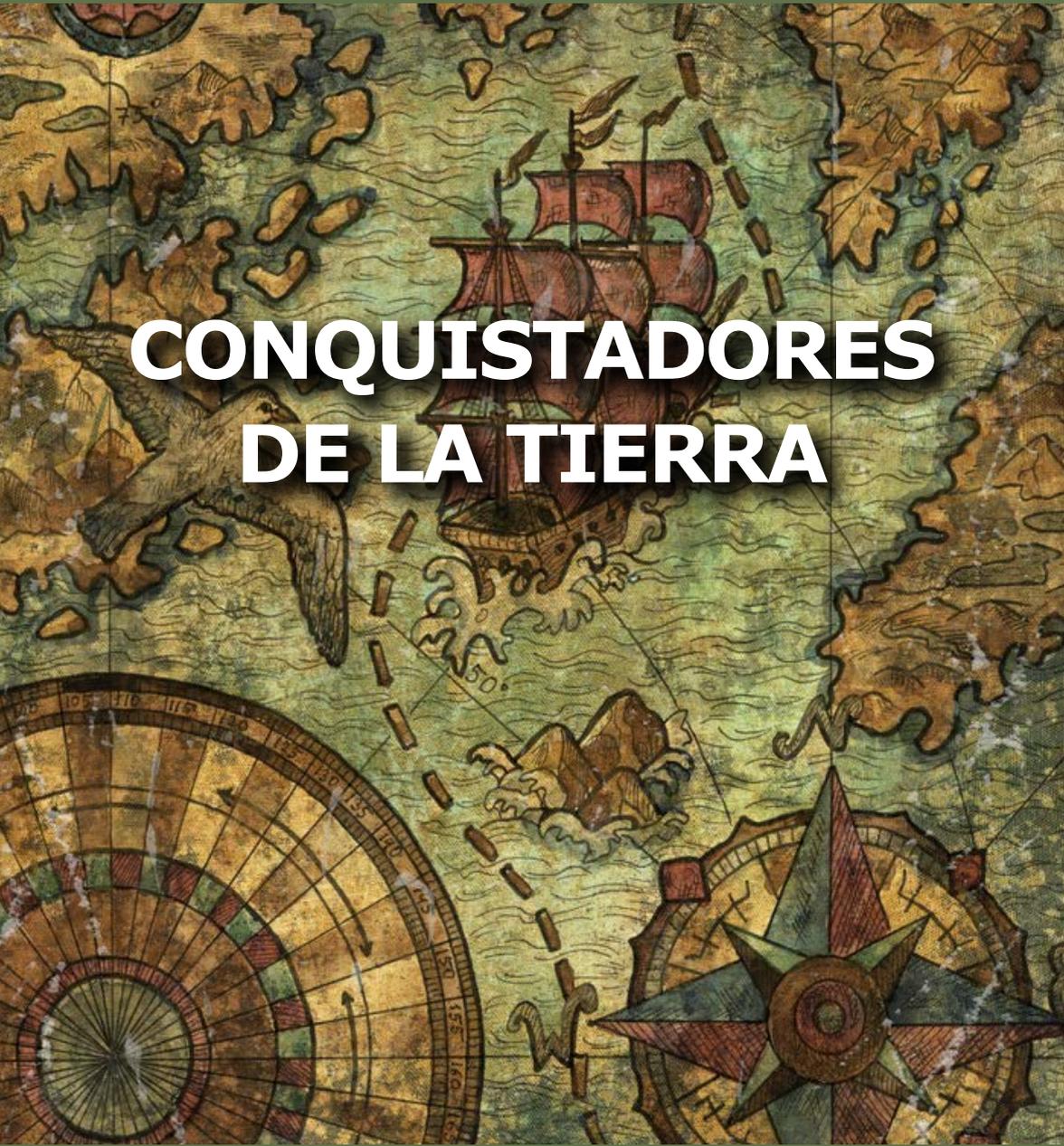


Carlos Machado Allison

The background of the cover is a highly detailed, aged map of the world. The map is rendered in a style reminiscent of historical cartography, with a color palette of earthy browns, greens, and reds. A large sailing ship with three masts and red sails is positioned in the center, navigating through stylized waves. To the left, a large bird, possibly a phoenix or a similar mythical creature, is depicted in flight. In the bottom left corner, there is a circular diagram with concentric rings and radial lines, resembling a sundial or a celestial chart. In the bottom right corner, a prominent compass rose with eight points is shown, featuring a central circular element and radiating lines. The overall composition is rich and textured, evoking a sense of historical exploration and discovery.

CONQUISTADORES DE LA TIERRA



ACADEMIA DE CIENCIAS
FÍSICAS, MATEMÁTICAS Y NATURALES

Conquistadores de la Tierra

Carlos Machado Allison

Conquistadores de la Tierra

Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales
Caracas, 2024





© Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 2024

Publicado por la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales
Palacio de las Academias, av. Universidad, apartado postal 1421, Caracas 1010-A,
Venezuela

Colección Divulgación Científica y Tecnológica

Hecho el depósito de ley

Depósito Legal (digital): DC2024000202

ISBN (digital): 978-980-6195-90-5

Comisión Editora:

Deanna Marcano (coordinadora)

Ismardo Bonalde

Gioconda San Blas

Coordinación de edición:

Pamela Navarro

Corrección de texto:

Pamela Navarro y Deanna Marcano

Diagramación y diseño gráfico:

María Alejandra Ramírez

Diseño de portada:

María Alejandra Ramírez

Imágenes:

Portada y pág. 9: AdobeStock_495368978 samiramay

Pág. 13, 41: wirestoc en Freepik

Pág. 21: Freepik

Pág. 31: vestock en Freepik

Pág. 47, 51: *PublicDomainPictures* en Pixabay

Pág. 57: Omar Hofun, *Creative Commons Attribution-ShareAlike*

Pág. 105: Dominio público

Ninguna parte de esta obra puede ser modificada, pero es de libre acceso para su reproducción y transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, siempre que ello vaya precedido con el nombre del autor y de la Academia de Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales.

Índice general

Introducción	9
1. Los primeros pasos	13
La casa en la que vivimos	14
2. Breve biografía de nuestro hogar	21
El clima	27
3. Surgimiento y evolución de la vida	31
Las bacterias que cambiaron el planeta	33
La extraordinaria fotosíntesis	34
Los bosques del mundo	35
Incendios forestales	38
Bosques y la salud	39
4. <i>Homo sapiens</i> , ancestros y evolución	41
5. Proliferan los conquistadores	47
6. Forjando conquistadores	51
Los conquistadores son iguales, pero diferentes	53
7. Los ritmos de la conquista	57
Sociedades y culturas complejas	57
Agresión vs. cooperación	61
Las religiones	64
Nacen los reinos y se extiende la conquista del planeta	68
Las primeras conquistas: El Mediterráneo	71
África	82
América	88
La primera conquista de América	88
La segunda conquista de América	91
La tercera conquista de América. Siglos XIX al XXI	93
La última conquista: Australia	100
Demografía en 2023	102
Más allá del planeta. ¿Otra conquista?	104
8. Panorama después de la conquista	105
Una nueva cultura	107
Escenarios	110
La trayectoria plausible	110
Apéndice	115

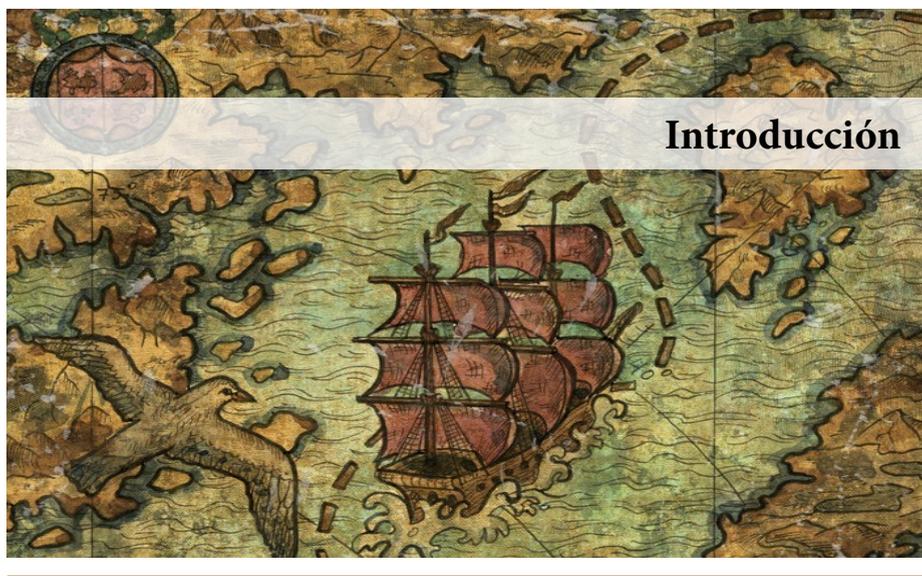
Cuadros

Cuadro 1.	Algunas características de los planetas.	17
Cuadro 2.	Los grandes períodos de la historia de la Tierra.	22
Cuadro 3.	Clasificación geológica resumida.	23
Cuadro 4.	Algunas características del planeta Tierra.	25
Cuadro 5.	Principales incendios forestales en 2019.	25
Cuadro 6.	Dominio de cultivos y crianzas.	62
Cuadro 7.	Distribución porcentual de las religiones (Pew Research Center 2020).	66
Cuadro 8.	Número de afiliados por religión y no afiliados a ninguna.	66
Cuadro 9.	Una selección cronológica de sitios, eventos, personas y estimados de la población total vinculados a la conquista del planeta.	69
Cuadro 10.	Tecnologías duras y blandas del Imperio Romano.	78
Cuadro 11.	Cambio climático en África (Naciones Unidas, 2022).	87
Cuadro 12.	Los diez países con más habitantes en 2023.	102
Cuadro 13.	Algunas acciones que deben ser ejecutadas con respecto al ambiente.	109

Figuras

Figura 1.	La Vía Láctea.	15
Figura 2.	El sistema solar.	15
Figura 3.	Estructura de la Tierra.	24
Figura 4.	Distribución actual de los volcanes.	26
Figura 5.	El ciclo del carbono.	29
Figura 6.	Diagrama simplificado de la filogenia de los grandes grupos.	32
Figura 7.	Diversidad de las cianofitas o cianobacterias.	33
Figura 8.	Intensidad de la fotosíntesis en el planeta.	35
Figura 9.	Incendios y clima.	38
Figura 10.	Filogenia reciente de los homínidos.	44
Figura 11.	Simplificación de la evolución del bipedismo.	45
Figura 12.	Rutas iniciales de la conquista humana.	49
Figura 13.	Göbekli Tepe, en la actual Turquía, un sitio muy antiguo de culto religioso.	58
Figura 14.	Principales asentamientos del Neolítico en el Medio Oriente.	59
Figura 15.	Evolución de las sociedades.	63

Figura 16.	Distribución de las religiones en el planeta.	65
Figura 17.	La conquista del Mediterráneo siglos VIII-VI a. C. Griegos, fenicios, egipcios y otros.	72
Figura 18.	Imperio de Alejandro Magno (330-323 a. C.).	75
Figura 19.	El Imperio Romano.	77
Figura 20.	Máxima extensión del Imperio Bizantino (550 d. C.).	82
Figura 21.	Máxima extensión del Califato Omeya (750 d. C.).	83
Figura 22.	Civilizaciones africanas previas a la colonización europea iniciada en los siglos XV y XVI.	84
Figura 23.	Rutas de los navegantes portugueses de los siglos XV y XVI.	85
Figura 24.	Distribución de la población en África en el siglo XXI.	88
Figura 25.	Principales ecosistemas de África.	89
Figura 26.	Algunos sitios antiguos del poblamiento inicial del continente americano.	90
Figura 27.	Algunas de las culturas prehispánicas de América antes de la llegada de los europeos.	91
Figura 28.	Principales climas y biomas del continente americano.	92
Figura 29.	Virreinos españoles y sus provincias en los siglos XVII/ XVIII.	94
Figura 30.	Conquista de América por los europeos.	95
Figura 31.	Siglo XIX. La tercera conquista del continente americano.	96
Figura 32.	Incendios forestales mayores en el Amazonas en 2022.	98
Figura 33.	Zonas climáticas de Australia según sistema de Köopen.	101
Figura 34.	Índice de democracia.	106
Figura 35.	Índice de desarrollo humano 2020.	107
Figura 36.	Las nueve fronteras planetarias según Stockholm Resilience Centre (SRC).	112



En el año 2023, cuando escribimos estas líneas, voces calificadas del mundo científico, pronostican grandes crisis ambientales y sociales para los próximos años, mientras los medios de comunicación nos informan sobre la turbulencia política e ideológica de la actualidad. El cambio climático antropogénico, previsto desde hace más de dos décadas, sobre la base de sólida evidencia, comienza a ser aceptado por la dirigencia de numerosos países y es, desde hace años, bandera de muchos grupos ambientalistas y motivo de estudio por especialistas en ecología, meteorología, agricultura, salud pública y otras disciplinas. Siendo justo, también es necesario señalar que también existen opiniones que, basadas en los cambios climáticos naturales, indican que el que percibimos no es producto de la actividad humana y que, a lo largo de la historia del planeta, las temperaturas han cambiado, así como las concentraciones de gases de invernadero.

Millones de desplazados y crisis locales causadas por elevadas temperaturas, sequías, inundaciones, deslaves, extensos incendios forestales, contaminación atmosférica en las grandes ciudades, mares y ríos deteriorados por el plástico, corales en extinción, guerras, pobreza y otros eventos, cubren los titulares de los medios de comunicación. Sin embargo, hay más, enormes bloques de hielo se desprenden cerca de los polos y se derriten majestuosos glaciares en las grandes cordilleras. No todos los desplazados, más de 100 millones en la actualidad (cifras de la ONU) son víctimas del cambio climático. Parte de ellos huyen de conflictos armados, problemas económicos o persecución ideológica o religiosa.

La humanidad nace y se desarrolla en un período interglacial al amparo de un clima, como siempre cambiante, pero en general tan adecuado para la vida humana, que sumado a las características únicas del *Homo sapiens* por su capacidad de modificar el ambiente que lo rodea, determina un crecimiento poblacional continuo. Entre los 10 millones o más de especies animales que existen, algunos son numerosos, como los insectos, las bacterias y algunos protozoarios, pero en general los numerosos son pequeños y tienen una vida breve, los humanos son una excepción, somos grandes en talla y tenemos una vida prolongada, una organización social y una cultura compleja, que, con sus variantes, hace que seamos consumidores insaciables de cuantos recursos y espacios posee nuestro planeta. Los 8 000 000 000 de habitantes constituyen una biomasa de aproximadamente 480 000 000 000 kilogramos que demandan un valor calculado alrededor de unos 21 600 000 000 000 kilocalorías diarias para contar con una alimentación suficiente. Sin embargo, para el 2020 (Statista, 2023 es.statista.com/estadisticas/624369/prevalencia-del-sobrepeso-y-la-obesidad) el 38 % de los humanos tenían sobrepeso, el 14 % obesidad y de acuerdo a las Naciones Unidas, más del 10 % sufrían desnutrición.

Entender cómo llegamos a este punto parece importante. Así como fue accidentada y compleja la ruta que nos llevó a dominar tantas tecnologías y explotar sin cesar los recursos del planeta, será también accidentado y complejo reparar los daños y evitar que sigan avanzando. De su éxito o fracaso en el próximo medio siglo, quizás dependa la permanencia de nuestra especie. Así, parece preferible, sensato y adecuado encontrar formas de reducir, eliminar o mitigar el impacto negativo que los humanos están causando, que cruzarnos de brazos y esperar paciente, e irresponsablemente, que cambie la órbita de nuestro planeta.

