

Il primo integrale si può risolvere in termini di funzione d'errore $erf(x)$ data da (13), e il risultato è

$$\begin{aligned} \int_b^p t \cdot \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi} \sigma (t-b)} dt = \\ = \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2} + \mu} \left[1 - erf\left(\frac{\sigma^2 - \log(p-b) + \mu}{\sqrt{2} \sigma}\right) \right]}{2} + \\ + \frac{b \left[1 - erf\left(\frac{\log(p-b) - \mu}{\sqrt{2} \sigma}\right) \right]}{2} = \end{aligned} \quad (61)$$

Che può essere ulteriormente semplificato grazie a (8), con il risultato

$$\int_b^p t \cdot \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma(t-b)} dt =$$

$$= \frac{e^{\frac{\sigma^2}{2}+\mu} [1 - \operatorname{erf}(\sqrt{2}\sigma)]}{2} + \frac{b \left[1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\sigma}{\sqrt{2}}\right) \right]}{2}. \quad (62)$$

Riscrivendo ora (62) in termini delle Formule della Storia Logell (35), il primo dei due integrali (60) prende la forma lunga ma esatta data da Maxima, come segue:

$$\int_b^p t \cdot \frac{e^{-\frac{(\log(t-b)-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma(t-b)} dt = \quad (63)$$

$$\frac{(p-b) \% e^{\frac{3\pi(d-p)}{2((\pi-4)(p-b)+\pi(d-b))}} \operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{2}\sqrt{\pi}\sqrt{d-p}}{\sqrt{(\pi-4)(p-b)+\pi(d-b)}}\right) - b \operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{\pi}\sqrt{d-p}}{\sqrt{2}\sqrt{(\pi-4)(p-b)+\pi(d-b)}}\right)}{2} - \frac{(b-p) \% e^{\frac{3\pi(d-p)}{2((\pi-4)(p-b)+\pi(d-b))}} + \frac{b}{2}}{2}$$

Per quanto riguarda il secondo integrale in (60), cioè l'integrale dell'ellisse, è **prontamente risolto come segue**

$$\int_p^D t \cdot P \cdot \sqrt{1 - \frac{(t-p)^2}{(D-p)^2}} dt = \quad (64)$$

$$\left((3p^3 - 6dp^2 + 3d^2p) \operatorname{asin}\left(\frac{D-p}{p-d}\right) + 2p^3 - 6dp^2 + 6d^2p - 2d^3 \right) P + \sqrt{-D+2p-d} \sqrt{D-d}$$

$$(2D^2 - pD - 3p^2 + 4dp - 2d^2)P / (6p - 6d)$$

Inserendo, al posto di P , la sua espressione (36), dopo alcuni passaggi, si conclude che l'integrale dell'elisse è dato da

$$\int_p^D t \cdot P \cdot \sqrt{1 - \frac{(t-p)^2}{(D-p)^2}} dt =$$

$$\frac{\pi(D-p)}{(\sqrt{\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b)})^2 e^{2(\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b))}} + \frac{\pi(p-D)}{\pi D + \pi p - 4p - 2\pi b + 4b}$$

$$\left((3p^3 - 6dp^2 + 3d^2p) \operatorname{asin}\left(\frac{D-p}{p-d}\right) + 2p^3 - 6dp^2 + 6d^2p - 2d^3 \right) / (\sqrt{2} \pi(p-b)\sqrt{D-p}) + (\sqrt{-D+2p-d}\sqrt{D-d}$$

$$\sqrt{\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b)} (2D^2 - pD - 3p^2 + 4dp - 2d^2) e^{2(\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b))} + \frac{\pi(D-p)}{\pi D + \pi p - 4p - 2\pi b + 4b} / (\sqrt{2} \pi$$

$$(p-b)\sqrt{D-p})) / (6p - 6d)$$

(65)

In conclusione, il ciclo di vita medio si trova dalla somma di (63) e (65) e diventa

lifetime_mean_value =

(66)

$$\frac{(p-b) e^{\frac{3\pi(d-p)}{2((\pi-4)(p-b)+\pi(d-b))}} \operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{2}\sqrt{\pi}\sqrt{d-p}}{\sqrt{(\pi-4)(p-b)+\pi(d-b)}}\right) - b \operatorname{erf}\left(\frac{\sqrt{\pi}\sqrt{d-p}}{\sqrt{2}\sqrt{(\pi-4)(p-b)+\pi(d-b)}}\right)}{2}$$

$$\frac{(b-p) e^{\frac{3\pi(d-p)}{2((\pi-4)(p-b)+\pi(d-b))}} + \frac{b}{2}}{2}$$

$$\frac{\pi(D-p)}{(\sqrt{\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b)})^2 e^{2(\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b))}} + \frac{\pi(p-D)}{\pi D + \pi p - 4p - 2\pi b + 4b}$$

$$\left((3p^3 - 6dp^2 + 3d^2p) \operatorname{asin}\left(\frac{D-p}{p-d}\right) + 2p^3 - 6dp^2 + 6d^2p - 2d^3 \right) / (\sqrt{2} \pi(p-b)\sqrt{D-p}) + (\sqrt{-D+2p-d}\sqrt{D-d}$$

$$\sqrt{\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b)} (2D^2 - pD - 3p^2 + 4dp - 2d^2) e^{2(\pi(D-b)+(\pi-4)(p-b))} + \frac{\pi(D-p)}{\pi D + \pi p - 4p - 2\pi b + 4b} / (\sqrt{2} \pi$$

$$(p-b)\sqrt{D-p})) / (6p - 6d)$$

Per dare un esempio numerico, troviamo il ciclo di vita medio della civilizzazione di Roma. Il primo integrale, per mezzo della tripletta di ingresso di Roma (37), restituisce il valore numerico della b-lognormale media, cioè

$$\text{mean_value_of_Rome_b-lognormal} = -35.6 \quad (67)$$

Questo significa quattro anni prima della battaglia di Azio https://en.wikipedia.org/wiki/Battle_of_Actium, combattuta il 2 settembre 31 A.C.: un evento cruciale che vide l'Egitto di Cleopatra assorbito come una provincia romana.

D'altra parte, l'integrale del quarto di ellisse (16) e la tripletta di ingresso di Roma (37) restituiscono, per la media del quarto di ellisse, l'anno

$$\text{Rome_quarter-of-ellipse_mean_value} = 49.1. \quad (68)$$

Nell'anno 49 D.C. era imperatore Claudio (41-54 A.D.), e, fatto molto più importante, erano trascorsi appena 16 anni dalla crocifissione di Gesù Cristo a Gerusalemme. Così, sommando le due equazioni (67) e (68), raggiungiamo l'importante conclusione che il valore medio della curva di potenza LOGELL della storia completa di Roma, cade proprio attorno all'anno 13.5 D.C., cioè nel tempo di Augusto, il primo imperatore di Roma (egli morì il 19 agosto del 14 D.C.):

$$\begin{aligned} \text{mean_value_of_Rome_LOGELL_History_Power_Curve} = \\ = 13.5 \text{ A.D.} = \\ = \text{Time_of_Augustus}. \end{aligned} \quad (69)$$

Questo è un risultato degno di nota. La nostra teoria Evo-SETI, nella forma della LOGELL descritta in questo articolo, predice che "l'anno più importante di Roma fu... nel tempo di Augusto, e proprio quando Gesù Cristo stava vivendo il suo periodo di transizione dalla giovinezza all'età adulta". Il periodo di formazione di gran lunga più importante per la vita di ogni uomo, e ancora di più per la vita Gesù!

PARTE 5:

CONCLUSIONI: QUALE E' MEGLIO? LA LOGELL O LA LOGPAR ?

15. CONCLUSIONI A PROPOSITO DELLA CIVILTÀ' DI ROMA

In questo articolo, abbiamo discusso per la prima volta due modelli matematici alternativi per la teoria Evo-SETI:

- 1) Il modello LOGELL, dove la vita è descritta da una curva di Potenza composta da una b-lognormale tra la nascita e il picco più un quarto di un'ellisse tra il picco e la morte.
- 2) Il modello LOGPAR, dove la vita è descritta da una curva di Potenza composta da una b-lognormale tra la nascita e il picco più una parabola discendente tra il picco e la morte.

Quale descrive la vera storia di una civilizzazione?

Per il caso di Roma, i due modelli forniscono i seguenti risultati:

- 1) LOGELL: minimo dell'energia al tempo di Diocleziano, cioè quasi al tempo della cruciale transizione

tra la Roma pagana e quella cristiana (313 D.C. Editto di Milano di Constantino e Licinio). Secoli dopo questo punto di minimo si avrà la completa ripresa (cioè al passato livello di Traiano, livello del 117 D.C.) solo intorno all'anno 800 D.C. cioè grazie a Carlo Magno.

2) LOGPAR: minimo dell'energia intorno all'anno 378 D.C. (anno della prima seria sconfitta inflitta dai barbari Visigoti ai Romani nella battaglia di Adrianopoli) e poi, secoli dopo, completa ripresa soltanto alla fine del Medioevo, cioè attorno al 1400 D.C. (Rinascimento italiano).

L'opinione personale dell'autore è che il modello LOGPAR sia più appropriato di quello LOGELL, almeno nel caso della storia di Roma.

16. CONCLUSIONI SULLA TEORIA EVO-SETI FATTE NELL'ANNO 2019

Gli astronomi scoprono sempre più esopianeti grazie ad osservazioni da Terra o grazie a missioni spaziali, come le missioni spaziali "Kepler", "Gaia", "Tess" e altre missioni spaziali future. Di conseguenza, una recente stima porta a 40 miliardi il numero di pianeti della misura della Terra orbitanti nelle zone abitabili di stelle simili al Sole e nane rosse nella Via Lattea. Con numeri così grandi di "Terre possibili" in vista, l'Astrobiologia e il SETI stanno diventando campi di ricerca sempre più attraenti per giovani scienziati.

Articoli matematicamente innovativi come quelli della Teoria Evo-SETI, che rivelano inaspettate relazioni come quella tra l'Orologio Molecolare e l'Entropia delle *b*-lognormali nella Teoria Evo-SETI, dovrebbero dunque essere ben accolti.

Ma nei rif. [1], [2] e in questo articolo, è stato fatto di più che nei precedenti articoli Evo-SETI.

Mentre si preservano tutti i vantaggi delle funzioni densità di probabilità *b*-lognormali, adesso queste sono state mantenute solo nella prima parte della curva: quella tra la nascita e il picco. La seconda parte, tra il picco e la morte, **è stata sostituita, in questo articolo, per la prima volta, da un semplice quarto di ellisse discendente**, evitando così ogni punto di flesso come il punto di "senilità" tipico delle *b*-lognormali, che era così difficile da stimare numericamente nella maggior parte dei casi.

Così, sia le curve LOGELL, che le curve LOGPAR, hanno molto semplificato la descrizione di ogni fenomeno limitato nel tempo come il ciclo di vita di una cellula, o di un umano, o di una civilizzazione (come quella di Roma, usata in questo articolo come esempio) o anche di una civiltà ET.

In altre parole, abbiamo abbandonato la condizione di normalizzazione delle *b*-lognormali, conservando solo la loro forma analitica, ma NON la loro area unitaria, cioè NON la condizione di normalizzazione. Questo ha trasformato entrambe le curve Logpar e Logell in curve di potenza, sia nel senso popolare dove "potenza" significa "potere politico & militare", sia nel senso strettamente fisico, dove "potenza" significa una curva misurata in Watt.

E l'area sotto la Logpar e la Logell è **proprio** l'ENERGIA associate al ciclo di vita totale tra la nascita e la morte.

Così, per la prima volta dalla creazione della Teoria Evo-SETI, abbiamo aggiunto l'ENERGIA all'ENTROPIA già precedentemente considerata.

E l'energia e l'entropia sono i due pilastri della Termodinamica classica, rendendo l'Evo-SETI anche più semplicemente applicabile ad un amplissimo gruppo di fenomeni biologici e fisici.

Infine, c'è un ulteriore passo cruciale che noi abbiamo fatto introducendo le Logpar e le Logell. Senza averlo finora menzionato, abbiamo di fatto ottenuto qualcosa di simile al PRINCIPIO DI MINIMA AZIONE per la Teoria Evo-SETI.

Il futuro ci dirà se le nostre idee qui presentate sono corrette e largamente applicabili sia all'Astrobiologia che al SETI, e anche allo studio della "Storia in Matematica".

RIFERIMENTI

- “Battle of Actium.” 2020. Wikipedia: The Free Encyclopedia. Accessed March 2020. https://en.wikipedia.org/wiki/Battle_of_Actium
- Maccone, C. 2018. “Energy of Extraterrestrial Civilizations according to Evo-SETI Theory.” *Aca Astronautica* 144, 202-213.
- _____. 2018. “Life Expectancy and Life Energy according to Evo-SETI Theory.” *International Journal of Astrobiology* 18 (1) 1-11.

Some Culturological Aspects of METI Problems with EM Radiation

Liliya Filippova and Vladimir Filippov

Russian Academy of Sciences Moscow

Correspondence | Infilippova@yandex.ru; VVFilippov@yandex.ru

Citation | Filippova, Liliya, and Vladimir Filippov. 2020. "Some Culturological Aspects of METI Problems with EM Radiation." *Journal of Big History IV* (2): 128-135.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4260>

Abstract Until the beginning of 2020, from 1974 to 2017, sixteen interstellar radio messages were sent to hypothetical extraterrestrial civilizations. They were sent from different radio telescopes and had different contents. The METI (Messaging Extraterrestrial Intelligence) projects had different concepts, some of which seem highly controversial. Therefore, a short list of criteria for future METI projects is proposed. As an example, we suggest an interstellar message in the radio frequency range of the electromagnetic spectrum that we call "Golden Wings of a Lemniscate" (GWL). The GWL project is a simple message from Earthlings about their intelligence and readiness for interstellar contact. The digital part of the message contains ten images of lemniscates. The right half of the lemniscate includes the Golden Ratio concept with graphical drawings; the left parts of the lemniscate remain empty for ET reply messages. The experience of developing new projects of interstellar messages, initiative or response, is valuable. In the process of this work, various aspects of METI will be investigated: scientific, technical, informational, cultural, ethical, educational, sociological, psychological, historical, etc.

SETI

In April 1960, at the Green Bank National Radio Astronomy Observatory in the USA, the young 30-year-old scientist Frank Drake organized the first search for radio signals from extraterrestrial civilizations. A radio telescope with an antenna diameter of 85 feet (26 meters) was used in observations; its receiver was tuned to a frequency of 1420 MHz (a radio emission of interstellar hydrogen at a wavelength of 21 cm). Two close stars were chosen for radio listening: solar-type Tau Ceti and Epsilon Eridani, which are located at dis-

tances of 12 and 10.5 light-years, respectively.

Observations continued in May, June, and July. The total observation time of these two stars was two hundred hours; however, the pioneering search for signals from extraterrestrial civilizations by Drake forever entered the scientific history of humankind. Signals of extraterrestrial origin were not detected (Drake 1960). As of the current date (14 March 2020), with the help of ground and space telescopes, over 4214 planets have been discovered near stars in all the constellations of the sky and dis-

coveries continue (Exoplanet.eu). The star Tau Ceti has four planets discovered. The star Epsilon Eridani has one planet discovered and a second one awaiting confirmation.

Diversified research has begun on the problem of the search for extraterrestrial intelligence in scientific centers of many countries, including international cooperation. Later, this area of activity received the term SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence). Over the past decades, SETI strategies have been developed to use high-tech telescopes

in the accessible ranges of electromagnetic radiation.

An impressive example is a project for the search for extraterrestrial intelligence implemented by the SETI Berkeley Research Center in the US, in the radio and optical bands, which launched in 2016 (Breakthrough Listen). The Green Bank (GBT) radio telescope, the Parkes radio telescope in Australia, and the automated Planet Finder (an optical robot telescope equipped with ultramodern spectrographic technology) are used for observations.

GBT (USA) is the largest fully-steerable radio telescope on Earth with a giant parabolic antenna of one hundred meters (328 ft.) in diameter. The Australian Parkes radio telescope is also fully rotated with a parabolic antenna of sixty-four meters (210 ft.) in diameter. SETI Berkeley Center began to connect partners from different countries to the Breakthrough Listen Project on radio telescopes: MeerKAT (South Africa), NenuFAR (France), FAST (the world's largest radio telescope in China), MWA (Western Australia), LOFAR stations in Ireland and Sweden, Jodrell Bank (England), e-MERLIN (seven radio telescopes throughout the UK), Sardinia (Italy) and Allen Array (SETI Institute in the USA), as well as VERITAS (gamma-ray telescope in the USA) and Keck Optical Observatory (Hawaii, USA) (Breakthrough Listen).

The Breakthrough Listen program includes an examination of 1,000,000 selected stars, the center of our Galaxy and the entire galactic plane. Outside the Milky Way, interstellar communications are being searched for from the one hundred galaxies closest to us. The Breakthrough Listen initiative will span ten years, for which sponsor Yuri Milner has allocated a total of \$US 100

million. In 2019, the SETI Berkeley Center established further collaboration with scientists working on the TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) space optical telescope mission. The TESS satellite telescope entered low Earth orbit in April 2018 to search for planets orbiting bright, relatively close stars. In the TESS program, the study of 200,000 stars of the solar-type and red dwarf stars, at distances up to ~ 650 light-years, scattered throughout the starry sky (TESS). All observational data for the Listen project, combined with new planet discoveries using TESS, are analyzed in the SETI plan for the detection of so-called "techno-signatures," a term proposed by Jill Tarter of the SETI Institute to refer to the technological activities of extraterrestrial civilizations found in Breakthrough Listen observations. This may be a "leak" from the planet from the transmissions EM range, radiation from alien radars, or laser communications and other technogenic activities in the area of their habitat.

In Russia, according to the SETI program, observations were conducted from the second half of the 1990s (to search for both "technological leakage" and possible signals) using different telescopes, the largest of which are the RATAN-600 radio telescope and the BTA optical telescope. The RATAN-600 radio telescope has a ring antenna with a diameter of six hundred meters (1889 ft.) and the optical Azimuthal Large Telescope (BTA) with a mirror diameter of six meters are located in the North Caucasus and belong to the Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences. Some noteworthy results require additional observations on large radio telescopes (Chuprikov and Filippova 2007; Rudnitskiy 2016). It should be noted that for several reasons, starting from 1960, there is not a

single example of continuous multi-year monitoring of any stars or space objects selected by justified astronomical criteria for SETI in the search programs for technological civilizations. Before the alleged discovery of "techno-signature civilizations" or a higher level of development (emerging from the "techno-signature" phase) using high planetary and space technologies, questions arise:

- 1) Do all technological civilizations profess the position of "information silence" in all ranges of the electromagnetic spectrum to avoid the risk of contact with other civilizations? How can this hypothetical fact, if confirmed in long-term observations, affect the policy of mankind in terms of interstellar communication: to remain silent or to broadcast?
- 2) Are there space civilizations sending interstellar messages to transfer the interstellar communication initiative to their future generations? In this case, what should be the strategy of terrestrial civilization for terrestrial and space SETI monitoring for "random reception" or to reveal a "convergent space schedule" for receiving repeated or new extraterrestrial messages?

METI

On November 16, 1974, at the ceremony dedicated to the reconstruction of the Arecibo 300-meter radio telescope in Puerto Rico, for the first time, a short radio message was sent from Earth to extraterrestrial civilizations. At the speed of light on a radio wave of 12.6 cm, the encoded "Arecibo Message" rushes to the globular star cluster M13 in Hercules and will arrive at the target in twenty-five thousand years. Its content and principles of coding and

decoding were developed by the astronomer "SETI Pioneers" Frank Drake and Carl Sagan with the participation of colleagues (Steele 1999). From 1974 to 2017, sixteen interstellar radio messages were sent. Among them, in addition to Arecibo Message (1974), there were fifteen radio messages to twenty-four stars. Messages of different contents were sent to four stars: 37 Geminorum (37 Gem), 47 Ursae Majoris (47 UMa), 55 Cancri (55 Cnc), and Gliese 581 in the Libra constellation. The record-holder is star 55 Cancri, to which radio messages from the Earth were sent: in 2003 (Cosmic Call 2 from Yevpatoriya, Crimea); in 2012 ("Wow! Reply" from Arecibo, USA); in 2013 (JAXA Space Camp (UDSC-1) and 2014 (JAXA Space Camp (UDSC-2) from Japan.

It is interesting to note that the same content messages were sent to different stars in the projects: Cosmic Call 1 (1999) was sent to four stars, Teen Age Message (2001) was sent to six stars, Cosmic Call 2 (2003) was sent to five stars, "RuBisCo Star" (2009) was sent to three stars, and "Wow! Reply" (2012) was sent to three stars. The list of completed Projects from 1974 to 2017 is most fully represented on *Wikipedia* in English. Russian scientist Dr. A. Zaitsev proposed the abbreviation METI (Messaging to Extraterrestrial Intelligence), which was strengthened in scientific everyday life. Zaitsev was the scientific and technical leader of four Projects of interstellar radio messages from the Evpatoria space center: in 1999, Cosmic Call 1 to four sun-like stars; in 2001, "Teen Age Message" to six sun-like stars; Cosmic Call 2 in 2003 to three sun-like stars and two red dwarfs; in 2008 "A Message from Earth" to the star Gliese 581, a red dwarf in the constellation of Libra, with three confirmed planets at the time of sending.

The messages were designed with a noise-resistant format and characters. Its main characteristics are as follows: the central frequency is 5.01 GHz (6 cm), and the effective area of the transmitting antenna is about 2500 square meters. The work is conducted from a highly stable hydrogen generator in a mode of continuous coherent radiation with average capacity up to 150 kW. The digital information is transmitted using carrying frequency manipulation with a deviation of 48 kHz: the nominal shift of +24 kHz corresponds to the symbol "1," and the shift of -24 kHz corresponds to the symbol "0" (Braastad and Zaitsev 2003). Interstellar messages from the Earth were sent from different radio telescopes at different wavelengths, have different transmission durations, have different contents, and went to stars with no proof of the existence of technological civilizations, and it is still unknown whether some of the target stars have planets.

Here we would like to propose a short list of criteria for future METI projects:

- 1) Have understandable content for the Earth's scientific and cultural community. In the case of using any special language representing the content messages for extraterrestrial civilization, it should be presented to the earthly public in understandable ways—in drawings or diagrams and in the project description.
- 2) Be peaceful. The introduction of potentially malicious code into any METI projects should be excluded.
- 3) The content should be interesting for project developers and the cultural Earth community.
- 4) It should also be creative and aesthetic. Each project must have intellectual and emotional value for the

METI story. Include some elements of beauty from an earthly point of view.

5) Interstellar messages to extraterrestrial civilizations should be considered as messages from people of METI communities, and not as a "Message from all of Humanity on Earth." Modern humanity belongs to METI in different ways. Some approve of this activity, yet others are opposed to METI and even SETI. It will probably be so in the future. Therefore, it is not correct to consider interstellar messages as messages from all of humanity because these are messages to extraterrestrial civilizations solely from people from specific METI communities.

6) Do not accompany the interstellar message from Earth with ballast information that is not accessible for decipherment by civilization, by the Recipient (names and short texts of the project participants who provide material support to the project, or any advertising messages).

This last recommendation requires explanation. For example, the Cosmic Call 1999 interstellar radio message consisted of a scientific part and 50,000 short messages from people who made a monetary contribution to the project. After conversion to binary stream, the total length of the Evpatoria message exceeded 1.7 million bits. Zaitsev said in an interview "Any [E]arthling could take part in the 2003 message, having paid \$15 to the organizers. Therefore, in addition to the scientific part, the cosmic call sent common communications such as "Hello, aliens! Send me a meteorite made of gold," and "I love my cat Buck." In reality, only the scientific part of the message went to the stars. The transmission power of "commercial announcements" was such that it was possible to try to accept them only no

farther than the orbit of Jupiter. At a greater distance, they merged with radio noise. (*Astroforum*), but mini-sponsors believed that their names and texts would reach the stars.

Similarly, on June 12, 2008, the radar of the EISCAT Space Center in Svalbard broadcast a coded advertisement of Doritos brand tortilla chips on a frequency (500 MHz). The ad was sent to hypothetical residents of the star 47 UMa, 46 light-years distant from the constellation Ursa Major. On August 28, 2009, a NASA/CSIRO seventy-meter long-range space communications antenna near Canberra, Australia, broadcast a four cm wavelength (7.145 MHz) in the direction of the nearby red dwarf Gliese 581 from HELLO FROM EARTH (HFE). This message contains 25,878 short messages from people from ten countries and has a volume of 2,845,345 bits. Here are some examples of messages from Earthlings (The best messages from Canberra (2009)):

“Hello, Gliese 581d inhabitant. Can you help us humans travel through space and become smart like you? Please do not eat us we are a friendly race.” Angus Pigott; Canberra, Australia

“If you know the meaning of life, please send it to us. If not, let's celebrate together anyway! Thanks in advance, from a curious carbon-based life form!” Monica Echagüen; Barcelona, Spain.

“Hello from Varun on Earth. I hope I can meet you someday and we could become friends. My father thinks our cats are aliens—maybe they came from your planet!” Varun; Sydney, Australia.

“We Are A Smart Race Of People. We Hope To Find More In The Cosmos We Hope You Are Peace Loving Crea-

tures. Let's Share Our Histories. See You In The Future.” Jordan; Canberra, Australia.

Future communications from the Earth should be meaningful and worthy of content not only for aliens but also for future generations of Earthlings. This is the ethical aspect of the culture of terrestrial civilization. “The notions of morals and good are universal, like the Pythagoras theorem. Civilizations do not survive if they behave otherwise.” (Russian “Pioneer of the SETI” academician N. S. Kardashev).

Everyone can participate in the development of projects for future interstellar radio messages, regardless of professional interests, nationality, religion, etc. Those who wish to participate in METI projects send their application and their project to the future international scientific and cultural center METI. Currently, The IAA SETI Permanent Committee does not support METI due to reasonable risks to humanity. However, it cannot be ruled out that in the future there will be support for the creation of the METI Center to study various problems of interstellar communication with extraterrestrial civilizations. Those wishing to participate in the project indicate their field of activity in the application: content development, technical assistance, coding, choice of target stars, etc.

New METI projects should be made available to the public on the Internet for review and determination of public interest. The best ideas, original proposals, and new projects would then be considered by the METI International Scientific Council for possible implementation. Financial support for future METI projects for sending them to selected stars should be welcomed. However, financial support should not entitle donors to include the name and per-

sonal text in the information stream attached to the main METI content. Gratitude for financial support can be a certificate with the name of the philanthropist and a note that his or her name and text (if any) will be registered in the Thanks Catalog of the METI Center.

The METI wiki portal should contain catalogs with detailed information about each interstellar message. In the case of broadcast in the electromagnetic range, of interest are location of the transmitting system, data about the telescope: transmitter power, and electromagnetic transmission range; date and time of broadcasting, duration of broadcasting; and message size in bits and bit rate; description of the contents of the message and its visual representation; encoding method and decoding options; estimated equatorial coordinates of the target star for aiming the transmitting system on the date of arrival of the message to it; data about the star and its planetary system; the estimated arrival epoch of METI, and the estimated power of the signals in the star system; names and other data of developers of the contents of the message and scientific and technical personnel providing preparation and broadcasting; project cost and financial support received from sponsors; photos, videos, etc. Now there is no such detailed information about METI projects that were already sent to the stars. Future METI projects may have different concepts, such as a message about humanity and some of its cognitive achievements from the field of science and culture, selected works of art or music, or a variety of composite structures (e.g., call signs, music, digital parts), or the message could be simply about the intelligence of senders and their readiness for interstellar communication.

Project of the Content of the Interstellar Radio Message “Golden Wings of a Lemniscate”

Before the scientific discovery of extra-terrestrial civilization, the authors are proposing a project of the interstellar radio message “Golden Wings of a Lemniscate” (GWL) first presented in a report at the symposium “Horizons of Astronomy and SETI” in SAO RAS (2005) and published in the collection of articles of this symposium (Filippov et al, 2007). Here we present an updated version of the GWL project with several new elements.

The fundamental idea of the GWL project is simply a message about the intelligence of the inhabitants of the third planet of the sender’s star and the readiness for interstellar contact. An intermediary language for the messages in this concept is informational drawings without specific information about the solar system, the Earth or humanity.

For this project, from the huge number of pictorial symbols in the history of the culture of mankind (art and mathematics), the lemniscate of Bernoulli was chosen. The lemniscate is the mathematical symbol for “infinity,” which also symbolizes the vastness of outer space. Using manipulations (variations) of one of the parameters of the carrier radio wave, one can transmit a sequence of binary symbols that can be decomposed into a rectangular matrix of primes containing an image of a lemniscate with a picture. Prime numbers for the matrix are selected such that their ratio is close to the “golden number” = 1.618.

The golden ratio reflects the emotional perception of harmony in a person of the Earth and, perhaps, is universal knowledge for “space subjects” of various types (Lefebvre and Efremov 1999), including space systems with artificial intelligence (AI). The proposed interstellar radio message can become the

bearer of the idea of the universality of harmony in the universe, known to the senders of the message (Earthlings) as the “golden section,” and to “speak with pictures” placed in the lemniscate. The main content of the interstellar radio message will be preceded by the transmission of a repeating series of “digital call signs”—images of small lemniscates in a small “golden” rectangular scan, including the repetition of their negative displays (white inverted to black) for a “hint.” To transmit the call sign, coherent signal broadcasting in time intervals in the proportion of the golden ratio with the radiation duration, for example, 157, 97, 97, 60 seconds, respectively, with pauses, can be used. The presence in the call sign of primes and their ratio ~ 1.62 is intended to be a hint for searching for the compilation of matrices based on them, which should help decipher the content of the digital part of the radio message. Call signs can be broadcast using the “relative signal transmission methods” proposed by Professor N. T. Petrovich for interstellar radio communications. (Petrovich 1986; Filippov et al. 2005).

After the completion of the digital call sign transmission, the transmission of the main message content, which contains ten different elements, begins. The number of elements is not accidental; it is intended to lead the message recipients to a hunch about the significance of the decimal system of calculus for its senders. All ten elements contain identical images of Bernoulli lemniscates in the right “wing” of which there are drawings; the left is left blank for an answer. In the “golden” rectangles above, the numbers of the natural series from 1 to 10 are inscribed, and the notion of the Earth designation of each figure by serial numbers is given below. The elements of the message intentionally include images of simple

geometric figures (segments, triangle, circle, square, spiral, etc.), which should be familiar and recognizable by ET. Note that the selected geometric figures are associated with the history of the development of natural science on Earth and with the names of prominent philosophers and mathematicians who studied them. Any choice of designs for METI will be controversial. The rationale for our choice is briefly made in the comments to the drawings.

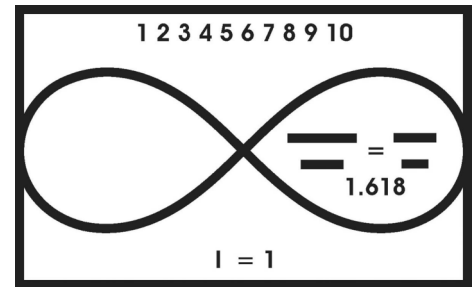


Figure 1. Sections in proportion to the golden ratio

If the ET, by analyzing this figure, guess to measure the lengths of large segments of the left and right parts, separated by the equal sign, and divide them into smaller lengths, then they will receive the value of the “golden number” in their calculus and will be able to see the Earth spelling of the golden number 1.618.

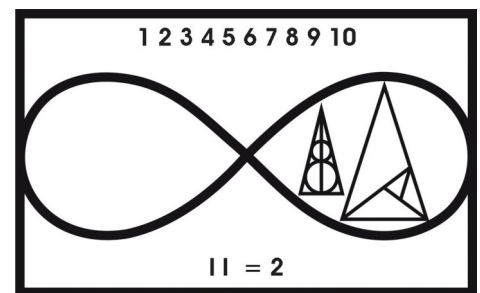


Figure 2. Golden Triangle

The second element in the language of geometry offers ET to compare their

concepts of a triangle, a circle, and its diameter, in the proportions of the golden section.

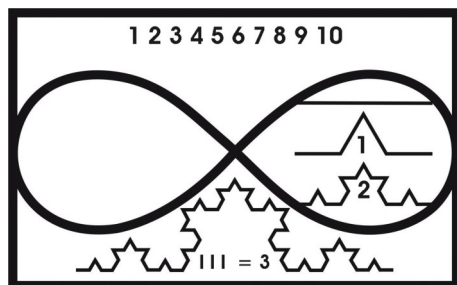


Figure 3. Fractal Koch curve

The term "fractal" was proposed by Benoit Mandelbrot in 1975 to refer to self-similar sets with fractional dimensions. The fractal repeats itself at different scale levels. Of the geometric fractals, the most famous is the Koch snowflake, which is based on an equilateral triangle. This fractal is named after the Swedish mathematician Helge von Koch (1870-1924), who first described it in 1904. The main arguments for including the Koch fractal are its simplicity for coding and its beauty. The lemniscate presents a part of the fractal Koch curve in three iterations.