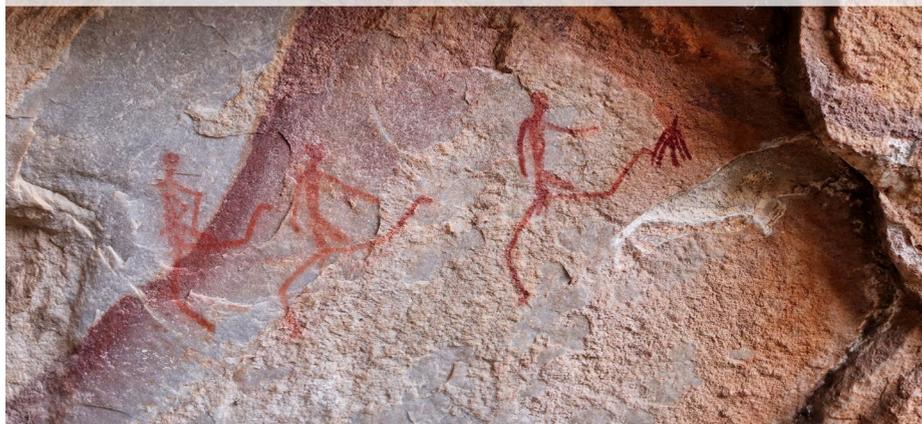
Infinitud fue la percepción global de nuestros ancestros, reducidos en número, cuando agotaban los recursos de su entorno inmediato, bastaba trasladarse pocos kilómetros para encontrar de nuevo animales que cazar, espacios para sembrar sus plantas o edificar las viviendas siempre que existiera agua disponible. La percepción de infinitud, se sumó a la creencia de superioridad, en no pocas religiones se le otorgó al *Homo sapiens* un lugar especial: creado a imagen y semejanza de los dioses (por ejemplo, Génesis 1-26), para disfrutar, sin límite, de las restantes creaturas y para sobrevivir en la competencia con otros humanos. «Creced y multiplicaos» fue por siglos visto como algo deseable, pero ya no más. La superioridad humana no solo está en las religiones monoteístas, sino también en las mesopotámicas y egipcias, en las que con frecuencia al rey se le adjudicaba una suerte de divinidad, que no solo estimulaba su autocracia y soberbia, sino que justificaba sus abusos y desatinos.

En nuestro siglo, gracias al desarrollo científico y tecnológico, emana un nuevo poder y con él, los riesgos de la arrogancia y el desiderátum moral derivado de la capacidad de modificar el ambiente. Aldo Leopold (1887-1948) sentó las bases de una ética ambiental que tiene en la actualidad una gran difusión al señalar: «Una cosa está

bien mientras tiende a preservar la integridad, estabilidad y la belleza de la comunidad biótica. Está mal, si tiende a hacer lo contrario». Así, no hay nada intrínsecamente malo en las tecnologías, todo depende de cómo las usemos.

Los humanos hemos conquistado el planeta y esta es la historia de ese proceso. Por buena parte del mismo no existió ni el conocimiento, ni la percepción del enorme impacto que, como humanidad, causaríamos sobre el planeta. La selección natural nos hizo especiales, dotados de inteligencia y de la capacidad de construir escenarios y hacer previsiones, esta competencia nos ha llevado a controlar más espacios y a modificarlos para asegurar la supervivencia, así surgió la agricultura, la ganadería, la minería y miles de otras actividades con impacto sobre el ambiente. Ahora es necesario revisar nuestra historia y hacer cambios en la cultura a la luz del conocimiento adquirido.

1. Los primeros pasos



El pequeño grupo caminaba por la arena del borde del río. Menudos de talla, cansados tras una larga y poco exitosa jornada de cacería, siempre hambrientos, decidieron ir a la ribera del río, que, casi seco, era la única fuente cercana de agua disponible y con frecuencia también los animales acudían a la misma. El riesgo era enorme, ya que no solo acudían antílopes o elefantes, sino también sus depredadores. Armados con lanzas de madera que terminaban en puntas de piedra tallada, se movían en silencio. Al llegar a la banda de arena formaron un semicírculo, tres de ellos caminaron hacia el borde de la vegetación y cuatro esperaban cerca del débil cauce. Eran buenos estrategas. En silencio esperaron un tiempo hasta que un antílope de mediano tamaño se acercó al agua y en ese momento los siete corrieron hacia el animal y arrojaron sus lanzas. Cuatro acertaron y el animal dobló las patas delanteras, dos de los hombres clavaron sus cuchillos de piedra en el cuello del animal y luego los siete lo arrastraron hasta la sombra de un gran árbol. Mientras cinco iban cortando grandes trozos, dos vigilaban a unos pasos de distancia. Sabían que el olor del animal pronto atraería a los depredadores. El borde del río era tan atractivo para ellos, como para los integrantes de la tribu vecina.

Con rapidez y en silencio se alejaron recorriendo de regreso la ruta que los llevaría al campamento donde los esperaban las mujeres y los ancianos, dedicados al cuidado de los niños y a mantener el fuego, así como cuatro jóvenes armados de lanzas y hachas, encargados de la protección del grupo.

A la ribera del río acudían, con territorios bastante bien delimitados, tres pequeñas tribus. Dos de ellas habían mantenido buenas relaciones, incluyendo el intercambio

de parejas, hasta pocos años atrás. Con la tercera ocurría lo opuesto y los conflictos habían sido frecuentes, hasta que la alianza de las otras dos los hizo migrar a varios kilómetros de distancia hacia el norte. Cada grupo tenía un jefe y también un anciano que organizaba unos eventos para adorar al sol y otros destinados a llamar a la lluvia que generación tras generación iba siendo más escasa.

Desde luego no podían anticipar que más de 200 000 años después los antropólogos y más tarde los especialistas en genética, los identificarían como los integrantes del *Homo sapiens*, la especie biológica a la cual pertenecemos. Esa rutina de cacería, acompañada de la recolección de frutas y tubérculos, con altibajos y migraciones, tuvo una prolongada duración, algo más de 230 000 años y, probablemente, sus primeras expresiones, en la actual Etiopía. A ningún integrante del grupo le pasó por la mente que un día su estirpe sería la especie dominante del planeta, los conquistadores.

La casa en la que vivimos

Breve ha sido nuestra existencia cuando la comparamos con la edad del universo o la de nuestro planeta. Fue precedida por grandes eventos, porque había una vez una masa de materia muy densa que de pronto comenzó a expandirse hace unos 13 700 000 000 años, formando gradualmente lo que llamamos el Universo, con enorme número de galaxias, estrellas y planetas. Nuestros astrónomos le dieron un nombre en inglés a ese proceso inicial, que es **big bang**, que quiere decir la **gran explosión**, y aunque todavía hay mucho que investigar sobre ese fenómeno, sabemos que su efecto aún persiste y las galaxias se van alejando. Se estima que existen alrededor de 100 000 000 000 de galaxias que a su vez contienen alrededor de 10 000 000 000 000 000 000 000 de estrellas.

Nuestra galaxia se llama **la Vía Láctea** (**Figura 1**), forma de espiral y entre cientos de miles de sistemas está el nuestro, el llamado **sistema solar** que tiene como centro a esa estrella que llamamos Sol rodeado de ocho planetas. Si el universo que conocemos es el único, o existen otros, es aún motivo de especulación y discrepancias entre los especialistas en astronomía y física. También existen ideas y teorías sobre si el Universo es infinito o finito, pero sin duda, para nuestro tamaño y nuestra perspectiva humana, es infinito.

En una noche clara y a simple vista apenas podemos ver unas 3000 estrellas. Por milenios nuestros ancestros pensaron que ellos mismos y la fracción minúscula de lo que conocían de la Tierra era el centro de algo infinitamente grande. El Sol, con mágica y asombrosa regularidad, giraba alternando los días y las noches. Hoy, tras 23 milenios de aprendizaje, sabemos dos cosas importantes, primero, que nuestro sistema es como un grano de arena en una playa de enorme magnitud y segundo, que la Tierra, nuestro hogar y los otros siete planetas, giran alrededor del Sol.

Cada día, con nuevas tecnologías y mucha investigación, vamos aprendiendo más y más de nuestro universo. Aunque Aristarco de Samos (310-230 a. C.) suponía que la



Figura 1. La Vía Láctea.

Fuente: Imagen de Pixabay.

Tierra giraba alrededor del Sol, en contra de lo aceptado en su época, fue Copérnico (1473-1543), un astrónomo polaco, unos mil setecientos años después, hacia 1533, que formuló la idea de un sistema heliocéntrico y abrió la puerta a la visión actual del sistema solar.

Nuestro sistema está constituido por el sol, sus ocho planetas, cinco planetas enanos y un elevado número de satélites, asteroides y el llamado polvo, que son partículas más pequeñas. El Sol representa el 99,8 % de la masa total del sistema y los planetas –en orden de su distancia al Sol– son *Mercurio*, el más cercano y luego *Venus*, *Tierra*, *Marte*, *Júpiter*, *Saturno*, *Urano* y *Neptuno*, que es el más alejado. Las distancias tienen grandes variaciones de acuerdo a las respectivas órbitas alrededor del sol, así en su punto más cercano, llamado perihelio, *Mercurio* se encuentra a unos 46 millones de kilómetros del Sol, *Tierra* a 147 y los más alejados *Urano* y *Neptuno* a 2748 y 4453 (**Figura 2**).

Nada sorprendente fue que muchas tribus dispersas, 60 000 años atrás o más, seleccionaran como principal deidad al sol por la gran regularidad de su aparición y desaparición que marcaba el ritmo cotidiano de sus actividades, así como la lluvia, un recurso tan valioso como escaso en algunas zonas o temporadas.

La selección natural estaba determinando una mayor supervivencia y descendencia de aquellos que mejor se comunicaban entre sí y además cooperaban en el mantenimiento del fuego, la división de labores y el cuidado de los infantes. Por el contrario, aquellos de hábitos más solitarios y con dificultades para tener relaciones armónicas con el resto, dejaban menos descendientes y con frecuencia eran expulsados del grupo.

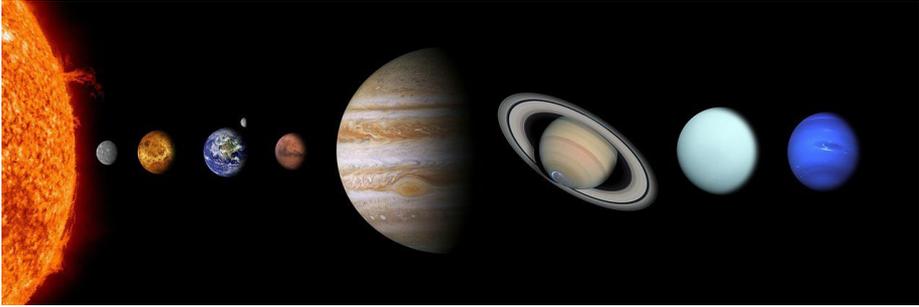


Figura 2. El sistema solar.

Fuente: El Sol y sus planetas. Imagen de Pixabay

Podemos imaginarnos a nuestros ancestros observando de día al Sol y de noche a la Luna, las estrellas y confundidas entre ellas algunos planetas más cercanos y brillantes como Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno. Fueron los primeros astrónomos, sin duda fascinados por la inexplicable regularidad con que aparecían y desaparecían los astros, les otorgaron un origen sobrenatural y compartieron esa visión con sus descendientes. No sorprende entonces que surgieran las primeras religiones, llamadas animistas, en las que otorgan a muchos fenómenos naturales una conciencia propia.

Aunque en nuestra perspectiva son distancias enormes, resultan muy pequeñas cuando las comparamos con la existente entre nuestro sol y la estrella más cercana que es Próxima Centauri. Esta se encuentra a 4,22 años luz y un año luz equivale a 9 000 000 000 000 kilómetros. A las velocidades que la tecnología actual permite, el tiempo de viaje a nuestra luna es de alrededor de 5 días, a Marte entre 7 y 9 meses y a Neptuno 12 años. Llegar a Próxima Centauri o a un planeta parecido al nuestro está aún en el ámbito de la ciencia ficción.

Además, existen en nuestro sistema solar cinco planetas enanos llamados Ceres, Plutón, Haumea, Makemake y Eris. Los planetas más grandes son Júpiter y Saturno, y los más pequeños son Mercurio, Urano y Marte. Las temperaturas varían mucho en cada planeta. Son obviamente mayores en las caras que miran hacia el sol y menores en las opuestas, además del calor procedente del sol, cuya temperatura es de 5778 grados centígrados, la misma depende de la existencia de fuentes internas y de las características de las capas que los rodean. Así, las temperaturas máximas que se han registrado en grados centígrados en Venus (más de 480) y Mercurio (427) y la menor en Urano (-224) mientras que la temperatura promedio de nuestro planeta es de unos agradables 15 grados y oscila entre -96 y 56,7 registrados respectivamente en la Antártida y el desierto del Valle de la Muerte en California, EE. UU., (**Cuadro 1**).

La formación del Sol ocurrió hace unos 4600 millones de años y los planetas, incluyendo a la Tierra, hace 4500 millones. Los astrónomos aún investigan y proponen cada día nuevas ideas sobre el proceso inicial y algunos postulan que los primeros 500

Cuadro 1. Algunas características de los planetas

<i>Planeta</i>	<i>Diámetro ecuatorial (km)</i>	<i>Masa* con relación a Tierra</i>	<i>Período orbital (años terrestres)</i>	<i>Período de rotación (días terrestres)</i>	<i>Composición de la atmósfera</i>
Mercurio	4878	0,06	0,24	58,6667	Trazas de hidrógeno y helio
Venus	12 100	0,82	0,615	243	96 % CO ₂ , 3 % nitrógeno, 0,1 % agua
Tierra	12 756	1,00	1,00	1,00	78 % nitrógeno, 21 % oxígeno, 1 % argón
Marte	6787	0,11	1,88	1,03	95 % CO ₂ , 1,6 % argón, 3 % nitrógeno
Júpiter	142 984	318	11,86	0,414	90 % hidrógeno, 10 % helio, trazas de metano
Saturno	120 536	95	29,46	0,426	96 % hidrógeno, 3 % helio, 0,5 % metano
Urano	50 724	14,6	84,01	0,718	84 % hidrógeno, 14 % helio, 2 % metano
Neptuno	49 538	17,2	164,79	0,6745	74 % hidrógeno, 25 % helio, 1 % metano

Fuente: Wikipedia, 2023 (https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_solar#Caracter%C3%ADsticas_principales)

a 700 millones de años fueron de gran inestabilidad con cambios en las órbitas, así que el sistema solar, como lo conocemos, terminó adquiriendo la estructura actual hace unos 4000 millones de años. Desde nuestra perspectiva, son cifras difíciles de imaginar.

Por otra parte, que el sistema se haya formado hace 4000 millones de años, no significa que sea estático, por el contrario, siguen ocurriendo cambios y eventos, asteroides que salen de sus órbitas y son atraídos por la fuerza de la gravedad por los planetas formando cráteres y levantando nubes de polvo que alteran sus atmósferas, circulan por el firmamento cometas, se mueven partículas, ondas y radiación, el Sol es una masa activa e inquieta donde ocurren explosiones mayores y menores con emisión de radiaciones que tienen influencia sobre los planetas y en ellos también ocurren cambios internos, algunos graduales, otros violentos como los terremotos, erupciones volcánicas y tormentas.

Las estrellas, que no son otra cosa que otros soles, tienen edades distintas y tamaños muy diferentes. Desde su formación pasan por un ciclo en el que sus temperaturas y su masa van cambiando y eventualmente agotada su masa y obviamente su energía, también desaparecen. Los investigadores, así como analizan a nuestro sistema, también lo hacen con otras estrellas y sus planetas. Esos estudios, cada vez más precisos gracias a las tecnologías que se han desarrollado, permiten hacer predicciones. Una de ellas

se refiere a la duración de nuestro sol y lo que ocurrirá con el mismo en los próximos miles de millones de años. Así, se estima que el sol está algo así como a la mitad de su ciclo, surgió hace casi 5000 millones de años y ha agotado aproximadamente la mitad del hidrógeno, que es su combustible, así que le quedan aproximadamente otros 5000 millones de años antes de su fin. Cuando dos átomos de hidrógeno chocan entre sí generan calor y luz, proceso que los lleva a formar otro gas que es el helio.

En Marte ocurren frecuentes tormentas de polvo y como su atmósfera es muy tenue, no logra retener el calor del sol, así que su temperatura varía mucho entre el día y la noche. En Júpiter se ha observado una gran mancha roja que es una gigantesca tormenta que ha persistido por no menos de 300 años. En Saturno se han observado tormentas que duran hasta 10 meses y ocurren con cierta regularidad cada 30 años.