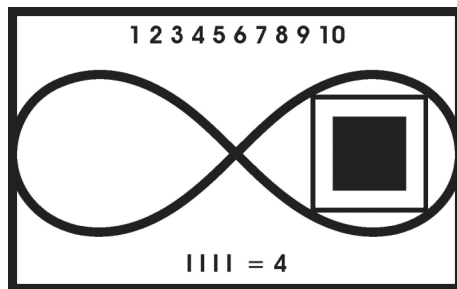


Figure 4. The black square of Malevich

The square is known in many ancient cultures; for the Pythagorean School, the square was an emblem of divine balance, expressed geometrically. "Black Suprematist Square" is a picture created in 1915 by avant-garde artist

Kazimir Malevich (1878-1935). This is one of the most discussed and most famous paintings in Russian art. Malevich's Black Square suggests the inclusion of his image into the lemniscate. The square is not a problem for coding and, in our opinion, is a good example of "rationality" of the signal.

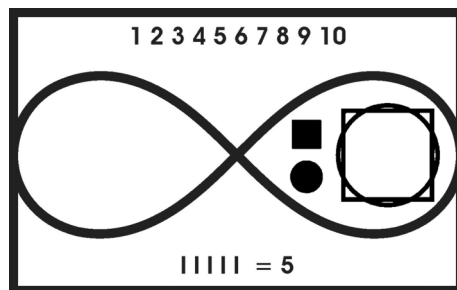


Figure 5. Squaring a circle

This is the name of the famous task: using a compass and a ruler to build a square, equal in area to a circle of a given radius. The inclusion of the "quadrature of the circle" picture has a historical aspect (for terrestrial civilization) and a test of "reasonableness" for hypothetical stellar message Recipients. Representatives of extraterrestrial intelligence are invited to think about the task from this picture.

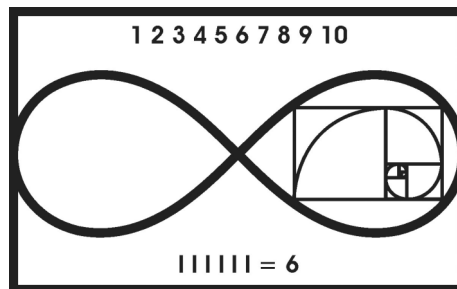


Figure 6. Logarithmic Golden Spiral

The sixth element of the project contains two wonderful curves: a lemniscate and a logarithmic spiral. A special type of logarithmic spiral is the golden

spiral, so-called the Fibonacci Spiral. In the culturological aspect, the lemniscate and the logarithmic spiral are Earthly symbols of infinity and the evolution of life and mind.

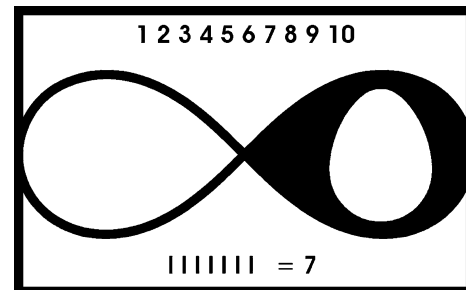


Figure 7. Egg in Golden Ratio Proportions

It is proposed to include into the lemniscate of the seventh element a symbolic image of an egg constructed in the proportions of the golden section. In different epochs of life, oviparous animals existed on Earth. Currently, their representatives are birds, fish, reptiles, marine animals, insects, and mammals from the families of platypus and echidna. It has been found that in many birds the egg shape has a golden ratio. The egg symbol is used in architecture, design, sculpture, jewelry. Huge eggs on the towers and the cornices adorn the wall of the theater and museum of the great artist Salvador Dali (1904-1989) in Spain; this is one of the most popular surreal buildings in the world. Russian jeweler Peter Carl Faberge (1846-1920) created the famous collection of Faberge eggs. The series was created between 1885 and 1917 for the Russian imperial family and private buyers. The idea of a "world (cosmological) egg" inspires many artists to work, among them Russian artist and astronomer, Nina Yakimova, who has created more than one hundred fifty collages on this subject.

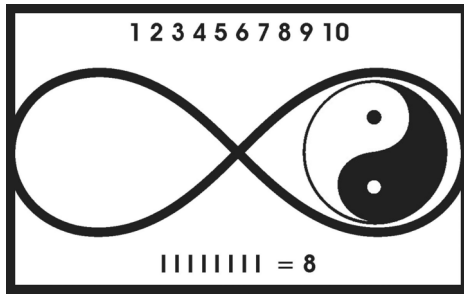


Figure 8. Yin Yang Symbol

Yin-Yang symbolizes that everything in the universe is in motion, changing, and has its opposite.

The Yin-Yang symbol included in the content of the GWL message will show a long-valued element of the culture of a huge part of humanity on Earth.

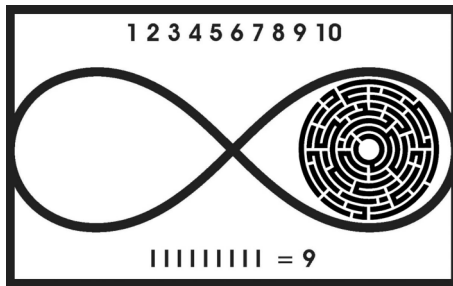


Figure 9. Labyrinth

The labyrinth suggests finding a way out of the dead ends in this image. This is a game message and a simple intelligence test.

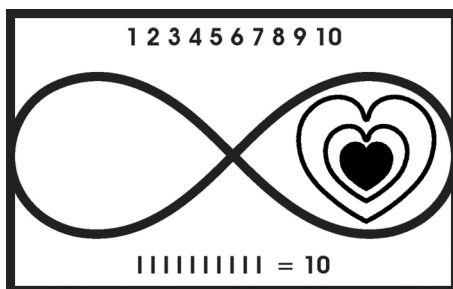


Figure 10. Heart

The popular drawing of the heart is a symbol of love, spiritual harmony, and happiness. Despite the amazing simplicity of its outlines, this symbol remains one of the strongest positive emblems of the world. This GWL lemniscate has a symbolic drawing of three hearts representing the hearts of father, mother and child in people and a huge number of animals. The images of hearts are based on the golden spiral. The meaning of this picture may not be understood when deciphering the image, but for Earthly senders, it is an important symbol of love and hope for a positive response of intelligent interstellar recipients of the GWL message.

Conclusion

It should be noted that to detect any of the sent interstellar radio messages from Earth, it is necessary that there exists in the systems of destination stars technologically advanced civilizations; that ET's telescopes are used to search for transmissions from space civilizations in different ranges of the electromagnetic spectrum; and that the direction of our solar system is included in monitoring in the ranges of the sent messages. Therefore, before the discovery of extraterrestrial civilizations, the sending of interstellar messages into space is unlikely to be a success at the reception. Is it necessary to develop the content of new messages from the Earth, initiative or response, in case of detection and decryption of messages from extraterrestrial civilizations? The experience of developing new interstellar message projects seems valuable. In the process of this work, various aspects of METI will be investigated, including but not limited to scientific, technical, informational, cultural, ethical, educational, sociological, psychological, and historical. This will help new generations of mankind realize the prospects of establishing interstellar

communication with one or more extraterrestrial civilizations if their discovery will take place.

References

- “Active SETI: Transmissions: Stars to Which Messages Were Sent.” *Wikipedia: The Free Encyclopedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Active_SETI.
- Barclay, Thomas, ed. TESS Science Support Center. NASA. <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/tess/>.
- Braastad, Richard and Alexander Zaitsev. “Synthesis and Transmission of ‘Cosmic Call 2003’ Interstellar Radio Message.” <http://www.cplire.ru/html/ra&sr/irm/CosmicCall-2003/index.html>.
- Breakthrough Listen at UC Berkeley*. <https://seti.berkeley.edu/listen/>.
- “Breakthrough Listen to Collaborate with Scientists from NASA’s Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) Team to Look for Signs of Advanced Extraterrestrial Life.” *Breakthrough Initiatives*. October 23, 2019. <https://breakthroughinitiatives.org/news/27>
- Catalog. Exoplanet.eu. Accessed March 14, 2020. <http://exoplanet.eu/catalog/>.
- Chuprikov A. A. and L. N. Filippova L.N. “Observations of SETI Objects on the Radio Interferometric Network of the ASC LPI.” *Special Bulletin of the SAO RAS 2007*: 60-61, 208-211. SAO RAS, 2007. In Russian. <http://wo.sao.ru/Doc-k8/Science/Public/Bulletin/Vol60-61/p208.pdf>
- Drake, F. D. “Project OZMA: The Search for Extraterrestrial Intelligence.” *Proceedings of the NRAO Workshop No. 11*. May 20-22, 1985. Eds. K. I. Kellermann and G. A. Seelstad. p. 17. Refer to Drake, F. D. 1960. *Sky & Telescope* 39, 140. <https://>

- technosearch.seti.org/list/project-ozma. FULL PAPER.
- Filippov V. V., L. N. Filippova, N. T. Petrovich and E. V. Ulitina. "The Project of a Radio Message for Extraterrestrial Civilizations: 'Golden Wings of a Lemniscate'." *Special Bulletin of the SAO RAS* 2007: 60-61, 239-247. SAO RAS, 2007. In Russian. <http://wo.sao.ru/Doc-k8/Science/Public/Bulletin/Vol60-61/p239.pdf>.
- Filippov V. V., N. T. Petrovich and L. N. Filippova. 2005. "The Project of the Interstellar Radio Message: "Golden Wings Lemniscates: Increasing the Noise Immunity and Range of Earth Signals by Relative Methods and by Repeating Elementary Premises for Their Detection in Noise. Publications NTORES named after A. S. Popov. LX:2. Moscow. In Russian. <http://www.autex.spb.su/download/dsp/dspa/ntores2005/t-21.pdf>.
- Filippova L. N. "Radio Searches of Extraterrestrial Civilizations." *SCC SETI Newsletter*. Bulletin of SETI No. SCC SETI 23/40. In Russian. <http://Infm1.sai.msu.ru/SETI/koi/bulletin/40/soder.html>.
- "Horizons of Astronomy and SETI". Conference: "SETI-2005" topic. *Astroforum*.
- Lefebvre, V. A., and Yu N. Efremov. "Possible Analogues of Cognitive Processes in the Patterns of X-ray Variability of the Rapid Burster." *Astronomical and Astrophysical Transactions* 1999:18 (2) 355-342.
- Rudnitskiy, G. M. 2016. "Search for Signals of Extraterrestrial Civilizations." *Odessa Astronomical Calendar*. 2017: 18, 157-165. Odessa, Ukraine: Astroprint. In Russian.
- Steele, Bill. It's the 25th Anniversary of Earth's First (and Only) Attempt to Phone E.T." *Cornell News*. November 12, 1999. Archived from the original on August 2, 2008. Retrieved March 29, 2008. <https://web.archive.org/web/20080802005337/http://www.news.cornell.edu/releases/Nov99/Arecibo.message.ws.html>.
- TESS. MIT-TESS. <https://tess.mit.edu/>.
- University of Leicester. "Doritos Makes History With World's First Extra Terrestrial Advert." *SpaceRef*. June 28, 2008. <http://spaceref.com/news/viewpr.html?pid=25814>.

The Experience of Intercultural Dialogue in the Amazonian University UCSS-Nopoki and Its Implications for SETI

Paolo Musso

Università dell'Insubria (Varese, Italy)

Mariano Asla

Universidad Austral (Buenos Aires, Argentina)

Wilmer Atachahua Ursua

UCSS (Lima, Peru)

Guisella Azcona Avalos

UCSS and UTP (Lima, Peru)

María Capatinta

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Peru)

Ángel Gómez Navarro

UNIFÉ (Lima, Peru)

David Lagos Liberato

UCSS and UPC (Lima, Peru)

Didier López Francis

UCSS-Nopoki (Atalaya, Peru)

Janina Navarro Linares

UCSS and UTP (Lima, Peru)

Carlota Pereyra Rey

Asociación Qespichyq, programa Ecovida y Universo (Lima, Peru)

Teófilo Vargas

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Peru)

Carlos Viaña Rubio

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Peru)

Patricia Vilcapuma Vinces

UCSS and Escuela Nacional de Marina Mercante (Lima, Peru)

Correspondence | Paolo Musso, paolo.musso@uninsubria.i; Mariano Asla, marianoasla@gmail.co; Wilmer Atachahua Ursua, watachahua@ucss.edu.p; Guisella Azcona Avalos, C18108@utp.edu.p; María Capatinta, maria_capatinta@hotmail.co; Ángel Gómez Navarro, agomez@unife.edu.p; David Lagos Liberato, dlagos@ucss.edu.p; Didier López Francis, didierre-rra@outlook.co; Janina Navarro Linares, jnavarro@ucss.edu.p; Carlota Pereyra Rey, carlota.pereyra.rey@gmail.co; Teófilo Vargas, teofilo.vargas@gmail.co; Carlos Viaña Rubio, egomurus@gmail.co; Patricia Vilcapuma Vinces, pvilcapuma@ucss.edu.p

Citation | Musso P., M. Asla, W. Atachahua, G. Azcona, M. Capatinta, A. Gómez, D. Lagos, D. López, J. Navarro, C. Pereyra, T. Vargas, C. Viaña, and P. Vilcapuma. 2020. "The Experience of Intercultural Dialogue in the Amazonian University UCSS-Nopoki and Its Implications for SETI and Big History." *Journal of Big History*, IV (2), 136-144.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4270>

Abstract In 2017 two Universities of Lima (Peru), the Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) and the Universidad Femenina del Sagrado Corazón (UNIFÉ), presented a project called *La Vida en el Universo: Su Origen, Su Naturaleza, Su Sentido (Life in the Universe: Its Origin, Its Nature, Its Meaning)*, which was awarded one of the six Oxford Templeton Visiting Fellowships to Latin America offered by Oxford University and the John Templeton Foundation. The core of the project was a one-week field research about the experience of intercultural dialogue, which is being developed in the last twelve years in the UCSS Amazonian branch of Atalaya (called UCSS-Nopoki), one of the few cases in the world (maybe uniquely fully successful) of a positive interaction between cultures with very different technological levels, as, on one side, our Western civilizations and, on the other side, the Amazonian original peoples having their sons studying in Nopoki. In the present paper some significant results of this research will be presented, which question the widespread skepticism about the possibility of intercultural communication, generally based on the currently dominant philosophical relativism. Furthermore, with respect to a future contact with a hypothetical extraterrestrial civilization, this experience of interaction with the "otherness"—seen from both contexts, both from the Western and the Amazonian side—can serve as a model for possible communication. In the same way, this experience of intercultural relationship should demonstrate that the interaction between different civilizations, if managed properly, can have a positive impact on each of them, also helping everyone to understand better our place in the context of both our particular history and the "Big History" of the Universe.

The Beginnings: Oxford in Latin America and *La Vida en el Universo*

In this paper we are going to present the first results of field research that is currently being developed in the Amazonian University UCSS-Nopoki of Atalaya, which started with the project *La vida en el universo: su origen, su naturaleza, su sentido* (“Life in the universe: its origin, its nature its meaning”). This Peruvian project about SETI and astrobiology was awarded one of the six Oxford Templeton Visiting Fellowships to Latin America offered for the year 2017 by the Ian Ramsey Centre for Science and Religion (IRC) of the University of Oxford and the John Templeton Foundation (JTF) in the framework of Science, Philosophy and Theology in Latin America, a three-year project (2015-2017) which was the second part of a wider project of the University of Oxford in Latin America, whose first phase was represented by the project CYRAL (*Ciencia Y Religión en América Latina*, 2011-2013), also funded by the Templeton.

In 2016 the IRC and the JTF offered to all the Universities of Latin America six grants for the following year “to encourage Latin American universities to invite senior academics from other regions of the world to visit their institution for short-term courses, workshops and lecture series on topics broadly related to the interplay between science, philosophy and theology” (IRC 2016). One of the winning projects was precisely *La vida en el universo*, proposed by two Peruvian Universities: the Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) and the Universidad Femenina del Sagrado Corazón (UNIFÉ) of Lima.

The project, which was awarded a \$22,500 grant, was about research, teaching and dissemination and was developed by the designated Oxford Templeton Visiting Fellow to Latin

America, Dr. Paolo Musso, from 20 February to 28 April 2017 in the Peruvian cities of Lima and Atalaya. It focuses on three main topics: a) the relationships between the conditions required for the origin of life and the conditions required for the origin of the universe; b) the philosophical and religious implications of the possible existence of life in other parts of the universe; and c) the problem of the universality of reason, with a special focus on intercultural communication.

Furthermore, there were also some unscheduled talks, given by Claudio Maccone, Technical Director of the International Academy of Astronautics (IAA) and Chairman of the IAA SETI Committee, and by some other distinguished scientists who were involved in the project during its development: the astronomer and theologian José Gabriel Funes, professor at the Universidad Católica de Córdoba (Argentina) and former Director of the Specola Vaticana from 2006 to 2015; the astrobiologist Julio Valdivia, President of the Sociedad Científica de Astrobiología del Perú (SCAP); the independent astronomer Carlota Pereyra, Director of the *Ecovida y Universo*, a program of the Asociación Qespichyq; along with the cosmologist Teófilo Vargas and the astronomer Víctor Vera, both professors at the Uni-

versidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), the most ancient University of America. The project ended on 28 April 2017 with an international congress held in Lima in the main auditorium of the UNIFÉ, with the participation of seven Peruvian and five foreign invited speakers, whose *Proceedings* (Musso, ed. 2020) are in press just at this moment and will be published very soon, at the beginning of the new year.

However, the core of the project was the field research developed from 16 to 22 March 2017 about the extraordinary experience of a very successful intercultural interaction between our Western civilization and some Amazonian original peoples who were (and still are) living in Nopoki, a branch of the UCSS of Lima founded in 2006 in the city of Atalaya, in the department of Ucayali, in the South-East of the Peruvian Amazonia.

Nopoki and Its Uniqueness

“Nopoki” is a word of the language of the Asháninka (one of the original peoples who participated in the foundation of Nopoki), which literally means “I’ve come.” This statement, however, does not express merely the fact that the student has come to the university; it is intended to affirm the sense of an encounter between the student who “has come” to learn and the professors who



Figure 1. The opening ceremony of the final congress of *La vida en el universo* (a project funded by the University of Oxford), which was held in the main Auditorium of the UNIFÉ (Lima, 28 April 2017).

“have come” to teach, as well as the commitment of the new student to become an active member of the Nopoki community.

The birth of Nopoki was due to the initiative of Monsignor Gerardo Žerdin, a Franciscan missionary with a deep knowledge of many indigenous Amazonian peoples, who little by little realized that their greatest problem was education, and that the key for the preservation of their identity was the preservation of their original languages. To lose a language, indeed, means to lose the opportunity of understanding the world in a unique way: therefore, with the loss of language, knowledge, tradition, ways of understanding and relating to the world and the others are also lost. In addition, in a school where only Spanish is spoken, professors and children are unable to understand each other completely.

Monsignor Žerdin conceived of the idea of creating a university where it would be possible to provide the students coming from the original Amazonian peoples with an education that took into account their language, their culture and their lifestyle, so that they could become able to teach their children in the same way in the future. To

make it possible, each original people should have sent to Nopoki not only its children to become students, but also one of its wise men to become a professor, which was a very difficult decision, because, due to the great distances, both students and professors should would have to live in Nopoki without going back home for a long time.

Despite the hardships, some Amazonian peoples decided that the sacrifice was worth it. So, in 2005, Monsignor Žerdin went to Lima and proposed his project to many universities. The only one interested was the UCSS, whose educational method, based on the ideas of Monsignor Luigi Giussani (1997, 2019), had a natural affinity with Žerdin’s approach. After a first “experiment” held in 2006, with the creation of a pre-university center with fifty-seven students, in 2007 Nopoki was officially founded as a branch of the UCSS Lima, with forty-seven students and a unique faculty, that of the Educación Básica Bilingüe Intercultural (EBBI), i.e., Basic Intercultural Bilingual Education. Now in Nopoki are also the Faculties of Administration, Accounting, and Agricultural Engineering. At the moment, only in the EBBI is there real bilingual education although the

final goal is to extend it gradually to all the faculties (see Azcona 2018, UCSS 2018).

Nopoki and the Future of SETI

Intercultural Communication on Earth and off Earth

Linking Nopoki to Oxford makes it possible to gain some useful insights about how to construct a suitable language for an interstellar message to be used in a possible communication with some extraterrestrial intelligence (if, sooner or later, we discover any).

The problem of the possible existence and nature of extraterrestrial intelligent beings is probably as ancient as the human capacity to gaze at the stars. It was not only a common topic in literature and oral storytelling, but it also has been seriously discussed by philosophers, scientists and theologians (Dick 1982; Crowe 1986) with an increasing interest in the most recent years (Asla 2016a, 2016b; Dick 2001; Dunér et al. 2013; Musso 2009; Vakoch 2014; Losch and Krebs 2015).

However, the problem of how to carry out an effective communication with another civilization arose only with the birth of SETI.³ The first SETI program was started on 8 April 1960 by the U. S. astronomer Frank Drake at the Green Bank Radio Telescope in West Virginia, according to suggestions made by Giuseppe Cocconi and Philip Morrison (1959). From then on, many other similar programs have been carried out by scientists in various countries all over the world.

Previously, some rather naïve proposals had been made in the nineteenth century based upon the idea that intelligent beings might live on Mars (what then seemed to be possible, but not today) and so could be able to see some giant symbols drawn on the Earth’s surface, and successively, around the middle of



Figure 2. Dialogue with some students from different Amazonian original peoples in Nopoki. The traditional clothes they wear are not mere folklore because here they learn their symbolic meaning.

the twentieth century, the merely demonstrative messages of the Pioneer and the Voyager probes (Drake et al. 1972; Sagan et al. 1978), which we are not going to consider here since they were not real attempts of communication. Then, with the rise of SETI, some more serious proposals about how to construct an interstellar message were made, based upon the more realistic idea that any communication with extraterrestrial intelligence (CETI) could take place only via radio waves⁴ (Devito and Oeherle 1990; Dutil and Dumas 1999; Freudenthal 1960; Hogben 1961; Musso 2004a, 2011; Nieman and Nieman 1920; Vakoch 2013, 2014).

However, since we cannot base our attempts of imagining how CETI could be on the features of a real extraterrestrial civilization (because up to date we have not yet found any), the only points of reference we *can* actually consider are those drawn from human history, i.e., the encounters between *terrestrial* civilizations, above all those characterized not only by deep cultural differences but also by a deep technological gap. The most suitable and best known of all is surely the encounter between our Western civilization and the indigenous peoples of Latin America, so the idea of using it as a paradigmatic example is not new at all; it is as old as SETI itself. The problem is that usually only negative aspects are taken into consideration; also because—we must recognize it honestly—they are the vast majority. Nonetheless, insisting upon only the negative is incorrect since it is unjustifiably unilateral and can in no way be helpful for our purpose.

Things become even worse if we take into account a wider context than that of the SETI community. Indeed, according to a bad habit of modern philosophy, as reprehensible as widespread, very often philosophers base their criti-

cisms of the possibility of a true intercultural communication on merely imaginary examples, as the world-famous Quine's "Gavagai" (1951), and not on reality, which, on the contrary, clearly shows that communication, although difficult, *is* possible, at least between terrestrial civilizations. This happens due to the strong influence of the relativistic stance, that nowadays is dominant among philosophers, psychologists, sociologists, and humanists in general, who therefore are usually very skeptical about the possibility of a real communication even between different terrestrial civilizations and, therefore, *a fortiori*, between terrestrial and extraterrestrial ones.⁵

Also traductologists tend to be rather skeptical about the feasibility of CETI based upon the number of possible nuances of the meaning of a text and how difficult translation is even between rather similar languages. Most of them (but not all) think that it would be impossible to translate any text into a radically different language. However, CETI methodology should be very different from that of a standard "terrestrial" translation. Indeed, properly speaking, CETI would not even be a form of translation (since we would not know into *what* language we should translate), but rather an attempt of encoding our language in such a way that could make it understandable to other intelligent beings, who should make the translation on their own, based upon what they have understood. Even so, assessing its feasibility by only imagining the possible scenarios is very difficult without ever testing our strategies in a real situation.

Anthropologists, instead, study (of course!) the cultures and languages of real original peoples, but, unfortunately, very seldom from a point of view useful for CETI, since usually they are

interested in translating their languages into ours, but not vice versa. Moreover, very often original peoples end up being the object, but not the subject of the investigation, which prevents us from discovering what understanding *they* have of *us*.

On the other hand, scientists, who are obliged by the experimental method to base their theories on empirical evidence, are usually much more optimistic: the problem with them is that they are often *too* optimistic because the language of science and mathematics is much more precise, hence much simpler to communicate than the languages of humanities. Therefore, they are sometimes unaware not only of the false problems existing in the minds of philosophers but also of the real problems existing in things themselves. Unfortunately, in this case two errors moving in opposite directions do not cancel each other; on the contrary, they combine to create an even more serious problem. The only way out seems to be an interdisciplinary work, which is precisely the mission of both the SETI Institute and the IAA SETI Committee, but this is easier said than done.

The only real attempt at a systematic interdisciplinary study of the whole matter was made at the beginning of the millennium with a series of international workshops on Interstellar Message Composition (IMC) promoted by the SETI Institute under the direction of Douglas Vakoch, the first of which was held in Toulouse during the 52nd International Astronautical Congress (IAC) from 30 September to 2 October 2001. Unfortunately these efforts were soon interrupted due to serious economic problems at the SETI Institute. At present, the debate is still going on within the IAA SETI Committee, but with increasing difficulties, due partly to the fact that in the last years the new

members of the Committee have been almost all scientists, and partly to the increasing hostility toward active SETI, despite that *studying* how to construct a good interstellar message is quite different from actually *sending* it to the stars (whose risk, in any case, would be practically zero: see Musso 2012).

This is why we had the idea of undertaking a pioneer study doing *real* field research about a *positive* case of interaction between terrestrial civilizations who are almost “alien” to each other. Unfortunately, the available funds were limited such that we were not able to carry out an in-depth investigation as we desired, but the results were so interesting that we decided to find a way to further the research as soon as possible, as now we are just about to do (see 5).

However, we were able to exploit in the best possible way the week we spent in Nopoki: conversations were held with both students and professors from the original peoples about their experience of positive intercultural coexistence in the university and what made it possible. Dr. Musso gave a talk about the search for life in the universe according to the method of modern science; the wise men of the Yine and Matsigenka peoples agreed to give another talk in which they presented their traditional cosmovisions; and the astronomer Carlota Pereyra, assisted by her son Rodolfo, taught Nopoki students how to look at the sky through a telescope that she had brought with her. In addition, they had discussions with the students and professors about the conception of astronomy in their respective cultures, which culminated in the creation (absolutely not planned in advance) of the Nopoki Map, i.e., a celestial map with new constellations drawn by the same students based upon on their own traditions, which also contributed some

interesting elements to our research (see Pereyra 2000).

Finally, we have to mention that in the last phase of the writing of this paper, from 8 to 11 June 2019, some of its authors, i.e., Paolo Musso, Wilmer Atachahua and Guisella Azcona, went once again to Atalaya, where they met with Didier López (also one of the authors) and several other professors of Nopoki, to deepen some issues with them. Especially significant has been the dialogue with Monsignor Žerdin (who had not been able to participate in the Oxford project because he was travelling during that period). He clarified many fundamental aspects about the method that is being used in Nopoki to translate the concepts of our culture into languages that do not have them, especially in the case of mathematical concepts, to which we must now dedicate some separate remarks due to their peculiar importance.

A Very Special Issue: Ethnomathematics and Its Relevance for SETI

If there is something about which almost all SETI scholars agree, it is that any attempt of IMC will necessarily involve, at least to some extent, mathematics, and that it is likely that the first part of any interstellar message will be based upon mathematics, since it should be the most universal language of all (see Musso 2011). However, even those authors who are absolutely sure of this cannot be equally sure that *our way of representing* mathematics is universal (or at least universally understandable). Unfortunately, this is almost impossible to demonstrate experimentally since nowadays almost all human beings know at least basic mathematics and represent it in the same way.

The only exceptions are represented by some very isolated indigenous peoples, mainly living in the Australian outback

(see, e.g., Butterworth et al. 2008) or, precisely, in the Amazon forest (see, e.g., Pica et al 2004). Some anthropologists have studied those peoples and their “ethnomathematics”, i.e., their way of representing mathematics and managing mathematical problems despite the fact that their mathematical systems are very simple (typically, they can count only until five), with some very interesting if limited results. In most cases they studied one group of people at a time, with different methods and goals, making it difficult to reach a global vision. Furthermore, they were not very interested in the problem of translating *our* mathematics into *their* conceptual systems, which, on the contrary, is crucial for IMC.

The Greatest SETI Experiment in the World

The original peoples of Nopoki are in an intermediate situation since they are not completely isolated and usually know at least basic mathematics. Many of their languages do not have a conceptual system able to represent it although they are working to create one. Far from being a limitation, this is, on the contrary, an ideal situation that makes Nopoki a potentially perfect laboratory for testing *experimentally* our ideas about IMC because

- 1) Nopoki is very likely the only place in the world where we can find such a great number of original peoples, different from not only us but also from each other in culture, language, technology, and level of development of mathematics.
- 2) Nopoki is also probably the only place where a textbook of basic mathematics is being translated into the languages of many original peoples, some of whom have no mathematical concepts and differ from not only our languages but also from each other, sometimes

not only in their concepts but even in their structure.

3) Nopoki is also the only place in the world where this process of translating our mathematics into many different languages is done using a method similar to that considered the best basis for any attempt at IMC. We could even say that, in a sense, the Nopoki textbook of basic mathematics is an interstellar message, or, at least, its first part.

4) Nopoki is very likely the only place in the world where the translation of our mathematics into the languages of many different peoples is done by the members of those peoples themselves, exactly as it would happen in the case of a real CETI.

5) Nopoki is likely the only place where we can find *languages* without mathematical concepts spoken by *people* who know mathematics at least to some extent, which would be bad for anthropologists but is *perfect* for SETI scholars, since it makes the situation much more similar to that of a real CETI.

6) Nopoki is the only place in the world where it will be possible, in the near future, to make a comparative statistical analysis to establish whether the understanding of the same textbook of basic mathematics is conditioned (and, if so, to what extent) by the language into which it has been translated and by the culture to whom such language belongs.

It is evident that the problem of the universality of our way of representing mathematics does not end with the representation of basic mathematics. On the contrary, the most difficult problem (which we intend to study in the near

future) is that of the representation of advanced mathematics. Nonetheless, it is equally evident that the latter problem cannot be studied without having previously solved the former, which we hope we are about to do, at last, thanks to Nopoki. This is the right moment. If the translations of the book are approved by the general assemblies of the respective peoples, which we hope will happen in 2020, it will present a unique opportunity for future study along these lines.

Nopoki and the Future of Humankind

What we have discovered in Nopoki is much richer and deeper than we thought, and that is why it has much to do also with Big History due to its philosophical, anthropological, social, and political implications. So, let us now briefly discuss also these topics, at least in a preliminary way, while waiting for further and more systematic studies.

Nopoki and the Future of Reason

Independent of the possibility of CETI becoming real sooner or later, it has also been used as a philosophical thought experiment. It is a powerful method for better understanding *our* nature and *our* intelligence, especially to establish whether some sorts of “universals of reason exists,” i.e., some factors belonging to reason as such, which therefore must necessarily be common to any conceivable intelligent being in the universe (see Asla 2020).

Studying the experience of Nopoki from this point of view could be useful for philosophy, whether SETI succeeds or not, especially if we consider that, as we have already noticed before, at present relativism dominates the field of philosophy worldwide (and, more generally, our whole culture), despite the fact that it is based mainly on superficial or even fictional arguments.

Finally, the unifying perspective provided by studying the experience of Nopoki from the point of view of CETI and IMC could facilitate a fruitful interdisciplinary dialogue among science, philosophy and many other disciplines, like anthropology, sociology, psychology, neuroscience, and so on, also reviving, at the same time (at least, we hope), the interdisciplinary work of the IAA SETI Committee.