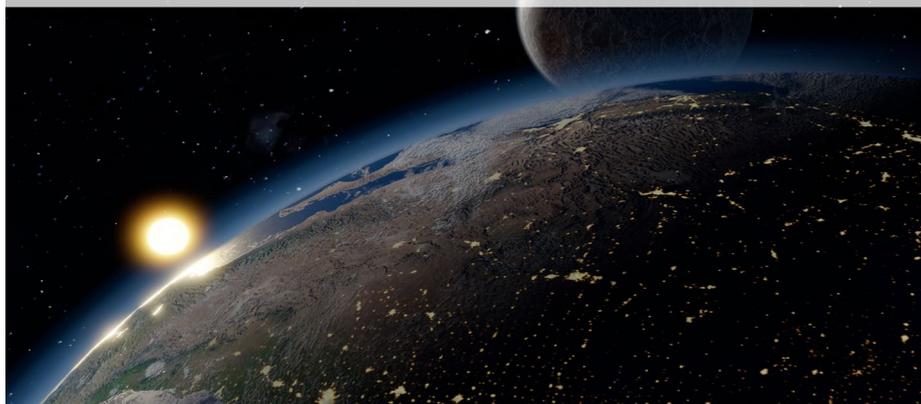
Entre Marte y Júpiter se encuentra el cinturón de asteroides, con miles de ellos que tienen entre 50 metros de diámetro hasta los mayores que pueden alcanzar hasta 1000 kilómetros. Además, existen otros cuerpos como los satélites, un ejemplo es nuestra Luna, y se han descubierto 290 (Nasa, 2023 <https://science.nasa.gov/solar-system/moons/facts/>) que orbitan alrededor de los planetas. La Tierra tiene solo un satélite, mientras que Júpiter tiene 92. Otros cuerpos celestes interesantes son los cometas y su número es también elevado, 3153 han sido identificados hasta la fecha, pero estas cifras pueden cambiar en la misma medida en que avanza nuestro conocimiento y crece la fascinante indagación humana sobre la historia, la estructura y el funcionamiento de nuestro sistema solar, la galaxia a la cual pertenece y el resto del universo.

El sistema solar (Figura 2) se formó hace 4568 millones de años y en la medida que avanzan el conocimiento esa cifra puede tener algún pequeño cambio. En las últimas décadas, hemos aprendido mucho sobre nuestro sistema, gracias a telescopios, cada vez más avanzados, y muchas otras tecnologías, pero aún hay mucho que aprender. No solo sobre el número de objetos que orbitan alrededor del sol, sino también de su estructura, composición química y los procesos que ocurren.

Contamos ahora con numerosos satélites artificiales dotados con instrumentos y objetivos muy variables, que van desde la indagación sobre nuestro sistema y más allá del mismo, hasta su empleo en las telecomunicaciones, exploración de la vegetación, mediciones sobre el clima y no faltan aquellos destinados al espionaje. El primer satélite se lanzó en octubre de 1957, el Sputnik, y se estima que para el 2023 ya se han lanzado 8900 de los más de 5000 que están actualmente en órbita (https://es.wikipedia.org/wiki/Sat%C3%A9lite_artificial), ya que casi todos ellos tienen un tiempo de vida limitado. Gracias a ellos podemos enterarnos e incluso ver a través de la televisión y las computadoras, eventos en cualquier sitio del planeta, hacer predicciones sobre el clima o indagar el estado de nuestros bosques. Cada día surgen nuevas aplicaciones asociadas a los satélites que tienen mucha importancia en nuestra vida cotidiana y en la indagación sobre la historia y la salud de nuestro planeta.

El 20 de julio de 1969, un astronauta colocó un pie en la Luna haciendo realidad el sueño del novelista Julio Verne que, un siglo antes, escribió dos novelas, en 1865 y 1870, sobre un viaje a la Luna. Sin embargo, no fue el único, la fascinación de volar había animado previamente a otros escritores como Francis Godwin, Cyrano de Bergerac, Daniel Defoe, Samuel Brunt y Murtagh McDermot a redactar líneas sobre la eventual presencia humana en la Luna. La obra de Godwin, publicada en 1638, quizás la primera novela de ciencia ficción, tuvo mucho éxito.

2. Breve biografía de nuestro hogar



Nuestro planeta, ¿es joven o viejo? Las estrellas, y también los planetas, tienen nacimiento, juventud, madurez y senescencia, pero son ciclos mucho más extensos de los que tienen las formas de vida, incluyendo la nuestra, que empleamos como referencia al tiempo.

La historia de nuestro planeta ha sido reconstruida mediante el estudio de la geología, la química, la física y el registro fósil. Antes de contar con evidencia científicamente comprobada, dominaban especulaciones de todo tipo, algunas tan famosas como las del arzobispo británico James Ussher, quien utilizando la Biblia estimó, en 1650, que la Tierra había sido creada en el año 4004 a. C. En los siglos XVIII y XIX, geólogos, naturalistas y hasta algún filósofo ofrecieron cifras que iban desde 75 000 hasta 180 000 años. No sería hasta el siglo XX y lo que ha transcurrido del XXI que se desarrollaron técnicas radiométricas que permitieron una aproximación más certera. Así, en la actualidad se estima que nuestro planeta se formó entre 4470 y 4540 millones de años (https://es.wikipedia.org/wiki/Edad_de_la_Tierra).

Sus primeras etapas fueron, sin duda, muy turbulentas. Elevadas temperaturas, una atmósfera inestable, reacciones químicas que dieron lugar a nuevos compuestos y gases. La historia del planeta ha sido clasificada en cuatro grandes eones y el primero de ellos, que duró unos 500 millones de años, se llama eón **Hadeano** y dominaban gases como nitrógeno, dióxido de carbono, amoníaco y metano, más tarde también vapor de agua. Mientras tanto, el planeta era bombardeado por asteroides y polvo. Casi que podríamos decir que ese Eón era realmente un infierno, pero gradualmente

se fue formando su núcleo con materiales más pesados como el hierro y el níquel, creando el campo magnético, mientras que los más livianos ocupaban la superficie que tendría una temperatura cercana a los 2000 grados centígrados y era bañada por la luz ultravioleta procedente del Sol. Durante esos primeros 500 millones de años y hacia el final del eón Hadeano la Tierra se enfría gradualmente y la temperatura se aproxima a unos 500 grados centígrados. Comienza a formarse la atmósfera, la corteza terrestre y las rocas más antiguas (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Los grandes períodos de la historia de la Tierra

<i>Eón</i>	<i>Millones de años</i>
Hadeano	4470–4000
Arcaico	4000–2500
Proterozoico	2500 a 500
Fanerozoico	500

El siguiente eón se denomina **Arcaico** e incluye los siguientes 1500 millones de años. Durante el mismo se forma la corteza terrestre y la temperatura, en su fase inicial, es menor a 100 grados centígrados, lo que permite la condensación del vapor de agua en agua líquida y la formación inicial de los océanos, que se estima se inició hace 4100 millones de años.

En el **Cuadro 3**, más adelante, se presenta una síntesis resumida de la clasificación de los lapsos geológicos y como podrá observarse, el número de divisiones aumenta en la misma medida en la que nos acercamos al presente. Esto es obvio, cuan más reciente el lapso, mejor lo conocemos y más detallada es la clasificación.

Como una de las referencias más importantes es la diversificación de las formas de vida, que ocurre a partir del Cámbrico, muchos estudiosos de la biología lo utilizan como un hito importante y se refieren a los períodos más antiguos del planeta como Pre-Cámbrico. Las primeras formas de vida aparecieron muy temprano en la historia del planeta, alrededor de 3,7 mil millones de años, aunque algunos investigadores sostienen que es probable que existieran hace 4,1 mil millones. Esto quiere decir, y no deja de ser sorprendente, que transcurrieron alrededor de 3000 millones de años antes del surgimiento de organismos más complejos, pluricelulares, hace 1200 millones.

Durante el Cámbrico, entre 550 y 600 millones de años atrás, ocurre una suerte de explosión de la vida. Las causas están aún bajo investigación y se han sugerido varias, como la fragmentación de un continente único en varias partes, el aumento en la concentración de oxígeno en la atmósfera, la ocurrencia de glaciaciones, etc., pero al final lo cierto es que 11 de los 20 grandes grupos de seres vivos existentes, llamados *phyla*, aparecen en este período, aunque existe evidencia de ancestros de seis de ellos durante el lapso anterior, el Ediacárico.

Cuadro 3. Clasificación geológica resumida

<i>Eón</i>	<i>Período</i>	<i>Millones de años atrás</i>
Hádico		4500
Arcaico		
	Eoarcaico	4500
	Paleoarcaico	3600
	Mesoarcaico	3200
	Neoarcaico	2800
Proterozoico		
	Sidérico	2500
	Riásico	2300
	Orosírico	2050
	Estratérico	1800
	Calímico	1600
	Ectásico	1400
	Esténico	1200
	Tónico	1000
	Criogénico	850
	Ediacárico	635
Fanerozoico		
	Cámbrico	538
	Ordovícico	485
	Silúrico	443
	Devónico	410
	Carbonífero	358
	Pérmico	298
	Triásico	252
	Jurásico	201
	Cretácico	145
	Paleogeno	66
	Neogeno	23
	Cuaternario	2,6

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Per%C3%ADodo_geol%C3%B3gico

Estoy consciente que no es fácil entender este largo proceso que ha llevado al planeta a su condición actual. No obstante, quizás lo más importante es saber que la Tierra ha cambiado, sigue modificándose y lo hará también en el futuro. Su estructura actual es bastante bien conocida gracias a diversas formas de análisis, desde luego la más externa, denominada corteza, es la mejor estudiada, allí están los continentes y los mares, así como todas las formas de vida que conocemos. La corteza es nuestro hogar (**Figura 3, Cuadros 4 y 5**).

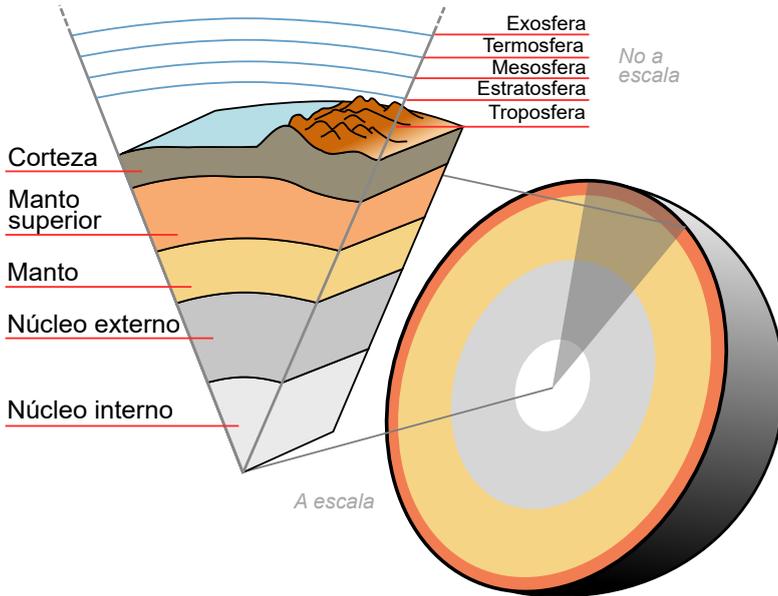


Figura 3. Estructura de la Tierra.

Fuente: De Vectorized and translated from the English version by Jeremy Kemp. Based on elements of an illustration by USGS. <http://pubs.usgs.gov/publications/text/inside.html> - Trabajo propio, Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2150547>

La corteza terrestre es muy delgada cuando la comparamos con las restantes capas, el Manto Superior, el Manto y los núcleos externo e interno. En efecto, la corteza representa apenas el 0,47 %, los mantos el 67,3, el núcleo exterior 30,8 y el interior 1,7. La corteza tiene una profundidad máxima de 70 kilómetros, el Manto se extiende hasta 2890 kilómetros de profundidad, el núcleo exterior que es líquido llega hasta 5150 y finalmente el núcleo interior constituido por hierro y níquel es sólido y llega a una profundidad de 6360 kilómetros.

También se emplea el término litosfera para la suma de la corteza y parte más superficial del manto, hasta unos 100 kilómetros de profundidad. La litosfera está formada por placas que se mueven sobre una banda del manto que es bastante plástica,

casi podemos decir que esas placas flotan y se desplazan continuamente. Los seres humanos ocupamos la corteza, esa es nuestra gran casa, nuestro hogar, el que debemos mantener y reparar.

Cuadro 4. Algunas características del planeta Tierra

<i>Característica</i>	<i>Valor</i>
Diámetro en el Ecuador	12 756,8 km
Diámetro en el polo	12 713,5 km
Duración de la rotación	23,9345 horas
Duración del año	365,256 días
Inclinación del eje	23°5'
Distancia al Sol	Entre 147 millones y 152 millones de km
Superficie	510,1 millones de km ²
Superficie líquida	361 millones de km ²
Superficie sólida	149 millones de km ²
Atmósfera	78 % nitrógeno, 21 % oxígeno, 1 % otros
Profundidad media de los mares	3,8 km
Espesor promedio de la corteza continental	35 km
Espesor promedio de la corteza oceánica	7 km
Espesor del manto	2900 km
Espesor del núcleo externo	2200 km
Temperatura media superficial	15 °C
Gravedad superficial en el ecuador	9,78 m/s ²

Fuentes diversas. Elaboración del autor.

Cuadro 5. Principales incendios forestales en 2019

<i>Zona</i>	<i>Hectáreas quemadas</i>	<i>Toneladas de CO₂</i>
Ártico	5 000 000	182 000 000
Rusia	15 900 000	700 000 000
Amazonia Brasileira	5 900 000	969 000 000
Australia	12 000 000	410 000 000
Indonesia	1 640 000	708 000 000
África	300 000 000	Sin datos

Fuente: Copernicus Atmosphere Monitoring Service/ECMWF. WWI.

Existen 14 placas mayores y 43 menores. En los bordes de las placas es mayor el vulcanismo, la orogénesis o formación de nuevas rocas y la sismicidad. Algunas placas se deslizan debajo de otras, pero también pueden chocar y formar montañas. Así, cualquier paisaje que observamos es el resultado del movimiento de esas placas, el vulcanismo, la erosión producida por la lluvia y el viento, las cicatrices causadas por el deslizamiento de masas de hielo, valles formados por los sedimentos que descienden de las montañas.

Hace unos 335 millones de años los continentes actuales estaban unidos en una enorme masa denominada Pangea que se fraccionó gradualmente y sus partes siguen en movimiento a velocidades que van desde unos pocos milímetros, hasta 12 centímetros por año.

Cada año se registran alrededor de 500 000 sismos, de los cuales percibimos apenas uno de cada 5 y solo unos 100 causan daños severos (https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/cool-earthquake-facts?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects). Existen 1350 volcanes activos y alrededor de 1200 adicionales que han tenido actividad en los últimos 10 000 años. La actividad volcánica más intensa se ubica en un amplio cinturón alrededor del mar Pacífico. Sin embargo, no todos los volcanes están asociados a las placas, existen también zonas con fisuras por donde puede subir el magma (**Figura 4**).

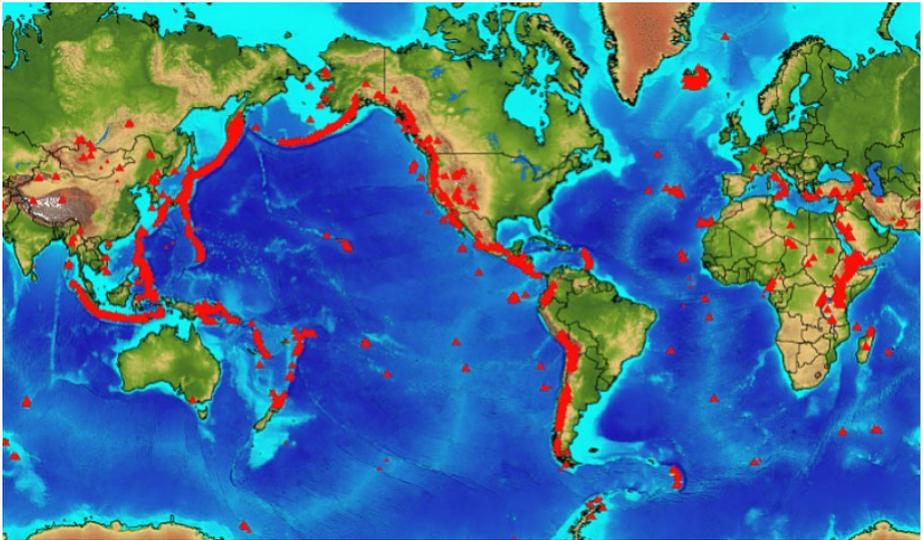


Figura 4. Distribución actual de los volcanes.

Fuente: <https://tresorderecursos.com/es/type/image/>

Los volcanes submarinos se pueden transformar en islas y también pueden desaparecer. Sin embargo, no solo la actividad geológica del planeta y el clima, configura la base de los paisajes que observamos, también diversas formas de vida participan en su dinámica. Entre las más evidentes se encuentran las islas y archipiélagos formados por el crecimiento de los corales o las llanuras formadas por depósitos de plantas y animales muertos que fueron llenando el fondo de un lago.

A lo largo de tiempo, el clima también ha dejado sus huellas en la corteza terrestre. Un ejemplo son las glaciaciones, término empleado para señalar períodos en los cuales extensiones mayores o menores del planeta han quedado cubiertas por hielo. Las causas más importantes parecen ser cambios en la órbita del planeta, la composición de la atmósfera y la dinámica de las placas tectónicas, sin descartar variaciones en la actividad solar, grandes erupciones volcánicas y el impacto de meteoritos. Las glaciaciones han causado reducción en el nivel del mar y la más reciente, grandes alteraciones en la geografía del norte de América, Europa, Asia y Australia. Los glaciares en la actualidad se extienden por 14,9 millones de kilómetros cuadrados (10 % de la superficie terrestre) y se estima que llegaron a cubrir alrededor de 44 millones, es decir, alrededor del 30 %. La última glaciación registrada se denomina Wurm y se inició hace unos 110 000 años y concluyó hace apenas 12 000. Durante la misma, el descenso de los mares determinó la existencia de puentes entre Asia y América, así como entre Australia, Tasmania, Filipinas e Indonesia que les permitieron a nuestros ancestros colonizar amplias zonas del planeta.

El clima

Hoy me aproximo a la ventana y observo la cordillera que domina la ciudad donde vivo. Estamos a mediados de la estación de lluvias y la vegetación tiene un verde llamativo. Por encima de los 1300 metros hay algunas nubes dispersas, la temperatura es de unos 22 °C y probablemente llegará a 26 en las primeras horas de la tarde y descenderá a 18 en la noche. Mi ciudad está en el trópico y a una elevación de 900 metros sobre el nivel del mar y durante buena parte del año será barrida por vientos suaves procedentes del este. Mi apreciación es que vivo en un sitio con buen clima, pero y lo que hoy observo más que el clima, es el *llamado estado del tiempo*.

Clima es la palabra que empleamos para describir el resultado de muchos fenómenos naturales que relacionamos con nuestro punto de vista como seres humanos. Así, coloquialmente nos referimos a buen clima cuando esa colección de eventos nos resulta confortable o adecuado a nuestras actividades y mal clima cuando ocurre lo contrario. El clima de una determinada región se encuentra definido estadísticamente por la presencia e interacción de muchas variables como la temperatura, la humedad relativa, las lluvias, los vientos, la presión atmosférica, la altitud, la distancia al ecuador y la época del año, y todo ello por lapsos prolongados. Para períodos breves, como días o semanas, se utiliza más el *tiempo atmosférico* o el *estado del tiempo*.

En nuestro afán por clasificar todo lo que nos rodea, es usual la referencia a cinco tipos principales de clima que son *tropical*, *seco*, *templado*, *continental* y *polar*. La gran mayoría de los seres humanos, a pesar de su gran capacidad de adaptación, vive en las zonas de clima templado, tropical y continental, y muy pocos en las áreas de climas extremos como el polar o el seco, como los desiertos. Lo mismo ocurre con la flora y la fauna, que es más diversa hacia el ecuador y menos hacia los polos. Aunque esas zonas están definidas por valores promedio sobre lapsos prolongados, en cada una de ellas existen variaciones locales o microclimas definidos por la orografía, la altitud sobre el nivel del mar, los vientos y otros factores. El clima, como lo observamos en la actualidad, es el resultado de un proceso tan extenso como la edad del planeta. La flora y la fauna actual, así como la diversidad de los ecosistemas, son el resultado de la influencia del clima y de la evolución de la vida.

El crecimiento de la población humana, que ya supera a los 8 000 000 000 de habitantes y la intensidad de sus actividades están modificando el clima y el término usual que se ha vuelto muy popular, es el de *cambio climático*, que ocurre tanto a nivel local, como global.

Cada persona tiene una *huella de carbono*, es decir, la suma de las actividades que realiza, como transporte, los servicios que recibe (electricidad, agua, gas, telefonía, etc.) y lo que consume (alimentos, ropas, muebles, etc.), ya que todos, en su producción, procesamiento, transporte y preparación final, generan gases de invernadero o alteran el ciclo natural de los mismos (**Figura 5**). Hasta hace unos 100 000 años, los seres humanos, que eran unos cuantos cientos de miles, dispersos sobre una amplia geografía, una especie más entre varios millones, poco influían sobre el clima global, la geografía y los recursos que explotaban para sobrevivir. Pero 10 000 años atrás se inició un proceso que nos llevó a ser los conquistadores del planeta. Conquistar siempre es más fácil que gobernar y el gran reto de la humanidad en el siglo XXI, no es otro que gobernar bien lo que conquistamos a lo largo de la historia de nuestra especie.

Sin la intervención humana, el ciclo del carbono y en consecuencia el de su gas, el CO₂, podría ser relativamente estable. Es decir, que se capta más o menos la misma cantidad que se produce y en ese proceso la vegetación y los mares juegan un papel importante. Ahora bien, persiste un debate en torno al cambio climático. Algunos señalan que es parte de un ciclo natural y que en el planeta más de una vez ha aumentado la temperatura y también la concentración de CO₂. Otros, y yo me atrevería a señalar que son la mayoría, señalan que ha sido la actividad humana de los últimos dos siglos la responsable. Pero creo que el tema esencial no es quién tiene la razón, **sino qué podemos y debemos hacer**.

Si el ciclo es natural, pues no debemos empeorarlo y si ha sido inducido por la actividad humana, pues entonces es mucho lo que podemos hacer. Yo me inclino por la segunda explicación: el cambio, o al menos una parte del mismo, parece ser

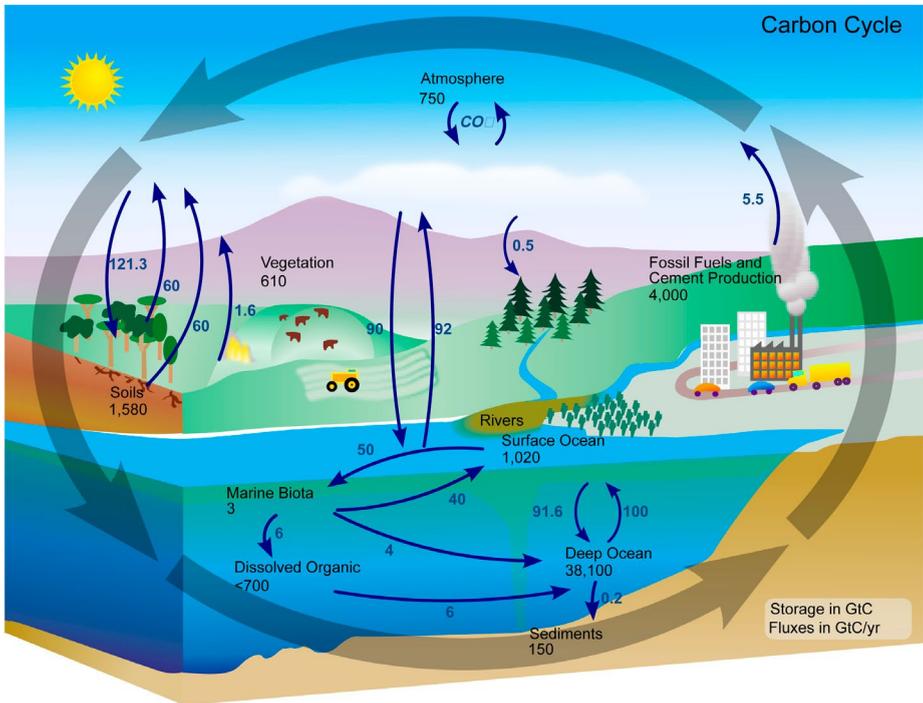


Figura 5. El ciclo del carbono.

Fuente: Wikipedia, 2023. https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_carbono

antropogénico y además del cambio en el clima, hay otras cosas importantes de que ocuparnos como la contaminación del aire, el suelo y el agua. Así, aunque no podamos incidir sobre el clima en su totalidad, sí podemos respirar aire más limpio, contaminar menos los cuerpos de agua, mantener la diversidad de la fauna y la flora, mejorar los suelos, reforestar y, en fin, cientos de actividades para vivir en un mundo mejor.

No obstante, en los últimos 10 000 años, todo cambió. Los humanos domesticaron animales y comenzaron a practicar la agricultura. Con una fuente recurrente de alimentación, su número creció con rapidez. Enormes extensiones han sido deforestadas para ser empleadas para la agricultura y la ganadería, alterando la temperatura y el régimen de lluvias, y en algunos casos determinando procesos de desertificación, deslaves, incendios forestales, sedimentación de los ríos y lagos y contaminación con sustancias químicas. Además, al eliminar la vegetación se altera el ciclo natural de captación de CO_2 . Más tarde, apenas hace un par de siglos, los seres humanos comenzamos a desarrollar industrias y dominar fuentes de energía fósil como carbón y petróleo. Al final estamos produciendo grandes cantidades de los llamados gases de invernadero, que son vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4) y ozono (O_3) que modifican la atmósfera y tienen como resultado

final un aumento en la temperatura promedio global, que a su vez causa alteraciones en los vientos, las lluvias y hasta en el nivel del mar al derretirse los glaciares.

Los cambios en el clima tienen efectos sobre la flora y la fauna, a veces favorables para su proliferación y persistencia, otras veces, por el contrario, pueden determinar lo opuesto, es decir, la extinción. Ese es un fenómeno bastante bien documentado en el registro fósil, pero no siempre bien entendido en sus detalles. Cambios en el clima son parte de la explicación, pero también la competencia con otros organismos pudo haber jugado un papel importante. Pero nuestra preocupación actual tiene que ver con el papel de los humanos y las alteraciones derivadas de su actividad que, al conquistar y modificar grandes espacios, han causado la destrucción del hábitat natural de muchas especies.

Fueron necesarios unos 4500 millones de años para crear ese complejo sistema interdependiente entre la materia abiótica y la vida en nuestro planeta, del mismo disfruta y depende la existencia y persistencia de nosotros, los descendientes de aquellas dispersas comunidades de hace varios miles de años, que evolucionaron, biológica y culturalmente hasta hacerse los amos del planeta. Ahora no debemos destruirlo.



No es fácil señalar con precisión cuando apareció la vida en nuestro planeta y la indagación científica ofrece creciente evidencia sobre su origen y nuevas hipótesis que alteran hasta nuestra definición de vida. Es tan variada y compleja que no es fácil encontrar las palabras apropiadas para definirla. Sin embargo, en lo cotidiano la mayoría de los seres humanos saben lo que es a través de la simple comparación con lo que no está vivo. Una roca no camina, ni se reproduce y aunque cambie a lo largo del tiempo, no puede escapar al efecto de la lluvia o el viento. Carece de metabolismo. Sin embargo, cuando profundizamos en la búsqueda de una definición de la vida, complejos, como somos los seres humanos, nos vamos a sumergir en muchos mundos distintos como el de la filosofía, las religiones o en la física y la química, y entonces terminaremos con muchas ideas e hipótesis sobre la vida.

Es probable que las primeras formas de vida surgieran en los mares y, aunque hay muchas definiciones, quizás la de mayor aceptación es la que la concibe como la existencia de estructuras moleculares capaces de desarrollarse, permanecer en un ambiente donde responden a estímulos y tener la capacidad de reproducirse. La evidencia encontrada hasta la fecha apunta hacia el surgimiento de las primeras formas de vida entre 3480 millones de años en forma de tapetes microbianos en piedras areniscas de Australia y 3700 millones como los estromatolitos en Groenlandia. Es decir, poco después de la formación de los primeros mares, que ocurrió hace aproximadamente 4400 millones de años. En el año 2017 se descubrieron microorganismos fósiles en rocas verdes de Canadá que datan de hace 4280 millones de años. No obstante, con

las nuevas tecnologías y los nuevos enfoques se conocerá cada vez mejor sobre las más antiguas expresiones de vida.

Existe consenso entre los estudiosos del tema sobre la existencia de un ancestro común, ya que todos los seres vivos poseen ADN como sustrato genético formado por cuatro bases nitrogenadas que son adenina, guanina, citosina y timina. Pero no hay mucho acuerdo sobre todas las propiedades de ese hipotético ancestro, salvo que poseía una membrana, aminoácidos, lípidos y proteínas, así como la capacidad de captar energía y procesarla, seguramente era también muy pequeño y capaz de reproducirse. También existe consenso en que las formas más antiguas eran **procariontes**, es decir, que carecían de un núcleo y por consiguiente el material genético no estaba concentrado, si no difuso y son clasificados en dos grandes grupos, las bacterias y los arquea, estos últimos suelen estar en ambientes extremos. Algunos millones de años más tarde aparecen los **eucariontes**, es decir, células con el material genético concentrado en un núcleo y de ellos derivan los protistas, las plantas, los hongos y los animales (**Figura 6**).

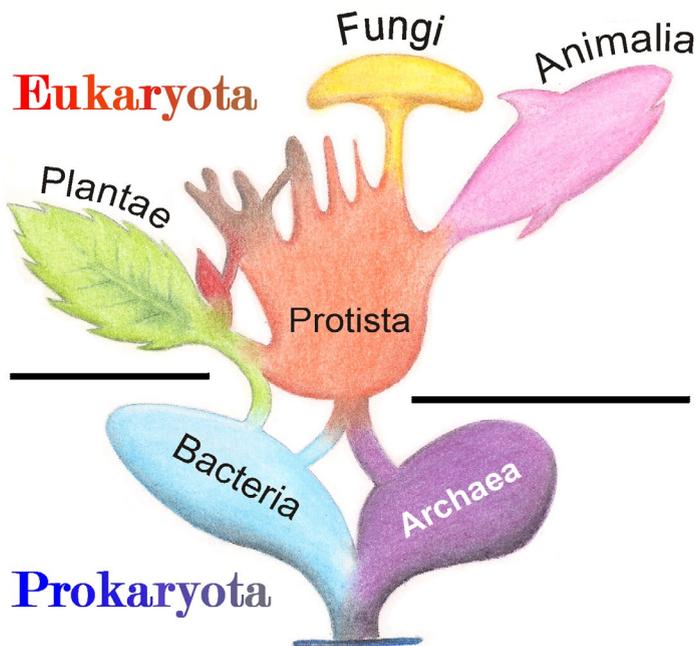


Figura 6. Diagrama simplificado de la filogenia de los grandes grupos.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9lula_procarionta. Autores: De Maulucioni y Doridí - Trabajo propio, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25888693> Bajo licencia de Creative Commons.

Los procariontes fueron las formas de vida dominantes durante más de 2000 millones de años hasta la aparición de los eucariontes entre 2000 y 1500 millones de años atrás. El surgimiento de los eucariontes fue uno de los mayores cambios evolutivos registrados desde la aparición de la vida en el planeta y vino acompañado por otro evento de enorme importancia y ese fue el incremento en el oxígeno atmosférico.

Las bacterias que cambiaron el planeta

Por millones de años, organismos procariontes como las cianofíceas o cianobacterias, (Figura 7) llamadas algas verde-azules, pero que realmente son bacterias, fueron modificando la atmósfera a través de la emisión de oxígeno. Son de las formas de vida más antiguas y se estima que se originaron hace unos 3700 millones de años. El proceso de enriquecimiento de oxígeno se aceleró unos 2700 millones de años atrás y determinó dos grandes cambios, por una parte, la extinción de numerosos organismos procariontes, que a diferencia de los eucariotas, en ellos el oxígeno no es aprovechable para su existencia, por la otra, la creación de condiciones para la evolución de aquellos organismos para quienes el oxígeno es esencial, como es el caso de los eucariontes.

Cyanophites

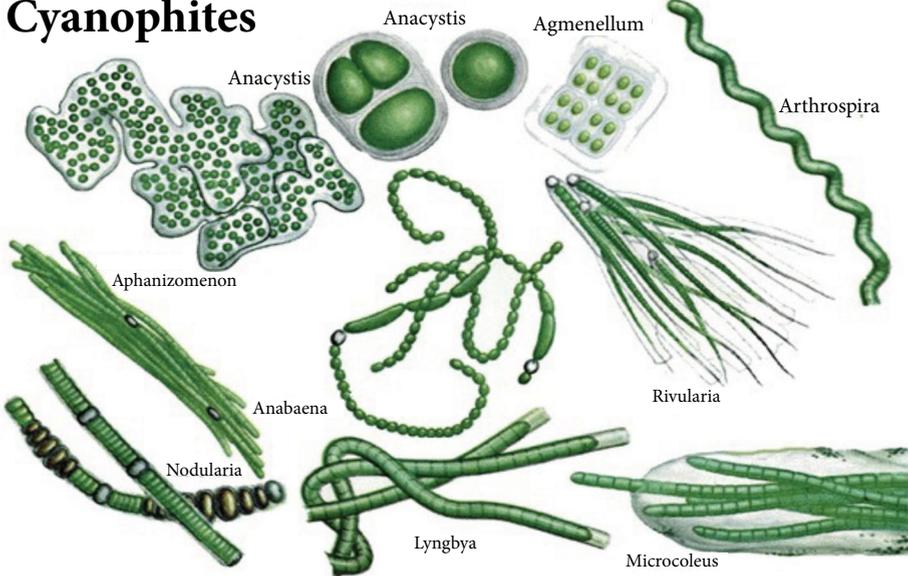


Figura 7. Diversidad de las cianofitas o cianobacterias.