Nopoki and the Future of Society

Intercultural dialogue in Nopoki is, first of all, *a fact*: it happened, and it is still happening. By that we are not saying that we should not try to understand it—just the contrary. We should do it trying to *learn from the experience* they are living and not trying to force it into a previous scheme based on our favorite theories and/or our personal biases (Azcona and Atachahua 2020). Indeed, if in Nopoki they can do something that many others cannot, it means that their experience has something to teach our society as a whole, as has been recently recognized not only by many anthropologists and sociologists, who have started to study Nopoki with increasing interest, but also by the highest institutions, both political and religious.

The Peruvian Ministry of Education (MINEDU) and Ministry of Culture (MINCUL) have recognized the importance of a real intercultural formation in the education of young native people (MINEDU 2013). Furthermore, the then President of the Peruvian Congress, Mrs. Luz Salgado, after visiting Nopoki with some colleagues, during the final press conference held on 6 May 2017, declared: “How many Nopokis do we need, how many universities of this style, which welcome all the Peruvian cultures, so that they can have an alternative, are needed in Loreto, Cusco, Junín and other regions?” (Salgado 2017).

Finally, on 19 February 2018, Pope Francis, in his famous speech during the meeting with the Amazonian peoples in Puerto Maldonado, said: “I ask my brother bishops to continue, as they are doing even in the remotest places in the forest, to encourage intercultural and bilingual education in the schools, in institutions of teacher training, and in the universities. I express my appreciation of the initiatives that the Amazonian Church in Peru helps carry out in favor of the native peoples [. . .] like NOPOKI, aimed expressly at training young people from the different ethnic groups of our Amazonia” (Francis 2018).

Their “endorsements” were so effective that the number of the new students has doubled from 2017 to 2018 (from 200 to 400), while the number of original peoples present in Nopoki has increased from seven up to nineteen from 2017 to 2019. This does not mean that Nopoki is important for only Amazonian peoples; indeed, in this historic moment, which is more likely to be a change of age rather than an age of changes, as Pope Francis himself always repeats, and because the encounters between different cultures generate much more frequent conflict than dialogue, the capability of Nopoki to generate dialogue where before prevailed conflict is surely very important for all of us.

Nopoki and the Future of Technology

Technology is surely a good thing: it has solved a lot of problems, many of which have been truly dramatic (hunger, cold, lack of hygiene, epidemics, etc.), and it will do the same in the future. Nonetheless, at present we very often exploit technology in an irrational way by using technological products when they are unnecessary, which is causing both serious ecologic and economic problems. Thus, should the peo-

ples of Nopoki find a way of using technology in better harmony with nature, this could be a model for the rest of the world.

Nopoki, in these thirteen years of existence, has not only succeed in showing the possible communicative interaction between Amazonian original peoples; it has also become a peculiar form of co-existence, which demonstrates that the new generations of these peoples could be the great change that our world needs: new scientific knowledge connected with ancestral knowledge in order to preserve the environment. The secrets that each corner of our planet still hides in its sea, its fauna, its flora, its colors, its smells, even the smallest, have not only an aesthetic value but also often contain unexpected and surprising resources to solve our problems of food, health, wellness, and so on.

Nopoki is no longer just an innovative proposal; it has become a necessity for Amazonian original peoples, who see Nopoki as the university that their children and the children of their children need. Their languages and beliefs are vital for the training of complete professionals, who speak their language correctly, as well as Spanish and even a third language, who can communicate

with people from other countries without feeling any shame about their origins, but, rather, show pride in them, and, at the same time, prove to be excellent professionals in their fields: teachers, accountants, administrators or agronomists, who work for their community, for their people, for their region, for their country.

For these reasons, the experience of the UCSS-Nopoki represents not only a solution to an important problem, such as that of the relationships between western and Amazonian cultures, but could also become a powerful medium to imagine better a new road toward a truly sustainable development, together with a deeper consciousness of our place in the framework of the general evolution of the cosmos.

Conclusions

Nopoki is not big, but it is great. In it is much more than any of us could imagine before seeing it in person. It is like a little seed of some giant tree. Will it be able to generate the whole plant? Nobody knows. Of course, it might fail, just like anything else in this world, but what we *do* know is that should Nopoki be successful in expressing its whole potential, then it could generate



Figure 3. Our group at the entrance of the UCSS-Nopoki campus (Atalaya, 22 March 2017).

something that could be a model for all humankind.

It is for this reason that we have decided to create a permanent research center about it, promoted by the Italian University of Insubria in collaboration with the UCSS and called *InCosmiCon* (*Intelligence in the Cosmic Context*: see Musso et al 2019), where our former research about Nopoki will be put in a wider context, not limited to only SETI (although SETI surely will play an important role in it), but including also other issues, first of all Big History. At the same time, we hope that such a fascinating experience could become the core of a wider and deeper investigation, able to discover and study other interesting experiences of intercultural dialogue and to attract scholars from many other disciplinary fields.

We possibly will not have to wait for a long time to see whether it works, since, after two years of preparation, finally *InCosmiCon* is just about to start. So, stay tuned, and, if you want to participate, please contact us without any hesitation.

Acknowledgements

This publication incorporates results from the research project entitled *Science, Philosophy and Theology: Capability Building in Latin America*, funded by the John Templeton Foundation under a research award held by the University of Oxford, to which we are very grateful for their support.

We also wish to thank heartily the universities, UCSS and UNIFÉ, for believing in the project, all the professors and the students of the UCSS Nopoki, and all the speakers of the final congress for their fantastic contributions to the success of the project.

References

- Arbib, M. A. 1979. "Minds and Millennia: the Psychology of Interstellar Communication." *Cosmic Search* 25, 47-48.
- . 2016a. "Cómo Naturalizar la Ética sin Desnaturalizar lo Moral: Rol de las Ciencias Particulares en el Debate Sobre los Universales Éticos." In C. Carbonell and L. Flamarique, eds. *De Simios, Cyborgs y Dioses. La Naturalización del Hombre a Debate*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- . 2016b. "Xenophilosophy and the Knowledge of Ourselves." *Science, Religion and Culture* 3 (2): 96-109.
- . 2020. "La Comunicación con Otras Civilizaciones como Experimento Mental." In P. Musso, ed. 2020, in press.
- Azcona, G. 2018. *La Propuesta de Asignatura, Didáctica a la Educación Intercultural Bilingüe, y Su Importancia en la Formación Docente de UCSS-Nopoki*. Lima: Fondo Editorial UCSS. Accessed 10 July 2019. https://www.ucss.edu.pe/images/fondo-editorial/pdf/suplementos_academicos/propuesta-asignatura-didactica-educacion-intercultural-bilingue-importancia-formacion-docente-ucss-nopoki-guisella-azcona.pdf
- Azcon, G., and W. Atachahua. 2020. "Consideraciones Pedagógicas y Filosóficas a Partir de la Vivencia Intercultural en la UCSS-Nopoki." In P. Musso, ed. 2020, in press.
- Butterworth, B., R. Reeve, F. Reynolds, and D. Lloyd. 2008. "Numerical Thought with and without Words: Evidence from Indigenous Australian Children." *PNAS* 105 (35), 13179-13184. doi: 10.1073/pnas.0806045105.
- Crowe, M. 1986. *The Extraterrestrial Life Debate 1750-1900: The Idea of a Plurality of World from Kant to Lowell*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Denning, K. 2014. "Learning to Read Interstellar Message Decipherment from Archaeological and Anthropological Perspectives." In D. Vakoch, ed. *Archaeology, Anthropology, and Interstellar Communication*. Washington, D. C.: NASA.
- Devito, C. L., and R. T. Oehlerle. 1990. "A Language Based on the Fundamental Facts of Science." *Journal of the British Interplanetary Society* 43, 561-568.
- Dick, S. 1982. *Plurality of Worlds: The Origins of Extraterrestrial Life Debate from Democritus to Kant*. Cambridge: Cambridge University Press.
- . 2001. *Life on Other Worlds: the 20th-Century Extraterrestrial Life Debate*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dunér, D., J. Parthemore, E. Persson, and G. Holmberg. 2013. *The History and Philosophy of Astrobiology: Perspectives of the Extraterrestrial Life and the Human Mind*. Newcastle Upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.
- Drake, F., C. Sagan, and L. Sagan. 1972. Report. "A Message from Earth." *Science* 175, 881-884.
- Dutil, Y., and S. Dumas. 1999. "Message to ET." *Astronomy Now*. June 1999. 53-54.
- Francis. 2018. "Meeting with Indigenous People of Amazonia. Puerto Maldonado, Peru, January 19, 2019." Accessed 10 July 2019. http://w2.vatican.va/content/francesco/en/speeches/2018/january/documents/papa-francesco_20180119_peru-puertomaldonado-popoliamazonia.htm.

- Freudenthal, H. 1960. *Lincos: Design of a Language for Cosmic Intercourse (Part I)*. Amsterdam: North Holland.
- Giussani, L. 1997. *The Religious Sense*. Montreal-Kingston: McGill-Queen's University Press.
- . 2019. *The Risk of Education. Discovering Our Ultimate Destiny*. Montreal-Kingston: McGill-Queen's University Press.
- Hogben, L. 1961. "Cosmical Language." *Nature* 192, 826-827.
- IRC. 2014. *Science, Philosophy and Theology—About Us*. Accessed 9 April 2017. <http://www.cyril.org/en/about-us>.
- . 2016. *Science, Philosophy and Theology—Templeton Visiting Fellows to Latina America*. Accessed 9 April 2017. <http://www.cyril.org/en/fellowships>.
- López, D. 2020. "Aspectos Comunes de las Diferentes Cosmovisiones de los Pueblos Originarios de Nopoki." In P. Musso, ed., 2020, in press.
- Losch, A., and A. Krebs. 2015. "Implications for the Discovery of Extraterrestrial Life: A Theological Approach." *Theology and Science* 13 (2), 230-244.
- MINEDU 2013. *Hacia una Educación Intercultural Bilingüe de Calidad. Propuesta Pedagógica*. Lima: Corporación Gráfica Navarrete.
- Musso, P. 2004a. "Wide Cultural Communication in Interstellar Messages." In R. P. Norris and F. H. Stootman, eds. *Bioastronomy 2002: Life among the Stars*. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 511-513.
- . 2004b. *Forme dell'Epistemologia Contemporanea. Tra Realismo e Anti-realismo*. Vatican City: Urbaniana University Press. Spanish translation 2012, *Formas de la Epistemología Con-*
- temporánea. Entre Realismo y Anti-realismo*. Lima: Fondo Editorial UCSS.
- . 2009. "Philosophical and Religious Implications of Extraterrestrial Intelligent Life." In L. Codignola and K.-W. Schrogl, eds. *Humans in Outer Space—Interdisciplinary Odysseys*. New York: Wien Springer, 210-219.
- . 2011. "A Language Based on Analogy to Communicate Cultural Concepts in SETI." *Acta Astronautica* 68, 489-499.
- . 2012. "The Problem of Active SETI: an Overview." *Acta Astronautica* 78, 43-54.
- . 2019. *Una Razón Más Amplia. El Hombre, el Universo y Dios Desde el Cosmo de Aristóteles Hasta la Búsqueda de la Vida en el Espacio*. Lima: Fondo Editorial UCSS.
- Musso, P., ed. 2020. *La Vida en el Universo: Su Origen, Su Naturaleza, Su Sentido*. Lima: Fondo Editorial UCSS. (The pdf of the book is available free at <https://www.ucss.edu.p>.)
- Musso, P., N. Antonietti., M. Asla., W. Atachahua, G. Azcona, M. Capatinta, M. Ceroni, R. Crippa, Á Gómez, A. Jordan, D. Lagos, D. López, C. Maccone, S. Montebugnoli, J. Navarro, J. Oliva, C. Pereyra, G. Savio, J. Valdivia-Silva, T. Vargas, V. Vera, C. Viaña, P. Vilcapuma, R. Zapata, and E. Zumata. 2019. "InCosmiCon: A New Italian-Peruvian Project about SETI and Big History." *Proceedings of the 70th International Astronautical Congress*. Paris: IAF, in press.
- Musso, P., and C. Maccone. 2017. "La Vida en el Universo." The Oxford Templeton Visiting Fellowship to Peru about SETI and Bioastronomy. In N. Mather, C. Schmullius, and M. Arnaud, eds. *Proceedings of the 68th International Astronautical Congress*. Paris: IAF, 3137-3142.
- Nieman, H., and C. W. Nieman. 1920. "What Shall We Say to Martians?" *Scientific American* 122, 298-312.
- Pereyra, C. 2020. "Presentación del 'Mapa de Constelaciones de Nopoki'". In P. Musso, ed. 2020, in press.
- Pica, P., C. Lemer, S. Dehaene, and V. Izard. 2004. "Exact and Approximative Arithmetic in an Amazonian Indigene Group." *Science* 306 (5695) 499-503. doi: 10.1126/science.1102085. HAL Id: hal-00206219.
- Quine, W. V. O. 1951. "Two Dogmas of Empiricism." *The Philosophical Review* 60 (1), 20-43.
- Sagan, C., F. Drake, A. Druyan, T. Ferris, J. Lomberg, L. Salzman Sagan. 1978. *Murmurs of Earth. The Voyager Interstellar Record*. New York: Ballantine Books.
- Salgado, L. 2017. "Compromiso para Desarrollo de Purús y Atalaya." *Noticias*. Lima: Congreso de la República. <http://www.congreso.gob.pe/index.php?K=263&id=8252#.XfibGodKg2>
- Tennant, N. 1993. "The Decoding Problem: Do We Need to Search for Extraterrestrial Intelligence in Order to Search for Extraterrestrial Intelligence?" In S. Kinsley, ed. *The Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI) in the Optical Spectrum*. Bellingham: SPIE Proceedings, 1-9.
- UCSS. 2017. *La Vida en el Universo: Su Origen, Su Naturaleza, Su Sentido*. Accessed 10 July 2019. <https://www.ucss.edu.pe/lavidaeneluniverso>.
- Vakoch, D. 2013. *Extraterrestrial Altruism: Evolution and Ethics in the Cosmos*. Mountain View: Springer.
- Vakoch, D, ed. 2014. *Archaeology, Anthropology, and Interstellar Communication*. Washington, D. C.: NASA.

L'Esperienza del Dialogo Interculturale nell'Università Amazzonica UCSS-Nopoki e le Sue Implicazioni per il SETI e la Big History

Paolo Musso

Università dell'Insubria (Varese, Italy)

Mariano Asla

Universidad Austral (Buenos Aires, Argentina)

Wilmer Atachahua Ursua

UCSS (Lima, Peru)

Guisella Azcona Avalos

UCSS and UTP (Lima, Peru)

María Capatinta

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Peru)

Ángel Gómez Navarro

UNIFÉ (Lima, Peru)

David Lagos Liberato

UCSS and UPC (Lima, Peru)

Didier López Francis

UCSS-Nopoki (Atalaya, Peru)

Janina Navarro Linares

UCSS and UTP (Lima, Peru)

Carlota Pereyra Rey

Asociación Qespichyq, programa Ecovida y Universo (Lima)

Teófilo Vargas

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Peru)

Carlos Viaña Rubio

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Peru)

Patricia Vilcapuma Vínces

UCSS and Escuela Nacional de Marina Mercante (Lima, Peru)

Tradotto da Paolo Musso

Corrispondenza | Paolo Musso, paolo.musso@uninsubria.it; Mariano Asla, marianoasla@gmail.com; Wilmer Atachahua Ursua, watachahua@ucss.edu.pe; Guisella Azcona Avalos, C18108@utp.edu.pe; María Capatinta, maria_capatinta@hotmail.com; Ángel Gómez Navarro, agomez@unife.edu.pe; David Lagos Liberato, dlagos@ucss.edu.pe; Didier López Francis, didierrera@outlook.com; Janina Navarro Linares, jnavarro@ucss.edu.pe; Carlota Pereyra Rey, carlota.pereyra.rey@gmail.com; Teófilo Vargas Aucalla, teofilo.vargas@gmail.com; Carlos Viaña Rubio, cvianar@unmsm.edu.pe; Patricia Vilcapuma Vínces, pvilcapuma@ucss.edu.pe

Citazione | Musso, P., M. Asla, W. Atachahua, G. Azcona, M. Capatinta, A. Gómez, D. Lagos, D. López, J. Navarro, C.

Pereyra, T. Vargas, C. Viaña, and P. Vilcapuma. 2020. "L'Esperienza del Dialogo Interculturale nell'Università Amazzonica UCSS-Nopoki e la Sua per IL SETI e Big History" Tradotto da Paolo Musso *Journal of Big History* IV (2): 145-154.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4271>

Riassunto Nel 2017 due Università di Lima (Perù), la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) e la Universidad Femenina del Sagrado Corazón (UNIFÉ), hanno presentato un progetto intitolato *La vida en el universo: su origen, su naturaleza, su sentido (La vita nell'universo: la sua origine, la sua natura, il suo significato)*, che ha vinto una delle sei Oxford Templeton Visiting Fellowships to Latin America messe in palio dalla Oxford University e dalla John Templeton Foundation. Il nucleo del progetto è stata una ricerca sul campo di una settimana a proposito dell'esperienza di dialogo interculturale che si era sviluppata negli ultimi 12 anni nella filiale amazzonica della UCSS di Atalaya (chiamata UCSS-Nopoki), uno dei pochi casi al mondo (forse l'unico di successo) di un'interazione positiva tra culture con un livello tecnologico molto diverso, come, da un lato, le nostre civiltà occidentali e, dall'altro, i popoli originari amazzonici che mandano i loro figli a studiare a Nopoki. Nel presente articolo saranno presentati alcuni risultati significativi di questa ricerca, che mettono in discussione il diffuso scetticismo sulla possibilità di comunicazione interculturale, generalmente basata sul relativismo filosofico attualmente dominante. Inoltre, in relazione a un futuro contatto con un'ipotetica civiltà extraterrestre, questa esperienza di interazione con la "alterità"—vista da entrambi i contesti, sia dal lato occidentale che da quello amazzonico—può servire come modello per una possibile comunicazione. Allo stesso modo, questa esperienza di relazione interculturale dovrebbe dimostrare che l'interazione tra civiltà diverse, se gestita correttamente, può avere un impatto positivo su ciascuna di esse, aiutando anche tutti a comprendere meglio il nostro posto nel contesto sia della nostra particolare storia che della "Grande Storia" dell'Universo.

Gli inizi: Oxford in America Latina e *La Vida en el Universo*

In questo articolo presenteremo i primi risultati di una ricerca sul campo attualmente in fase di sviluppo nella Università amazzonica UCSS-Nopoki di Atalaya, che è iniziata con il progetto *La vida en el universo: su origen, naturaleza, su sentido* (“La vita nell’universo: la sua origine, la sua natura il suo significato”), un progetto peruviano su SETI e astrobiologia che ha vinto una delle sei Oxford Templeton Visiting Fellowships to Latin America messe in palio per il 2017 dallo Ian Ramsey Centre for Science and Religion (IRC) della Oxford University e dalla John Templeton Foundation (JTF) nell’ambito di *Science, Philosophy and Theology in Latin America*, un progetto triennale (2015-2017) che era la seconda parte di un più ampio progetto della Oxford University in America Latina, la cui prima fase era stata rappresentata dal progetto CYRAL (*Ciencia Y Religión en América Latina*, 2011-2013), finanziato anch’esso dalla Templeton.

Nel 2016 l’IRC e la JTF hanno messo in palio tra tutte le Università dell’America Latina sei finanziamenti per l’anno successivo «per incoraggiare le Università latinoamericane a invitare accademici di alto livello provenienti da altre regioni del mondo a visitare la loro istituzione per corsi a breve termine, workshop e serie di conferenze su argomenti ampiamente legati all’interazione tra scienza, filosofia e teologia» (IRC 2016). Uno dei progetti vincitori è stato proprio *La vida en el universo*, proposto da due Università peruviane: la UCSS (Universidad Católica Sedes Sapientiae) e la UNIFÉ (Universidad Femenina del Sagrado Corazón) di Lima.

Il progetto, a cui è stato assegnato un finanziamento di \$22.500, prevedeva diverse attività di ricerca, di insegnamento e di divulgazione, ed è stato svi-

luppato dallo Oxford Templeton Visiting Fellow to Latin America designato, Dr. Paolo Musso, dal 20 febbraio al 28 aprile 2017 nelle città peruviane di Lima e Atalaya, concentrandosi su tre argomenti principali: a) le relazioni tra le condizioni richieste per l’origine della vita e le condizioni richieste per l’origine dell’universo; b) le implicazioni filosofiche e religiose della possibile esistenza della vita in altre parti dell’universo; and c) il problema dell’universalità della ragione, con particolare attenzione alla comunicazione interculturale.

Oltre a ciò, ci sono stati anche alcuni colloqui non programmati, tenuti da Claudio Maccone, for the Scientific Exploration of the Space della International Academy of Astronautics (IAA) e Presidente del SETI Committee della stessa IAA, e da alcuni altri illustri scienziati che sono stati coinvolti nel progetto durante il suo sviluppo: l’astronomo e teologo José Gabriel Funes, professore presso l’Universidad Católica de Córdoba (Argentina) ed ex direttore della Specola Vaticana dal 2006 al 2015; l’astrobiologo Julio Valdivia, presidente della Sociedad Científica de Astrobiología del Perú (SCAP); l’astronoma indipendente Carlota Pereyra, direttrice di Ecovida y Universo, un programma della Asociación Qespichyq; il cosmologo Teófilo Vargas e l’astronomo Víctor

Vera, entrambi professori presso la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), la più antica Università d’America. Il progetto si è concluso il 28 aprile 2017 con un congresso internazionale tenutosi a Lima nell’auditorium principale dell’UNIFÉ, con la partecipazione di 7 relatori invitati peruviani e 5 stranieri, i cui *Atti* (Musso (ed.) 2020) sono in stampa proprio in questo momento.¹

Tuttavia, il nucleo del progetto era costituito dalla ricerca sul campo sviluppata dal 16 al 22 marzo 2017 a proposito della straordinaria esperienza di un’interazione interculturale di grande successo tra la nostra civiltà occidentale e alcuni popoli originari amazzonici² che è stata (ed è ancora) vissuta a Nopoki, una filiale della UCSS di Lima fondata nel 2006 nella città di Atalaya, nel dipartimento di Ucayali, nel sud-est dell’Amazzonia peruviana.

Nopoki e la Sua Unicità

“Nopoki” è una parola della lingua degli Asháninka (uno dei popoli originari che hanno partecipato alla fondazione di Nopoki) che letteralmente significa “sono venuto.” Questa affermazione, tuttavia, non si limita ad esprimere il mero dato di fatto che lo studente è venuto all’Università, ma ha lo scopo di affermare il senso di un incontro tra lo studente che “è venuto” per imparare e



Figura 1. La cerimonia di apertura del congresso finale di *La vida en el universo* (un progetto finanziato dalla Oxford University), che si è tenuto nell’auditorium principale dell’UNIFÉ (Lima, 28 aprile 2017).

i professori che “sono venuti” per insegnare, così come l’impegno del nuovo studente di diventare un membro attivo della comunità di Nopoki.

La nascita di Nopoki fu dovuta all’iniziativa di Monsignor Gerardo Žerdin, un missionario francescano con una profonda conoscenza di molti popoli originari amazzonici, che poco a poco si rese conto che il loro più grande problema era l’educazione e che la chiave per la conservazione della loro identità era la conservazione delle loro lingue originarie. Perdere una lingua, infatti, significa perdere l’opportunità di comprendere il mondo in modo unico: quindi, con la perdita del linguaggio, si perdono anche la conoscenza, la tradizione, i modi di intendere e di relazionarsi con il mondo e con gli altri. Inoltre, in una scuola in cui si parla solo spagnolo, professori e bambini non sono in grado di capirsi completamente.

Così, Monsignor Žerdin ebbe infine l’idea di creare un’Università dove fosse possibile fornire agli studenti provenienti dai popoli originari amazzonici un’istruzione che prendesse in considerazione la loro lingua, la loro cultura e il loro stile di vita, in modo che essi diventassero in grado di insegnare ai loro

bambini nello stesso modo in futuro. Per rendere possibile ciò, ogni popolo originario avrebbe dovuto inviare a Nopoki non solo i suoi figli per diventare studenti, ma anche uno dei propri saggi per diventare professore, il che ha rappresentato una decisione molto difficile, perché, a causa delle grandi distanze, sia gli studenti che i professori avrebbero dovuto vivere a Nopoki senza tornare a casa per molto tempo.

Ciononostante, alcuni popoli originari amazzonici decisero che valeva la pena fare questo sacrificio, cosicché nel 2005 Monsignor Žerdin andò a Lima e presentò il suo progetto a molte Università, ma l’unica che si dimostrò interessata fu la UCSS, il cui metodo educativo, basato sulle idee di Monsignor Luigi Giussani (1997, 2019), aveva una naturale affinità con l’approccio di Žerdin. Così, dopo, un primo “esperimento” tenuto nel 2006, con la creazione di un centro pre-universitario con 57 studenti, nel 2007 Nopoki è stato ufficialmente fondata come una filiale della UCSS di Lima, con 47 studenti e un’unica Facoltà, quella di Educación Básica Bilingüe Intercultural (EBBI), cioè Educazione Interculturale Bilingue di Base. Oggi giorno a Nopoki ci sono anche le Facol-

tà di Amministrazione, Contabilità e Ingegneria Agricola, ma, almeno per il momento, solo nella EBBI c’è una vera e propria educazione bilingue, anche se l’obiettivo finale è quello di estenderla gradualmente a tutte le facoltà (vedi Azcona 2018, UCSS 2018).

Nopoki e il Futuro del SETI

Comunicazione Interculturale sulla Terra e Fuori dalla Terra

Il legame di Nopoki con il progetto di Oxford stava nella possibilità di ricavare dalla sua esperienza alcune utili intuizioni su come costruire un linguaggio adatto per un messaggio interstellare da utilizzare in una possibile comunicazione con qualche intelligenza extraterrestre (se, presto o tardi, ne scopriremo qualcuna).

Il problema della possibile esistenza e natura di esseri intelligenti extraterrestri, in effetti, è probabilmente antico quanto la capacità umana di guardare le stelle. Non era solo un argomento comune nella letteratura e nella narrazione orale, ma è stato anche discusso seriamente da filosofi, scienziati e teologi (Dick 1982; Crowe 1986), con un crescente interesse negli anni più recenti (Asla 2016a, 2016b; Dick 2001; Dunér et al. 2013; Musso 2009; Vakoch 2014; Lorsch e Krebs 2015).

Tuttavia, il problema di come realizzare una comunicazione efficace con un’altra civiltà è sorto solo con la nascita del SETI (*Search for Extra-Terrestrial Intelligence*), la ricerca di possibili segnali radio artificiali inviati da qualche civiltà extraterrestre.³ Il primo programma SETI fu avviato l’8 aprile 1960 dall’astrologo statunitense Frank Drake presso il Green Bank Radio Telescope in West Virginia, secondo le indicazioni suggerite solo qualche mese prima dai fisici Giuseppe Cocconi e Philip Morrison (1959). Da allora in poi, molti altri programmi simili sono stati portati avanti



Figura 2. Dialogo a Nopoki con alcuni studenti provenienti da diversi popoli originari amazzonici. Gli abiti tradizionali che indossano non sono solo folklore, perché qui imparano a conoscere il loro significato simbolico.

da molti altri scienziati in vari paesi in tutto il mondo.

In precedenza, c'erano state alcune proposte piuttosto ingenuie fatte nel XIX secolo basandosi sull'idea che degli esseri intelligenti potessero vivere su Marte (cosa che allora sembrava possibile, ma non oggi) e quindi potessero vedere dei simboli giganti disegnati sulla superficie terrestre. Poi, verso la metà del XX secolo, ci furono i messaggi meramente dimostrativi delle sonde Pioneer e Voyager (e successivamente, verso la metà del XX secolo, i messaggi meramente dimostrativi delle sonde Pioneer e Voyager (Drake et al. 1972; Sagan et al. 1978), che non prenderemo in considerazione in questa sede, poiché non si trattava di veri tentativi di comunicazione. Infine, con la nascita del SETI, sono state fatte alcune proposte più serie su come costruire un messaggio interstellare, basandosi sull'idea più realistica che qualsiasi comunicazione con un'intelligenza extraterrestre (CETI) potrebbe avvenire solo tramite onde radio⁴ (Devito e Oehlerle 1990; Dutil e Dumas 1999; Freudenthal 1960; Hogben 1961; Musso 2004a, 2011; Nieman e Nieman 1920; Vakoch 2013, 2014).

Tuttavia, poiché non possiamo basare i nostri tentativi di immaginare come la CETI potrebbe essere sulle caratteristiche di una vera civiltà extraterrestre (perché finora non ne abbiamo ancora trovate), gli unici punti di riferimento che possiamo effettivamente considerare sono quelli tratti dalla storia umana, cioè gli incontri tra civiltà *terrestri*, soprattutto quelle caratterizzate non solo da profonde differenze culturali, ma anche da un profondo divario tecnologico. Il più adatto e più conosciuto di tutti è sicuramente l'incontro tra la civiltà occidentale e i popoli originari dell'America Latina, sicché l'idea di usarlo come esempio paradigmatico

non è affatto nuova, ma è vecchia come il SETI stesso. Il problema è che di solito vengono presi in considerazione solo gli aspetti negativi, anche perché—dobbiamo riconoscerlo onestamente—sono la stragrande maggioranza. Tuttavia, insistere solo su di essi non è corretto, in quanto è ingiustificatamente unilaterale e non può in alcun modo essere utile per il nostro scopo.

Le cose vanno anche peggio se prendiamo in considerazione un contesto più ampio di quello della comunità SETI.

Infatti, secondo una pessima abitudine della filosofia moderna, riprovevole quanto diffusa, molto spesso i filosofi basano le loro critiche alla possibilità di una vera comunicazione interculturale su esempi meramente immaginari, come il “Gavagai” di Quine, famoso in tutto il mondo (1951), e non sulla realtà, che, al contrario, mostra chiaramente che la comunicazione, per quanto difficile, è possibile, almeno tra civiltà terrestri. Questo accade a causa della forte influenza del relativismo, che oggi è dominante tra filosofi, psicologi, sociologi e umanisti in generale, che quindi sono di solito molto scettici circa la possibilità di un'autentica comunicazione perfino tra differenti civiltà terrestri, e quindi, *a fortiori*, tra quelle terrestri ed extraterrestri.⁵

Anche i traduttologi tendono ad essere piuttosto scettici sulla fattibilità della CETI, basandosi sull'esperienza di quanto è grande il numero delle possibili sfumature del significato di un testo e di quanto è difficile la traduzione anche tra lingue piuttosto simili, sicché la maggior parte di loro (benché non tutti) pensa che molto probabilmente sarebbe impossibile tradurre qualsiasi testo in una lingua radicalmente diversa. Tuttavia, la metodologia della CETI dovrebbe essere molto diversa da quella di una traduzione “terrestre” standard. In effetti, propriamente parlando,

la CETI non sarebbe nemmeno una forma di traduzione (dal momento che non sapremmo in quale lingua dovremmo tradurre), ma piuttosto un tentativo di codificare la *nostra* lingua in modo tale da renderla comprensibile ad altri esseri intelligenti, che dovrebbero fare la traduzione da soli, basandosi su ciò che hanno capito. Ma chiaramente è molto difficile valutarne la fattibilità solo immaginando i possibili scenari, senza mai mettere alla prova le nostre strategie in una situazione reale.

Gli antropologi, invece, studiano (ovviamente!) le culture e le lingue dei veri popoli originari, ma purtroppo molto raramente⁶ da un punto di vista utile per la CETI, dal momento che di solito sono interessati a tradurre le loro lingue in quelle occidentali, ma non viceversa. Inoltre, molto spesso i popoli originari finiscono per essere l'oggetto, ma non il soggetto della ricerca, il che ci impedisce di scoprire quale comprensione *essi* hanno degli altri.

D'altra parte, gli scienziati, che sono obbligati dal metodo sperimentale a basarsi sulla realtà, sono di solito molto più ottimisti, ma il problema con loro è che molto spesso sono anche *troppo* ottimisti, perché il linguaggio della scienza e della matematica è molto più preciso e quindi molto più semplice da comunicare rispetto ai linguaggi delle discipline umanistiche. Pertanto, molto spesso essi non sono a conoscenza non solo dei falsi problemi esistenti solo nella mente dei filosofi, ma anche dei veri problemi esistenti nelle cose stesse. Purtroppo, in questo caso due errori di segno opposto non si annullano a vicenda, ma, al contrario, si sommano, creando un problema ancora più grave. Quindi, l'unica via d'uscita sembra essere un lavoro interdisciplinare, che è proprio la “mission” sia del SETI Institute che del SETI Committee della IAA, ma questo è più facile a dirsi che a farsi.