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM (<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/32132/secme-18510.pdf?sequence=1&isAllowed=y>)

En las cianofíceas se encuentra el origen de la fotosíntesis. Las cianofíceas han sido motivo de creciente interés en los últimos años y se conocen miles de especies diferentes que ocupan los ambientes más diversos: la mayoría son marinos o dulceacuícolas, pero también han sido encontrados en el suelo, en las aguas subterráneas, interior de las rocas y ambientes extremos, jugando un importante papel en la captación de nitrógeno atmosférico, como sumideros de CO_2 , productores de metano, integrantes del plancton, generadores de toxinas y sin duda alimento de muchos organismos. Además, se han diversificado de tal suerte que existen de vida libre, epifitas, parásitos, simbioses, formadores de colonias, amén de una gran variación morfológica. El estudio de estas bacterias, de su genética, bioquímica, fisiología, etc., está abriendo nuevas rutas para entender la evolución.

La extraordinaria fotosíntesis

Sería difícil imaginar la vida en nuestro planeta sin la fotosíntesis, un proceso extraordinario que consiste en la transformación de materia inorgánica en orgánica gracias a la energía de la luz solar. La fotosíntesis ocurre en algas, cianobacterias y otras bacterias en el medio acuático y en las plantas en el medio terrestre. Cada año estos organismos fijan alrededor de 100 millones de toneladas de carbono en nueva materia orgánica que es imprescindible para la existencia de la vida. La fotosíntesis es un proceso muy complejo donde la energía lumínica se transforma en energía química y se van formando moléculas orgánicas como el trifosfato de adenosina o ATP, por sus siglas en inglés, y nicotinamida adenina dinucleótido fosfato o NADPH que participarán en la síntesis de carbohidratos.

Los organismos *fotoautótrofos* o *autótrofos* capturan el CO_2 atmosférico y obtienen oxígeno del agua que luego es liberado (en sentido estricto, el agua provee de poder reductor –electrones– y la producción de O_2 es producto de la fotólisis), es decir, ocurre una fotosíntesis oxigénica. Sin embargo, algunas bacterias purpúreas y verde-azuladas, en lugar de oxígeno, toman del ambiente sulfuro de hidrógeno y liberan azufre en lugar de oxígeno y ese tipo de fotosíntesis es designada como *anoxigénica*. La materia orgánica derivada de la fotosíntesis será luego la fuente de energía y alimentación de millones de organismos como los animales, los hongos y algunas bacterias que son designados como *heterótrofos*.

Nótese que la fotosíntesis depende de factores externos (ambientales) como las concentraciones de oxígeno, agua, CO_2 , de la temperatura e intensidad lumínica, además de los procesos bioquímicos particulares de los organismos mismos. En la **Figura 8** se ilustran, a grandes rasgos, esas diferencias en nuestro planeta, tanto en el medio acuático como en el terrestre.

En la imagen se percibe como la intensidad de la fotosíntesis es mayor en los bosques, menor en los desiertos, elevada en los mares intertropicales para luego disminuir hacia los polos. El balance de los factores que definen la vida en el planeta están asociados

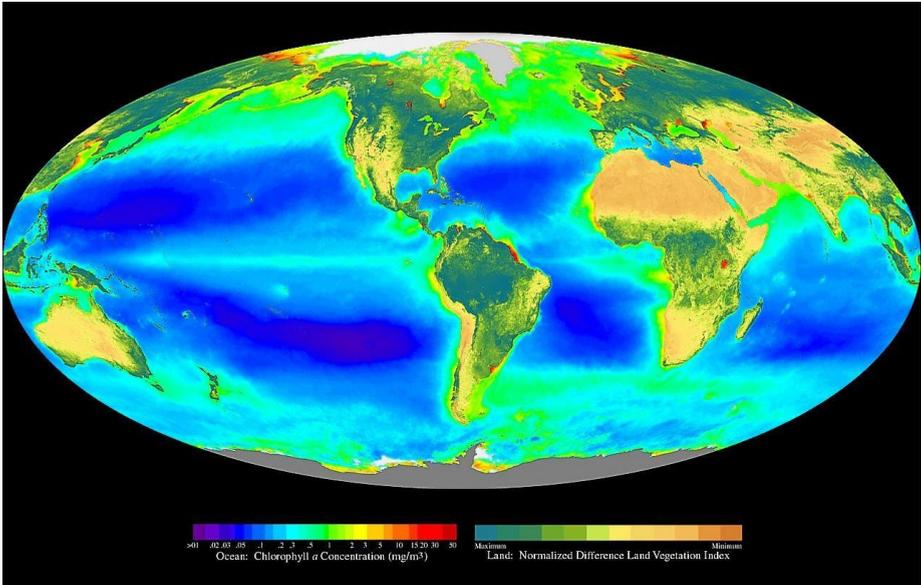


Figura 8. Intensidad de la fotosíntesis en el planeta.

Fuente: Provided by the SeaWiFS Project, Goddard Space Flight Center and ORBIMAGE <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS/BACKGROUND/Gallery/index.html> and from en:Image:Seawifs global biosphere.jpg. Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=387228>

a la fotosíntesis. Buena razón para conservar bosques, reforestar y contar con mares y cuerpos de agua dulce libres de contaminación.

Los bosques del mundo

No es fácil saber cuántos árboles existen en nuestro planeta. Un estudio reciente de la Universidad de Yale, encabezado por Thomas Crowther (T.W. Crowther *et al.* Mapping tree density at global scale, *Nature*, **525**, 201-205 (2015), concluyó señalando que en la Tierra existen alrededor de 422 árboles por cada ser humano, pero también estimaron que cada año se eliminan alrededor de 15 000 000 000 árboles y es probable que, en los últimos 10 000 años, alrededor del 46 % de los bosques hayan desaparecido por la actividad humana. Los bosques son indispensables en la regulación climática, el régimen de lluvias, la protección de las fuentes de agua dulce y el mantenimiento de la diversidad biológica. En pocas palabras, de los bosques depende en buena medida la vida en el planeta.

El desarrollo de los bosques actuales comenzó hace unos 400 millones de años y obviamente su composición y extensión han cambiado continuamente. Los primeros árboles eran helechos arborescentes, equisetos y licofitas que proliferaron en el período carbonífero hace 358 millones de años. Después aparecieron las coníferas y otras

plantas gimnospermas durante el Triásico, 252 millones de años atrás, y finalmente las angiospermas, o plantas con flores, que junto a las coníferas son la flora dominante actual que se desarrolla desde el Cretácico, es decir en los últimos 145 millones de años (<https://www.dinosaurios.wiki/la-era-mesozoica/periodo-cretacico/>).

Buena parte de nuestros alimentos, así como de las empleadas para el consumo animal, procede de los bosques y sabanas, así mismo, cientos de plantas han sido empleadas como medicamentos o para el ornato de nuestros parques, jardines y viviendas.

Cuando nuestros ancestros, escasos en número y dispersos sobre una amplia geografía, comenzaron a desarrollar las prácticas agrícolas, no pensaron que 10 000 años después iban a causar un desastre de tal magnitud que atenta contra su propia existencia. Para esos grupos, tomar una pequeña fracción de un bosque que les parecía infinito y capaz de regenerarse, era un asunto de supervivencia inmediata sin graves consecuencias. Y así fue por los primeros milenios de la revolución neolítica hasta que las pequeñas tribus fueron creciendo en número y adoptando una organización más compleja que incluía nuevas profesiones y códigos, mientras demandaban más tierras y agua para el riego. Los primeros impactos negativos sobre los bosques y el ambiente se registraron en sitios de elevada concentración humana como las cuencas del Tigris y del Éufrates, que, rodeadas de desiertos, eran atractivas y allí aparecieron las primeras tecnologías para la administración del agua, como diques y canales, el cultivo de cebada y luego del trigo. La deforestación se realizó para ampliar las zonas de cultivo y la cría de animales. Madera para la construcción de viviendas, carretas, energía para cocinar y más tarde navíos para el comercio.

Las huellas de la actividad humana aún se perciben en las cuencas del Tigris, del Éufrates y del Nilo: desaparición de bosques, inundaciones, salinización de los suelos, entre otras. Otras zonas bien estudiadas son Teotihuacán, que fue ocupada por 3000 años y con mayor intensidad desde el año 1000 a. C. dejando evidencia de deforestación, inundaciones y erosión, lo que no sorprende, ya que para los siglos III y IV de nuestra era, la población superó los 100 000 habitantes. Ciertos autores han sugerido que el colapso de algunas antiguas ciudades-estado del mundo maya en los siglos VIII y IX, ocurrió más por agotamiento de recursos que por otras razones, aunque no faltan hipótesis asociadas a epidemias, alteraciones de las rutas de comercio, sublevaciones, un lapso prolongado de sequía, o una combinación o una combinación de los anteriores.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) recaba regularmente información sobre el estado de los bosques y propone soluciones para conservarlos y reponerlos. Así, para el año 2022 (<https://www.fao.org/documents/card/fr?details=CB9360ES>) el 31 % de la superficie terrestre estaba cubierta de bosques, equivalentes a 4060 000 000 de hectáreas, y la buena noticia es que la tasa de deforestación ha disminuido en los últimos años. Aun

así, en el lapso 2000-2020 desaparecieron 47 000 000 de hectáreas de bosque. Como el 73 % de los bosques son de propiedad pública y apenas el 23 % son privados, la principal responsabilidad de conservarlos recae sobre los gobiernos. En la actualidad, más de 700 000 000 de hectáreas están protegidas legalmente, pero muchos gobiernos tienen dificultades para realizar una supervisión eficiente.

La diversidad biológica terrestre depende fundamentalmente de los bosques que albergan el 80 % de los anfibios, el 75 % de las aves y el 68 % de los mamíferos conocidos. Cifras similares son proyectadas para las plantas y otros organismos como los insectos.

Las plantaciones forestales, que son de diversos tipos, cubren en la actualidad apenas 297 000 000 de hectáreas, el 7 % del total de las poblaciones crece del 1 % anualmente, cifra que podría ser mucho mayor con políticas públicas más eficientes. Sin embargo, la FAO registra un incremento importante en la plantación de árboles en zonas urbanas y periurbanas, así como en los sistemas de producción agroforestales que ya ocupan alrededor de 47 millones de hectáreas. En muchos países, la FAO y algunos gobiernos promueven sistemas de producción forestal y agrosilvopastoril que con frecuencia son más rentables y sostenibles que los monocultivos o la cría de ganado en ausencia de árboles.

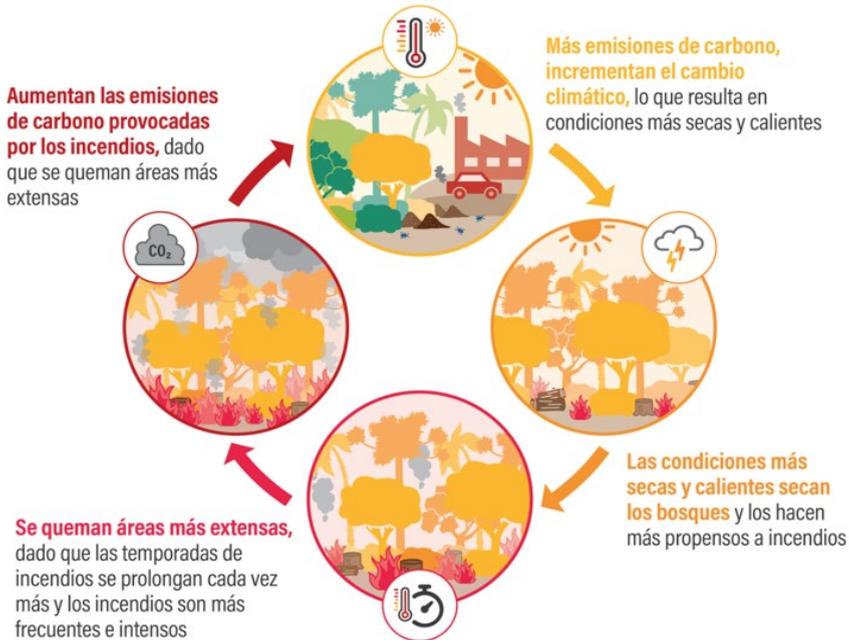
Existen grandes retos para la conservación de los bosques o la restauración de zonas degradadas. En efecto, el 90 % de la deforestación es producto de la ampliación de las zonas de producción agrícola y ganadera para la producción de alimentos y el resto por la explotación de madera, en particular en los países más pobres.

Por otra parte, existen 2 200 000 000 de tierras degradadas, de las que no menos de 1 000 000 000 pueden ser reforestadas o recuperadas para establecer sistemas de producción agroforestales. Esto implica enormes inversiones a mediano plazo, pero la FAO estima que el gasto en estos procesos es recuperable y puede ser una importante fuente de trabajo y beneficios económicos, además de incrementar la producción de alimentos y simultáneamente contribuir a la reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero.

La ampliación de la frontera agrícola no es la única causa de la deforestación, aunque sí la más importante. Existen otras agresiones contra los bosques y entre ellas destacan tres: 1. la extracción de leña para cocinar y calefacción, cosa que suele ocurrir en países muy pobres o en zonas rurales carentes de servicios de gas o electricidad; 2. El desarrollo de infraestructuras como represas, canales de riego, vías férreas, carreteras, explotación minera, oleoductos, obviamente nuevas viviendas y canteras. Tampoco podemos obviar las guerras con sus bombas incendiarias, tanques y hasta en alguna oportunidad, el empleo de sustancias químicas para eliminar la vegetación y, finalmente, 3. Los incendios forestales, accidentales o provocados (**Figura 9**).

Sin embargo, en las últimas décadas nuevas tecnologías han incrementado el rendimiento agrícola por hectárea, haciendo cada vez menos necesario eliminar

Ciclo de retroalimentación entre el clima y los incendios



Fuente: Global Forest Watch.
22.08.01



WORLD RESOURCES INSTITUTE

Figura 9. Incendios y clima.

Fuente: World Resources Institute, 2023 (<https://es.wri.org/insights/los-ultimos-datos-lo-confirman-los-incendios-forestales-estan-empeorando>).

bosques para aumentar la producción de alimentos. También debemos destacar que en algunos países existen normas que obligan a la reforestación cuando se ha eliminado parte de un bosque para la construcción de ciertas infraestructuras, pero a veces no se cumplen o se reforesta con plantas inadecuadas. En otras ocasiones, los gobiernos toman decisiones animadas por la economía o los grupos de poder, ese ha sido recientemente el caso del bosque amazónico, donde se amplió notablemente la frontera agrícola y ganadera bajo la mirada complaciente de un gobierno irresponsable en lo ambiental.

Incendios forestales

Una amenaza importante son los incendios forestales, algunos espontáneos, pero la mayoría, alrededor del 90 % son producto de la intervención humana. Los bosques son grandes reservas de carbono y cuando se queman emiten cantidades significativas de

CO₂ a la atmósfera. Estas emisiones son mayores cuando existe turba en los suelos del bosque.

Existe una relación entre la temperatura, la sequía, los incendios forestales y anomalías en las precipitaciones: así, entre 2019 y 2023 se han registrado elevadas temperaturas y sequías en distintos lugares del planeta, acompañados de incendios de gran magnitud, como los señalados en el **Cuadro 5** Los incendios en la Amazonia, Rusia, Australia y California y en 2023, en Hawái, España, Portugal, Canadá, Grecia y varias islas del Mediterráneo, recibieron una gran cobertura en los medios, por el contrario, los de África, más numerosos y menos difundidos, han sido ignorados. En julio de 2023 se registraron las temperaturas más elevadas, desde que existen registros, en varios países. Al mismo tiempo, tormentas inesperadas barrieron a España, Grecia, Turquía y Libia. En este último país miles de personas perdieron la vida.

Los distintos organismos preocupados por el tema ambiental y el cambio climático sugieren el desarrollo de políticas públicas comunes y entre ellas destacan la gestión forestal colectiva que consiste en organizar y capacitar asociaciones de productores para rescatar bosques o aplicar nuevas técnicas como la agroforestería, así como planes llamados de fiscalidad verde con subsidios o eliminación de impuestos para quienes estimulen la gestión forestal. Naturalmente, el tema educativo con respecto a los bosques debe extenderse y ser parte permanente de los planes de estudio en todos los países.

Bosques y la salud

No son novedosos los estudios sobre la relación entre los bosques y otros ecosistemas terrestres y la salud humana. Desde hace mucho tiempo es bien conocida la relación entre la deforestación y la malaria por dos buenas razones. La primera es la alteración del ambiente por la actividad humana al crear encharcamientos temporales que son criaderos de mosquitos del género *Anopheles*. La sustitución del bosque por la minería incontrolada es una causa bien conocida del incremento de la malaria. La segunda es el contacto creciente entre la población humana y la fauna, ya que existen enfermedades que pueden pasar de los animales al hombre por varias vías que van desde el contacto directo con los mismos, su consumo o la transmisión a través de insectos y otros artrópodos hematófagos. Además de la malaria, que afecta cada año a millones de personas, existe evidencia que señala que el origen de varios virus está asociado a la fauna de los bosques. Ese es el caso de la reciente pandemia de COVID-19, así como el HIV procedente de orangutanes de África central, de los brotes de Ébola, el llamado virus de Marburgo, procedente de otro mono y otras virosis. Así mismo, existe evidencia del mantenimiento del virus de la fiebre amarilla en poblaciones de monos en América del Sur y África, y de la bacteria responsable por la peste bubónica, principalmente en roedores, en varios sitios del mundo.

Los humedales o pantanos apenas cubren el 3 % de la superficie terrestre, pero captan y almacenan, en forma de turba, enormes cantidades de carbono. Por siglos se ha explotado la turba para ser empleada como combustible y muchos humedales han sido secados para ser cultivados. En la actualidad hay numerosos proyectos destinados a recuperar los humedales.

4. *Homo sapiens*, ancestros y evolución



La palabra **conquistar** tiene en nuestro idioma varios significados. Uno de ellos, quizás el más común, se refiere a la adquisición de un territorio o una población, a través de la violencia. En cambio, también significa «conseguir algo generalmente con esfuerzo, habilidad o venciendo algunas dificultades» como reza en el diccionario. Así, cuando nos referimos a la **conquista** por parte de los seres humanos, nos referimos al esfuerzo y la habilidad con los que hemos adquirido control sobre el espacio físico y los recursos naturales del planeta, cosa que ningún otro organismo ha podido hacer en la misma escala. Ciertamente es que cada organismo ocupa un territorio y de un modo u otro utiliza recursos para sobrevivir, pero ninguno posee la capacidad de construir herramientas, innovar permanentemente, hacer predicciones, construir ciudades, desarrollar medicamentos y transformar tan profundamente el ambiente que ha ocupado.

La mayoría de los mamíferos son territoriales, controlan y dominan un determinado espacio físico, lo defienden de intrusos y así garantizan recursos para el grupo. Sin embargo, los seres humanos van más allá, conquistan nuevos espacios, aunque el ocupado les provea de los recursos necesarios. Podríamos decir que poseemos genes de conquista, o más bien que la conquista se ejecuta, porque tenemos la capacidad de prever eventos e imaginar escenarios, así como la capacidad de mantener vivos los recuerdos, primero a través de la tradición oral y luego mediante imágenes y escritura. Desde luego, esa conquista no formó parte de un plan o proyecto preconcebido, pero sí la consecuencia del proceso evolutivo que gradualmente dotó a nuestra especie y sus sociedades, de ciertas habilidades especiales.

Si bien es cierto y asaz comprobado que compartimos una elevada proporción de nuestros genes con otros simios, nuestros parientes más cercanos, también contamos con buen número de características que nos hacen diferentes. Hace unos seis o siete millones de años nuestros ancestros evolucionaron, generando una línea filogenética, cada vez más compleja, como lo indican muchos fósiles, que finalmente concluye en nuestra especie. Los principales cambios morfológicos fueron una postura bípeda, que dejaron las manos libres, la oposición del pulgar y un cerebro que aumentó gradualmente.

Pero, ¿cómo ocurrieron esos cambios? ¿Podemos relatarlos con certeza? No en su totalidad, ya que reconstruir el pasado nunca es fácil, pero cada día los investigadores encuentran nuevas evidencias gracias a muchas tecnologías modernas.

Me tomo la licencia de usar un poco la imaginación: la sequía y el intenso calor había causado que una pequeña franja de pasto seco se incendiara debido a los rayos de una tormenta eléctrica que anunciaba el comienzo de la estación de lluvias. El caminante ya había probado la carne de un pequeño animal que había sido víctima del fuego y descubrió que era más tierna y con mejor gusto que cuando la comía cruda, y además descubrió que había tardado bastante en descomponerse. Tomó unas ramas secas y colocó las puntas en el fuego y cuando comenzaron a quemarse las llevó al campamento. Como había visto que el viento avivaba las llamas, sopló con fuerza mientras añadía ramas y pasto seco sobre las que había llevado al campamento hasta que surgieron nuevas llamas. No era la primera vez que lo hacía, pero no había tenido éxito, pero era persistente y en esta oportunidad el éxito lo acompañó gracias a que la distancia entre el pasto llamas y el campamento era muy corta. De lo anterior no tenemos prueba alguna, tan solo me imagino que así fue el evento que determinó que uno de nuestros ancestros, empleara el fuego para cocinar. Lo que sí parece cierto es que hace 780 000 años ya se cocinaban alimentos como se descubrió recientemente (doi: <https://dx.doi.org/10.1038/s41559-022-01910-z>).

Lo más interesante de este descubrimiento es que el *Homo sapiens* aún no había aparecido, ya que la evidencia señala que los fósiles más antiguos de nuestra especie tienen entre 300 000 y 160 000 años. De ser cierta la fecha de Gesher Benot, la cocción de alimentos y probablemente el mantenimiento del fuego, ya era practicada por ancestros, quizás australopitecinos (<https://www.lavanguardia.com/cultura/20221115/8607803/primera-evidencia-fuego-cocinar-esta-israel-780-000-anos.html>). Controlar el fuego fue una gran revolución tecnológica.

Antes de comenzar la aventura del fuego, quizás unos 3000000 de años atrás, ocurrió otro evento importante y ese fue aprender a labrar piedras para romper y cortar. No obstante, lo que se quiere destacar aquí es que el dominio sobre el fuego, la cocción de alimentos y la construcción de las primeras herramientas marcó el punto

de partida de varios procesos asociados. Uno es el control sobre una forma de energía y el otro la ampliación de la dieta al poder, cortar, romper, cocinar y finalmente ingerir alimentos que, de otro modo, serían indigeribles. La omnivoría que nos caracteriza, acompañada por el dominio del fuego y la capacidad de construir herramientas, aumentó significativamente la diversidad de la dieta y la eficiencia en la explotación de los recursos naturales, así como incremento en la probabilidad de supervivencia y crecimiento de la población.

Nuestros ancestros, como muchos otros simios, formaban grupos y con certeza tenían formas de comunicación entre ellos, así como alguna forma de organización. Sin embargo, aunque se puede inferir bastante sobre su vida social a través de objetos y fósiles, en los últimos dos o tres millones de años, es casi imposible tener certeza sobre los detalles de cada organización por falta de evidencia.

Los fósiles nos dicen que mientras algunos, como los Australopitecos y los *Paranthropus* permanecieron en África, junto a otros que, ubicados en el género *Homo*, son nuestros ancestros directos. Una rama del *Homo*, migró hasta Europa y Asia hace aproximadamente un millón de años, pero el hombre actual, de acuerdo a la evidencia, tuvo su origen en África unos 300 000 años. Nuestra filogenia no es una línea recta, es un árbol con muchas ramas y hace dos y tres millones de años coexistían no menos de 9 homínidos diferentes, como se aprecia en la **Figura 10**, aunque nada sabemos sobre las eventuales interacciones entre ellos.

En pocos años el análisis de nuestros ancestros se ha profundizado y el estudio anatómico de los fósiles se ha enriquecido con técnicas cada vez más depuradas que permiten comparar el ADN obtenido de huesos y dientes. Esto permite medir las distancias genéticas entre los distintos fósiles. Existe cierto consenso entre los expertos que los homínidos más recientes son *Homo habilis*, *Homo ergaster* y *Homo erectus*, seguidos por *Homo heidelbergensis* y *Homo rhodesiensis*, que vivieron hace unos 700 000 años y procedentes de África, dieron lugar tanto al *Homo neanderthalensis* como al *H. sapiens*, a los llamados *denisovianos* y quizás, al minúsculo hombre de Flores (https://es.wikipedia.org/wiki/Homo_floresiensis). De lo que no existe mayor duda es que *H. sapiens* y *H. neanderthalensis* coincidieron en Europa hace 50 000 y 30 000 años antes y que existió algún intercambio genético entre ellos, pero persiste un gran debate sobre las causas de la extinción de los neandertales que incluyen la endogamia, el clima y la competencia con los *sapiens*.

Los fósiles ilustran algunos cambios secuenciales como el incremento en el tamaño del cerebro, modificaciones en la dentadura, en las extremidades y la estatura. Otros estudios señalan que además del tamaño (volumen o peso) también existen cambios importantes en las zonas del cerebro y en su complejidad y funcionamiento. Los cerebros de orangutanes y chimpancés oscilan entre 275 y 500 cc, los australopitecos entre 430

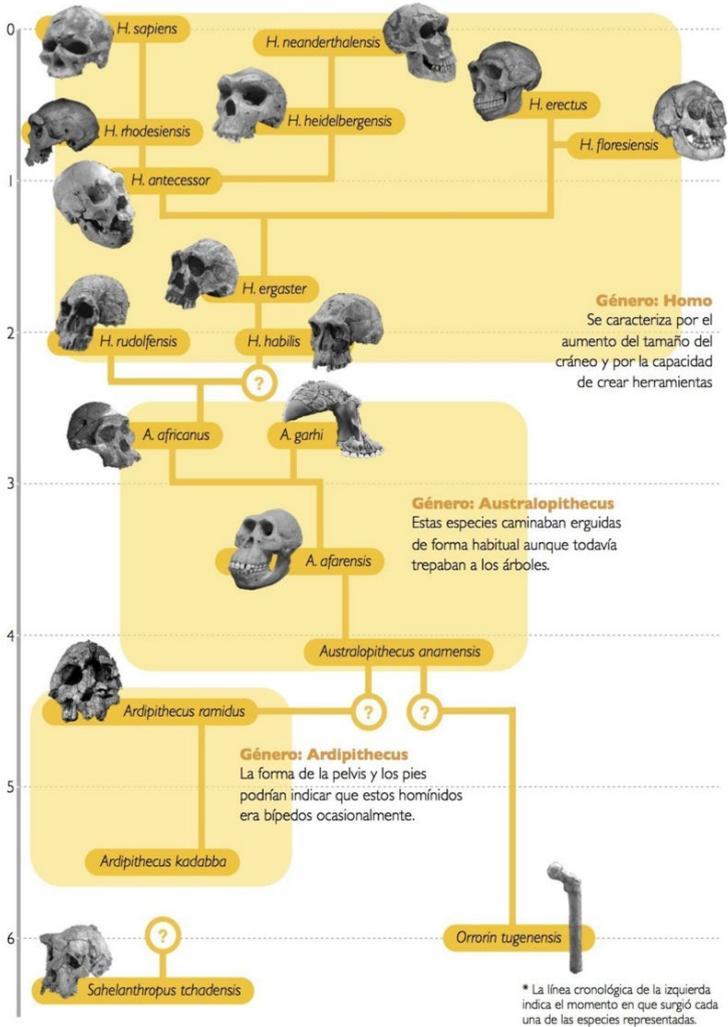


Figura 10. Filogenia reciente de los homínidos.

Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/73746512622796419/>

y 450, los parántropos tenían cerebros ligeramente más grandes, entre 520 y 530 cc, el *Homo habilis* 600, *Homo ergaster* 870, los neandertales entre 1100 y 1900, y finalmente, nosotros entre 1200 y 1850 (<https://es.wikipedia.org/wiki/Bipedestaci%C3%B3n>). Sin embargo, es necesario señalar que el número de cráneos de algunos fósiles no es muy elevado y futuros descubrimientos pueden ofrecer cifras diferentes.

Otro rasgo humano sobre el cual se ha colocado mucha atención es obviamente el bipedalismo y descubrimientos recientes apuntan a que el mismo surgió temprano en nuestra historia evolutiva, quizás entre 5,5 y 6 millones de años (<https://es.wikipedia.org/>

[wiki/Bipedestaci%C3%B3n](#)). Sin duda, el bipedalismo es una característica importante en el éxito en la ocupación de espacios abiertos como las sabanas y el mismo constituye una preadaptación que debió facilitar otros cambios como la visión y, al quedar libres las manos, la posibilidad de emplearlas en la construcción de herramientas, comenzando por piedras y posiblemente ramas. Sin duda, también en su capacidad de dispersión sobre amplias zonas geográficas (**Figura 11**).

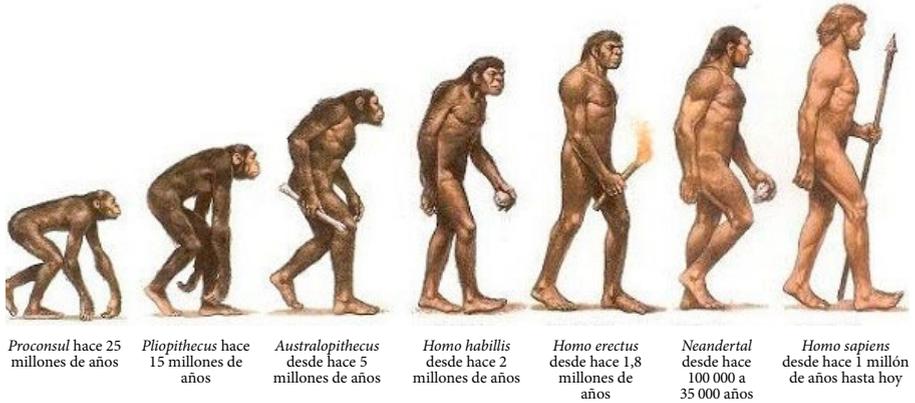


Figura 11. Simplificación de la evolución del bipedalismo.

Fuente: <https://www.telemadrid.es/noticias/sociedad/Hace-7-millones-de-anos-nuestros-antepasados-ya-andaban-de-pie-aunque-no-siempre-0-2481351865--20220825125136.html>

Algunos especialistas infieren que es posible que en una primera etapa los nidos estaban en los árboles y que estos homínidos estaban sometidos a una presión selectiva de dos ecosistemas diferentes: la sabana y el bosque. Las sequías en África provocarían una disminución del bosque y los homínidos tenderían al bipedalismo en lugar de trepar los árboles.

Es probable que la selección en las sábanas determinara una mayor tasa de supervivencia y reproducción en los individuos bípedos (**Figura 11**), mejor dotados para largas caminatas y acceso a fuentes de alimentos en los dos ambientes.

Sin embargo, hallazgos recientes indican que ciertas formas de bipedalismo surgieron más de una vez, ya estaba presente en *Orrorin tugenensis*, un pequeño homínido que vivió hace 6 millones de años en África, así como en *Sahelanthropus tchadensis*, de hace 7 millones, pero también en *Danuvius guggenmosi*, cuyos fósiles fueron encontrados en Europa en el año 2019 y datan de hace 11,6 millones de años.

A final de este largo proceso no parece haber mayor duda sobre el forjamiento de los conquistadores del planeta: inteligentes, bastante bien organizados, bípedos, capaces de construir herramientas y conscientes de que cuanto más espacio controlaran, mayor

era la probabilidad de sobrevivir. Conquistar un nuevo espacio era una garantía de acceso a más recursos, eliminar a los competidores también contribuía a la posesión y disfrute eventual de nuevos recursos.

Estos simios aparentemente podían simultáneamente trepar en los árboles y caminar, pero existen dudas sobre las relaciones filogenéticas y el tipo de bipedalismo en estos fósiles. Otros fósiles apuntan, con mayor precisión, al surgimiento de los homínidos hace 6 o 7 millones de años, simios de gran tamaño que dieron lugar a los gorilas, orangutanes, chimpancés y a nuestra especie.

Esas dudas se disipan en las cinco especies de *Australopithecus* que vivieron en África hace 4 y 2,5 millones de años, cuyos fósiles muestran el bipedalismo que nos caracteriza en la actualidad, que viene acompañado por muchos cambios en la columna, articulaciones, huesos y morfología del pie que deja de tener una función prensil. También en la medida en la que las manos pierden su función locomotora, también cambian en su forma. Las manos conservan su capacidad prensil y adquieren nuevas competencias, ya que el pulgar se puede oponer a los otros cuatro dedos, pero a la par también cambia el cerebro que no solo aumenta en tamaño, sino también en complejidad. Entre las inferencias más compartidas por los paleontólogos se encuentra la que ubica a los australopitecinos como ancestros de dos ramas, la que da lugar a los *Paranthropus* y la correspondiente a los integrantes del género *Homo*, nuestros ancestros (**Figura 10**) cuyo árbol filogenético va cambiando en la medida que se descubren nuevos fósiles.