L'unico vero tentativo di uno studio interdisciplinare sistematico dell'intera questione era stato fatto all'inizio del nuovo millennio, con una serie di workshop internazionali sulla composizione dei messaggi interstellari (IMC) promossi dal SETI Institute sotto la direzione di Douglas Vakoch, il primo dei quali si è tenuto a Tolosa durante il 52 International Astronautical Congress (IAC) dal 30 settembre al 2 ottobre 2001, ma furono presto interrotti a causa di gravi problemi economici che il SETI Institute si trovò ad affrontare. Attualmente, il dibattito è ancora in corso all'interno del SETI Committee dell'IAA, ma con crescenti difficoltà, in parte a causa del fatto che negli ultimi anni i nuovi membri del Committee sono stati quasi tutti scienziati e in parte alla crescente ostilità verso il SETI attivo, nonostante che *studiare* come costruire un buon messaggio interstellare sia molto diverso da *inviarlo* realmente verso le stelle (il cui rischio, in ogni caso, sarebbe praticamente zero: vedi Musso 2012).

Questo è dunque il motivo per cui abbiamo avuto l'idea di intraprendere uno studio pionieristico, facendo una ricerca sul campo *reale* su un caso *positivo* di interazione tra alcune civiltà terrestri che sono quasi "aliene" l'una per l'altra. Purtroppo, i fondi disponibili erano limitati, sicché non siamo stati in grado di svolgere un'indagine approfondita come avremmo voluto, ma i risultati sono stati così interessanti che abbiamo deciso di cercare un modo per riprendere la ricerca il più presto possibile, come ora stiamo appunto per fare (vedi 5).

Comunque, siamo stati in grado di sfruttare nel miglior modo possibile la settimana che abbiamo trascorso a Nopoki: conversazioni sono state tenute con studenti e professori dei popoli

originari circa la loro esperienza di coesistenza interculturale positiva nell'Università e su ciò che l'ha resa possibile; il Dr. Musso ha tenuto una conferenza sulla ricerca della vita nell'universo secondo il metodo della scienza moderna; i saggi dei popoli Yine e Matsigenka hanno accettato di tenere un'altra conferenza in cui hanno presentato le loro cosmovisioni tradizionali; e l'astronoma Carlota Pereyra, assistita da suo figlio Rodolfo, ha insegnato agli studenti di Nopoki come guardare il cielo attraverso un telescopio che aveva portato con sé, avendo anche con loro diversi momenti di dibattito sulla concezione dell'astronomia nelle rispettive culture, culminati nella creazione (assolutamente non pianificata in anticipo) della "Mappa di Nopoki," cioè una mappa celeste con nuove costellazioni disegnate dagli stessi studenti basandosi sulle proprie tradizioni, il che ha anche apportato alcuni elementi interessanti per la nostra ricerca (cfr. Pereyra 2020).

Infine, abbiamo detto che nell'ultima fase della stesura di questo articolo, dall'8 all'11 giugno 2019, alcuni dei suoi autori, cioè Paolo Musso, Wilmer Atachahua e Guisella Azcona, si sono recati ancora una volta ad Atalaya, dove si sono incontrati con Didier López (anch'egli uno degli autori) e diversi altri professori di Nopoki, per approfondire con loro alcune questioni. Particolarmente significativo è stato il dialogo con Monsignor Žerdin (che non era stato in grado di partecipare al progetto di Oxford perché era in viaggio), giacché ha chiarito molti aspetti fondamentali circa il metodo che viene utilizzato a Nopoki per tradurre i concetti della cultura occidentale in lingue che non li hanno, soprattutto nel caso di concetti matematici, a cui dobbiamo ora dedicare alcune osservazioni separate, a causa della loro particolare im-

portanza.

Una Questione Molto Speciale: l'Etnomatemica e la Sua Rilevanza per il SETI

Se c'è qualcosa su cui quasi tutti gli studiosi del SETI sono d'accordo, è che qualsiasi tentativo di IMC necessariamente coinvolgerà, almeno in una certa misura, la matematica, e che molto probabilmente la prima parte di un messaggio interstellare sarà basata sulla matematica, dal momento che essa dovrebbe essere il linguaggio più universale di tutti (vedi Musso 2011).

Tuttavia, anche gli autori che sono assolutamente certi di questo non possono essere altrettanto sicuri che anche il nostro modo di *rappresentare* la matematica sia ugualmente universale (o almeno universalmente comprensibile). Purtroppo, è quasi impossibile dimostrare questo sperimentalmente, dal momento che oggi quasi tutti gli esseri umani conoscono almeno la matematica di base e la rappresentano allo stesso modo.

Le uniche eccezioni sono rappresentate da alcuni popoli originari molto isolati, che vivono principalmente nell'entroterra australiano (vedi, p. es., Butterworth et al. 2008) o, per l'appunto, nella foresta amazzonica (vedi, p. es., Pica et al. 2004). Alcuni antropologi hanno studiato quei popoli e la loro "etnomatemica," cioè il loro modo di rappresentare la matematica e gestire i problemi matematici nonostante che i loro sistemi matematici siano molto semplici (tipicamente, possono contare solo fino a cinque), con risultati molto interessanti, ma anche con alcuni limiti. Infatti, nella maggior parte dei casi studiano un popolo alla volta, con metodi e obiettivi diversi, rendendo difficile raggiungere una visione globale. Inoltre, di solito non sono molto interessati al problema di tradurre la matematica

occidentale nei *loro* sistemi concettuali, il che, al contrario, è fondamentale per la IMC.

Il Più Grande Esperimento SETI del Mondo

I popoli originali di Nopoki sono in una situazione intermedia, dal momento che non sono completamente isolati e di solito conoscono almeno la matematica di base, ma molte delle loro lingue non hanno ancora un sistema concettuale in grado di rappresentarla, anche se proprio in questo momento stanno lavorando per crearlo. Lunghi dall'essere una limitazione, questa è, al contrario, una situazione ideale, che rende Nopoki un laboratorio potenzialmente perfetto per testare *sperimentalmente* le nostre idee sulla IMC, perché:

- 1) Nopoki è molto probabilmente l'unico posto al mondo dove possiamo trovare tutti insieme un gran numero di popoli originari, diversi non solo dalla civiltà occidentale, ma anche fra di loro, sia per la cultura, che per la lingua, la tecnologia e il livello di sviluppo della matematica.
- 2) Nopoki è molto probabilmente l'unico posto al mondo dove, proprio in questo momento, un libro di testo occidentale di matematica di base viene tradotto nelle lingue di molti popoli originari, alcuni dei quali non hanno concetti matematici e differiscono non solo dalle lingue occidentali, ma anche fra di loro, a volte non solo per i loro concetti, ma anche per la loro struttura.
- 3) Nopoki è molto probabilmente l'unico posto al mondo dove questo processo di traduzione della matematica occidentale in molte lingue diverse viene fatto utilizzando un metodo molto simile a quello di solito considerato come la migliore base per qualsiasi tentativo di IMC.

Potremmo anche dire che, in un certo senso, il libro di testo di matematica di base di Nopoki è virtualmente un messaggio interstellare (o, almeno, la sua prima parte).

4) Nopoki è molto probabilmente l'unico posto al mondo in cui la traduzione della matematica occidentale nelle lingue di molti popoli diversi viene fatta dai membri di quei popoli stessi, esattamente come accadrebbe nel caso di una vera CETI.

5) Nopoki è molto probabilmente l'unico posto al mondo dove possiamo trovare *linguaggi* senza concetti matematici parlati da *persone* che conoscono la matematica, almeno in una certa misura, il che sarebbe un problema per gli antropologi, ma è *perfetto* per gli studiosi del SETI, dal momento che rende la situazione molto più simile a quella di un vero e propria CETI.

6) Nopoki è molto probabilmente l'unico posto al mondo in cui sarà possibile, nel prossimo futuro, fare un'analisi statistica comparativa per stabilire se la comprensione dello stesso libro di testo di matematica è condizionata (e, in tal caso, in quale misura) dalla lingua in cui è stato tradotto e dalla cultura a cui appartiene tale lingua.

Certamente, il problema dell'universalità del nostro modo di rappresentare la matematica non finisce con la rappresentazione della matematica di base. Al contrario, molto probabilmente il problema più difficile (che intendiamo studiare nel prossimo futuro) è quello della rappresentazione della matematica avanzata. Tuttavia, è altrettanto evidente che quest'ultimo problema non può essere studiato adeguatamente senza aver precedentemente risolto il primo, il che è per l'appunto ciò che siamo finalmente vicini a realizzare, proprio

grazie a Nopoki: questo è il momento giusto, infatti, dal momento che ora nessuno era autorizzato a vedere le traduzioni del libro, dato che non erano ancora state approvate dalle assemblee generali dei rispettivi popoli, ma questo dovrebbe accadere proprio nel 2020, aprendo così una fantastica (o, meglio, unica)⁷ finestra di opportunità per questo tipo di studi.

Nopoki e il futuro dell'umanità

Quello che abbiamo scoperto a Nopoki è molto più ricco e più profondo di quanto pensassimo, ed è per questo che ha molto a che fare anche con la Big History, a causa delle sue implicazioni filosofiche, antropologiche, sociali e politiche. Quindi, ora discuteremo brevemente anche questi aspetti, almeno in modo preliminare, in attesa di ulteriori e più sistematici studi.

Nopoki e il Futuro della Ragione

Indipendentemente dalla sua probabilità di diventare reale, prima o poi, la CETI è stato spesso utilizzata anche come un esperimento mentale filosofico, poiché è un metodo molto potente per comprendere meglio la *nostra* natura e la *nostra* intelligenza, soprattutto per stabilire se esistono alcuni "universali della ragione," vale a dire alcuni fattori che appartengono alla ragione in quanto tale, che devono quindi necessariamente essere comuni a qualsiasi concepibile essere intelligente nell'universo (vedi Asla 2020).

Quindi, studiare l'esperienza di Nopoki da questo punto di vista⁸ potrebbe essere molto utile per la filosofia, indipendentemente dal fatto che il SETI abbia successo o meno, soprattutto se consideriamo che, come abbiamo già notato prima, nel nostro tempo il relativismo domina in tutto il mondo il campo della filosofia (e, più in generale, la nostra intera cultura), benché si basi principalmente su argomenti superficiali o addirittura fittizi.

Infine, la prospettiva unificante offerta dallo studio dell'esperienza di Nopoki dal punto di vista della CETI e della IMC potrebbe facilitare un proficuo dialogo interdisciplinare tra scienza, filosofia e molte altre discipline, come l'antropologia, la sociologia, la psicologia, le neuroscienze e così via, rivitalizzando anche, allo stesso tempo (almeno speriamo), il lavoro interdisciplinare all'interno del SETI Committee della IAA.

Nopoki e il Futuro della Società

Il dialogo interculturale a Nopoki è, prima di tutto, *un fatto*: è accaduto, e sta ancora accadendo. Con questo non stiamo dicendo che non dovremmo cercare di capirlo—esattamente il contrario. Ma dovremmo farlo cercando di *imparare dall'esperienza* che loro stanno vivendo, e non cercando di forzarlo in uno schema precedente basato sulle nostre teorie preferite e/o il nostro pregiudizio personale (Azcona e Atachahua 2020). Infatti, se a Nopoki possono fare qualcosa che molti altri non possono fare, significa che la loro esperienza ha qualcosa da insegnare alla nostra società nel suo complesso, come è stato recentemente riconosciuto non solo da molti antropologi e sociologi, che hanno iniziato a studiare Nopoki con crescente interesse, ma anche dalle più alte istituzioni, sia politiche che religiose.

Per esempio, il Ministero dell'Istruzione (MINEDU) e il Ministero della Cultura (MINCUL) peruviani hanno riconosciuto l'importanza di una vera e propria formazione interculturale nell'educazione dei giovani nativi (MINEDU 2013). Inoltre, l'allora Presidente del Congresso peruviano, la signora Luz Salgado, dopo aver visitato Nopoki con alcuni colleghi, durante la conferenza stampa finale tenutasi il 6 maggio 2017 ha dichiarato: «Di quante

Nopoki abbiamo bisogno, quante Università di questo stile, che accolgono tutte le culture peruviane, cosicché possano avere un'alternativa, sono necessarie in Loreto, Cusco, Junín e altre regioni?» (Salgado 2017)

Infine, il 19 febbraio 2018, Papa Francesco, nel suo famoso discorso durante l'incontro con i popoli originari amazzonici a Puerto Maldonado, ha dichiarato: «Chiedo ai miei fratelli vescovi di continuare, come stanno facendo anche nei luoghi più remoti della foresta, di incoraggiare l'educazione interculturale e bilingue nelle scuole, nelle istituzioni di formazione degli insegnanti e nelle università. Esprimo il mio apprezzamento per le iniziative che la Chiesa amazzonica in Perù aiuta a svolgere a favore dei popoli indigeni [. . .] come NOPOKI, finalizzate espressamente alla formazione dei giovani dei diversi gruppi etnici della nostra Amazzonia» (Francesco 2018).

Le loro "sponsorizzazioni" sono state così efficaci che il numero dei nuovi studenti è raddoppiato dal 2017 al 2018 (da 200 a 400), mentre il numero di popoli originari presenti a Nopoki è aumentato da 7 a 19 dal 2017 al 2019. Ma questo non significa che Nopoki sia importante solo per i popoli originari amazzonici: infatti, in questo momento storico, che è più probabile che sia un cambiamento d'epoca che un'epoca di cambiamenti, come ripete sempre lo stesso Papa Francesco, e in cui gli incontri tra culture diverse generano molto più spesso il conflitto che il dialogo, la capacità di Nopoki di generare il dialogo dove prima c'era il conflitto è sicuramente molto importante per tutti noi.

Nopoki e il Futuro della Tecnologia

La tecnologia è sicuramente una buona cosa: ha risolto un sacco di problemi, molti dei quali davvero drammatici

(fame, freddo, mancanza di igiene, epidemie, ecc.), e farà lo stesso anche in futuro. Tuttavia, attualmente la sfruttiamo molto spesso in modo irrazionale, utilizzando prodotti tecnologici anche quando non sono necessari, il che sta causando gravi problemi ecologici ed economici. Quindi, se i popoli di Nopoki trovassero un modo di usare la tecnologia in una migliore armonia con la natura, questo potrebbe essere un modello anche per il resto del mondo.

Nopoki in questi 14 anni di vita non solo è riuscita a mostrare la possibile interazione comunicativa tra molti diversi popoli originari amazzonici, ma è anche diventata una peculiare forma di convivenza, che dimostra che le nuove generazioni di questi popoli potrebbero essere il grande cambiamento di cui il nostro mondo ha bisogno: nuove conoscenze scientifiche legate alla conoscenza ancestrale per preservare l'ambiente, mentre comprendiamo poco a poco i segreti che ogni angolo del nostro pianeta ancora nasconde nel suo mare, nella sua fauna, nella sua flora, nei suoi colori, nei suoi odori, anche i più piccoli, che hanno non solo un valore estetico, ma molto spesso contengono risorse inaspettate e sorprendenti per risolvere i nostri problemi di cibo, salute, benessere e così via.

Così, Nopoki non è più solo una proposta innovativa: è diventata una necessità per i popoli originari amazzonici, che vedono Nopoki come l'Università di cui i loro figli e i figli dei loro figli hanno bisogno. La loro lingua e le loro credenze sono vitali per la formazione di professionisti completi, che parlano la loro lingua correttamente, così come lo spagnolo e anche una terza lingua straniera, che possono comunicare con persone provenienti da altri paesi senza provare alcuna vergogna della loro origine, ma piuttosto mostrarsene

orgogliosi e allo stesso tempo essere eccellenti professionisti nei loro propri campi: ragionieri, contabili, amministratori o agronomi, che lavorano per la loro comunità, per la loro gente, per la loro regione, per il loro paese.

Proprio per questi motivi, l'esperienza della UCSS-Nopoki non rappresenta solo una soluzione a un problema importante, ma limitato nel tempo e nello spazio, come quello dei rapporti tra le culture occidentale e amazzonica, ma potrebbe diventare un mezzo potente per comprendere meglio la natura più intima di entrambe e immaginare una nuova strada verso uno sviluppo veramente sostenibile, insieme a una più profonda consapevolezza del nostro posto nel quadro dell'evoluzione generale del cosmo.

Conclusioni

Nopoki non è grossa. Ma Nopoki è grande. In essa c'è molto più di quanto ognuno di noi poteva immaginare prima di vederla di persona. È come il piccolo seme di un albero gigante. Sarà in grado di generare l'intera pianta? Nessuno lo sa. Certo, potrebbe fallire, proprio come qualsiasi altra cosa al mondo. Ma quello che *sappiamo* è che, se Nopoki dovesse riuscire ad esprimere tutto il suo potenziale, allora potrebbe generare qualcosa che potrebbe essere un modello per tutta l'umanità.

Ed è proprio per questo motivo che abbiamo deciso di creare un centro di ricerca permanente su di essa, promosso dall'Università italiana dell'Insubria in collaborazione con la UCSS e chiamato *InCosmiCon* (*Intelligence in the cosmic context*: vedi Musso et al 2019), dove le nostre precedenti ricerche su Nopoki saranno inserite in un contesto più ampio, non limitato solo al SETI (anche se il SETI vi giocherà sicuramente un ruolo importante), ma includendo anche altre questioni, prima di tutto la Big History.

Allo stesso tempo, speriamo che un'esperienza così affascinante possa diventare il nucleo di un'indagine più ampia e più profonda, in grado di scoprire e studiare altre interessanti esperienze di dialogo interculturale e di attirare studiosi da molti altri campi disciplinari.

Forse non dovremo aspettare molto a lungo per vedere se funziona, dal momento che, dopo due anni di preparazione, finalmente *InCosmiCon* sta per iniziare. Perciò "stay tuned"⁹ e, se volete partecipare, vi preghiamo di contattarci senza alcuna esitazione.

Ringraziamenti

Questa pubblicazione incorpora i risultati del progetto di ricerca intitolato *Science, Philosophy and Theology: Capability Building in Latin America*, finanziato dalla John Templeton Foundation nell'ambito di un premio di ricerca messo in palio dalla Oxford University, alle quali siamo molto grati per il loro sostegno.

Desideriamo anche ringraziare molto le Università UCSS e UNIFÉ per aver creduto nel progetto, tutti i professori e gli studenti della UCSS Nopoki e tutti i relatori del congresso finale per il loro fantastico contributo al successo del progetto.

Endnotes

¹Per una descrizione più ampia e più profonda del progetto, vedere Musso e Maccone (2017). I video integrali di tutte le attività del progetto sono disponibili gratuitamente sul sito web della UCSS al seguente link: <https://www.ucss.edu.pe/lavidaeneluniverso/>

²Nel 2017 erano 7, ma ora il loro numero è cresciuto fino a 19, molto probabilmente grazie alle "sponsorizzazioni" del Presidente del Congresso peruviano, signora Luz Salgado, e, soprattutto, di Papa Francesco (vedi 4.2).

³Tutta la storia del SETI, vista nel quadro più generale della ricerca della vita nell'universo (di solito chiamata bioastronomia o astrobiologia), può essere trovata in Musso (2019), cap. 10, che è la versione a stampa (con solo alcuni necessari aggiornamenti) del corso di specializzazione tenuto dal 21 al 23 febbraio 2017 dal Dr. Musso alla UCSS di Lima nel quadro di progetto di Oxford.

⁴C'è anche un SETI ottico che cerca possibili messaggi composti da impulsi laser, ma questo non fa alcuna differenza rispetto ai possibili modi di costruire un messaggio interstellare, perché anche nel SETI "classico" l'idea è quella di utilizzare impulsi (in questo caso impulsi radio) invece di trasmettere direttamente il messaggio come in una



Figura 3. Il nostro gruppo all'ingresso del campus della UCSS-Nopoki (Atalaya, 22 marzo 2017).

normale comunicazione terrestre, dal momento che quest'ultima sarebbe molto più difficile sia da scoprire che da comprendere (vedi Musso 2011).

⁵Per una critica organica di questo atteggiamento si veda Musso (2004b, 2019).

⁶L'unica eccezione rilevante è rappresentata dall'antropologa canadese Kathryn Denning, che è anche membro del SETI Committee della IAA (cfr., p. es., Denning 2014).

⁷Infatti, solo i primi anni saranno significativi, poiché quando tutti i popoli originari di Nopoki si saranno abituati al sistema matematico occidentale, non ci sarà più nulla di speciale nel loro rapporto con esso.

⁸Un diverso e più specifico, ma altrettanto importante aspetto del lavoro che abbiamo iniziato con il progetto di Oxford è il confronto tra le diverse cosmovisioni dei popoli originari di Nopoki (vedi López 2020). Naturalmente, l'antropologia comparativa esiste già da molto tempo, ma la novità è che in questo caso la comparazione viene fatta da loro stessi e non dagli antropologi occidentali. Ciò non significa, naturalmente, che il lavoro svolto da questi ultimi non abbia nessun valore, ma sicuramente sapere come i popoli originari valutano le proprie stesse cosmovisioni, fornendo così un punto di vista completamente nuovo su tutta la questione, aprirà prospettive fantastiche e ancora inesplorate. Il lavoro è appena iniziato, ma abbiamo grandi speranze per il futuro.

⁹"Stay tuned" ("restate sintonizzati") è il saluto standard utilizzato dagli studiosi SETI al posto dell'usuale "stay in touch" ("restiamo in contatto"). L'espressione è chiaramente ispirata al gergo della radioastronomia.

Riferimenti Bibliografici

Arbib, M. A. 1979. "Minds and Millennia: the Psychology of Interstellar Communication." *Cosmic Search* 25,

47-48.

———. 2016a. "Cómo Naturalizar la Ética sin Desnaturalizar lo Moral: Rol de las Ciencias Particulares en el Debate Sobre los Universales Éticos." In C. Carbonell and L. Flamarique, eds. *De Simios, Cyborgs y Dioses. La Naturalización del Hombre a Debate*. Madrid: Biblioteca Nueva.

———. 2016b. "Xenophilosophy and the Knowledge of Ourselves." *Science, Religion and Culture* 3 (2): 96-109.

———. 2020. "La Comunicación con Otras Civilizaciones como Experimento Mental." In P. Musso, ed. 2020, in press.

Azcona, G. 2018. *La Propuesta de Asignatura, Didáctica a la Educación Intercultural Bilingüe, y Su Importancia en la Formación Docente de UCSS-Nopoki*. Lima: Fondo Editorial UCSS. Accessed 10 July 2019. https://www.ucss.edu.pe/images/fondo-editorial/pdf/suplementos_academicos/propuesta-asignatura-didactica-educacion-intercultural-bilingue-importancia-formacion-docente-ucss-nopoki-guisella-azcona.pdf.

Azcon, G., and W. Atachahua. 2020. "Consideraciones Pedagógicas y Filosóficas a Partir de la Vivencia Intercultural en la UCSS-Nopoki." In P. Musso, ed. 2020, in press.

Butterworth, B., R. Reeve, F. Reynolds, and D. Lloyd. 2008. "Numerical Thought with and without Words: Evidence from Indigenous Australian Children." *PNAS* 105 (35), 13179-13184. doi: 10.1073/pnas.0806045105.

Crowe, M. 1986. *The Extraterrestrial Life Debate 1750-1900: The Idea of a Plurality of World from Kant to Lowell*. Cambridge: Cambridge University Press.

Denning, K. 2014. "Learning to Read Interstellar Message Decipherment

from Archaeological and Anthropological Perspectives." In D. Vakoch, ed. *Archaeology, Anthropology, and Interstellar Communication*. Washington, D. C.: NASA.

Devito, C. L., and R. T. Oehlerle. 1990. "A Language Based on the Fundamental Facts of Science." *Journal of the British Interplanetary Society* 43, 561-568.

Dick, S. 1982. *Plurality of Worlds: The Origins of Extraterrestrial Life Debate from Democritus to Kant*. Cambridge: Cambridge University Press.

———. 2001. *Life on Other Worlds: the 20th-Century Extraterrestrial Life Debate*. Cambridge: Cambridge University Press.

Dunér, D., J. Parthemore, E. Persson, and G. Holmberg. 2013. *The History and Philosophy of Astrobiology: Perspectives of the Extraterrestrial Life and the Human Mind*. Newcastle Upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.

Drake, F., C. Sagan, and L. Sagan. 1972. Report. "A Message from Earth." *Science* 175, 881-884.

Dutil, Y., and S. Dumas. 1999. "Message to ET." *Astronomy Now*. June 1999. 53-54.

Francis. 2018. "Meeting with Indigenous People of Amazonia. Puerto Maldonado, Peru, January 19, 2019." Accessed 10 July 2019. http://w2.vatican.va/content/francesco/en/speeches/2018/january/documents/papa-francesco_20180119_peru-puertomaldonado-popoliamazonia.html.

Freudenthal, H. 1960. *Lincos: Design of a Language for Cosmic Intercourse (Part I)*. Amsterdam: North Holland.

Giussani, L. 1997. *The Religious Sense*. Montreal-Kingston: McGill-Queen's University Press.

- . 2019. *The Risk of Education. Discovering Our Ultimate Destiny*. Montreal-Kingston: McGill-Queen's University Press.
- Hogben, L. 1961. "Cosmical Language." *Nature* 192, 826-827.
- IRC. 2014. *Science, Philosophy and Theology—About Us*. Accessed 9 April 2017. <http://www.cyral.org/en/about-us/>.
- . 2016. *Science, Philosophy and Theology—Templeton Visiting Fellows to Latina America*. Accessed 9 April 2017. <http://www.cyral.org/en/fellowships/>.
- López, D. 2020. "Aspectos Comunes de las Diferentes Cosmovisiones de los Pueblos Originarios de Nopoki." In P. Musso, ed., 2020, in press.
- Losch, A., and A. Krebs. 2015. "Implications for the Discovery of Extraterrestrial Life: A Theological Approach." *Theology and Science* 13 (2), 230-244.
- MINEDU 2013. *Hacia una Educación Intercultural Bilingüe de Calidad. Propuesta Pedagógica*. Lima: Corporación Gráfica Navarrete.
- Musso, P. 2004a. "Wide Cultural Communication in Interstellar Messages." In R. P. Norris and F. H. Stootman, eds. *Bioastronomy 2002: Life among the Stars*. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 511-513.
- . 2004b. *Forme dell'Epistemologia Contemporanea. Tra Realismo e Antirealismo*. Vatican City: Urbaniana University Press. Spanish translation 2012, *Formas de la Epistemología Contemporánea. Entre Realismo y Anti-realismo*. Lima: Fondo Editorial UCSS.
- . 2009. "Philosophical and Religious Implications of Extraterrestrial Intelligent Life." In L. Codignola and K.-W. Schrogl, eds. *Humans in Outer Space—Interdisciplinary Odysseys*. New York: Wien Springer, 210-219.
- . 2011. "A Language Based on Analogy to Communicate Cultural Concepts in SETI." *Acta Astronautica* 68, 489-499.
- . 2012. "The Problem of Active SETI: an Overview." *Acta Astronautica* 78, 43-54.
- . 2019. *Una Razón Más Amplia. El Hombre, el Universo y Dios Desde el Cosmo de Aristóteles Hasta la Búsqueda de la Vida en el Espacio*. Lima: Fondo Editorial UCSS.
- Musso, P., ed. 2020. *La Vida en el Universo: Su Origen, Su Naturaleza, Su Sentido*. Lima: Fondo Editorial UCSS. (The pdf of the book is available free at <https://www.ucss.edu.pe/>)
- Musso, P., N. Antonietti., M. Asla., W. Atachahua, G. Azcona, M. Capantina, M. Ceroni, R. Crippa, Á Gómez, A. Jordan, D. Lagos, D. López, C. Maccone, S. Montebugnoli, J. Navarro, J. Oliva, C. Pereyra, G. Savio, J. Valdivia-Silva, T. Vargas, V. Vera, C. Viaña, P. Vilcapuma, R. Zapata, and E. Zumaeta. 2019. "InCosmiCon: A New Italian-Peruvian Project about SETI and Big History." *Proceedings of the 70th International Astronautical Congress*. Paris: IAF, in press.
- Musso, P., and C. Maccone. 2017. "La Vida en el Universo." The Oxford Templeton Visiting Fellowship to Peru about SETI and Bioastronomy. In N. Mather, C. Schmullius, and M. Arnaud, eds. *Proceedings of the 68th International Astronautical Congress*. Paris: IAF, 3137-3142.
- Nieman, H., and C. W. Nieman. 1920. "What Shall We Say to Martians?" *Scientific American* 122, 298-312.
- Pereyra, C. 2020. "Presentación del 'Mapa de Constelaciones de Nopoki'". In P. Musso, ed. 2020, in press.
- Pica, P., C. Lemer, S. Dehaene, and V. Izard. 2004. "Exact and Approximate Arithmetic in an Amazonian Indigene Group." *Science* 306 (5695) 499-503. doi: 10.1126/science.1102085. HAL Id: hal-00206219.
- Quine, W. V. O. 1951. "Two Dogmas of Empiricism." *The Philosophical Review* 60 (1), 20-43.
- Sagan, C., F. Drake, A. Druyan, T. Ferris, J. Lomberg, L. Salzman Sagan. 1978. *Murmurs of Earth. The Voyager Interstellar Record*. New York: Ballantine Books.
- Salgado, L. 2017. "Compromiso para Desarrollo de Purús y Atalaya." *Noticias*. Lima: Congreso de la República. <http://www.congreso.gob.pe/index.php?K=263&id=8252#.XfibGodKg2z>
- Tennant, N. 1993. "The Decoding Problem: Do We Need to Search for Extraterrestrial Intelligence in Order to Search for Extraterrestrial Intelligence?" In S. Kinsley, ed. *The Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI) in the Optical Spectrum*. Bellingham: SPIE Proceedings, 1-9.
- UCSS. 2017. *La Vida en el Universo: Su Origen, Su Naturaleza, Su Sentido*. Accessed 10 July 2019. <https://www.ucss.edu.pe/lavidaeneluniverso/>.
- Vakoch, D. 2013. *Extraterrestrial Altruism: Evolution and Ethics in the Cosmos*. Mountain View: Springer.
- Vakoch, D, ed. 2014. *Archaeology, Anthropology, and Interstellar Communication*. Washington, D. C.: NASA.

La Experiencia de Diálogo Intercultural en la Universidad Amazónica UCSS-Nopoki y Sus Implicaciones para el SETI y la Big Historia

Paolo Musso

Università dell'Insubria (Varese, Italy)

Mariano Asla

Universidad Austral (Buenos Aires, Argentina)

Wilmer Atachahua Ursua

UCSS (Lima, Peru)

Guisella Azcona Avalos

UCSS and UTP (Lima, Peru)

María Capatinta

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Peru)

Ángel Gómez Navarro

UNIFÉ (Lima, Peru)

David Lagos Liberato

UCSS and UPC (Lima, Peru)

Didier López Francis

UCSS-Nopoki (Atalaya, Peru)

Janina Navarro Linares

UCSS and UTP (Lima, Peru)

Carlota Pereyra Rey

Asociación Qespichyq, programa Ecovida y Universo (Lima)

Teófilo Vargas

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Peru)

Carlos Viaña Rubio

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Peru)

Patricia Vilcapuma Vincés

UCSS and Escuela Nacional de Marina Mercante (Lima, Peru)

Traduzido por Paolo Musso

Correspondence | Paolo Musso, paolo.musso@uninsubria.it; Mariano Asla, marianoasla@gmail.com; Wilmer Atachahua Ursua, watachahua@ucss.edu.p; Guisella Azcona Avalos, C18108@utp.edu.p; María Capatinta, maria_capatinta@hotmail.com; Ángel Gómez Navarro, agomez@unife.edu.p; David Lagos Liberato, dlagos@ucss.edu.p; Didier López Francis, didierrera@outlook.co; Janina Navarro Linares, jnavarro@ucss.edu.p; Carlota Pereyra Rey, carlota.pereyra.rey@gmail.com; Teófilo Vargas, teofilo.vargas@gmail.com; Carlos Viaña Rubio, egomurus@gmail.com; Patricia Vilcapuma Vincés, pvilcapuma@ucss.edu.p

Citation | Musso P., M. Asla, W. Atachahua, G. Azcona, M. Capatinta, A. Gómez, D. Lagos, D. López, J. Navarro, C. Pereyra, T. Vargas, C. Viaña, and P. Vilcapuma. 2020. "The Experience of Intercultural Dialogue in the Amazonian University UCSS-Nopoki and Its Implications for SETI and Big History. Traduzido por Paolo Musso. *Journal of Big History*, IV (2): 155-164.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4272>

Resumen En 2017, dos Universidades de Lima (Perú), la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS) y la Universidad Femenina del Sagrado Corazón (UNIFÉ) presentaron un proyecto llamado *La vida en el universo: su origen, su naturaleza, su sentido*, que logró una de las seis Oxford Templeton Visiting Fellowships to Latin America ofrecidas por la Universidad de Oxford y la Fundación John Templeton. El núcleo del proyecto fue una investigación de campo de una semana sobre la experiencia de diálogo intercultural que se ha ido desarrollando en los últimos 12 años en la filial UCSS de Atalaya en la Amazonía (llamada UCSS Nopoki), uno de los pocos casos en el mundo (tal vez el único completamente exitoso) de una interacción positiva entre culturas con un nivel tecnológico muy diferente, como, por un lado, nuestra civilización occidental y, por otro lado, los 14 pueblos originarios amazónicos que tienen a sus hijos estudiando en Nopoki. En el presente artículo se presentarán algunos resultados significativos de dicha investigación, que cuestionan el escepticismo generalizado sobre la posibilidad de comunicación intercultural, generalmente basado en el relativismo filosófico dominante en la actualidad. Además, proyectándonos a un contacto futuro con una hipotética civilización extraterrestre, esta experiencia de interacción con la "otredad"—vista desde ambos contextos, tanto desde el lado occidental como el amazónico—puede servir de modelo para una posible comunicación. De igual manera, dicha experiencia de relación intercultural demostraría que la interacción entre civilizaciones diferentes, si se maneja correctamente, puede tener un impacto positivo en cada una, ayudando también a todos a entender mejor nuestro lugar en el contexto tanto de nuestra historia particular como de la "Gran Historia" del universo.