5. Proliferan los conquistadores

Los fósiles tienen una forma de hablarnos. Dicen cómo cambió nuestra morfología, adquirimos el bipedalismo, un cerebro cada vez más grande y complejo, manos capaces de construir objetos. También nos distinguimos por carecer de dientes muy especializados y un prolongado proceso de crecimiento desde el nacimiento hasta la adultez. A diferencia de otros primates, nuestras crías requieren cuidados parentales y grupales por muchos años antes de llegar a la edad reproductiva, lo que determina la posibilidad de un largo aprendizaje, acompañado por una elevada vulnerabilidad por muchos años. También, a diferencia de otros primates, nuestra vida es más larga.

E.O. Wilson (1929-2021), uno de los evolucionistas más destacados, coloca mucho énfasis sobre la carnivoría, el nido, los campamentos o sitios de residencia temporal del grupo entre los diversos factores de la hominización y socialización de nuestros ancestros. Por unidad de peso o tamaño, la carne provee más nutrientes y energía que los vegetales, pero obtenerla demanda cooperación y comunicación entre los integrantes del grupo, mientras que otros se ocupaban de la protección de los infantes y juveniles, así como la defensa de los sitios de residencia. Dominado el fuego, la carne podía ser cocinada y preservada. La carencia de garras y grandes colmillos fue compensada por la conducta social, el fuego y el desarrollo de herramientas. Todo ello precedido por un cerebro de gran tamaño. Esos son algunos de los puntos de partida de la conquista del planeta por nuestra especie y muy probablemente fueron preadaptaciones separadas en el tiempo.

Pero no son los únicos cambios que ocurrieron, otros no menos importantes, son la capacidad de un lenguaje simbólico y pensamiento abstracto, la pérdida de buena parte del pelo corporal y el desarrollo de las glándulas sudoríparas, la actividad sexual continua y cambios en la agudeza de los sentidos, mejorando la visión y el tacto.

Todos los primates tienen un lenguaje, la gran mayoría de los mamíferos lo posee, y está genéticamente determinado, pero nuestro es diferente y su origen es motivo de muchas hipótesis e inferencias. Algunos autores apuntan a una aparición temprana, unos 800 000 años atrás, mientras que otros consideran que surgió más recientemente, pero antes de la separación de los humanos actuales y los hombres de neandertal, es decir, entre 100 000 y 200 000 años atrás. Nuestro lenguaje es tan complejo que su existencia debió haber sido precedida por muchos cambios en nuestro cerebro, tales como el desarrollo de la memoria a largo plazo y con la información almacenada, la capacidad de imaginar escenarios, anticipar actitudes e intenciones de otros individuos, fortalecer la cooperación dentro del grupo e inventar nuevas herramientas.

Hace unos 70 000 años, cuando coexistían neandertales con nuestros ancestros, se registran grandes cambios que no fueron compartidos. En efecto, las herramientas y en general el modo de vida de los neandertales se mantuvo constante por alrededor de 200 000 años, mientras que los ancestros recientes del *Homo sapiens* dejan evidencia de las primeras representaciones artísticas, herramientas mucho más elaboradas, flautas de hueso, una dieta omnívora y probablemente un lenguaje más elaborado acompañado de una creciente capacidad de aprendizaje. Así, unos 40 000 años atrás, nuestros ancestros ya habían acumulado en forma gradual una cantidad de propiedades (cerebro grande y complejo, campamentos, cooperación, dominio del fuego, infancia prolongada, cambios en la dieta, lenguaje, etc.) que permitió ese cambio sustancial y muy rápido, que fue la construcción de las sociedades modernas. Lo denominamos rápido porque 40 000 años es solo una fracción de los 6 millones de años requeridos para acumular todos estos cambios y más rápido aún después de la eliminación de competidores como los neandertales, hace 30 000 años. La domesticación de animales y el surgimiento de la agricultura que ocurrió en los últimos 10 000 años fueron innovaciones que determinaron un notable crecimiento de la población humana y su dispersión en todo el planeta.

La dispersión del *Homo sapiens* sobre la casi totalidad del planeta llevó muchos años (**Figura 12**). El registro fósil apunta hacia su ingreso en Europa y Asia, a partir de África, entre 75 000 a 60 000 años atrás, y probablemente ocurrió más de una vez. Es posible que muchas pequeñas poblaciones aisladas se hayan extinguido en la periferia, como las de fósiles encontrados recientemente en Sumatra y Laos, estos últimos con una antigüedad que oscila entre 68 000 y 86 000 años y que quizás no figurarán entre nuestros ancestros directos. Lo que la evidencia fósil muestra es que unos 45 000 años atrás ya pululábamos en buen número en Europa y Asia. Los fósiles humanos más

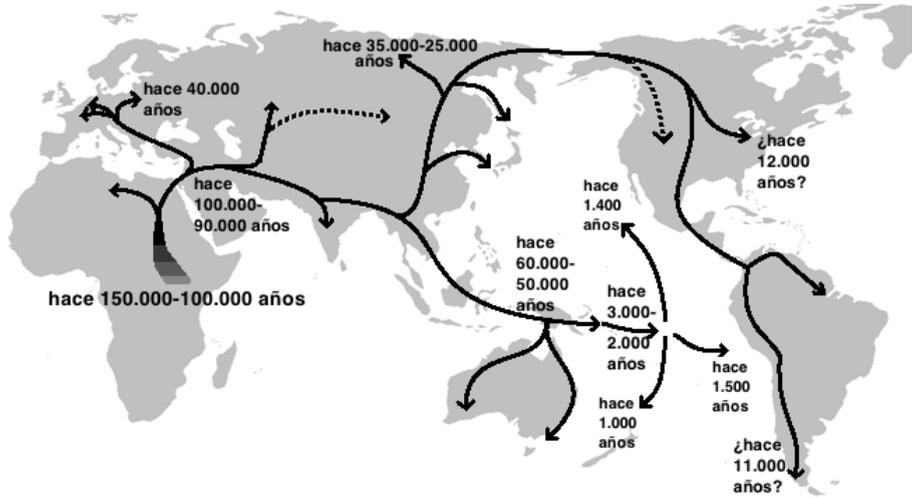


Figura 12. Rutas iniciales de la conquista humana.

Fuente: Wikipedia 2023. Basado en Naruya Saitou y Masatoshi Nei (2002) del Instituto Nacional de la Genética del Japón. (https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Migraci%C3%B3n_humana_fuera_de_%C3%81frica_mapa_ADN_gen%C3%A9tico.png)

antiguos de Australia datan de hace unos 50 000 años. Más tardía fue la migración hacia América, quizás hace unos 15 000 años, pero el fósil humano más antiguo de este continente, fue encontrado en México y su edad oscila entre 12 000 y 13 000 años atrás durante la última glaciación (Wurm). Aunque esta glaciación duró cerca de 100 000 años, se estima que, durante unos 20 000 años, al descender el nivel del mar, se conectó Asia con América, permitiendo el paso de animales y humanos hasta que, unos 10 000 años atrás, el nivel del mar aumentó de nuevo hasta separar a los continentes una vez más, impidiendo nuevas migraciones. Así, los primeros humanos en América estuvieron rodeados de una fauna caracterizada por elefantes, mamuts, osos, pumas, mastodontes, lobos, jaguares y ciervos procedentes de Eurasia, buena parte de los mismos se extinguieron.

Ese no fue el único puente durante la glaciación, el descenso del nivel del mar unió a Australia con Tasmania, Filipinas e Indonesia, así mismo a Corea con Japón. Las rutas tempranas de la migración humana (**Figura 12**) cubren más de 100 000 años, antiguas en los continentes vecinos como África, Europa y Asia, y posteriores en los separados por el mar como América y Australia.

6. Forjando conquistadores



El grupo estaba formado por 30 personas, diez eran adultos, otros diez estaban en camino a la madurez sexual y el resto eran infantes entre recién nacidos y diez años de edad. El campamento estaba ubicado en un pequeño valle entre las montañas que estaba cruzado por un riachuelo bordeado por una espesa banda de árboles que a su vez era el límite de una llanura donde pastaban algunos herbívoros. Las ramas viejas de los árboles eran recolectadas para mantener el fuego, un trabajo asignado a los adolescentes que, asistidos por sus madres, recolectaban nueces, frutas cuando las había y algunas hierbas, mientras que el jefe del grupo y otros tres hombres, armados con lanzas salían todas las mañanas en procura de algún animal. Muy cerca del campamento había un conjunto de rocas y en la cúspide de ellas, se sentaba otro hombre atisbando la llanura por encima de los árboles, ya que a una jornada de distancia había otro grupo con el cual las relaciones no siempre eran armónicas, ya que competían por los animales de la sabana, su principal fuente de energía. Sin embargo, cada tres o cuatro años, había un cese de las hostilidades y en una ceremonia conjunta ocurría un intercambio de adolescentes que habían llegado a la madurez sexual. Al otro lado de las colinas estaba el gran río que periódicamente aumentaba su caudal y había sido muy atractivo para varios grupos que se habían asentado en sus orillas, eso sí, fuera de la zona que una vez al año se inundaba por el deshielo en las montañas.

Tres de los grupos se habían unido después de un notable descubrimiento que consistía en recolectar las semillas de un tipo de pasto y sembrarlas cerca de la zona de inundación. El grano se cosechaba y se molía sobre piedras cóncavas y luego se

añadía agua y la masa se colocaba al fuego. Las plantas crecían más rápido y ofrecían más granos cuando el espacio de la siembra se mantenía libre de otras plantas y el sol incidía directamente sobre ellas, así que fueron cortando árboles y aumentando la superficie del cultivo. Año tras año se guardaban las semillas de las plantas más productivas y más grandes. El grupo consolidado ya tenía cerca de 100 personas y el cultivo evitaba las migraciones, pero también los obligaba a cambiar la organización. El jefe había designado a cinco hombres jóvenes y fuertes para encargarse de la defensa del cultivo, y como todo el grupo debía permanecer tiempo prolongado cerca de las plantas sembradas, comenzaron a construir viviendas más permanentes, combinando madera de los árboles y arcilla, abundante en el borde del río. Cuidar el cultivo era importante, ya había ocurrido que un descuidado pastor trashumante, con una docena de cabras, había causado daños importantes.

El cultivo no era la única fuente de alimento y existía un grupo de cazadores que cada día salían en procura de las presas, en particular aquellas que tomaban agua en los remansos del riachuelo. Era una jornada larga y a veces pernoctaban en la ribera. No siempre lograban una presa de buen tamaño y tenían que contentarse con algunos conejos y roedores o con los restos de un animal cazado por los leones. Los mismos cazadores habían sido instruidos por sus padres en la fabricación de lanzas, cuchillos y de un grupo cercano habían aprendido lo necesario para fabricar arcos y flechas. Las mujeres, y algunos hombres y niños, recolectaban frutas, tubérculos y hierbas comestibles. Ya por muchas generaciones el cuidado de los vulnerables infantes, que descansaba principalmente en las madres, tenía una tradición oral, la lactancia era prolongada y mantenerlos libres de piojos y pulgas era importante.

El caudal del riachuelo estaba disminuyendo debido a las escasas lluvias y disminuían las presas, así como el agua para regar las plantas. Mover el campamento del otro lado de las colinas era una opción, pero si lo hacían tendrían que someterse a un jefe que, con unas 500 personas, controlaba el borde del gran río y la llanura aledaña. Ya conocían las condiciones: construir su propio canal, pagar un tributo en grano y someterse a la autoridad del jefe mayor cuando este lo consideraba necesario. Este estaba siempre acompañado por un anciano que tenía buena memoria, bastante imaginación y visiones, observaba de día las nubes y en la noche a la Luna y las estrellas, con frecuencia acertaba haciendo pronósticos sobre las lluvias y la crecida del río. Él decidía donde enterrar a los muertos y un día se le ocurrió que había seres sobrenaturales que controlaban al Sol, la Luna y las lluvias. Sobre el jefe y el adivino se ubicaba la responsabilidad de mantener el orden dentro del grupo a través de algunas reglas básicas y obligatorias de convivencia y cooperación, así como para evitar los ataques de otros grupos, o de manera preventiva atacarlos antes que ocurriera lo contrario. Los futuros conquistadores ya habían sembrado las semillas de los ejércitos y las religiones.

El grupo consolidado aumentó año tras año, la banda de terreno donde sembraban creció y derribaron los escasos árboles de la ribera para fabricar las casas, lanzas, arcos y flechas. Luego colocaron al sol las ramas cortas o torcidas, junto a las que recogieron del suelo para que se secaran y tener leña para varios meses. Un hombre de edad que tenía experiencia en el asunto señaló que no había suficiente leña y entonces subieron a la colina más cercana y cortaron varios árboles. Tuvieron éxito, cuando llegó el invierno había leña, grano seco acumulado y algo de carne ahumada. La conquista de nuevos espacios era una necesidad y es probable que aquellos con mayor afán y eficiencia en la conquista dejaran mayor descendencia.

Los conquistadores son iguales, pero diferentes

E.O. Wilson ha señalado que el *Homo sapiens* es una quimera porque la selección natural actuó en dos niveles diferentes. Por una parte, favoreciendo a los genes egoístas, es decir, aquellos que les dan a cada individuo ventajas sobre los demás para sobrevivir y dejar descendencia y por la otra, siendo el grupo mismo un nuevo ambiente, privilegiando a los genes que promueven la cooperación y la sociabilidad con sus congéneres, que a su vez son sus competidores.

Podemos imaginar que los miembros menos propensos a vivir en sociedad podrían ser expulsados del grupo o podrían, por su propia decisión, apartarse del mismo. Probablemente, dejaban menos descendencia o estos, al no ser protegidos por el grupo, fallecían antes de reproducirse. En ambos casos, la selección natural actuaba. Resulta obvio pensar que, formados los grupos, incluso mucho antes de iniciarse la agricultura y el pastoreo, este nuevo tipo de selección ya estaba actuando sobre los australopitecos más recientes y luego sobre el *Homo erectus*, como también sobre los neandertales y obviamente sobre el *Homo sapiens*.

La variabilidad genética en el *Homo sapiens* es muy elevada y se expresa en la diversidad de nuestro comportamiento. Pero este tiene un componente genético y otro derivado de la experiencia de cada individuo. En los últimos años, ha ocurrido un gran debate sobre este tema con escuelas, como la de Skinner que sobrevaloraban lo *aprendido* sobre lo *heredado*. Hoy sabemos más sobre el tema y podemos hacer un símil sencillo. La conducta humana es como la arcilla –el genotipo– que es la genética y el artesano es el ambiente que le va dando forma, –el fenotipo– y sobre esa expresión actúa la selección natural. En resumen, cada individuo tiene un genoma diferente, pero al mismo tiempo compartimos muchas características comunes. La evidencia científica apunta hacia la existencia de un ancestro común.

Constituidos los grupos humanos, podemos inferir que la selección natural propició las capacidades de cooperación y comunicación, así como eso que llamamos inteligencia, es decir, la capacidad de almacenar información, procesarla y actuar en consonancia.

Recuerdo que un profesor, tratando de explicar el papel de la selección natural sobre la inteligencia, decía algo así: una madre, algunos miles de años, les explicaba a sus dos hijos que no debían salir del refugio al atardecer porque merodeaban los depredadores, uno entendió el mensaje y dejó descendencia, el otro no, y falleció víctima de un tigre antes de llegar a la edad reproductiva. Descendemos, pues, del hijo que entendió.

La competencia por los recursos, en la misma medida que aumentaba la población de nuestros ancestros, motivó el traslado de grupos sobre una amplia y disponible geografía.

La evolución, en cualquier organismo y los humanos no son excepción, ocurre por la acción de la selección natural sobre el material genético que puede ser modificado por mutaciones, que si bien ocurren al azar, dependen en cada especie del número de sus integrantes. Cuando la población es muy pequeña, las mutaciones son reducidas y aumentan al incrementarse el número de individuos. Una proporción de las nuevas mutaciones son deletéreas y son rápidamente eliminadas, a veces por abortos, otras porque sus portadores no son viables o estériles. Pero una que otra mutación le confiere alguna ventaja reproductiva a su portador y en las siguientes generaciones su frecuencia aumenta.

También es importante señalar que cuando una fracción de la población queda aislada, debido a la gran variación genética, también quedarán aislados algunos genes ausentes o en baja frecuencia en el resto de la población, o algunas nuevas mutaciones. Así, entre 60 y 70 mil años atrás, nuestros ancestros, ya poseedores de herramientas, fuego y organización grupal, crecieron en número y en variabilidad genética, posiblemente al amparo de un clima más favorable. Su amplia dispersión determinó también el aislamiento geográfico de muchos grupos que quedaron sometidos a distintas presiones selectivas que los hicieron ligeramente distintos entre sí.