Los Inicios: Oxford en Latinoamérica y *La Vida en el Universo*

En este artículo presentaremos los primeros resultados de una investigación de campo que se está actualmente desarrollando en la Universidad Amazónica UCSS-Nopoki de Atalaya, que empezó con el proyecto *La vida en el universo: su origen, su naturaleza, su sentido*, un proyecto peruano sobre SETI y Astrobiología que fue galardonado con una de las seis Fellowships (becas de visita) a América Latina ofrecidas para el año 2017 por el Yan Ramsey Centre for Science and Religion (IRC) de la Universidad de Oxford y la John Templeton Foundation (JTF) en el contexto de *Science, Philosophy and Theology in Latin America* (Ciencia, filosofía y teología en América Latina), un proyecto de tres años (2015-2017) que fue la segunda parte de un proyecto más amplio de la Universidad de Oxford en América Latina, cuya primera parte estuvo representada por el proyecto CYRAL (2011-2013), también financiado por la JTF.

En 2016, el YRC y el JTF ofrecieron a todas las Universidades de América Latina 6 becas para el siguiente año con el fin de «alentar a las universidades latinoamericanas a invitar a académicos de alto nivel de otras regiones del mundo a visitar su institución para cursos a corto plazo, talleres y series de conferencias sobre temas relacionados ampliamente con el Interacción entre ciencia, filosofía y teología» (IRC 2016). Uno de los proyectos ganadores fue precisamente *La vida en el universo*, propuesto por dos universidades peruanas: la UCSS (Universidad Católica Sedes Sapientiae) y la UNIFÉ (Universidad Femenina del Sagrado Corazón) de Lima.

El proyecto, que fue otorgado con una beca de \$22.500, era sobre investigación, enseñanza y difusión, y fue desarrollado por el visiting Fellow designado, el Dr. Paolo Musso, desde el 20 de

febrero hasta el 30 de abril del 2017 en las ciudades peruanas. de Lima y Atalaya, enfocándose en 3 temas principales: a) las relaciones entre las condiciones requeridas para el origen de la vida y las condiciones requeridas para el origen del universo; b) las implicaciones filosóficas y religiosas de la posible existencia de vida en otras partes del universo; y c) el problema de la universalidad de la razón, con un enfoque especial en la comunicación intercultural.

Además, también hubo algunas charlas no programadas, ofrecidas por Claudio Maccone, Director Técnico de IAA para la Exploración Científica del Espacio de la International Academy of Astronautics (IAA) del y Presidente SETI Committee de la misma IAA, y por algunos otros científicos distinguidos que fueron involucrados en el proyecto durante su desarrollo: el astrónomo y teólogo José Gabriel Funes, profesor de la Universidad Católica de Córdoba (Argentina) y ex Director de la Specola Vaticana desde el 2006 hasta el 2015; el astrobiólogo Julio Valdivia, Presidente de la Sociedad Científica de Astrobiología del Perú (SCAP); la astrónoma independiente Carlota Pereyra, directora de Ecovida y Universo, un programa de la Asociación Qespichyq; el cosmólogo Teófilo Vargas y el astrónomo Víctor Vera, ambos profesores de la Universi-

dad Nacional Mayor de San Marcos, la Universidad más antigua de América. El proyecto terminó el 28 de abril de 2017 con un congreso internacional celebrado en Lima en el auditorio principal de la UNIFÉ, en que participaron 7 ponentes invitados peruanos y 5 extranjeros, cuyas *Actas* (Musso, ed. 2020) están siendo impresos justo en este momento.¹

Sin embargo, el núcleo principal del proyecto fue la investigación de campo que se desarrolló desde el 16 hasta el 22 de marzo del 2017, sobre la extraordinaria experiencia de una interacción intercultural muy exitosa entre la civilización occidental y algunos pueblos originarios amazónicos² que se vivía (y se sigue viviendo) en Nopoki, una filial de la UCSS de Lima fundada en 2006 en la ciudad de Atalaya, en el departamento de Ucayali, en el sureste de la Amazonía peruana.

Nopoki y Su Unicidad

“Nopoki” es una palabra del idioma de los Asháninka (uno de los pueblos originarios que participaron en la fundación de Nopoki) que literalmente significa “he venido.” Sin embargo, dicha expresión no expresa el mero hecho de que el estudiante ha venido a la Universidad, sino quiere afirmar el sentido de un encuentro entre el estudiante que “ha venido” para aprender y los profesores



Figura 1. La ceremonia inaugural del congreso final de *La vida en el universo* (proyecto financiado por la Universidad de Oxford), que se celebró en el Auditorio principal de la UNIFÉ (Lima, 28 de abril de 2017).

que “han venido” para enseñar, as como el compromiso del nuevo estudiante de convertirse en un miembro activo de la comunidad de Nopoki.

El nacimiento de Nopoki se debió a la iniciativa de Monseñor Gerardo Žerdin, un misionero franciscano con un profundo conocimiento de muchos pueblos originarios amazónicos, quien poco a poco se percató que su mayor problema era la educación, y que la clave para la preservación de su identidad era la preservación de sus idiomas originarios. Perder un idioma, en efecto, significa perder la oportunidad de comprender el mundo de una manera singular: por tanto, con la pérdida del idioma se pierden también los saberes, la tradición, los modos de entender y relacionarse con el mundo y con los otros. Además, en una escuela donde solo se habla el castellano, los profesores y los niños no pueden comprenderse completamente el uno al otro.

Por tanto, Monseñor Žerdin finalmente concibió la idea de crear una Universidad donde fuera posible proporcionar a los estudiantes provenientes de los pueblos amazónicos originarios una educación que tuviera en cuenta su idioma, su cultura y su estilo de vida, para que pudieran enseñar a sus hijos de la mis-

ma manera en el futuro. Para hacerlo posible, cada pueblo originario tenía que enviar a Nopoki no solo a sus hijos para convertirse en estudiantes, sino también a uno de sus sabios para convertirse en profesor, lo cual fue una decisión muy difícil, porque, debido a las grandes distancias, tantos los estudiantes como los profesores habrían tenido que vivir en Nopoki sin volver a casa por mucho tiempo.

Sin embargo, algunos pueblos originarios amazónicos decidieron que valía la pena hacer el sacrificio, así que en 2005 Monseñor Žerdin fue a Lima y propuso su proyecto a muchas universidades, pero la única interesada en eso fue la UCSS, cuyo método educativo, basado en las ideas de Monseñor Luigi Giussani (1997, 2019), tenía una afinidad natural con el enfoque de Žerdin. Por tanto, después de un primer “experimento” realizado en 2006, con la creación de un centro preuniversitario con 57 estudiantes, en 2007 Nopoki se fundó oficialmente como una filial de la UCSS de Lima, con 47 estudiantes y una facultad única, la de Educación Básica Bilingüe Intercultural (EBBI). Hoy en día, en Nopoki también hay las Facultades de Administración, Contabilidad e Ingeniería Agraria, pero, al menos por el

momento, solo en la EBBI existe una auténtica educación bilingüe, aunque el objetivo final es extenderla gradualmente a todas las Facultades (see Azcona 2018; UCSS 2018).

Nopoki y el Futuro del SETI

La Comunicación Intercultural en la Tierra y Fuera de la Tierra

El nexo de Nopoki con el proyecto de Oxford fue la posibilidad de aprender de su experiencia algunas sugerencias útiles acerca de cómo construir un lenguaje adecuado para ser usado en una posible comunicación con alguna inteligencia extraterrestre (si algún día descubriremos una).

En efecto, el problema de la existencia y naturaleza de seres extraterrestres inteligentes es probablemente tan antiguo como la capacidad humana de contemplar las estrellas. No ha sido solo un tema común en la literatura y la narración oral, sino que ha sido discutido en serio también por filósofos, científicos y teólogos (Dick 1982; Crowe 1986), con un interés creciente en los últimos años (Asla 2016a, 2016b; Dick 2001; Dunér et al. 2013; Musso 2009; Vakoch 2014; Losch y Krebs 2015).

Sin embargo, el problema de cómo desarrollar una comunicación efectiva con otra civilización solo surgió con el nacimiento del SETI (*Search for Extraterrestrial Intelligence*), la búsqueda de señales de radio artificiales posiblemente emitidas por alguna civilización extraterrestre.³ El primer programa SETI fue iniciado el 8 de abril de 1960 por el astrónomo estadounidense Frank Drake en el Green Bank Radio Telescope en Virginia Occidental, según las sugerencias hechas solo unos meses antes por los físicos Giuseppe Cocconi y Philip Morrison (1959). Desde entonces, muchos otros programas similares han sido desarrollados por muchos otros científicos en varios países de todo el mundo.



Figura 2. Diálogo con algunos estudiantes de diferentes pueblos originarios amazónicos en Nopoki. La ropa tradicional que usan no es mero folklore, porque aquí aprenden a conocer su significado simbólico.

Anteriormente, hubo algunas propuestas bastante ingenuas hechas en el siglo XIX basadas en la idea de que unos seres inteligentes podrían vivir en Marte (lo que entonces parecía posible, pero no hoy) y así podrían ver algunos símbolos gigantes dibujados en la superficie de la Tierra. Luego, a mediados del siglo XX, hubo los mensajes meramente demostrativos de las sondas Pioneer y Voyager (Drake et al. 1972; Sagan et al. 1978), que aquí no vamos a considerar, ya que no fueron intentos reales de comunicación. Finalmente, con el nacimiento del SETI, se han hecho algunas propuestas más serias sobre cómo construir un mensaje interestelar, basándose en la idea más realista de que cualquier comunicación con una inteligencia extraterrestre (CETI) podría tener lugar solo por medio de las ondas de radio⁴ (Devito y Oeherle 1990; Dutil y Dumas 1999; Freudenthal 1960; Hogben 1961; Musso 2004a, 2011; Nieman y Nieman 1920; Vakoch 2013, 2014).

Sin embargo, como no podemos basar nuestros intentos de imaginar cómo la CETI podría ser en las características de una auténtica civilización extraterrestre (porque hasta la fecha aún no hemos descubierto ninguna), los únicos puntos de referencia que *podemos* considerar son aquellos tomados de la historia humana, es decir, los encuentros entre civilizaciones *terrestres*, sobre todo aquellas caracterizadas no solo por profundas diferencias culturales, sino también por una profunda brecha tecnológica. El más adecuado y mejor conocido de todos es seguramente el encuentro entre la civilización occidental y los pueblos originarios de Latinoamérica, así que la idea de usarlo como un ejemplo paradigmático no es nuevo en absoluto, sino que es tan antigua como el SETI mismo. El problema es que generalmente solo se toman en consideración los aspectos negativos, también

porque—debemos reconocerlo honestamente—son la gran mayoría. No obstante, insistir solo en ellos es incorrecto, ya que es injustificadamente unilateral y de ninguna manera puede ser útil para nuestro propósito.

Las cosas empeoran aún más si tomamos en cuenta un contexto más amplio que el de la comunidad del SETI. En efecto, según un muy mal hábito de la filosofía moderna, tan reprochable como generalizado, los filósofos muy a menudo basan sus críticas sobre la posibilidad de una auténtica comunicación intercultural en ejemplos meramente ficticios, como el mundialmente famoso “Gavagai” de Quine (1951), y no en la realidad, que, por el contrario, muestra claramente que la comunicación, aunque difícil, es posible, al menos entre las civilizaciones terrestres. Esto pasa debido a la fuerte influencia de la postura relativista, que hoy en día es dominante entre filósofos, psicólogos, sociólogos y humanistas en general, que por ello usualmente son muy escépticos sobre la posibilidad de una comunicación real incluso entre diferentes civilizaciones terrestres, y por lo tanto, *a fortiori*, entre las terrestres y las extraterrestres.⁵

También los traductólogos tienden a ser bastante escépticos sobre la viabilidad de la CETI, basándose en su experiencia de cuán grande es el número de las posibles matices del significado de un texto, y cuán difícil es la traducción incluso entre idiomas bastante similares, de modo que la mayoría de ellos (aunque no todos) piensan que es muy probable que sea imposible traducir cualquier texto a un idioma radicalmente diferente. Sin embargo, la metodología CETI debería ser muy diferente de la de una traducción “terrestre” estándar. En efecto, hablando correctamente, la CETI ni siquiera sería una forma de traducción (ya que no sabría-

mos a *qué* idioma deberíamos traducir), sino más bien un intento de codificar *nuestro* idioma de tal manera que pueda ser comprensible para otros seres inteligentes, quien deberían hacer la traducción por su cuenta, basándose en lo que han entendido. Pero, claramente, es muy difícil evaluar su viabilidad solo imaginando los posibles escenarios, sin probar nuestras estrategias en una situación real.

Los antropólogos, en cambio, estudian (¡por supuesto!) las culturas y los idiomas de los pueblos originarios reales, pero, lamentablemente, muy pocas veces⁶ desde un punto de vista útil para la CETI, ya que generalmente están interesados en traducir sus idiomas a los occidentales, pero no viceversa. Además, muy a menudo los pueblos originarios terminan siendo el objeto, pero no el sujeto de la investigación, lo que nos impide descubrir qué comprensión *ellos* tienen de los demás.

Por otro lado, los científicos, que están obligados por el método experimental a basarse en la realidad, suelen ser mucho más optimistas, pero el problema con ellos es que muy a menudo son incluso *demasiado* optimistas, porque el lenguaje de la ciencia y de las matemáticas es mucho más preciso y, por lo tanto, mucho más sencillo de comunicar que los lenguajes de las humanidades. Luego, muy a menudo ellos desconocen no solo los falsos problemas que solo existen en la mente de los filósofos, sino también los auténticos problemas que existen en las cosas mismas. Desgraciadamente, en este caso dos errores de signo opuesto no se cancelan entre sí, sino que, por el contrario, se suman para crear un problema aún más grave. Entonces, la única salida parece ser un trabajo interdisciplinario, que es precisamente la “misión” tanto del SETI Institute como del SETI Committee de la

IAA, pero esto es más fácil decirlo que hacerlo.

El único intento real de un estudio interdisciplinario sistemático de todo el asunto se había realizado al comienzo del nuevo milenio, con una serie de talleres internacionales sobre la Interstellar Message Composition (IMC, composición de mensajes interestelares) promovidos por el SETI Institute bajo la dirección de Douglas Vakoch, el primero de los cuales se celebró en Toulouse durante el 52 International Astronautical Congress (IAC) del 30 de septiembre al 2 de octubre de 2001, pero pronto fueron interrumpidos debido a graves problemas económicos que el SETI Institute tuvo que enfrentar. En la actualidad, el debate continúa todavía dentro del SETI Committee de la IAA, pero con dificultades crecientes, debido en parte al hecho de que en los últimos años los nuevos miembros del Committee han sido casi todos científicos, y en parte a la creciente hostilidad hacia el SETI activo, a pesar de que *estudiar* cómo construir un buen mensaje interestelar es muy distinto a *enviarlo* realmente a las estrellas (cuyo riesgo, en todo caso, sería prácticamente cero: véase Musso 2012).

Entonces, esta es la razón por la cual tuvimos la idea de emprender un estudio pionero, haciendo una investigación de campo *real* sobre un caso *positivo* de interacción entre algunas civilizaciones terrestres que son casi “alienígenas” las unas para las otras. Desgraciadamente, los fondos disponibles eran limitados, por lo que no pudimos desarrollar una investigación en profundidad como lo deseábamos, pero los resultados han sido tan interesantes que hemos decidido buscar una manera de retomar la investigación lo más pronto posible, lo que ahora estamos justo a punto de hacer (ver § 5).

Sin embargo, pudimos explotar de la mejor manera posible la semana que pasamos en Nopoki: se realizaron conversatorios tanto con los estudiantes como con los docentes-sabios de los pueblos originarios de Nopoki acerca de su experiencia de positiva convivencia intercultural en la Universidad y de qué cosa la ha hecha posible; el Dr. Musso dictó una charla sobre la búsqueda de la vida en el universo según el método de la ciencia moderna; los sabios de los pueblos Yine y Matsigenka aceptaron dictar otra charla en que expusieron sus cosmovisiones tradicionales; y la astrónoma Carlota Pereyra, asesorada por su hijo Rodolfo, enseñó a los estudiantes de Nopoki cómo mirar el cielo a través de un telescopio que había traído consigo, teniendo también con ellos varios momentos de debate acerca de la concepción de la astronomía en las respectivas culturas, que culminaron en la creación del “Mapa de Nopoki”, una carta celeste con nuevas constelaciones dibujadas por los mismos estudiantes basándose en sus propias tradiciones, lo que aportó también algunos elementos interesantes para nuestra investigación.

Finalmente, cabe señalar que en la fase final de la redacción del presente artículo, del 8 al 11 de junio del 2019, algunos de sus autores, es decir, Paolo Musso, Wilmer Atachahua y Guisella Azcona, viajó de nuevo a Atalaya, en donde se reunió con Didier López (él también uno de los autores) y varios otros profesores de Nopoki para profundizar en algunos temas. Particularmente significativo fue el diálogo con Monseñor Žerdin (que no pudo participar en el proyecto de Oxford porque estaba de viaje), ya que nos aclaró muchos aspectos fundamentales acerca del método que se está usando en Nopoki para traducir los conceptos de la cultura occidental a idiomas que no los tienen, especialmente en el caso de los conceptos matemá-

ticos, a los que ahora debemos dedicar algunas observaciones aparte, debido a su peculiar importancia.

Un Tema Muy Especial: la Etnomatemática y Su Relevancia para el SETI

Si hay algo en que casi todos los investigadores de SETI coinciden, es que cualquier intento de IMC necesariamente involucrará, al menos en cierta medida, las matemáticas, y que muy probablemente la primera parte de cualquier mensaje interestelar se basará en las matemáticas, ya que debería ser el lenguaje más universal de todos (ver Musso 2011).

Sin embargo, incluso aquellos autores que están absolutamente seguros de esto no pueden estar igualmente seguros de que también *nuestra forma de representar* las matemáticas sea igualmente universal (o al menos universalmente comprensible). Desgraciadamente, es casi imposible demostrar esto experimentalmente, ya que hoy en día casi todos los seres humanos conocen al menos las matemáticas básicas y las representan de la misma manera.

Las únicas excepciones están representadas por algunos pueblos originarios muy aislados, que viven principalmente en el interior de Australia (véase, por ejemplo, Butterworth et al. 2008) o, precisamente, en la selva amazónica (véase, por ejemplo, Pica et al. 2004). Algunos antropólogos han estudiado a esos pueblos y su “etnomatemática,” es decir, su forma de representar las matemáticas y manejar los problemas matemáticos a pesar de que sus sistemas matemáticos son muy simples (por lo general, solo pueden contar hasta cinco), con resultados muy interesantes, pero también con unos límites. En efecto, en la mayoría de los casos solo estudian a un pueblo a la vez, con diferentes métodos y objetivos, lo que dificulta alcanzar una visión global. Además, generalmente no están muy interesados

en el problema de traducir las matemáticas occidentales a sus sistemas conceptuales, lo que, por el contrario, es crucial para la IMC.

El Más Grande Experimento SETI del Mundo

Los pueblos originarios de Nopoki se encuentran en una situación intermedia, ya que no están completamente aislados y generalmente conocen al menos las matemáticas básicas, pero muchos de sus idiomas aún no tienen un sistema conceptual capaz de representarlas, aunque justo en este momento están trabajando para crearlo. Lejos de ser una limitación, esta es, por el contrario, una situación ideal, que hace de Nopoki un laboratorio potencialmente perfecto para probar *experimentalmente* nuestras ideas sobre la IMC, porque

- 1) Nopoki es muy probablemente el único lugar en el mundo donde podemos encontrar un número tan grande de pueblos originarios todos juntos, diferentes no solo a la civilización occidental, sino también entre sí, tanto en cultura como en lenguaje, tecnología y nivel de desarrollo de las matemáticas.
- 2) Nopoki es muy probablemente el único lugar en el mundo donde, justo en este momento, se está traduciendo un libro de texto occidental de matemáticas básicas a los idiomas de muchos pueblos originarios, algunos de los cuales no tienen conceptos matemáticos y difieren no solo a los idiomas occidentales, sino también entre sí, a veces no solo en sus conceptos, sino incluso en su estructura.
- 3) Nopoki es muy probablemente el único lugar en el mundo donde este proceso de traducción de las matemáticas occidentales a muchos idiomas diferentes se realiza utilizando un método muy parecido al que ge-

neralmente se considera la mejor base para cualquier intento de IMC. Incluso podríamos decir que, en un sentido, el libro de texto de matemáticas básicas de Nopoki es virtualmente un mensaje interestelar (o, por lo menos, su primera parte).

4) Nopoki es muy probablemente el único lugar en el mundo donde la traducción de las matemáticas occidentales a los idiomas de muchos pueblos diferentes es realizada por los propios miembros de dichos pueblos, exactamente como sucedería en el caso de una CETI real.

5) Nopoki es muy probablemente el único lugar en el mundo donde podemos encontrar *idiomas* sin conceptos matemáticos hablados por *personas* que conocen las matemáticas, al menos en cierta medida, lo que sería un problema para los antropólogos, pero es *perfecto* para los investigadores del SETI, ya que hace la situación mucho más parecida a la de una CETI real.

6) Nopoki es muy probablemente el único lugar en el mundo donde será posible, en el futuro próximo, hacer un análisis estadístico comparativo para establecer si la comprensión del mismo libro de texto de matemáticas básicas está condicionada (y, de ser así, en qué medida) por el idioma al que ha sido traducido y por la cultura a la que pertenece dicho idioma.

Claro está que el problema de la universalidad de nuestra forma de representar las matemáticas no termina con la presentación de las matemáticas básicas. Por el contrario, es muy probable que el problema más difícil (que queremos estudiar en el futuro próximo) sea el de la representación de las matemáticas avanzadas. Sin embargo, está igual-

mente claro que el último problema no puede estudiarse adecuadamente sin haber solucionado previamente el primero, lo que estamos a punto de hacer, por fin, precisamente gracias a Nopoki: en efecto, este es el momento ideal, ya que hasta ahora no se le permitía a nadie ver las traducciones del libro, ya que aún no habían sido aprobadas por las asambleas generales de los respectivos pueblos, pero esto debería suceder precisamente en el 2020, abriendo así una ventana de oportunidad fantástica (o, mejor, única) para este tipo de estudios.

Nopoki y el Futuro de la Humanidad

Lo que hemos descubierto en Nopoki es mucho más rico y profundo de lo que pensábamos, y es por eso que tiene mucho que ver también con la Big History, debido a sus implicaciones filosóficas, antropológicas, sociales y políticas. Entonces, ahora vamos a discutir brevemente también estos temas, al menos de manera preliminar, mientras esperamos estudios adicionales y más sistemáticos.

Nopoki y el Futuro de la Razón

Independientemente de su probabilidad de volverse real, tarde o temprano, la CETI a menudo se ha utilizado también como un experimento mental filosófico, ya que es un método muy efectivo para comprender mejor nuestra naturaleza y nuestra inteligencia, especialmente para establecer si existen algunos “universales de la razón,” es decir, algunos factores pertenecientes a la razón como tal, que por lo tanto deben ser necesariamente comunes a cualquier ser inteligente concebible en el universo (véase Asla 2020).

Por lo tanto, estudiar la experiencia de Nopoki desde este punto de vista⁷ podría ser muy útil para la filosofía, independientemente del hecho de que el SETI tenga éxito o no, especialmente si consideramos que, como ya hemos notado en lo anterior, en nuestro tiempo

el relativismo domina en todo el mundo el campo de filosofía (y, más generalmente, toda nuestra cultura), a pesar de que se basa principalmente en argumentos superficiales o incluso ficticios.

Finalmente, la perspectiva unificadora proporcionada por el estudio de la experiencia de Nopoki desde el punto de vista de la CETI y la IMC podría facilitar un fructífero diálogo interdisciplinario entre ciencia, filosofía y muchas otras disciplinas, como antropología, sociología, psicología, neurociencias, etc., también reviviendo, al mismo tiempo (al menos, esperamos), el trabajo interdisciplinario en el ámbito del SETI Committee de la IAA.

Nopoki y el Futuro de la Sociedad

El diálogo intercultural en Nopoki es, en primer lugar, *un hecho*: sucedió, y todavía está sucediendo. Con eso no estamos diciendo que no debemos tratar de entenderlo—todo lo contrario. Pero debemos hacerlo tratando de *aprender de la experiencia* que están viviendo, y no tratando de forzarla a un esquema anterior basado en nuestras teorías favoritas y/o nuestros sesgos personales (Azcona y Atachahua 2020). En efecto, si en Nopoki pueden hacer algo que muchos otros no pueden hacer, esto significa que su experiencia tiene algo que enseñar a nuestra sociedad en su conjunto, como lo han reconocido recientemente no solo muchos antropólogos y sociólogos, que han comenzado a estudiar Nopoki con creciente interés, sino también por las más altas instituciones, tanto políticas como religiosas.

Por ejemplo, los Ministerios peruanos de Educación (MINEDU) y de Cultura (MINCUL) han reconocido la importancia de una verdadera formación intercultural en la educación de los jóvenes nativos (MINEDU 2013). Además, la entonces Presidenta del Congreso peruano, Sra. Luz Salgado, tras visitar

Nopoki con algunos colegas, durante la conferencia de prensa final celebrada el 6 de mayo de 2017 declaró: «¿Cuántas Nopokis necesitamos, cuántas universidades de este estilo que acojan todas las culturas peruanas para que puedan tener una alternativa se necesitan en Loreto, Cusco, Junín y otras regiones?» (Salgado 2017)

Finalmente, el 19 de febrero del 2018, el Papa Francisco, en su famoso discurso durante el encuentro con los pueblos originarios amazónicos en Puerto Maldonado, dijo: «Pido a mis hermanos obispos que, como se viene haciendo incluso en los lugares más alejados de la selva, sigan impulsando espacios de educación intercultural y bilingüe en las escuelas y en los institutos pedagógicos y universidad. Felicito las iniciativas que desde la Iglesia Amazónica peruana se llevan a cabo para la promoción de los pueblos originarios [. . .] como el NOPOKI, dirigidos expresamente a la formación de los jóvenes de las diversas etnias de nuestra Amazonía» (Francisco 2018).

Sus “endosos” fueron tan efectivos que el número de nuevos estudiantes se duplicó de 2017 a 2018 (de 200 a 400), mientras que el número de pueblos originarios presentes en Nopoki aumentó de 7 a 19 de 2017 a 2019. Sin embargo, esto no significa que Nopoki es importante solo para los pueblos originarios amazónicos: de hecho, en este momento histórico, que más probablemente es un cambio de edad que una edad de cambios, como siempre lo dice el propio Papa Francisco, en la que los encuentros entre diferentes culturas generan mucho más frecuentemente el conflicto que el diálogo, la capacidad de Nopoki de generar el diálogo donde antes había el conflicto es ciertamente muy importante para todos nosotros.

Nopoki y el Futuro de la Tecnología

La tecnología es ciertamente una buena

cosa: ha solucionado un montón de problemas, muchos de los cuales realmente dramáticos (hambre, frío, falta de higiene, epidemias, etc.), y seguirá haciendo lo mismo también en el futuro. Sin embargo, en la actualidad, a menudo la estamos explotando de una manera irracional, utilizando productos tecnológicos también cuando son innecesarios, lo que está causando serios problemas tanto ecológicos como económicos. Entonces, si los pueblos de Nopoki encontraran una manera de usar la tecnología en una mejor armonía con la naturaleza, este podría ser un modelo también para el resto del mundo.

Nopoki, en estos 14 años, no solo ha logrado mostrar la posible interacción comunicativa entre muchos diferentes pueblos originarios amazónicos, sino que se ha convertido en una forma peculiar de convivencia que demuestra que la nuevas generaciones de estos pueblos pueden ser el gran cambio que nuestro mundo necesita: nuevos conocimientos científicos partiendo desde los conocimientos ancestrales con el fin de preservar el medio ambiente, a la vez que entendemos, poco a poco, los secretos que nos esconde cada rincón de nuestro planeta: el mar, la fauna, la flora, sus colores, sus olores, hasta lo más minúsculo.

De esta forma, Nopoki deja de ser solo una propuesta innovadora: se ha convertido en una necesidad para los pueblos originarios amazónicos, que ven a Nopoki como la Universidad que sus hijos y los hijos de sus hijos necesitan. Su idioma y sus creencias son vitales para la formación de profesionales completos, que hablen su idioma correctamente, así como el castellano y hasta un tercer idioma extranjero, se puedan comunicar con gente de otros pueblos sin sentir vergüenza alguna de su procedencia, más bien, muestren orgullo

de ello y, a la vez, sean excelentes profesionales en su propio campo: profesores, contadores, administradores o ingenieros agrónomos, que trabajan para su comunidad, para su pueblo, para su región, para su país.

Exactamente por dichas razones, la experiencia de la UCSS-Nopoki no representa solo una solución a un problema importante pero limitado en el tiempo y en el espacio, como el de las relaciones entre las culturas occidentales y amazónicas, sino que puede convertirse en un medio poderoso para entender mejor la naturaleza profunda de ambas y para imaginar un desarrollo realmente sostenible, una vez más en el marco de la evolución del cosmos.

Conclusiones

Nopoki no es grande. Pero Nopoki es genial. En ella hay mucho más de lo que cualquiera de nosotros podía imaginar antes de verla en persona. Es como la pequeña semilla de algún árbol gigante. ¿Estará en grado de generar la planta entera? Nadie lo sabe. Por supuesto, podría fallar, exactamente como cualquier otra cosa en este mundo. Sin embargo, lo que *sí* sabemos es que, si Nopoki tuviese éxito en expresar todo su potencial, entonces podría realmente generar algo que podría ser un modelo para toda la humanidad.

Y es precisamente por esta razón que hemos decidido crear un centro de investigación permanente sobre ella, promovido por la University italiana de la Insubria en colaboración con la UCSS y llamado *InCosmiCon (Intelligence in the Cosmic Context*: véase Musso et al. 2019), donde nuestras investigaciones anteriores sobre Nopoki serán insertadas en un contexto más amplio, no limitado solo al SETI (aunque el SETI por supuesto jugará un rol important en eso), sino que incluya también otros temas, en primer lugar la Big History. Al mismo tiempo, esperamos que una experiencia tan fascinante como esta pueda convertirse en el núcleo de una investigación más amplia y profunda, capaz de descubrir y estudiar otras experiencias interesantes de diálogo intercultural y atraer académicos de muchos otros campos disciplinarios.

Posiblemente no tengamos que esperar mucho tiempo para ver si funciona, ya que, después de dos años de preparación, finalmente *InCosmiCon* está a punto de comenzar. Luego, “stay tuned”⁸, y, si quieren participar, se pongan en contacto con nosotros sin ninguna hesitación.

Agradecimientos

Esta publicación incorpora resultados obtenidos en el ámbito del proyecto de

investigación titulado *Science, Philosophy, and Theology: Capability Building in Latin America*, financiado por la John Templeton Foundation bajo una beca de investigación otorgada por la University of Oxford.

Asimismo, deseamos agradecer mucho a las Universidades UCSS y UNIFÉ por creer en el proyecto, a todos los profesores y los estudiantes de la UCSS Nopoki, y a todos los ponentes del congreso final por sus fantásticos aportes al éxito del proyecto.

Notas finales

¹Para una descripción más amplia y profunda del proyecto véase Musso y Maccone (2017). Los videos integrales de todas las actividades del proyecto son disponibles gratuitamente en el sitio de la UCSS en el siguiente enlace: <https://www.ucss.edu.pe/lavidaeneluniverso/>

²En 2017 eran 7, pero ahora su número ha crecido hasta 19, muy probablemente gracias a los “endosos” de la Presidenta del Congreso peruano, Luz Salgado, y, sobre todo, del Papa Francisco (véase § 4.2).

³La historia completa del SETI, vista en el marco más general de la búsqueda de la vida en el universo (generalmente llamada bioastronomía o astrobiología), se puede encontrar en Musso (2019), cap. 10, que es la versión impresa (con solo algunas necesarias actualizaciones) del curso de especialización impartido del 21 al 23 de febrero de 2017 por el Dr. Musso en la UCSS de Lima en el marco del proyecto de Oxford.

⁴Hay también un SETI óptico que busca mensajes posiblemente hechos de pulsos de láser, pero esto no hace ninguna diferencia con respecto a las posibles maneras de construir un mensaje interestelar, porque también en el SETI “clásico” la idea es usar pulsos (en este caso, pulsos de radio) en lugar de



Figura 3. Nuestro grupo en la puerta del campus de la UCSS-Nopoki (Atalaya, 22 de marzo de 2017).

transmitir directamente el mensaje como en una comunicación terrestre normal, ya que esta última sería mucho más difícil de detectar y comprender (véase Musso 2011).

⁵Por una crítica orgánica de esta actitud véase Musso (2004b, 2019).

⁶La única excepción relevante está representada por la antropóloga canadiense Kathryn Denning, quien también es miembro del SETI Committee de la IAA (véase, por ejemplo, Denning 2014).

⁷Un aspecto diferente y más específico, pero igualmente importante del trabajo que hemos comenzado con el proyecto de Oxford es la comparación entre las diferentes cosmovisiones de los pueblos originarios de Nopoki (véase López 2020). Claro está que la antropología comparativa ya existe desde hace mucho tiempo, pero la novedad es que en este caso la comparación la están realizando ellos mismos y no los antropólogos occidentales. Esto no significa, por supuesto, que el trabajo realizado por estos últimos no tenga ningún valor, pero seguramente el hecho de saber cómo los pueblos originarios evalúan sus propias cosmovisiones, proporcionando así un punto de vista completamente nuevo sobre el asunto, abrirá perspectivas fantásticas y aún inexploradas. El trabajo justo acaba de comenzar, pero tenemos grandes esperanzas para el futuro.

⁸“Stay tuned” (“manténgase sintonizados”) es el saludo estandar usado por los investigadores del SETI, en vez del usual “keep in touch” (“manténgase en contacto”). La expresión está claramente inspirada en el argot de la radioastronomía.

Referencias bibliográficas

Arbib, M. A. 1979. “Minds and Millenia: the Psychology of Interstellar

Communication.” *Cosmic Search* 25, 47-48.

———. 2016a. “Cómo Naturalizar la Ética sin Desnaturalizar lo Moral: Rol de las Ciencias Particulares en el Debate Sobre los Universales Éticos.” In C. Carbonell and L. Flamarique, eds. *De Simios, Cyborgs y Dioses. La Naturalización del Hombre a Debate*. Madrid: Biblioteca Nueva.

———. 2016b. “Xenophilosophy and the Knowledge of Ourselves.” *Science, Religion and Culture* 3 (2): 96-109.

———. 2020. “La Comunicación con Otras Civilizaciones como Experimento Mental.” In P. Musso, ed. 2020, in press.

Azcona, G. 2018. *La Propuesta de Asignatura, Didáctica a la Educación Intercultural Bilingüe, y Su Importancia en la Formación Docente de UCSS-Nopoki*. Lima: Fondo Editorial UCSS. Accessed 10 July 2019. https://www.ucss.edu.pe/images/fondo-editorial/pdf/suplementos_academicos/propuesta-asignatura-didactica-educacion-intercultural-bilingue-importancia-formacion-docente-ucss-nopoki-guisella-azcona.pdf.

Azcon, G., and W. Atachahua. 2020. “Consideraciones Pedagógicas y Filosóficas a Partir de la Vivencia Intercultural en la UCSS-Nopoki.” In P. Musso, ed. 2020, in press.

Butterworth, B., R. Reeve, F. Reynolds, and D. Lloyd. 2008. “Numerical Thought with and without Words: Evidence from Indigenous Australian Children.” *PNAS* 105 (35), 13179-13184. doi: 10.1073/pnas.0806045105.

Crowe, M. 1986. *The Extraterrestrial Life Debate 1750-1900: The Idea of a Plurality of World from Kant to Lowell*. Cambridge: Cambridge University Press.

Denning, K. 2014. “Learning to Read Interstellar Message Decipherment from Archaeological and Anthropological Perspectives.” In D. Vakoch, ed. *Archaeology, Anthropology, and Interstellar Communication*. Washington, D. C.: NASA.

Devito, C. L., and R. T. Oehlerle. 1990. “A Language Based on the Fundamental Facts of Science.” *Journal of the British Interplanetary Society* 43, 561-568.

Dick, S. 1982. *Plurality of Worlds: The Origins of Extraterrestrial Life Debate from Democritus to Kant*. Cambridge: Cambridge University Press.

———. 2001. *Life on Other Worlds: the 20th-Century Extraterrestrial Life Debate*. Cambridge: Cambridge University Press.

Dunér, D., J. Parthemore, E. Persson, and G. Holmberg. 2013. *The History and Philosophy of Astrobiology: Perspectives of the Extraterrestrial Life and the Human Mind*. Newcastle Upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.

Drake, F., C. Sagan, and L. Sagan. 1972. Report. “A Message from Earth.” *Science* 175, 881-884.

Dutil, Y., and S. Dumas. 1999. “Message to ET.” *Astronomy Now*. June 1999. 53-54.

Francis. 2018. “Meeting with Indigenous People of Amazonia. Puerto Maldonado, Peru, January 19, 2019.” Accessed 10 July 2019. http://w2.vatican.va/content/francesco/en/speeches/2018/january/documents/papa-francesco_20180119_peru-puertomaldonado-popoliamazonia.htm.

Freudenthal, H. 1960. *Lincos: Design of a Language for Cosmic Intercourse (Part I)*. Amsterdam: North Holland.

- Giussani, L. 1997. *The Religious Sense*. Montreal-Kingston: McGill-Queen's University Press.
- . 2019. *The Risk of Education. Discovering Our Ultimate Destiny*. Montreal-Kingston: McGill-Queen's University Press.
- Hogben, L. 1961. "Cosmical Language." *Nature* 192, 826-827.
- IRC. 2014. *Science, Philosophy and Theology—About Us*. Accessed 9 April 2017. <http://www.cyral.org/en/about-us>.
- . 2016. *Science, Philosophy and Theology—Templeton Visiting Fellows to Latina America*. Accessed 9 April 2017. <http://www.cyral.org/en/fellowships>.
- López, D. 2020. "Aspectos Comunes de las Diferentes Cosmovisiones de los Pueblos Originarios de Nopoki." In P. Musso, ed., 2020, in press.
- Losch, A., and A. Krebs. 2015. "Implications for the Discovery of Extraterrestrial Life: A Theological Approach." *Theology and Science* 13 (2), 230-244.
- MINEDU 2013. *Hacia una Educación Intercultural Bilingüe de Calidad. Propuesta Pedagógica*. Lima: Corporación Gráfica Navarrete.
- Musso, P. 2004a. "Wide Cultural Communication in Interstellar Messages." In R. P. Norris and F. H. Stootman, eds. *Bioastronomy 2002: Life among the Stars*. San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 511-513.
- . 2004b. *Forme dell'Epistemologia Contemporanea. Tra Realismo e Anti-realismo*. Vatican City: Urbaniana University Press. Spanish translation 2012, *Formas de la Epistemología Contemporánea. Entre Realismo y Anti-realismo*. Lima: Fondo Editorial UCSS.
- . 2009. "Philosophical and Religious Implications of Extraterrestrial Intelligent Life." In L. Codignola and K.-W. Schrogl, eds. *Humans in Outer Space—Interdisciplinary Odysseys*. New York: Wien Springer, 210-219.
- . 2011. "A Language Based on Analogy to Communicate Cultural Concepts in SETI." *Acta Astronautica* 68, 489-499.
- . 2012. "The Problem of Active SETI: an Overview." *Acta Astronautica* 78, 43-54.
- . 2019. *Una Razón Más Amplia. El Hombre, el Universo y Dios Desde el Cosmo de Aristóteles Hasta la Búsqueda de la Vida en el Espacio*. Lima: Fondo Editorial UCSS.
- Musso, P., ed. 2020. *La Vida en el Universo: Su Origen, Su Naturaleza, Su Sentido*. Lima: Fondo Editorial UCSS. (The pdf of the book is available free at <https://www.ucss.edu.p>)
- Musso, P., N. Antonietti., M. Asla., W. Atachahua, G. Azcona, M. Capatinta, M. Ceroni, R. Crippa, Á Gómez, A. Jordan, D. Lagos, D. López, C. Maccone, S. Montebugnoli, J. Navarro, J. Oliva, C. Pereyra, G. Savio, J. Valdivia-Silva, T. Vargas, V. Vera, C. Viaña, P. Vilcapuma, R. Zapata, and E. Zumae-ta. 2019. "InCosmiCon: A New Italian-Peruvian Project about SETI and Big History." *Proceedings of the 70th International Astronautical Congress*. Paris: IAF, in press.
- Musso, P., and C. Maccone. 2017. "La Vida en el Universo." The Oxford Templeton Visiting Fellowship to Peru about SETI and Bioastronomy. In N. Mather, C. Schmullius, and M. Arnaud, eds. *Proceedings of the 68th International Astronautical Congress*. Paris: IAF, 3137-3142.
- Nieman, H., and C. W. Nieman. 1920. "What Shall We Say to Martians?" *Scientific American* 122, 298-312.
- Pereyra, C. 2020. "Presentación del 'Mapa de Constelaciones de Nopoki'". In P. Musso, ed. 2020, in press.
- Pica, P., C. Lemer, S. Dehaene, and V. Izard. 2004. "Exact and Approximative Arithmetic in an Amazonian Indigenous Group." *Science* 306 (5695) 499-503. doi: 10.1126/science.1102085. HAL Id: hal-00206219.
- Quine, W. V. O. 1951. "Two Dogmas of Empiricism." *The Philosophical Review* 60 (1), 20-43.
- Sagan, C., F. Drake, A. Druyan, T. Ferris, J. Lomberg, L. Salzman Sagan. 1978. *Murmurs of Earth. The Voyager Interstellar Record*. New York: Ballantine Books.
- Salgado, L. 2017. "Compromiso para Desarrollo de Purús y Atalaya." *Noticias*. Lima: Congreso de la República. <http://www.congreso.gob.pe/index.php?K=263&id=8252#.XfibGodKg2>
- Tennant, N. 1993. "The Decoding Problem: Do We Need to Search for Extraterrestrial Intelligence in Order to Search for Extraterrestrial Intelligence?" In S. Kinsley, ed. *The Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI) in the Optical Spectrum*. Bellingham: SPIE Proceedings, 1-9.
- UCSS. 2017. *La Vida en el Universo: Su Origen, Su Naturaleza, Su Sentido*. Accessed 10 July 2019. <https://www.ucss.edu.pe/lavidaeneluniverso>.
- Vakoch, D. 2013. *Extraterrestrial Altruism: Evolution and Ethics in the Cosmos*. Mountain View: Springer.
- Vakoch, D, ed. 2014. *Archaeology, Anthropology, and Interstellar Communication*. Washington, D. C.: NASA.

Considering Grand Challenges in Undergraduate General Biology Education: Integration, Big History, and Scientific Literacy

Paul J. Narguizian

California State University, Los Angeles

Correspondence | Paul J. Narguizian, pnargui@calstatela.edu

Citation | Narguizian, Paul J. 2020. "Considering Grand Challenges in Undergraduate Biology Education: Big History, Interdisciplinarity, and Scientific Literacy." *Journal of Big History IV* (2): 165-168.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4280>

Abstract Higher education finds itself at a crossroads in regard to providing students of all majors with curricula that addresses a higher level of critical thinking skills along with evidenced based decision making. Within the walls of academia, educators and administrators alike are facing grand challenges in developing biology programs, which encapsulate the complex and interconnectedness of the biological sciences, while at the same time embedding the scientific literacy skills found within the field of biology. Here I argue for the integration of Big History content within general biology education courses.

Integration

Albert Einstein once said, "all religions, arts, and sciences are branches from the same tree" (Einstein 2006, 7). Einstein's view holds that a broad and interdisciplinary education is essential to the preparation of citizens for life, work, and civic participation. An interdisciplinary approach to general biology education weaves together the discoveries of the evolutionary sciences together with humanities, such as history, philosophy, literature and art. Our world is complex and interconnected; it is no surprise that biology and the history of life is, too. An educated and scientifically literate mind empowers students to separate scientific truth from falsehood and pseudoscience and bias from fact (NAS 2018).

In 2018, the U.S. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine

published a report entitled *The Integration of the Humanities and Arts with Sciences, Engineering, and Medicine in Higher Education: Branches from the Same Tree*, in which they stated, "[g]iven that today's challenges and opportunities are at once technical and human, addressing them calls for the full range of human knowledge and creativity. Future professionals and citizens need to see when specialized approaches are valuable and when they are limiting, find synergies at the intersections between diverse fields, create and communicate novel solutions, and empathize with the experiences of others" (NAS 2018, 8). Furthermore, the aforementioned report highlights the current and future challenges students will face in their respective professions, (i.e., the enormous strides in technology, including artificial intelligence, ma-

chine learning, robotics, and communications). Graduates will need to be able to adapt and continuously learn alongside these new technologies. The report goes on to say that "each person entering the job market today will look forward not only to several jobs, but also several careers, during her working life. All these factors have led to the expectation that current generations entering the workforce may, for the first time in recent American history, face a more uncertain future than their parents' generation."

It is no secret that current day humans rely more on science and technology than ever before. One can argue that in this manner, we have reached a new threshold in our lives on this planet. As such, humans are living in an increasingly scientific world. Science can be found all around us and that a more

integrative approach to higher education will better serve effectively to prepare students for work, life, and citizenship in the Anthropocene Epoch: the current geological epoch caused by spectacular changes on Earth due to increasing globalization, changes in the chemistry of our atmosphere and oceans due to increased levels of human energy used in the form of fossil fuels, the exponential increase in human numbers, human control over the environment, and the ever increasing reliance on non-sustainable natural resources. “We take scientific principles for granted every time we use a piece of technological apparatus, such as a car, a computer, or a cellphone. In today’s world, citizens frequently have to make decisions that require them to have some basic scientific knowledge. To be a contributing citizen in a modern democracy, a person needs to understand the general principles of science” (Oliveira 2008, 24).

“Historically and traditionally in the United States, broad study in an array of different disciplines—including the arts, humanities, sciences, and mathematics—as well as in-depth study within a special area of interest, has been a defining characteristic of higher education. Over time, the curriculum at many colleges and universities has become focused and fragmented along disciplinary lines. This change in higher education has been driven, in part, by increasing specialization in the academic disciplines and the associated cultural and administrative structure of modern colleges and universities” (NAS 2018, 1).

The obvious question facing higher education faculty and administrators then becomes whether an education focused on a single discipline best prepares graduates for the challenges and opportunities presented by work, life, and

citizenship in the twenty-first century, or whether an approach to education that intentionally integrates knowledge in the arts, humanities, physical and life sciences, social sciences, engineering, technology, mathematics, and the biomedical disciplines, be more effective and applicable to various professions?

The curriculum should help students understand the connections among the disciplines and emphasize the point made by Einstein that all disciplines and forms of inquiry are “branches from the same tree.” Extending this idea further, integration of content should emphasize human knowledge as fundamentally connected. Overall general education courses should be taught as a “network of branches arising from a trunk made up of human curiosity, passion, and drive, but also generative, as new branches split off and grow from old branches, extending into new spaces or coming in contact with other branches in new ways” (NAS 2018). In order to address these grand challenges, leaders and scholars in higher education and industry with expertise in the arts, humanities, social sciences, natural sciences, engineering, and medicine—and the intersections among these disciplines—should “sit at the same table” and develop course curricula that better represent the diversity and challenges current and future students will face in American higher education, in their future professions, and as scientifically literate citizens.

Scientific Literacy

Another grand challenge in this scientific world, however, is that most people are not scientists; nor should they be, since the human story should not start and end in science. As a result, most of the people in our world are not as scientifically literate as we would like them to be in order to understand the world and universe of which they are a

part. These people, who comprise the majority of the population, have great power in the world, and some are involved in decision-making professions (i.e., politicians, businessmen, judges, CEOs, etc.). These are the ones who decide the funding and policy of scientific research. This segment of the population might be called “non-science majors” (Oliveira 2008).

So what are the “grand challenges” in science literacy? According to the American Association for the Advancement of Science (AAAS), which is the world’s largest general scientific society, current students of science and non-science alike need new skills, including the ability to think and contribute outside their disciplinary boundaries. Current and future science and non-science majors must become well versed at making connections among seemingly disparate pieces of information, concepts, and questions, as well as be able to understand and evaluate the data and evidence, presented. Furthermore, they must possess enough knowledge about related disciplines (e.g., chemistry, geology, physics, computer science, engineering, and the social sciences) to bring the requisite expertise to address complex issues such as global climate change and biodiversity loss (AAAS 2011). Another one of the grand challenges in science education has been the integration of science content with science process skills. Students need content, but they also require practice in the nature of scientific thinking and process and even opportunities to change preexisting attitudes and misconceptions. They need the practice in thinking critically while exploring ways to contribute outside disciplinary boundaries. It is, therefore, in the interest and benefit of society that non-science majors comprehend the basics of science methodology in order to

make evidenced-based decisions. Unfortunately, most people do not have the most basic scientific notions and do not understand the methodology and processes of science.

Recent polling data indicate that just over 50% of Americans believe in special creation and of those polled about 40% believe that humans lived during the same time as dinosaurs (Gallup 2019). It is obvious that there is a serious disconnect between science content and scientific literacy among the public. At a time of critical scientific and human challenges such as climate change, nuclear proliferation, human overpopulation, massive habitat destruction and the loss of biodiversity, along with constant misinformation in the mass and social media, such as alien encounters and chemtrails, and disinformation on social media, a general education curriculum that embeds scientific and information literacy skills provides a much needed counteractive and reason to hope for the future.

Big History—Its Questions

- Where did everything come from?
- How did humans get to where they are now?
- Where do humans fit into the narrative of the cosmos and the history of our solar system?
- Where are humans and other living beings on our planet headed in the near and distant future?

The aforementioned questions have been asked and addressed by a multitude of origin stories and by various disciplines in academia. As a result, there has been an increasing specialization in the academic disciplines and the associated cultural and administrative structure of modern colleges and universities in order to address these questions as well. Recent scholarship and

research in the field of big history have been asking whether higher education has moved too far from its integrative tradition toward an approach heavily rooted in disciplinary “silos.” Various scholars and academics in the field of big history see these silos as representing an artificial separation of academic disciplines.

All human institutions, professions, programs, and activities must now be judged primarily by the extent to which they inhibit, ignore, or foster a mutually enhancing human-Earth relationship. (Thomas Berry, quoted in O’Sullivan 1999, 43).

The content and information found within big history addresses the aforementioned questions as a single, scientific narrative, aligned with data-based evidence. For the first time in our shared human history, a human origin story grounded in science and “nourished” by the humanities exists. Big history explores cosmic evolution as a physically self-organizing process based on connection, interdependence, and the resulting emergence of life. In doing so, big history examines a range of interactions in the various thresholds of the formation of stars and galaxies, Earth, life, and human communities. It investigates ways in which we understand chemical and biological evolutionary processes and the implications for humans and our ecological future within the context of the Anthropocene. Furthermore, big history allows the learner to integrate the best available content from various disciplines, such as astronomy, physics, chemistry, biology, history, archaeology, and the arts, in order to understand better our common origin story with the hope of fostering a mutually enhancing human-Earth relationship.

“Big History seeks to understand the integrated history of the Cosmos, Earth,

Life, and Humanity, using the best available empirical evidence and scholarly methods.” (<https://bighistory.org>) The integration of big history content and process skills allows students the opportunity to

- Utilize scientific questioning skills, which are actively developed through in-class and out-of-class problem solving.
- Incorporate scientific terms and vocabulary with each other in class or in online discussion posts.
- Preview, review, study and assess their own learning.

Biology—Its Questions

In order to address the grand challenges involved in undergraduate general biology education, one must begin with highlighting the overall questions involved in the study of biology:

- What is this work we call biology?
- How should educators tell the story of life?
- What are the major milestones in biological discovery that expanded our knowledge of life on Earth?
- What role, if any, should the grand narrative of the formation of the universe and complexity play in biology education?
- What does it mean to be human?

The study of biology is usually defined as the study of the origin, evolution, and distribution of life on Earth. As such, the fields of big history and the biological sciences are both inherently interdisciplinary and are aligned well to promote a worldview infused by cosmic and evolutionary perspectives (Crawford 2019). It is well understood that most non-science majors are required to take at least one general education course in the sciences. Most

students end up taking a general biology course, usually during their final academic year due to a fear and dislike toward the sciences. Unfortunately, most of the general education biology courses include a long and detailed survey of life on Earth along with a checklist of facts from which students are expected to master and understand without the larger context of *their* place in the universe and their kinship with all life on Earth, past and present. This results in the fragmentation of knowledge and learning.

The grand challenges that face faculty in the biological science in the development and implementation of collegiate-level undergraduate general biology courses include the development of an interdisciplinary understanding of the history of life on Earth, while integrating scientific inquiry and process skills within students. The fragmentation of knowledge and learning has been the historical norm. I argue that future general biology courses should depart from that past. The integration of big history with biology content lends itself well by examining a range of dynamic interactions in the unfolding of galaxies, Earth, life, and human communities. It allows students to investigate ways in which we understand evolutionary processes and the implications for humans and our ecological future. Students need content, but they also require skills and even opportunities to change preexisting attitudes. They need the practice in thinking critically while exploring ways to contribute outside disciplinary boundaries. Clearly, future citizens—biologists and non-biologists alike—must become adept at making connections among seemingly disparate pieces of information, transdisciplinary concepts, and questions, as well as be able to understand and evaluate evidence.

Conclusion

Following in the footsteps of Carl Sagan, Fred Spier, David Christian, Brian Swimme and Thomas Berry, the teaching and communication of biology needs to relate more with the general population; it needs to be relatable, engaging and awe inspiring in order to create an inherent motivation among students of science and non-science alike, and to be multi-disciplinary. The integration of big history and biology can and should serve as the answer to all this! The story of the evolution of life on Earth and our common human origins should be examined and discussed as a single, epic narrative, rather than a presentation of a series of facts separated by scientific knowledge and the humanities. This changes our perception so that we begin to see ourselves as an integral and critical part of this narrative (Swimme and Tucker 2011). The integration of big history and biology allows the learners to place themselves within the context of this modern origin story and, in doing so, students can better appreciate the complexity and awe of biological processes such as the self-organizing dynamics of the universe, natural selection, the transformation of matter and energy, the emergence of life, symbiosis, and co-evolution. As learners discover these intricate processes of cosmic and biological evolution, they better appreciate and awaken to the biology of wonder and complexity of our natural environment at this critical juncture in our planetary history and current place on Earth. This will allow scientifically literate citizens from all disciplinary majors and professions to foster a mutually enhancing human-Earth relationship as we continue to move forward in space and time and as the climate on Earth continues to change during the Anthropocene.

References

- American Association for the Advancement of Science (AAAS). 2011. "Vision and Change in Undergraduate Biology Education." AAAS Publications, Washington, D. C.
- Big History Project. 2019. "What is Big History?" Accessed 16 December 2019. <https://school.bighistoryproject.com/pages/console#units/Unit-1>.
- Crawford, I. 2019. "Widening Perspectives: The Intellectual and Social Benefits of Astrobiology, Big History, and the Exploration of Space." *Journal of Big History*, III (3): 205-224.
- Einstein, A. 2006. *The Einstein Reader*. New York: Citadel Press.
- Gallup. 2019. "40% of Americans Believe in Creationism." Accessed 16 December 2019. <https://news.gallup.com/poll/261680/americans-believe-creationism.aspx>.
- National Research Council. 2018. *The Integration of the Humanities and Arts with Sciences, Engineering, and Medicine in Higher Education: Branches from the Same Tree*. Washington, D. C.: National Academies Press.
- Oliveira, C. 2008. "Astrobiology for the 21st Century." *CAPjournal* 2.
- O'Sullivan, E. 1999. *Transformative Learning: Education Vision for the 21st Century*. London: Zed Books.
- Swimme, B. T., and M. E. Tucker, 2011. *Journey of the Universe*. New Haven, CT :Yale University Press.

Feasibility Study for Employing an Interdisciplinary Framework for Sustainability Education: Teaching Experience from Hong Kong

Aidan W. H. Wong

Division of Environment and Sustainability, The Hong Kong University of Science and Technology (HKUST).

Alexis K. H. Lau

Department of Civil and Environmental Engineering, HKUST. Division of Environment and Sustainability, HKUST.

Robert Gibson

Division of Environment and Sustainability, HKUST.

Correspondence | Aidan W. H. Wong, whwonga@connect.ust.hk

Citation | Wong, Aidan W. H., Alexis K. H. Lau, and Robert Gibson. 2020. "Feasibility Study for Employing an Interdisciplinary Framework for Sustainability Education: Teaching Experience from Hong Kong." *Journal of Big History IV* (2): 169-177.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4290>

Abstract The Hong Kong University of Science and Technology had been offering a dedicated climate change course since 2009 although students were uncertain as to how well this would work due to the complexity as well as vastness of climate problems. In 2015 we took the opportunity to revise this course. Because of Big History's interdisciplinary nature, we have been incorporating it as the pedagogical framework to help deliver macroscopic sustainability issues up to the present. In this study, we present our teaching experience and demonstrate course alterations in philosophy and learning outcomes as well as curriculum. We also share students' feedback and their comments on the learning experience.

Program Origin

The Hong Kong University of Science and Technology (HKUST) was established in 1991. Before 2009, environmental studies at HKUST were issue- as well as domain-specific. During that period, only the Environmental Engineering and Environmental Science programs were offered, and neither was dedicated to macroscopic environmental issues or designed as a general education course on climate change or sustainability. HKUST recognized the desperate need at the time to have a macroscopic general education course when two major reports were publicized: the Intergovernmental Panel on Climate

Change Fourth Assessment Report (IPCC AR4) and the Global Environment Outlook 4 (GEO4). Thus the university established an Interdisciplinary Program Office (as a school) in 2008 and a Division of Environment¹ in 2009 with joint faculty from different schools. In the same year, a prototype general education course on macroscopic environmental issues was launched, namely *Climate Change Risk, Mitigation and Adaptations*.

The course description for *Climate Change Risk, Mitigation and Adaptations* is as follows:

overview of climate change and related issues: the physical science basis, impacts, risk identification, mitigation and adaptation measures. Current energy systems and renewable energy resources. Green building and end-use energy efficiency. Local and regional vulnerabilities: extreme weather events, rise of sea levels, storm surge, coastal flooding and stress on water resources; associated adaptation and risk reduction measures.

From 2009 to 2014 we delivered general sustainability content using GEO4 for five classes. We also referred to IPCC

AR4 for climate science for seven classes, risk and adaptation for four classes, and mitigation for three classes. We also held two guest lectures and three class discussions (see Table 1).

We started the course from a traditional environmental education perspective for the first six consecutive years. Nominal feedback from students, with reference to the Course Intended Learning Outcomes (CILOs), showed that students were able to recognize the broad scope and interconnectivity of climate change issues. They could also defend their stance for a given topic for debate from various perspectives and understand and evaluate the importance and urgency of climate problems. On the other hand, students often found that the climate issues were too complex and far reaching and the vastness of the problems made them pessimistic about the likelihood of the world coming together to resolve these sustainability problems. For the students, the more knowledge of the complexity of sustainability and climate issues they gained, the more pessimistic they became. Some of them turned this pessimistic attitude into a “fact” and convinced themselves that they were not and could not be the agents for change.

We recognized the pessimism of the students, yet we did not have a better framework to help turn the tide against it. At that time, our adjunct professor Robert Gibson introduced us to an emerging interdisciplinary framework called Big History. From his recommendation, it directed us to learn about David Christian’s TED talk and Bill Gates’ story on funding the Big History Project, followed by Al Gore’s introduction to David Christian at the 2015 World Economic Forum in Davos. Coincidentally, our revision exercise for the climate change course was due before the commencement of the new

Year	Content	Number of classes
2009-2014	Sustainability (GEO4)	5
	Climate science	7
	Risk and adaptation	4
	Mitigation	3
	Guest lecture	2
	Class discussion	3

Table 1. Course content of Climate Change Risk, Mitigation and Adaptations

Year	Content	Number of class
2015	Sustainability (Big History)	5 à 11
	Climate science	7 à 4
	Risk and adaptation	4 à 2
	Mitigation	3 à 2
	Guest lecture	2
	Class discussion	3

Table 2. Course content of Climate Change Risk, Mitigation and Adaptations 2015

semester. Therefore, we decided to employ Big History as the pedagogical framework in delivering our climate change course. As this was our first attempt, we determined not to re-entitle the course but embedded Big History for eleven classes as a substitute for GEO4 sustainability content and shrank other parts (see Table 2).

With the positive feedback from students in 2015, we moved forward to alter the course title to *Climate Change, Sustainability and Big History* for 2016’s cohort. In 2017 we changed the title of the course to *Big History, Sustainability and Climate Change* in accordance with our new course philosophy of using Big History as the pedagogical framework for sustainability education and climate change. The course content remained similar, but we edited the course description for better advertisement as below:

Big History as an emerging interdisciplinary framework provides a long-term perspective to see the world through reconstructing the history from the Big Bang all the way to the present. In such a longer time scale, overview of stars, planetary and species evolution, as well as concepts in climate change and how it is related to sustainability of the planet’s environment for its current inhabitants, including humanity, will be discussed. The physical science basis, impacts, risk, mitigation and adaptation measures of climate change will also be investigated (including technical and social solutions). For local and regional vulnerabilities, such as extreme weather events, sea-level rise, storm surge and coastal flooding, will be covered. The significance of collective learning under the big history framework, both as a driver for our exponentially

growing impacts, as well as for better solutions, will be highlighted (HKUST 2019).

Course Philosophy

To incorporate Big History as the new framework, we sacrificed some climate science details so as to step back a little bit for a broader sustainability picture. In our course, it is clearly stated that climate change is only one of the many sustainability problems, and we make use of it serving as a starting point for the macroscopic sustainability discussions.

We agree with Collins, Great, and Christian (2013) that a new narrative, Big History, can change people's "reality map." We appreciate its interdisciplinarity and the thematic structure within one long timescale. We then take advantage of this combination of natural history and human history as a total historical record and suggest that an analysis of the total environmental record is the optimal scenario for examining macroscopic sustainability issues² (see Figure 1). The total record doctrine encourages students to be ready to jump across various disciplines, and it blurs or even decomposes the disciplinary boundaries, which is paramount for sustainability discussions. Besides, the long timescale as well as the transient nature of things in Big History demonstrates that everything is transitional and changeable and that the present substantial and large-scale sustainability challenges can be overcome in the long term (Harris and Hamilton 2009). Through studying the historical contingencies, students can build up their historical consciousness.

In addition to the interdisciplinarity, the emphasis on, and appreciation of, collective learning helps direct students to be more optimistic. Big History assists the repositioning of human history within the context of

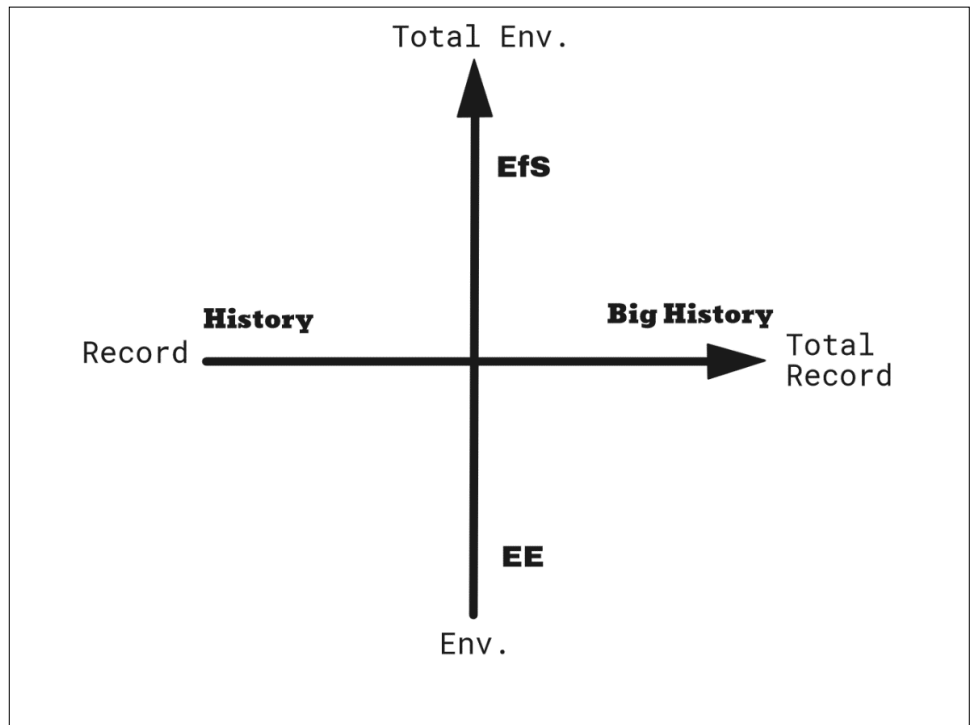


Figure 1. Pedagogical relationship of our approach

- 1) Change and Adaption
- 2) Acceleration and Preparedness for Change
- 3) Complexity and Fragility
- 4) Natural Selection and Extinction
- 5) Emergent Properties (in Climate Change)
- 6) Multidisciplinary Nature of Things
- 7) Scientific Evidence and Consensus
- 8) Zoomable Temporal and Spatial Scales

Table 3. Concepts and implications from Big History for our sustainability course.

natural history (Hawkey 2015); this is needed for our own species resilience (Aldrich 2010). The unprecedented acceleration of change after the appearance of *Homo sapiens* gives rise to the re-recognition of our uniqueness, which injects optimism in our students and brings out the concept of Earth citizenship and the encouragement of the idea that we are the only ones speaking for the Earth (Sagan 2002). Yet, in our course, we also address the following concepts and underlying principles of the Big History framework in delivering the

sustainability and climate change content (see Table 3).

Course Structure

Our Big History course is offered once a year in Spring semester with a typical class size of 100 or up to 120, subject to the degree of enthusiasm. The course is scheduled in two sessions of one and a half hour each week and consists of thirteen classes in total. As we have a commitment to deliver a climate change course, this course is mandatory (as one of the core courses) for students majoring in environmental management, but

it serves as an elective under general education, and we welcome enrollment from different departments and schools without any prerequisite. We have approximately forty-five students majoring in environmental management, who are usually Year Two students; the remaining enrollments distribute from Year One to Year Four from all other schools.

The 2009 to 2014 *Climate Change Risk, Mitigation and Adaptations* was dedicated to only climate change and related issues that were mostly climate science (see Table 4). After employing Big History as the pedagogical framework, the 2016 *Climate Change, Sustainability and Big History* course was composed of two major sections: the Big History part and the climate change part, as shown below. In the Big History section, we further divided it into two, named as Big History Part I and Big History Part II, using the appearance of *Homo sapiens* as a bifurcation in order to highlight the uniqueness of collective learning and also our role in pursuing the sustainability of humanity and to give prominence to the unprecedented

cultural acceleration after the emergence of collective learning (see Table 5). From 2017 to the present, we made several minor changes to the curriculum on topic sequence based upon students' reflections. One big incorporation was made in 2017 when we included Yuval Harari's book, *Sapiens*, to supplement the later part of Big History, especially the part of agrarian civilization and modernity. We also altered the CLOs (Course Intended Learning Outcomes) in order to align with the new pedagogical approach (see Tables 6 and 7).

How the Program Works

In terms of curriculum delivery, we understood that some of the Big History practitioners might offer their courses through a joint faculty approach in order that each instructor could deliver their field of expertise. Since the discussion of having an interdisciplinary framework for sustainability education in Hong Kong was developing, and we wanted to be consistent in delivering our course philosophy, we chose to have one professor³ as principal instructor for our Big History course. From the

assessment perspective, we asked students to submit two to three individual essays and a group-based poster with a short video clip illustrating the idea of the poster. Following are some selected examples throughout these years.

In 2016, after the discussion of the Big Bang, formation of stars, planets, our atmosphere, the evolution of life, and mass extinctions, students were assigned to discuss how the Big History concepts in Table 3 (or others they could have picked) were related to their understanding of climate change and sustainability. If they were to talk with their friends (who did not know about Big History) about climate change and sustainability, which of the aforementioned concept(s) did they think were particularly helpful for that discussion and to explain their reasoning? For the second essay, we asked students to start with what they had learnt about climate change science/risk/adaptation/mitigation in the later part of the course and then to reflect upon the ways in which the Big History framework could help them to explain and understand these issues. The second

Week	Topic
1	Global Environmental Outlook (Outline of Global Environmental Problems)
2	Science of Climate Change: Evolution and Composition of Atmosphere
3	Science of Climate Change: Radiative Balance of the Atmosphere
4	Science of Climate Change: Observed Changes in the Climate System
5	Science of Climate Change: Paleoclimate and Biogeochemistry
6	Science of Climate Change: Climate Models and Projections
7	Science of Climate Change: Science Update since the Last IPCC Report
8	Mid-term Exam and Review
9	Risk and Vulnerability: by Sector and by Region
10	Risk and Vulnerability: Risk, Vulnerability and Adaptation
11	Mitigation: Emission Trends
12	Mitigation: Mitigation Potentials in the Short and Long-term
13	Mitigation: Policy Instruments, Sustainable Development and Climate Change

Table 4. Curriculum of *Climate Change Risk, Mitigation and Adaptations* from 2009 to 2014

Week	Partition	Topic
1		Introduction to Big History; Overview of Sustainability and Climate Issues and IPCC AR4
2	Big History Part I	Threshold 1: Origin of the Universe; Threshold 2: Formation of the Stars; Threshold 3: New Chemical Elements
3		Threshold 4: Formation of Our Solar System and Earth; Early Atmospheric Composition
4	Climate Change Part	Observed Changes in the Climate System and Paleoclimate; Climate Change Basics: Radiative Balance and Greenhouse Effect
5	Big History Part II	Threshold 5: Emergence of Life; Threshold 6: Appearance of <i>Homo sapiens</i> and Collective Learning
6		Threshold 7: Agrarian Civilization; Threshold 8: Modern Revolution
7	Climate Change Part	Climate Models and Projections
8		Mid-term Exam and Review
9	Climate Change Part	Risk and Vulnerability
10		Climate Change Adaptations
11		Climate Change Risks and Mitigation
12		Sustainability and Postmodern Development
13		Outlook to the Future

Table 5. Prototypical curriculum of *Change, Sustainability and Big History* in 2016

	CILOs	Peso
1	Descrivere gli impatti ambientali, inclusi I cambiamenti nella composizione dell'atmosfera, come risultato della rapida industrializzazione e sviluppo economico nei passati 250 anni.	10%
2	Riconoscere la tecnologia sia come "soluzione" ai problemi, sia come "causa" di altri problemi.	
3	Usare I principi fisici per spiegare la scienza dell'effetto serra.	10%
4	Descrivere le evidenze osservate e le loro incertezze, e usarle per interpretare e argomentare a favore o contro l'occorrenza dei Cambiamenti Climatici dovuti all'uomo.	10%
5	Descrivere i modelli (e le loro limitazioni) usati per creare proiezioni sui Cambiamenti Climatici.	
6	Descrivere i rischi sociali e politici, vulnerabilità, così come le opportunità di affari associate alla attenuazione dei Cambiamenti Climatici e le misure di adattamento.	30%
7	Identificare stili di vita a bassa emissioni di carbonio e rispettoso dell'ambiente.	10%
8	Spiegare e argomentare perché, a dispetto di incertezze e limitazioni, i governi e le corporazioni più grandi nel mondo stanno adottando l'attenuazione dei Cambiamenti Climatici e misure di adattamento.	10%
9	Raccogliere informazioni riguardanti un argomento sui Cambiamenti Climatici relativamente controverso e quindi articolare, spiegare e difendere la propria posizione su questo argomento contro gli altri partecipanti interessati.	20%

Table 6. CILOs of *Climate Change Risk, Mitigation and Adaptation*

	Course ILOs	Weighting (%)
1	Understand historical contingencies from the shifting scales under Big History perspective and the relation of environmental impacts, the change of atmospheric composition and technology (collective learning) under the rapid industrial and economic development.	10
2	Utilize physical principles to explain the science of star formation, planetary evolution, the greenhouse effect and global climate change.	10
3	Synthesize observational evidence and understanding of modeling frameworks, then interpret and argue for/against the occurrence of anthropogenic climate change.	20
4	Apply the Big History concepts to assess critically the social and political risks, vulnerabilities as well as opportunities associated with climate change mitigation and adaptation measures.	30
5	Justify the rationales behind adoption of climate change mitigation and adaptation measures by governments and major corporations around the globe irrespective of climate modeling uncertainties and limitations.	10
6	Demonstrate integrative understanding of sustainability issues under the Big History framework, including recognition of <i>Homo sapiens</i> ' uniqueness in maintaining sustainability of ecosystem, thus to argue for or against a variety of audiences on controversial climate-related issues.	20

Table 7. CILOs as of today of *Big History, Sustainability and Climate Change*

essay seemed similar to the first one, but it was fundamentally different because it encouraged students to think of sustainability issues from the newly learnt perspective.

In 2017, one of the two essays was a reflective essay on two books: *Merchants of Doubt* by Naomi Oreskes and Erik M. Conway and *Collapse: How Societies Choose to Fail or Succeed* by Jared Diamond. After they read those books, the in-class discussion focused on science and scientific claims and explored the failure of group decision-making. Students were then asked to elaborate on how these books were related to our discussion of Big History and sustainability.

A reflective essay on both the framework of Big History and Yuval Harari's *Sapiens* was assigned in 2018 when the later course content on agrarian civili-

zations was delivered. At that point, students would have gone through the entire Big History and *Sapiens* framework, investigated climate change drivers, observed changes and projected impacts, and explored why some societies collapsed while others were sustained. To assess students' perceived attitudes toward sustainability and climate change, and to assess their integrative competence, another essay in the same year on climate change was assigned, where we asked students to respond to the question: "What are the important changes we have to make to limit global mean temperature change by 2100 to less than 2°C?" In the subsequent part, we will share comparative results of student essays of 2019's cohort to reveal more evaluations on our Big History course.

Outcomes

For each year since the employment of

Big History as our pedagogical framework, we employed several methods qualitatively as well as quantitatively to assess students' learning performance and to evaluate the course for our teaching team. Apart from gathering students' feedback by filling out the designated university Student Feedback Questionnaire (SFQ)⁴, we also administered our set of before-and-after surveys. Student assignments were another component to be scrutinized. In order to assess the teaching experience as well as learning experience, selective results were then discussed.

1) General Course Feedback

Generally, the course feedback was exceedingly encouraging. Three quarters of the students reported that Big History provided a broader perspective for them and that it changed their views on the world. Only 3% of the respondents disagreed with that. For our

pedagogical approach, only 8% of the students commented that the connection between Big History and sustainability was weak while 95% of students said that they believed they were part of Big History. This indicated that the course was successful, as Behmand (2015) also found: the program allowed students to see themselves as reflected in the Big History course. We also had some students who reported that the grand narrative raised their interest in the subject of sustainability and the environment and that they were much more eager to spend some of their free time researching environmental issues. Other designated learning aspects, like, preparedness for change, sustainability literacy, understanding of the environment, and fundamental knowledge about the Big History framework, could also be shown to have increased.

2) *Students' Reflections*

Qualitatively, during the time we offered the course *Climate Change Risk, Mitigation and Adaptations* (2009-2014), we had comments from students on the original pedagogy that they were delighted to learn difficult jargon, some concrete mathematics, and climate sciences. They loved to take the course from such a technical as well as a tangible perspective. They were satisfied when they learned more about climate change as the course achieved their expectation of being a "useful" course.

After we employed Big History as the framework, students responded in the SFQ that they liked Big History and thought the approach was interesting, while we had never received comments from students mentioning the course materials and the contents were interesting in the past consecutive six years. Some students also reported that Big History stimulated their interests and motivated them to think. One student commented that knowing the origin

story of humans, the planet and the universe stimulated him intellectually and taught him to learn actively rather than passively receiving what the teachers taught in class and only thereby reviewing and revising the topics covered in the curriculum in the past.

Some students said the course encouraged them to rethink the sustainability from the angle of civilizations, societies, and humanity, which was the first time we received these encouraging comments. One student noted that Big History pointed out the importance of the role of each of us in the Anthropocene, which motivated him to ponder human activities and the cascade of significant impacts on global ecological, economic and social systems and collective decisions that determined whether we would be able to sustain our lives on this planet as a species. He added that studying Big History is the way to get people prepared for different global challenges we are facing and that we will face. Another student pointed out that "[i]f we are to learn about sustainability, we must learn how the things in the past had gone into extinction and prevent ourselves from repeating the same mistakes so that sustainability can be achieved."

In addition, some thoughtful students reflected upon their majors. One student said that as a business major it is very important to be aware of business trends at all times, as those would be key places where abundant business opportunities lie. He believed that Big History was not just a study of the past and that the purpose of studying billions of years of the history of the universe and the planet is to paint us a clearer picture of what the future will be like. The key part of Big History was to extrapolate the future. This narrative allowed him to acknowledge the growing status of AI in mankind and re-

minded him to prepare for future changes. One student recognized the course philosophy that after studying Big History, learners would then be able to understand why we had adopted a multi-perspective approach and had to study a variety of courses related to engineering, science, and business, instead of just specializing in one certain area, because sustainability could not be achieved with improvements and efforts from only one field, one country, one business, or one age group. Finally, he had faith that all the people, businesses, different sectors, and countries would come together to initiate fundamental changes for a more sustainable future.

3) *Students' Perceived Instrumentality*

One of the paramount reasons we employed Big History as the pedagogical framework was to deliver the mindset of being an agent for change and to raise the students' perceived instrumentality through the appreciation of human uniqueness and comprehending the underlying principles of the Big History framework. The results were exceedingly positive: 78% of the students we surveyed believe that we can resolve the sustainability problems in the long run.

Moreover, we utilized the Ecological Citizenship Model (ECM) proposed by Martinsson and Lundqvist (2010) to investigate students' before-and-after changes in attitude and behavior. This model defines four categories measuring the consistency between environmental attitudes and practices by analyzing a self-instructed questionnaire using a designated rubric for mean attitude as well as mean behavior. When the respondent has positive attitudes toward the environment and exhibits good ecological practices, he or she is labeled a Believer (Figure 2). If the individual has positive attitudes

toward the environment but does not have good ecological practices, he or she is designated as a Hypocrite. Those who have negative attitudes toward the environment but who show good ecological practices are called Coverts. Those who have negative attitudes toward the environment and bad ecological practices are Diehards. The results of our survey were significant. After the course, although the number of Diehards increased from 26% to 29%, we had an increase in Believers from 13% to 17%. As some students began to be more aware of the impact of their ecological choices, the number of Coverts decreased from 15% to 12% and the number of Hypocrites from 46% to 42%. The ECM revealed that a new and bigger narrative could change students' attitude and behavior, which aligned with one of our learning outcomes.

In addition to conducting student questionnaires and surveys, we examined students' assignments. One of the student posters carried an extremely strong perceived instrumentality that we would like to share (Figure 3). From this poster, we could easily identify the change agent mentality by highlighting the message that "the future of humanity depends on us." It was not hard to recognize the appreciation of the uniqueness of *Homo sapiens* and collective learning as their core idea for the poster. The words, collective learning, appeared more than five times and had the highest frequency among other students' posters (twenty-four posters in total). Also, this group of students asserted that we have to trust our uniqueness if we wish to resolve complex sustainability problems because these are our "adaptation tools." Besides, this poster revealed its opti-

mism in "A1T" in referring to the Intergovernmental Panel on Climate Change's A1T scenario, which is the most optimistic/sustainable way to live in the long run. Last but not least, this group identified several Big History underlying principles of Big History for the discussion of sustainability, such as change and acceleration, and change and adaptation.

In 2019 we asked students to complete two essays. The first reflective essay asked "are you optimistic or pessimistic towards humanity coming together to solve our sustainability problems?" We asked them to articulate their views by considering the following points and introducing their own ideas, for instance, what were the problems and challenges? How were these problems being

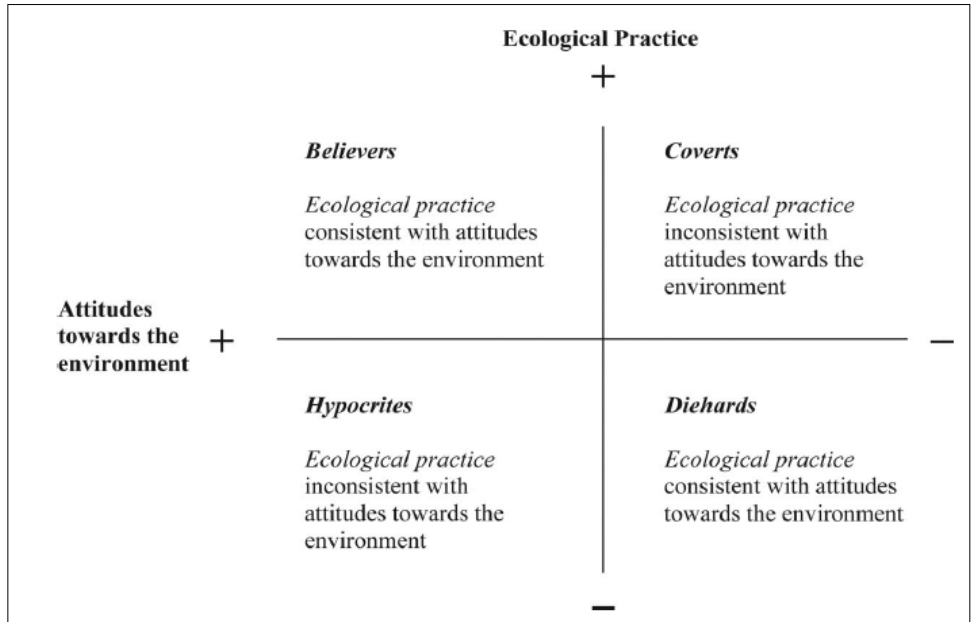


Figure 2. Typology of ECM (captured from Martinsson and Lundqvist (2010))

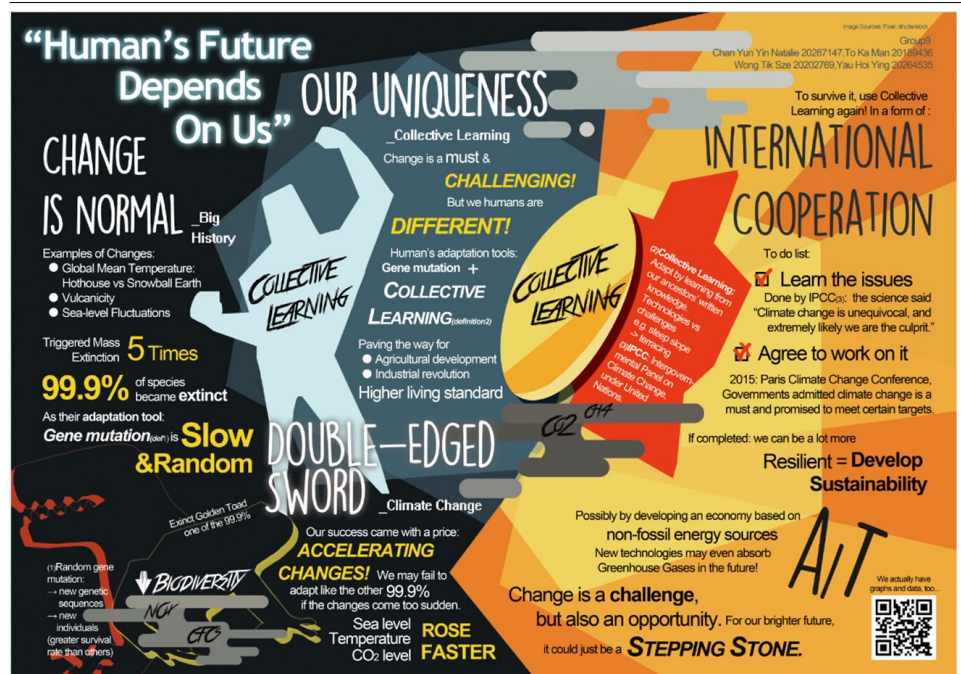


Figure 3. Selected student poster.⁵

addressed at the individual, city, national, and international levels? Could these efforts eventually help humanity transit to a sustainable world (and under what conditions it could, and what conditions if it could not)? Would modern societies collapse (as discussed under the framework proposed by Jared Diamond)? What changes would we have to make to achieve sustainability (HKUST 2019)?

Forty-seven students said that they were optimistic and thirty-eight that they were pessimistic, while six students were undecided. For the second essay, we asked students to discuss how ideas or concepts introduced by Jared Diamond, David Christian, and Yuval Noah Harari helped them to understand better (i) climate change and sustainability issues and problems, and (ii) our species' ability (or inability) to develop solutions to deal with these problems. In addition, students had to comment on what they thought would be the key features of the solutions if we were to be successful in dealing with the sustainability problems, whether we were in a good or better position to deal with them now, and any other ideas they might have (HKUST 2019). Among the aforementioned thirty-eight pessimistic students, twenty-eight of them changed to being more optimistic, eight of them became undecided, and only two remained pessimistic. For the initial six undecided students, four demonstrated some optimism. One remained undecided and one became pessimistic toward the sustainability prospects.

Conclusion

All in all, HKUST has been offering a dedicated climate change course since 2009, and for the first four

years our future leaders were pessimistic due to the complexity of the climate problems. In the year 2015, we took the opportunity to alter our course by embedding Big History as the backbone framework for us to deliver climate change content, most importantly to address macroscopic sustainability issues. In this study we have demonstrated our teaching experience, including alterations in course philosophy, structure, and curriculum. We have also shared encouraging student feedback. We hope that this study can provide successful example for interdisciplinarity enthusiasts as well as educators in tertiary education to refer to and to draw insight from. Lastly, we would like to conclude by quoting Craig Benjamin (2009), saying "Big History deserves to be at the heart of every general education program at every university [...] that is genuinely dedicated to providing their students with a liberal education."

Endnotes

¹Re-entitled as Division of Environment and Sustainability in 2018 to address the inclusiveness.

²The discussion of nomenclature and historical factors of environmental education and education for sustainability go beyond the scope of this paper.

³The instructor was Prof. Alexis K. H. Lau, the second author of this paper.

⁴The Student Feedback Questionnaire (SFQ) was identical and applicable to all undergraduate courses offered at HKUST for academic registry to review students' learning experience.

⁵Posted with the consent of the poster designer, Ariel Yau.

References

Aldrich, R. 2010. "Education for Survival: An Historical Perspective." *History*

of Education, 39 (1): 1-14.

Behmand, M. 2015. "Big History at Other Institutions." In R. B. Simon, M. Behmand, and T. Burke, *Teaching Big History*. Oakland: University of California Press.

Benjamin, C. 2009. "The Convergence of Logic, Faith, and Values in the Modern Creation Myth." In C. Genet et al. *The Evolutionary Epic: Science's Story and Humanity's Response*. Santa Margarita: Collins Foundation Press.

Collins, D. E., R. M. Great, and D. Christian. 2013. *Crafting a New Narrative to Support Sustainability*. In T. W. Institute. *State of the World 2013: Is Sustainability Still Possible?* 218-224. Washington, D. C.: Island Press.

Harris, L. M., and S. Hamilton. 2009. *Challenges and Opportunities: Reflections on Teaching Big History Discussion Sections*. *World History Connected*, 6 (3). Retrieved October 24, 2016. <http://worldhistoryconnected.press.illinois.edu/6.3/hamilton.html>.

Hawkey, K. 2015. "Moving Forward, Looking Back—Historical Perspective, 'Big History' and the Return of the Longue Duree." *Teaching History*. 40-46.

Lau, Alexis K. H. 2009. "CIVL 1170: Climate Change Risk, Mitigation and Adaptations Course Syllabus." Hong Kong: The Hong Kong University of Science and Technology.

Martinsson, J., and L. J. Lundqvist. 2010. "Ecological Citizenship: Coming Out 'Clean' without Turning 'Green'?" *Environmental Politics* 19 (4): 518-537.

Sagan, C. 2002. *Cosmos*. London: Random House.

Wong, Aidan W. H., and Alexis K. H. Lau. 2019. "CIVL.ENVR 1170: Big History, Sustainability and Climate Change Course Syllabus." Hong Kong: The Hong Kong University of

Studio di Fattibilità per l'Impiego di una Struttura Interdisciplinare dell'Insegnamento della Sostenibilità: Esperienza di Insegnamento in Hong Kong

Aidan W. H. Wong

Division of Environment and Sustainability
The Hong Kong University of Science and Technology HKUST

Alexis K. H. Lau

Department of Civil and Environmental Engineering, HKUST
Division of Environment and Sustainability, HKUST

Robert Gibson

Division of Environment and Sustainability, HKUST

Tradatto da Nicoló Antonietti

Correspondence | Aidan W. H. Wong, whwonga@connect.ust.hk

Citation | Wong, Aidan W. H., Alexis K. H. Lau, and Robert Gibson. 2020. "Feasibility Study for Employing an Interdisciplinary Framework for Sustainability Education: Teaching Experience from Hong Kong." Translated by Nicoló Antonietti. *Journal of Big History* IV (2): 178-187.

DOI | <https://doi.org/10.22339/jbh.v4i2.4291>

Abstract L'Università di Scienza e Tecnologia di Hong Kong ha proposto un corso dedicato ai cambiamenti climatici a partire dal 2009, mentre gli studenti erano pessimisti per la complessità e la vastità dei problemi climatici. Per caso, nel 2015, abbiamo colto l'opportunità e abbiamo aggiornato il programma. Per via della sua natura interdisciplinare, la Big History è stata incorporata come struttura pedagogica per aiutare a comunicare i problemi macroscopici riguardanti la sostenibilità fino ad oggi. In questo studio, presentiamo la nostra esperienza di insegnamento e dimostriamo i cambiamenti nella filosofia del corso, nei risultati dell'apprendimento e nel curriculum. Condividiamo inoltre le più importanti opinioni degli studenti e la loro esperienza di apprendimento. Crediamo che questo studio possa servire come un esempio positivo per gli

Science and Technology.

Origine del Programma

L'università di Scienza e Tecnologia di Hong Kong (HKUST) fu fondata nel 1991. Prima del 2009, gli studi ambientali a HKUST erano specifici per problemi e settori. Durante quel periodo, solamente un programma di Ingegneria Ambientale e uno di Scienze Ambientali erano proposti ma non esisteva un programma dedicato ai problemi ambientali macroscopici o un corso generico sui cambiamenti climatici o

sulla sostenibilità. HKUST si è resa conto della necessità critica nel momento in cui due rilevanti rapporti furono pubblicizzati, Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report (IPCC AR4) e Global Environment Outlook 4 (GEO4), e quindi, fondò un Ufficio per i Programmi Interdisciplinari (come scuola) nel 2008 e la Divisione dell'Ambiente¹ nel 2009 con il contributo congiunto di diverse facoltà da scuole differenti. Nello stesso anno, fu

inaugurato il prototipo di un corso generale di insegnamento sui problemi macroscopici dell'ambiente, denominato *Rischio dei Cambiamenti Climatici, Attenuazione e Adattamento*.

Nel seguito, si può trovare la descrizione del corso *Rischio dei Cambiamenti Climatici, Attenuazione e Adattamento* panoramica dei cambiamenti climatici e relativi

educatori di scuole superiori a cui fare riferimento e da cui poter attingere qualunque possibile informazione utile.

problemi: la fisica di base, impatti, identificazione dei rischi, attenuazione e misure di adattamento. Sistemi energetici attuali e sorgenti di energia rinnovabile. Bioedilizia ed efficienza energetica per l'utente finale. Vulnerabilità locali e regionali: eventi meteorologici estremi, innalzamento del livello dei mari, tempeste, inondazioni costiere e stress sulle risorse idriche; misure per l'adattamento associate e la riduzione del rischio (HKUST 2009).

Dal 2009 al 2014, abbiamo proposto argomenti generali sulla sostenibilità usando GEO4 per cinque classi. Abbiamo anche fatto riferimento a IPCC AR4 per la scienza del clima per 7 classi, rischio e adattamento per 4 classi ed attenuazione per tre classi. Abbiamo anche tenuto due lezioni su invito e tre discussioni di classe (si veda la Tabella 1).

Il corso è iniziato da una prospettiva tradizionale di istruzione all'ambiente per i primi sei anni consecutivi. Le opinioni degli studenti sono state notevoli, in merito ai Risultati di Apprendimento Previsti nel Corso (CILOs). Gli studenti hanno potuto riconoscere gli obiettivi del consiglio e l'inter-connettività dei problemi dovuti ai cambiamenti climatici. Sono anche stati in grado di difendere la loro posizione su un dato argomento nel dibattito da varie prospettive e capire e valutare l'importanza e l'urgenza dei problemi climatici. D'altra parte, gli studenti hanno giudicato i problemi sul clima troppo complicati e di grande portata e la vastità dei problemi tale da peggiorare la già bassa probabilità che tutto il mondo si mettesse al lavoro insieme per risolvere questi problemi di sostenibilità. Più gli studenti acquisivano conoscenza della complessità della sostenibilità e dei problemi climatici, più diventavano pessimistici. Alcuni di essi diventarono

Anno	Argomento	Numero di classi
2009 – 2014	Sostenibilità (GEO4)	5
	Scienza del Clima	7
	Rischio e Adattamento	4
	Attenuazione	3
	Lezioni su invito	2
	Discussioni di Classe	3

Tabella 1. Argomenti del Corso di *Rischio dei Cambiamenti Climatici, Attenuazione e Adattamento*

Anno	Argomenti	Numero di classi
2015	Sostenibilità (Big History)	5 à 11
	Scienza del Clima	7 à 4
	Rischio e adattamento	4 à 2
	Attenuazione	3 à 2
	Lezioni a invito	2
	Discussioni di Classe	3

Tabella 2. Argomenti del Corso di *Rischio dei Cambiamenti Climatici, Attenuazione e Adattamento 2015*

così pessimisti da convincersi di non essere e di non poter essere i protagonisti di un cambiamento.

Ci siamo resi conto del pessimismo degli studenti, benché non avessimo una struttura per cambiare lo stato dei fatti. A quel tempo, il nostro professore aggiunto Robert Gibson presentò una struttura interdisciplinare che stava affiorando e che si chiamava Big History. Ci consigliò di cercare il TED talk di David Christian e di ascoltare la storia di Bill Gates sul finanziamento del Progetto Big History, con la presentazione di David Christian fatta da Al Gore nel 2015 al World Economic Forum a Davos. Casualmente, la revisione del corso sui cambiamenti climatici era fissata prima dell'inizio del nuovo semestre. Decidemmo, quindi, di adottare la Big History come struttura pedagogica per offrire il corso sui cambiamenti climatici. Poiché era il nostro primo tentativo,

decidemmo di non cambiare il titolo del corso ma inglobammo la Big History per 11 classi in sostituzione degli argomenti sulla sostenibilità di GEO4 e altre parti sono state compresse (si veda la Tabella 2).

Con i commenti positivi degli studenti nel 2015, abbiamo modificato il titolo del corso in *Cambiamenti Climatici, Sostenibilità e Big History* per l'anno 2016. Abbiamo nuovamente cambiato il titolo del corso in *Big History, Sostenibilità e Cambiamenti Climatici* a partire dal 2017 in accordo con la filosofia del corso di usare la Big History come struttura pedagogica per l'insegnamento della sostenibilità e i cambiamenti climatici servono da esempio. Gli argomenti del corso sono rimasti simili, ma abbiamo aggiornato la descrizione del corso per una migliore promozione come qui sotto: La Big History, come struttura interdisciplinare emergente,

fornisce una prospettiva a lungo termine per osservare il mondo attraverso la ricostruzione della storia dal Big Bang fino al presente. In una scala temporale così vasta, discuteremo della panoramica delle stelle, l'evoluzione delle specie e dei pianeti, così come i concetti dei cambiamenti climatici e come questi siano legati alla sostenibilità dell'ambiente dei pianeti per gli abitanti, inclusa l'umanità. Saranno analizzate la fisica di base, gli impatti, il rischio, l'attenuazione e le misure all'adattamento ai cambiamenti climatici (incluse le soluzioni tecnologiche e sociali). Saranno affrontate le vulnerabilità locali e regionali, come eventi climatici estremi, l'innalzamento del livello del mare, le tempeste e l'inondazione delle coste. Si evidenzierà il significato dell'apprendimento collaborativo sotto la struttura della big history, sia come elemento chiave per la crescita esponenziale degli impatti, così come elemento per la ricerca di migliori soluzioni (HKUST 2019).

Filosofia del Corso

Per incorporare la Big History come struttura del corso, abbiamo sacrificato alcuni dettagli sulla scienza del clima in favore di una più grande fotografia sulla sostenibilità. Nel corso, si è chiaramente dichiarato che i cambiamenti climatici sono solo uno dei tanti problemi della sostenibilità e ce ne serviamo come punto di partenza per la discussione, a livello macroscopico, della sostenibilità.

Concordiamo con Collins, Great e Christian (2013) che un nuovo tema, la Big History, può cambiare la "mappa della realtà" delle persone. Apprezziamo la sua essenza interdisciplinare e la sua struttura schematica singola all'interno di una lunga scala temporale, e quindi, sfruttiamo questa combinazione interdisciplinare di storia naturale e storia dell'umanità e dichiariamo che lo scenario ottimo per esaminare i problemi

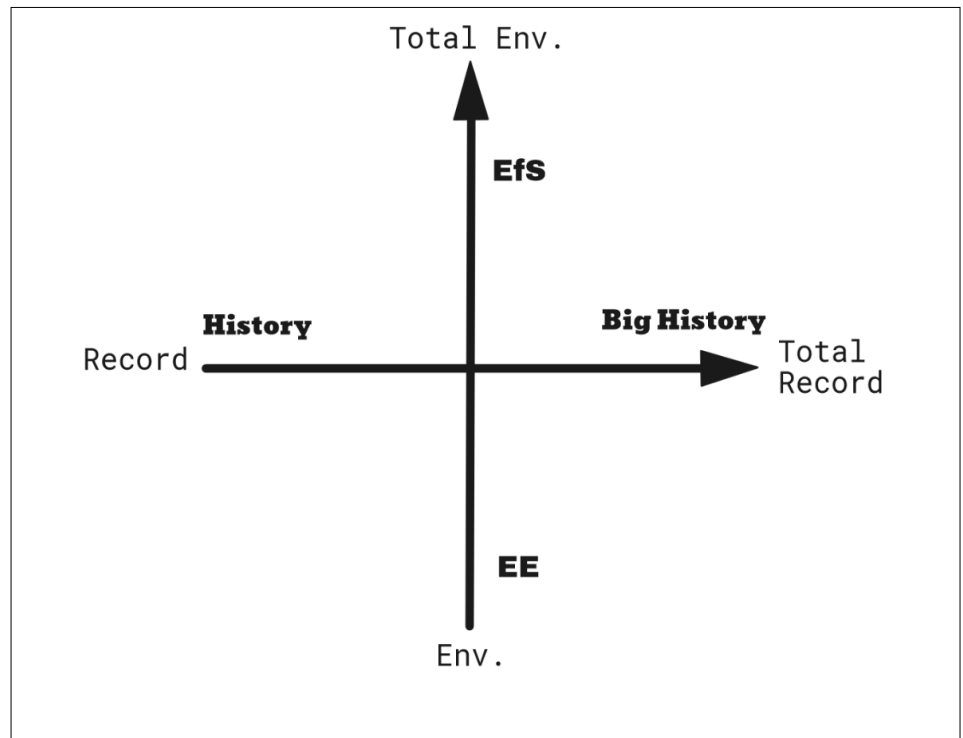


Figura 1. Relazione pedagogica del nostro approccio

Cambiamento e Adattamento
 Accelerazione e prontezza al cambiamento
 Complessità e Fragilità
 Selezione Naturale ed Estinzione
 Proprietà Emergenti (nei Mutamenti Climatici)
 Natura Multidisciplinare delle Cose
 Evidenza Scientifica e Consenso
 Scale Spaziali e Temporali Variabili

Tabella 3. Concetti e implicazioni della Big History nel corso di sostenibilità

macroscopici di sostenibilità è di utilizzare questa combinazione nel considerare l'ambiente nel suo complesso² (si veda la Figura 1). Questa dottrina incoraggia gli studenti ad essere pronti a saltare tra varie discipline e sfuma o addirittura cancella i confini delle discipline, cosa importantissima per le discussioni sulla sostenibilità. Inoltre, la lunga scala temporale così come la natura transitoria delle cose nella Big History, dimostra che ogni cosa è transitoria e modificabile e le attuali sfide della sostenibilità, considerevoli e di larga

scala, possono essere vinte nel lungo tempo (Harris e Hamilton 2009). Attraverso lo studio delle contingenze storiche, gli studenti possono costruire la loro coscienza storica.

In aggiunta all'interdisciplinarietà, anche l'evidenza e l'apprezzamento dell'apprendimento collaborativo aiutano gli studenti ad essere più ottimisti. La Big History aiuta il riposizionamento della storia umana nel contesto della storia naturale" (Hawkey 2015) e tale riposizionamento è necessario per la

nostra resilienza di specie (Aldrich 2010). L'accelerazione senza precedenti dei mutamenti dopo la comparsa dell'*Homo sapiens* dà luogo ad un nuovo riconoscimento della nostra unicità, che inietta ottimismo negli studenti e mette in risalto il concetto di cittadinanza della Terra e il suo incoraggiamento che noi siamo gli unici a parlare per la Terra (Sagan 2002). Inoltre, nel corso, affrontiamo anche i concetti ed i principi del contesto della Big History nel proporre argomenti di sostenibilità e mutamenti climatici (si veda la Tabella 3).

Struttura del Corso

Il corso di Big History si tiene una volta all'anno nel semestre primaverile con una classe, tipicamente, da 100 a 120 studenti, a seconda del grado di entusiasmo. Il corso è organizzato in due sessioni di un'ora e mezza ogni settimana e consiste in 13 classi in totale. Poiché è obbligatorio offrire un corso sui cambiamenti climatici, questo corso è obbligatorio (in quanto uno dei corsi chiave) per studenti della facoltà di ge-

stione dell'ambiente, ma serve anche come corso libero generico e l'iscrizione è ben accettata da altri dipartimenti e scuole, senza prerequisiti. Approssimativamente, ci sono circa 45 studenti della facoltà di gestione dell'ambiente, solitamente studenti del secondo anno, mentre le rimanenti iscrizioni spaziano dal primo al quarto anno da tutte le altre scuole.

Dal 2009 al 2014 il corso *Rischio dei Cambiamenti Climatici, Attenuazione e Adattamento* era solamente dedicato ai cambiamenti climatici e argomenti collegati che erano soprattutto la scienza del clima (si veda la Tabella 4).

Dopo aver impiegato la Big History come struttura pedagogica, nel 2016, il corso *Cambiamenti Climatici, Sostenibilità e Big History* era composto da due sezioni principali—Big History e cambiamenti climatici, come mostrato sotto. La sezione della Big History era divisa in due ulteriori parti, Big History Parte I e Big History Parte II, usando la comparsa dell'*Homo sapiens* come biforcazione per evidenziare l'unicità

dell'apprendimento collaborativo e anche il nostro ruolo ne perseguire la sostenibilità dell'umanità e dare rilievo all'accelerazione senza precedenti dopo l'emergere dell'apprendimento collaborativo (si veda la Tabella 5). Dal 2017 a oggi, abbiamo apportato parecchi cambiamenti minori al curriculum nella sequenza degli argomenti in base alle riflessioni degli studenti. Un grande accorpamento fu fatto nel 2017 con l'inclusione del libro di Yuval Harari, *Sapiens*, per integrare la parte di Big History più recente, specialmente la parte delle civiltà agrarie fino alla modernità. Abbiamo anche modificato il CILOs per allinearci con il nuovo approccio pedagogico (si vedano le Tabelle 6 e 7).

Come Funziona il Programma

In termini di completamento del curriculum, ci rendiamo conto che alcuni professionisti di Big History possano offrire il loro corso grazie ad un approccio congiunto di diverse facoltà, per insegnare il loro campo di esperienza. Sin dalla discussione per avere una struttura interdisciplinare per

Settimana	Argomento
1	Global Environmental Outlook (Abbozzo dei Problemi Globali dell'Ambiente)
2	Scienza dei Cambiamenti Climatici: Evoluzione e Composizione dell'Atmosfera
3	Scienza dei Cambiamenti Climatici: Bilancio Radiativo dell'Atmosfera
4	Scienza dei Cambiamenti Climatici: Cambiamenti Osservati del Sistema Climatico
5	Scienza dei Cambiamenti Climatici: Paleoclima e Biogeochimica
6	Scienza dei Cambiamenti Climatici: Modelli Climatici e Proiezioni
7	Scienza dei Cambiamenti Climatici: Aggiornamento Scientifico dall'Ultimo Rapporto IPCC
8	Esame e Revisione di medio termine
9	Rischio e Vulnerabilità: per Settore e per Regione
10	Rischio e Vulnerabilità: Rischio, Vulnerabilità e Adattamento
11	Attenuazione: Andamento delle Emissioni
12	Attenuazione: Possibili Attenuazioni nel Breve e Lungo termine
13	Attenuazione: Strumenti Normativi, Sviluppo Sostenibile e Cambiamenti Climatici

Tabella 4. Curriculum del corso *Rischio del Cambiamento Climatico, Attenuazione e Adattamento* dal 2009 al 2014

Settimana	Suddivisione	Argomento
1		Introduzione alla Big History; Panoramica su Sostenibilità e Problemi sul Clima e IPCC AR4
2	Big History Parte I	Soglia 1: Origine dell'Universo; Soglia 2: Formazione delle Stelle; Soglia 3: Nuovi Elementi Chimici
3		Soglia 4: Formazione del Nostro Sistema Solare e della Terra; Composizione primordiale dell'Atmosfera
4	Cambiamenti Climatici Parte I	Cambiamenti Osservati nel Sistema Climatico e Paleoclimatico; Base dei Cambiamenti Climatici: Bilancio Radiativo ed Effetto Serra
5		Soglia 5: Comparsa della Vita; Soglia 6: Comparsa dell' <i>Homo sapiens</i> e Apprendimento Collaborativo
6	Big History Parte II	Soglia 7: Civiltà Agrarie; Soglia 8: Rivoluzione Moderna
7	Cambiamenti Climatici	Modelli Climatici e Proiezioni
8		Esame e Revisione di metà termine
9	Cambiamenti Climatici	Rischio e Vulnerabilità
10		Adattamenti al Cambiamento Climatico
11		Rischi del Cambiamento Climatico e Attenuazione
12		Sostenibilità e Sviluppo Postmoderno
13		Prospettiva per il Futuro

Tabella 5. Prototipo del curriculum *Cambiamento, Sostenibilità e Big History* nel 2016

	CILOs del Corso	Peso (%)
1	Comprendere le contingenze storiche dalla prospettiva della Big History e le relazioni con gli impatti ambientali, I cambiamenti della composizione atmosferica e la tecnologia (apprendimento collaborativo) nel rapido sviluppo industriale e economico.	10
2	Utilizzare i principi fisici per spiegare la scienza della formazione delle stelle, l'evoluzione dei pianeti, l'effetto serra e i cambiamenti climatici globali.	10
3	Sintetizzare le evidenze e comprendere i modelli, quindi interpretare e argomentare a favore o contro l'occorrenza dei cambiamenti climatici antropogenici.	20
4	Applicare i concetti della Big History per stimare criticamente I rischi sociali e politici, le vulnerabilità e le opportunità associate all'attenuazione dei cambiamenti climatici e le misure di adattamento.	30
5	Giustificare il motivo dietro all'adozione delle misure di attenuazione e adattamento ai cambiamenti climatici da parte dei governi e le maggiori corporazioni attorno al mondo, senza considerare le incertezze e le limitazioni dei modelli climatici.	10
6	Dimostrare la comprensione dei problemi della sostenibilità nella struttura della Big History, inclusi il riconoscimento dell'unicità dell' <i>Homo sapiens</i> nel mantenere la sostenibilità dell'ecosistema, e quindi di argomentare a favore o contro la varietà di pubblico sui problemi controversi relative al clima.	20

Tabella 6. CILO del *Rischio del Cambiamento Climatico, Attenuazione e Adattamento*

	CILOs del Corso	Peso (%)
1	Comprendere le contingenze storiche dalla prospettiva della Big History e le relazioni con gli impatti ambientali, I cambiamenti della composizione atmosferica e la tecnologia (apprendimento collaborativo) nel rapido sviluppo industrial e economico.	10
2	Utilizzare i principi fisici per spiegare la scienza della formazione delle stele, l'evoluzione dei pianeti, l'effetto serra e i cambiamenti climatici globali.	10
3	Sintetizzare le evidenze e comprendere i modelli, quindi interpretare e argomentare a favore o contro l'occorrenza dei cambiamenti climatici antropogenici.	20
4	Applicare i concetti della Big History per stimare criticamente I rischi sociali e politici, le vulnerabilità e le opportunità associate all'attenuazione dei cambiamenti climatici e le misure di adattamento.	30
5	Giustificare il motive dietro all'adozione delle misure di attenuazione e adattamento ai cambiamenti climatici da parte dei governi e le maggiori corporazioni attorno al mondo, senza considerare le incertezze e le limitazioni dei modelli climatici.	10
6	Dimostrare la comprensione dei problemi della sostenibilità nella struttura della Big History, inclusi il riconoscimento dell'unicità dell'Homo sapiens nel mantenere la sostenibilità dell'ecosistema, e quindi di argomentare a favore o contro la varietà di pubblico sui problemi controversi relative al clima.	20

Tabella 7. CILOs oggi, del corso *Big History, Sostenibilità e Cambiamenti Climatici*

l'insegnamento della sostenibilità in Hong Kong, volevamo essere consistenti nell'offrire la nostra filosofia, avevamo un professore³ come insegnante principale del nostro corso di Big History. Per valutare il programma, abbiamo chiesto agli studenti di presentare da due a tre saggi individuali e un poster di gruppo con un breve video che illustra l'idea del poster. Di seguito, si trovano alcuni esempio selezionati negli anni.

Nel 2016, dopo la discussione sul Big Bang, la formazione delle stelle, pianeti, la nostra atmosfera, l'evoluzione della vita e le estinzioni di massa, agli studenti fu chiesto di discutere come i concetti di Big History nella tabella 3 (o altri che potevano aver scelto) erano connessi alla loro comprensione dei cambiamenti climatici e della sostenibilità. E se avessero dovuto parlare con i loro amici (che non conoscevano la Big

History) dei cambiamenti climatici e della sostenibilità, quale dei concetti prima citati potessero considerare particolarmente utili per la loro discussione e spiegarne i motivi. Per il secondo saggio, abbiamo chiesto agli studenti di iniziare con quello che avevano imparato sul cambiamento climatico/rischio/adattamento/attenuazione nell'ultima parte del corso e di riflettere su come la Big History potesse aiutarli a spiegare e comprendere questi argomenti. Il secondo saggio sembrava simile al primo, ma era in realtà fondamentalmente diverso perché incoraggiava gli studenti a pensare ai problemi di sostenibilità dalla prospettiva dei nuovi argomenti imparati.

Nel 2017, uno dei due saggi fu un saggio per riflettere su due libri, *Mercanti del dubbio* di Naomi Oreskes e Erik M. Conway e *Collasso: Come le Società Scelgo-*

no di Fallire o Riuscire di Jared Diamond dopo aver completato la discussione in classe sulla scienza e l'esplorazione dei fallimenti delle decisioni di gruppo. Quindi, gli studenti dovevano elaborare su come questi libri erano associati alla nostra discussione della Big History e sostenibilità.

Un saggio di riflessione sulla Big History e sul libro di Yuval Harari, *Sapiens*, fu assegnato nel 2018 quando l'ultima parte delle civiltà agrarie fu affrontata nel corso. A quel punto, gli studenti avrebbero affrontato sia la Big History e il libro *Sapiens*, analizzato i motori del cambiamento climatico, osservato i cambi e gli impatti proiettati ed esaminare perché alcune società avevano collassato, mentre altre si erano sostenute. Per valutare la percezione sulla sostenibilità e i cambiamenti climatici così come le competenze integrative, un

altro saggio è stato assegnato, nello stesso anno, sui cambiamenti climatici e abbiamo chiesto agli studenti “quali sono i cambiamenti importanti da fare per limitare l’aumento della temperatura a meno di 2°C nel 2100?” Nel seguito, condivideremo e confronteremo i risultati dei saggi degli studenti nel 2019 per scoprire più valutazioni sul nostro corso di Big History.

Risultati

Per ogni anno a partire dall’adozione della Big History come struttura pedagogica, abbiamo utilizzato diversi metodi per valutare sia qualitativamente sia quantitativamente i progressi dell’apprendimento degli studenti e valutare il corso per il nostro gruppo di insegnamento. Oltre a raggruppare le impressioni degli studenti con la compilazione di un apposito Questionario sull’Opinione degli Studenti universitari (SFQ)⁴, abbiamo amministrato il nostro insieme di sondaggi prima-e-dopo. Per presentare precisamente e concisamente l’esperienza di insegnamento e l’esperienza di apprendimento, sono stati discussi alcuni risultati selezionati.

1) Opinione Generica del Corso

Generalmente, le opinioni sul corso sono state estremamente incoraggianti. Tre quarti degli studenti hanno riportato che la Big History ha fornito loro una prospettiva più ampia e ha cambiato la loro visione del mondo. Appena il tre per cento era in disaccordo. Per il nostro approccio pedagogico, solo l’otto per cento degli studenti ha commentato che il legame tra la Big History e la sostenibilità era debole. Inoltre, il 95 per cento degli studenti credeva di essere parte della Big History. Questo indica che il corso è stato un successo come condiviso da Behmand (2015) per cui un programma di successo permetteva agli studenti di vedere sé stessi riflessi nel corso. Abbiamo avuto anche alcuni studenti che hanno riportato come la nar-

razione ha acceso il loro interesse nell’argomento sostenibilità ed ambiente e che erano più desiderosi di passare il loro tempo libero per fare ricerca sui problemi ambientali. Altri aspetti specifici dell’insegnamento, come la prontezza per i cambiamenti, la comprensione della sostenibilità, la conoscenza dell’ambiente e la conoscenza fondamentale nella struttura della Big History avevano aumentato la loro priorità.

2) Riflessioni degli Studenti

Quantitativamente, durante il periodo del corso *Rischio dei Cambiamenti Climatici, Attenuazione e Adattamenti* (2009-2014), abbiamo avuto commenti da studenti dei corsi originali che erano lietissimi di imparare un linguaggio tecnico molto difficile, un po’ di matematica applicata e le scienze del clima. Hanno amato molto seguire il corso da una prospettiva tecnica e tangibile. Sono stati molto soddisfatti quando hanno percettivamente compreso più sui cambiamenti climatici poiché il corso ha rispettato le loro aspettative di essere un corso “utile.” Dopo aver impiegato la Big History come struttura, gli studenti hanno risposto nei questionari SFQ quanto a loro piacesse la Big History e che pensavano che l’approccio fosse interessante, mentre non abbiamo mai ricevuto commenti dagli studenti che il materiale e i contenuti del corso fossero interessanti nei sei anni precedenti. Alcuni studenti hanno anche confermato che la Big History ha stimolato il loro interesse e li ha motivati a riflettere. Uno studente ha commentato che la conoscenza della storia dell’umanità, pianeti e universi ha stimolato e cambiato il suo modo di imparare attivamente, piuttosto che ricevere passivamente l’insegnamento in classe e revisionare solamente gli argomenti elencati nei passati curricula.

Alcuni hanno anche detto che il corso li ha incoraggiati a ripensare la sostenibi-

lità, dal punto di vista delle civiltà, società e umanità ed era la prima volta che ricevevamo tali splendidi commenti. Uno studente ha commentato che la Big History mette in risalto l’importanza del ruolo di ognuno di noi nell’Antropocene, fatto che lo ha motivato a considerare le attività umane e la cascata di impatti significativi sui sistemi globali ecologici, economici e sociali e le decisioni collettive che hanno determinato se noi, *Homo sapiens*, siamo stati capaci di sostenere la nostra vita su questo pianeta. Ha aggiunto che lo studio della Big History ha preparato la gente per diverse sfide globali che stavamo affrontando e che avremmo affrontato. Un altro studente ha fatto anche notare che “. . . se dobbiamo imparare la sostenibilità, dobbiamo imparare come le cose si sono estinte nel passato ed impedire a noi stessi di ripetere gli stessi errori così da poter raggiungere la sostenibilità.”

In più, alcuni studenti hanno riflettuto sulle loro specializzazioni. Uno studente dalla scuola di business ha scritto che, in quanto studente della scuola di business, era molto importante sapere quali fossero state le tendenze di business in ogni tempo, perché quelle stesse sarebbero state le occasioni dove trovare numerose opportunità di affari. Credeva che la Big History non era semplicemente uno studio del passato e lo scopo di studiare centinaia di miliardi di anni di storia mondiale fosse quello di dipingere come sarebbe stato il futuro. Il punto chiave della Big History era di estrapolare il futuro. Questa narrazione gli ha permesso di riconoscere la crescente importanza dell’AI nell’umanità e gli ha ricordato di prepararsi per i futuri cambiamenti. Un altro studente ha capito la filosofia del corso dopo aver studiato la Big History, ha compreso perché sia stata adottato un approccio da più prospettive e che avrebbe dovuto studiare una varietà di corsi legati

all'ingegneria, la scienza, il business, anziché specializzarsi in una sola area, perché la sostenibilità non poteva essere raggiunta con miglioramenti e sforzi solo in un campo, una nazione, una impresa o età. Finalmente, credeva che tutte le persone, aziende, diversi settori e paesi si sarebbero unite per dare inizio a cambiamenti fondamentali per un futuro più sostenibile.

3) L'Utilizzo Percepito degli Studenti per uno Scopo

Una delle ragioni più importanti per cui la Big History è stata impiegata come struttura pedagogica è stata quella di stimolare la mentalità di essere uno strumento di cambiamento e di far crescere la strumentalità percepita degli studenti attraverso l'apprezzamento dell'unicità umana e la comprensione dei principi della Big History. I risultati sono stati estremamente positivi; 78% degli studenti credeva che si sarebbero potuti risolvere i problemi di sostenibilità nel lungo tempo.

Abbiamo utilizzato il Modello Ecologico di Cittadinanza (ECM) proposto da Martinsson e Lundqvist (2010) per analizzare i cambiamenti di atteggiamento e comportamento degli studenti prima e dopo. Questo modello definisce quattro tipi di consistenza tra gli atteggiamenti e la pratica verso l'ambiente, grazie ad un questionario. Quando chi risponde ha una consistenza tra la pratica e l'atteggiamento verso l'ambiente, è chiamato Credente. Se il comportamento verso l'ambiente di un individuo è negativamente correlato al suo atteggiamento, è chiamato Fanatico. In caso l'individuo ha un atteggiamento o una pratica verso l'ambiente percepiti come molto importanti ma scarsa pratica ecologica, viene chiamato Ipocrita o Nascosto (Figura 2). I risultati sono stati notevoli. Nonostante siano stati registrati incrementi per i Fanatici, dal 26 per cento al 29 per cento, abbiamo avuto

più credenti dopo il corso, dal 13 per cento al 17 per cento e alcuni studenti hanno dichiarato di riconoscere i loro sforzi che hanno portato i Nascosti dal 15 al 12 per cento. Gli Ipocriti sono scesi dal 46 al 42 per cento. L'ECM ha rivelato che una nuova e più ampia narrativa potrebbe cambiare l'atteggiamento e il comportamento degli studenti, in linea

con uno dei risultati desiderati dall'insegnamento.

In aggiunta al questionario e ai sondaggi, abbiamo analizzato anche i compiti degli studenti. Uno dei poster degli studenti recava una strumentalità percepita estremamente forte, che vorremmo condividere (Figura 3). Da questo poster, potremmo facilmente identificare il cambio di mentalità mettendo il mes-

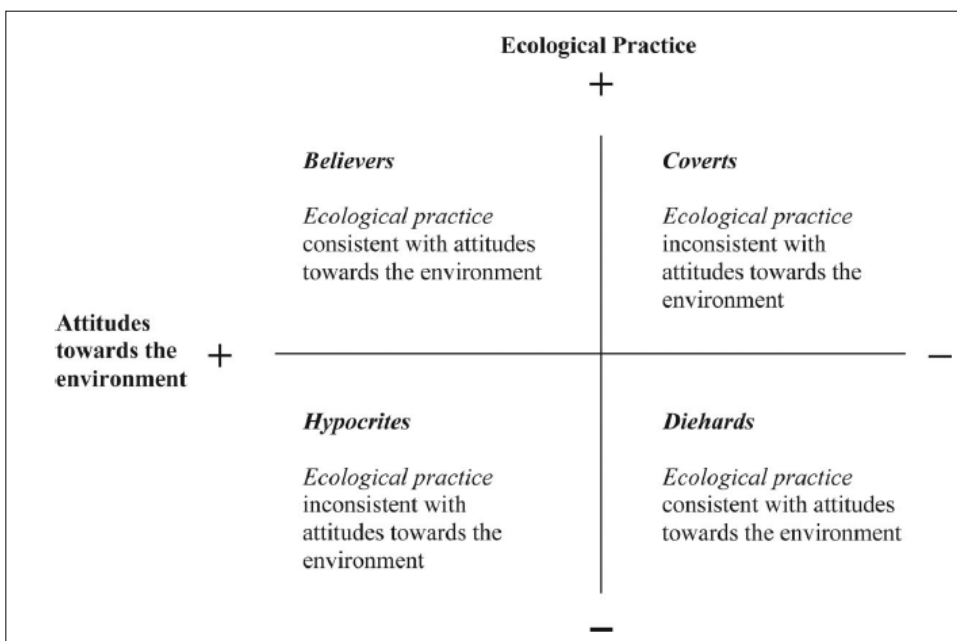


Figura 2. Tipi di ECM (da Martinsson and Lundqvist (2010))



Figura 3. Poster scelto degli studenti⁵

saggio “il futuro dell’umanità dipende da noi.” Non è stato difficile riconoscere l’apprezzamento dell’unicità dell’Homo sapiens—apprendimento collaborativo come l’idea di fondo del poster. La parola apprendimento collaborativo compare” più di cinque volte, ed aveva la frequenza maggiore tra i poster di tutti gli studenti (ventiquattro poster in totale). Inoltre, questo gruppo di studenti ha sottolineato di doverci fidare della nostra unicità se volevamo risolvere i problemi complessi della sostenibilità, perché era il nostro “strumento di adattamento.” Inoltre, questo poster ha rivelato il suo ottimismo, poiché “AiT” si riferiva allo scenario AiT dell’IPCC, che era il modo di vivere più ottimistico/ sostenibile nel lungo termine. Per ultimo ma non ultimo, questo gruppo ha identificato diversi principi fondamentali della Big History per la discussione della sostenibilità, come il cambiamento e l’accelerazione e il cambiamento e l’adattamento.

Nel 2019, abbiamo chiesto agli studenti di completare due saggi. Il primo saggio riflessivo riguardava “sei ottimista o pessimista verso l’unione dell’umanità per risolvere i problemi della sostenibilità?” e abbiamo chiesto loro di articolare le loro visioni considerando i loro punti di vista e alcuni, tra i quali, quali fossero i problemi e le sfide? Come venivano affrontati questi problemi individualmente, a livello di città, nazioni e internazionalmente? Questi sforzi avrebbero portato, infine, ad un mondo sostenibile (quali condizioni avrebbero portato il successo e quali no? Le società moderne avrebbero collassato (come discusso nella cornice proposta da Jared Diamond)? Quali cambiamenti avremmo dovuto portare per raggiungere la sostenibilità? (HKUST 2019)?

Quarantasette studenti erano ottimisti, 38 pessimisti, mentre sei erano indecisi. Per il secondo saggio, abbiamo

chiesto agli studenti come le idee e i concetti introdotti da Jared Diamond, David Christian e Yuval Noah Harari aiutassero una migliore comprensione (i) dei cambiamenti climatici e problemi di sostenibilità, e (ii) delle abilità della nostra specie (o incapacità) di sviluppare soluzioni per affrontare questi problemi. Inoltre, gli studenti dovevano spiegare quali fossero le caratteristiche chiave delle soluzioni se avessimo avuto successo nel fronteggiare i problemi di sostenibilità? Se fossimo in una posizione buona o migliore per affrontarli ora? O qualunque altra idea essi avessero (HKUST 2019). Tra i 38 studenti pessimisti, 28 di essi diventarono più ottimisti, 8 di essi divennero indecisi e solo due di essi rimasero pessimisti. Per i sei studenti inizialmente indecisi, quattro di loro si dimostrarono ottimisti. Uno rimase indeciso e uno divenne pessimista verso le prospettive di sostenibilità.

Conclusioni

HKUST ha offerto un corso dedicato ai cambiamenti climatici sin dal 2009, nonostante i nostri futuri leader fossero pessimisti per la complessità dei problemi climatici. Nel 2015, abbiamo sfruttato l’opportunità di modificare il nostro corso, inglobando la Big History come la struttura fondamentale per offrire contenuti riguardanti i cambiamenti climatici, è molto importante per affrontare problemi macroscopici di sostenibilità. In questo studio, abbiamo presentato la nostra esperienza di insegnamento, compreso il cambiamento nella filosofia dell’insegnamento, struttura e curriculum. Abbiamo anche condiviso opinioni incoraggianti degli studenti e le esperienze di apprendimento e vari aspetti di notevoli risultati. Speriamo che questo studio possa fornire una esperienza di successo per gli entusiasti dell’interdisciplinarietà così come per gli insegnanti di università da cui attingere qualunque idea. Infine, vorre-

mo concludere citando Benjamin (2009), “la Big History merita di essere al cuore di ogni programma di insegnamento generale in ogni università [. . .] che sia genuinamente dedicate a fornire ai propri studenti una educazione liberale.”

Endnotes

¹Re-entitled as Division of Environment and Sustainability in 2018 to address the inclusiveness.

²The discussion of nomenclature and historical factors of environmental education and education for sustainability go beyond the scope of this paper.

³The instructor was Prof. Alexis K. H. Lau, the second author of this paper.

⁴The Student Feedback Questionnaire (SFQ) was identical and applicable to all undergraduate courses offered at HKUST for academic registry to review students’ learning experience.

⁵Posted with the consent of the poster designer, Ariel Yau.

Riferimenti

- Aldrich, R. 2010. “Education for Survival: An Historical Perspective.” *History of Education*, 39 (1): 1-14.
- Behmand, M. 2015. “Big History at Other Institutions.” In R. B. Simon, M. Behmand, and T. Burke, *Teaching Big History*. Oakland: University of California Press.
- Benjamin, C. 2009. “The Convergence of Logic, Faith, and Values in the Modern Creation Myth.” In C. Genet et al. *The Evolutionary Epic: Science’s Story and Humanity’s Response*. Santa Margarita: Collins Foundation Press.
- Collins, D. E., R. M. Great, and D. Christian. 2013. Crafting a New Narrative to Support Sustainability. In T. W. Institute. *State of the World 2013: Is Sustainability Still Possible?* 218-224. Washington, D. C.: Island Press.
- Harris, L. M., and S. Hamilton. 2009. Challenges and Opportunities: Reflections on Teaching Big History

Discussion Sections. *World History Connected*, 6 (3). Retrieved October 24, 2016. <http://worldhistoryconnected.press.illinois.edu/6.3/hamilton.html>.

Hawkey, K. 2015. "Moving Forward, Looking Back—Historical Perspective, 'Big History' and the Return of the Longue Duree." *Teaching History*. 40-46.

Lau, Alexis K. H. 2009. "CIVL 1170: Climate Change Risk, Mitigation and Adaptations Course Syllabus." Hong Kong: The Hong Kong University of Science and Technology.

Martinsson, J., and L. J. Lundqvist. 2010. "Ecological Citizenship: Coming Out 'Clean' without Turning 'Green'?" *Environmental Politics* 19 (4): 518-537.

Sagan, C. 2002. *Cosmos*. London: Random House.

Wong, Aidan W. H., and Alexis K. H. Lau. 2019. "CIVL.ENVR 1170: Big History, Sustainability and Climate Change Course Syllabus." Hong Kong: The Hong Kong University of Science and Technology.