Ha sido posible observar con precisión algunos de esos cambios como la frecuencia de grupos sanguíneos o mutaciones como las que confieren resistencia a algunas enfermedades o capacidad para digerir ciertos alimentos. Ejemplos bien documentados de estos cambios son la anemia drepanocítica vinculada a la resistencia a la malaria originada en poblaciones africanas y la prolongada producción de la enzima lactasa que permite la digestión de la lactosa de la leche, llega a los 20 años en poblaciones euroasiáticas, pero se reduce a los 3 o 4 años en el extremo oriente. La intolerancia a la lactosa puede oscilar entre 3 y 100 % de la población. Otras expresiones de variabilidad genética geográfica bien estudiadas incluyen la producción de melanina, color de los ojos, textura del pelo, forma de los párpados y resistencia a varias enfermedades. Sin embargo, el aislamiento geográfico no duró el tiempo suficiente para acumular tantas diferencias como para impedir la reproducción entre los grupos.

Los rasgos visibles y comunes, genéticamente determinados, siguieron siendo menos frecuentes que las diferencias. Diversos expertos, animados por las más

variadas hipótesis, han encontrado, no solo en las expresiones físicas, sino también en las conductas, cientos de similitudes que apuntan hacia el origen monofilético, es decir, un origen común, del *Homo sapiens*. En otras palabras, aunque existen muchas culturas en zonas geográficas diferentes y a veces aisladas por largos lapsos, todos comparten docenas de conductas o expresiones similares como reír, llorar, cooperar, imaginar, construir escenarios, combatir, jugar, practicar deportes, bailar, tener arte decorativo, lenguaje simbólico, ritos funerarios, prohibición del incesto, nombres personales, derechos de propiedad, división del trabajo, hábitos de limpieza, cuidado de los infantes, hospitalidad, normas de residencia, fabricación de herramientas, música, normas de etiqueta, territorialidad, cortejo, fiestas, familias, status, cocinar, estructuración por edades y así sucesivamente.

No menos cierto es la existencia de conductas patológicas similares en culturas diferentes que con frecuencia tienen manifestaciones vinculadas a la historia de vida y al ambiente, lo que hace difícil determinar cuánto es heredado y cuánto es adquirido, pero muchos estudios concluyen en la existencia de una herencia elevada y con frecuencia similar en distintos grupos étnicos. Sin embargo, existe buen número de estudios que muestran que con cierta frecuencia el ambiente cultural influye sobre la expresión de algunas patologías.

La población humana siguió creciendo, en particular después del desarrollo global de la agricultura, las migraciones aumentaron y con ellas el intercambio genético y la reducción de las diferencias.

Tras el desarrollo de la navegación y de la aviación, el intercambio genético ha aumentado. Más de 1500 millones de personas viajan cada año fuera de su residencia habitual, otros 100 millones migran compulsoriamente por conflictos internos, sequía y otras causas ambientales. Un ejemplo de la intensidad de las migraciones, es que la población actual de los Estados Unidos está constituida por un 16 % de origen alemán, 13 % son afrodescendientes, 19 % descienden de inmigrantes irlandeses e ingleses, 7 % proceden de México, la suma de los latinoamericanos alcanza al 16 %. De Italia desciende el 6 %. Apenas algo más del 1 % descienden de los habitantes originarios y oscilan entre 2 y 4 % los procedentes de China, España, Polonia, Francia, Suecia, Noruega y otros países. En total, alrededor del 15 % de la población reciente procede de otros países y el 99 % son descendientes de migrantes de los siglos precedentes.

Otro ejemplo es España, que en 1981 tenía registrado 198 042 nacidos en otros países, el 0,5 % de la población, y para el 2022 los debidamente registrados eran 5 542 932, es decir, el 11,7 % de la población. En Francia, el 7,7 % de la población, alrededor de 8,5 millones, nació fuera del país. En Alemania el número de inmigrantes en 1990 era de 5,9 millones y para el 2020 superaban los 15 millones, es decir, el 18,9 % de la población total (<http://datosmacro.expansion.com>inmigración>alemania>).

En resumen, los conquistadores no cesan de moverse de un sitio a otro e intercambiar su material genético. Al comienzo, en áreas restringidas como hicieron los asirios, caldeos e hititas, luego más amplias con los antiguos egipcios, los griegos bajo Alejandro Magno llegaron a Egipto, la India y antes o después a varios puntos del Mediterráneo. El Imperio Romano cubrió casi toda Europa, el Medio Oriente y el Norte de África, llegando hasta la actual Inglaterra, los califatos árabes conquistaron el norte de África y España, grupos asiáticos invadieron Europa durante el apogeo del Imperio Romano. África y América, fueron colonizados por europeos, y trasladaron cientos de miles de africanos a América, y ahora millones de latinoamericanos y africanos migran hacia Europa. Originarios de China, India, Corea, Afganistán, Siria, Irak y otros países, residen ahora en Europa, América del Norte o del Sur. No percibimos que esa tendencia cambie en el futuro, en particular porque, con sus excepciones aquí y allá, va disminuyendo la discriminación, las inequidades son condenadas en casi todos los países y con oscilaciones, casi es posible predecir un incremento en la diversidad genética de nuestra especie y al mismo tiempo una reducción de las diferencias generadas en las poblaciones aisladas en el pasado.

No faltan teorías y especulaciones, algunas sin ninguna base, sobre cómo serán los humanos del futuro. Lo más probable es que no sean muy diferentes a como somos en la actualidad, sin duda la selección natural seguirá actuando y seleccionando, como Darwin señaló, a los más aptos que no son otros que aquellos que tienen más hijos. Pero como hemos alterado el planeta a nuestro placer, nos movemos sin cesar, crecemos en número y aumenta la panmixia, hemos mitigado muchas presiones selectivas del pasado que aceleraron los grandes cambios, creando un ambiente más estable. En efecto, tenemos bastante control sobre los extremos de la temperatura y las enfermedades, tales como edificios diseñados para atenuarlas, calefacción, vestimenta adecuada, aire acondicionado, vacunas, ingesta de líquidos y medicamentos. Así mismo, en los últimos 30 años el fallecimiento de niños y jóvenes, por todas las causas, entre recién nacidos y 14 años, ha disminuido de 12,5 millones a 5,2. Entre 1990 y el año 2000, la tasa de mortalidad entre 0 y 24 años ha disminuido de 125 a 56 por cada 1000 habitantes. Sin embargo, las diferencias entre los países son elevadas, con tasas de mortalidad, prereproductivas mayores en los países de ingreso medio y los más pobres, y muy bajas en los más ricos.

Esto nos hace pensar que estamos sometidos en la actualidad a un tipo de selección denominado normalizante o estabilizante. En la misma la selección actúa eliminando los extremos, y favoreciendo a los individuos cercanos al promedio. Por otra parte, esa movilidad determinó un intercambio intenso de tecnologías, costumbres, religiones, idiomas, armas y cultivos que fortalecieron las competencias para dominar y alterar el ambiente.

7. Los ritmos de la conquista



La invasión de los humanos sobre el planeta, ocupando y perturbando cuanto ecosistema existe, no fue un proceso gradual. Ocurrió por pulsos, tuvo avances y retrocesos, pausas y otras veces ritmos acelerados. Como las Sinfonías, las reinas de la música clásica, que suelen tener sonatas, lentos, pausas y allegros, con la más diversa participación de los instrumentos. En toda conquista hay dos etapas, la primera es la **ocupación de un territorio y sus recursos**, esa es relativamente fácil, aunque a veces resulta traumática, la segunda es mucho más compleja, y esa no es otra que la de **gobernar con acierto lo conquistado**. El éxito de la primera fase está a la vista, más de 8000 millones de seres humanos deambulan, pululan y ocupan buena parte de las zonas emergidas del planeta en el siglo XXI, el éxito de la segunda, el arte y la ciencia de gobernar, es cuestionable.

Por siglos, la visión compartida por la mayoría de los humanos y sus gobernantes sobre el planeta, era una de infinitud. Enormes extensiones de tierras, agua, llanuras y bosques disponibles para satisfacer las crecientes necesidades y tan solo faltaban hombres, conocimientos y tecnologías para ocuparlas y disfrutarlas.

Sociedades y culturas complejas

En un lapso relativamente breve en la historia evolutiva del *Homo sapiens*, digamos unos 10 000 años, los grupos de 30 a 100 personas que integraban cazadores, recolectores y quizás los primeros agricultores, capaces ya de organizarse para la cacería, comunicarse entre ellos, fabricar herramientas, mantener el fuego, poseer

rituales funerarios y hacer arte, cambiaron en lo social y cultural, de un modo notable. Un millón de generaciones transcurrieron antes de que surgieran los primeros asentamientos que han dejado alguna evidencia de permanencia y complejidad como Göbekli Tepe (**Figura 13**) (<https://nationalgeographic.com.es>). Muchos especialistas se inclinan a pensar que era un centro ceremonial y algunas de sus columnas contienen dibujos de la fauna local, manos y pocas figuras antropomórficas. Pero aún hay mucho que excavar.



Figura 13. Göbekli Tepe, en la actual Turquía, un sitio muy antiguo de culto religioso.

Fuente: Wikipedia.
https://es.wikipedia.org/wiki/G%C3%B6bekli_Tepe

Los remanentes de estas ruinas, restos de edificaciones construidas entre 9130 y 7370 años atrás, ilustran el gran cambio del Neolítico. No son las únicas, en las cuencas altas de los ríos Tigris y Éufrates se han encontrado las ruinas de casi 20 asentamientos humanos, algunos de gran tamaño como **Çatal Höyük** (otro asentamiento de Turquía) que probablemente albergaba unos miles de personas hace más de 6000 años. En todo caso, esa media luna es la más rica en asentamientos del Neolítico y en más de una se encuentra evidencia de la práctica de la agricultura y la domesticación de los primeros animales (**Figura 14**).

La práctica de la agricultura surge, en forma independiente, en el Medio Oriente, donde el trigo es el principal producto, en Asia con el cultivo del arroz y posiblemente de algunas frutas y algo más tarde en América con calabazas y maíz. Esto representa un enorme cambio en la forma de vivir, ya que por primera vez existen excedentes de alimentos durante ciertas épocas del año y para mantener la producción es necesario estar cerca de los cultivos y del agua requerida, para las plantas y para los humanos. Las consecuencias son numerosas y no en vano se ha utilizado el término **Revolución del Neolítico** para ese lapso que cubre aproximadamente 5000 años.



Figura 14. Principales asentamientos del Neolítico en el Medio Oriente.

Fuente: Wikipedia https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/Fertile_Crescent_7500_BC_DAN.PNG

La vida sedentaria va acompañada de un crecimiento en la población que a su vez determina nuevas reglas de asentamiento, convivencia, organización y cooperación, que vienen acompañadas casi siempre de la emergencia de religiones, arte, música y en fin, ese complejo que designamos como cultura. Desde el punto de vista de la evolución biológica, el cambio es también notable, ya que se van diluyendo las presiones selectivas previas y emanan nuevas, estas últimas asociadas a un nuevo entorno, un ambiente diferente al inicial, en buena medida construida por los mismos hombres.

Que un organismo construya buena parte de su ambiente no es una novedad, muchos animales construyen nidos, galerías y otras estructuras como las termitas y las abejas, hasta algunos roedores, pero esas construcciones no obedecen a decisiones grupales o planificación, sino que están genéticamente determinadas y suelen repetirse con monotonía.

El ambiente y la sociedad que gradualmente construye el hombre, sin duda tiene un componente genético inicial, pero luego obedece a factores novedosos cuya raíz es social o cultural y además muestra diferencias notables en distintos puntos del planeta: arquitecturas diferentes, religiones distintas, diversidad de ritos funerarios,

cultivos y domesticación de animales distintos, en fin una combinación del entorno preexistente y sus recursos naturales, con la novedad de organizaciones sociales. Nuestra diversidad genética combinada con ambientes distintos no pudo generar otra cosa que organizaciones sociales y culturas diferentes. De la competencia, a veces mortal, entre individuos, pasamos a la competencia entre grupos por el control de territorios y recursos, a veces expresadas mediante las guerras y las conquistas, y quizás, nos aventuramos a señalar, es que el elemento común fue el crecimiento de la población. No es aventurado señalar que el número de normas, reglas, prohibiciones y leyes son proporcionales al tamaño de la población.

En los poblados sumerios, acadios, egipcios, chinos y americanos, entre 9000 y 4500 años atrás, en el lenguaje actual, poblados, ciudades y luego estados independientes, con cerámica cada vez más elaborada y dominio de manufacturas, en ese orden, de piedras, cobre, bronce y hierro; aquí y allá, dibujos, estatuillas, puntas de flechas y lanzas, monumentos y entierros con ritos funerarios. Aunque no existe evidencia escrita, los objetos permiten deducir la existencia de una organización social y diversidad de culturas e idiomas.

Quizás el primer animal domesticado fue el perro y probablemente antes del Neolítico. El debate aún persiste, pero se supone que el proceso de aproximación entre los humanos y los lobos ocurrió entre 12 000 y 15 000 años atrás y posiblemente en Eurasia. En nuestros días, la Federación Internacional Cinológica, reconoce 341 razas de perros. Los bovinos tampoco han escapado a la selección y aunque existen unas 30 o 40 razas dominantes, el número de variantes fenotípicamente distinguibles, se aproxima a 900. El récord lo tienen gallinas y pollos, con más de 2000 razas, los cerdos con 100, más de 600 de ovinos y las cabras están a la zaga con apenas unas 60 razas.

Es muy probable que la domesticación de las cabras haya ocurrido antes del cultivo de plantas en el Medio Oriente. Así, el pastoreo, que sobrevive hasta la actualidad, tuvo influencia en la conformación de las primeras sociedades humanas, pero quizás más en la explotación de una zona, que en la conformación de una sociedad compleja. No podemos olvidar otra fuente de alimento que tuvo influencia en nuestra evolución social y esa es la pesca, fuente importante de alimento en las orillas de mares, lagos y ríos. Las primeras evidencias de cultivo de peces se encuentran en China, unos 3500 años atrás, pero fue practicada también en Egipto y Mesopotamia. Hacia el año 1400 a. C. aparece en China una legislación penando a los ladrones de carpas (<https://es.wikipedia.org/wiki/Acuicultura>).

Muchas plantas han sido aprovechadas a lo largo de los siglos. Algunas a través de la recolección de sus frutos, otras gradualmente modificadas y transformadas en cultivos. Entre ellas los frutos de algunas palmas en África y Asia, como el dátil y los ancestros del banano y el plátano en el sureste asiático, el mango en la India, nueces

en Europa y América tropical. No existen muchas referencias sobre los hongos, pero siguen siendo recolectados en muchos países y más recientemente, como es el caso de los champiñones, son cultivados. El impacto social y cultural ha sido enorme, se habla, con buenas razones, de las culturas del trigo, del maíz y del arroz como bases esenciales de las culturas Euroasiáticas, Americanas y Asiáticas. Más recientes han sido la selección y evidentes modificaciones genéticas, en peras, manzanas, duraznos, ciruelas, melocotones y uvas, aunque estas últimas, a la par del vino, tienen una larga historia (**Cuadro 6**).

Agresión vs. cooperación

Parece bastante obvio que la selección natural en los humanos estuvo bastante orientada por las actitudes individuales, y su base genética, que sin duda incluye tanto la cooperación como la agresión. Es probable que la supervivencia y reproducción de los portadores de esos genes fuera mayor al de los solitarios, si es que vale la comparación. No existe un gen único que se exprese en esa dualidad extrema y sin duda un buen número de humanos muestran una gran variabilidad. Los psicólogos han desarrollado muchas nomenclaturas para definir la personalidad de los humanos de los últimos dos siglos y si en algo está de acuerdo la mayoría, es que nuestra conducta tiene, en casi todos los casos estudiados, un componente genético y otro ambiental, y por ambiental podemos incluir desde el ambiente familiar y la relación con los padres, como el educativo, social, político, cultural, económico, entre otros.

Entre los biólogos evolucionistas se ha presentado un debate intenso sobre la aparente contradicción entre la selección natural actuando a nivel del individuo y favoreciendo el egoísmo que garantizaría la mayor supervivencia de su descendencia y lo opuesto, es decir, el altruismo donde el individuo sacrificaría en parte su beneficio en aras del correspondiente al grupo. Sin embargo, si la consolidación del grupo aumenta también su supervivencia y la de sus descendientes, es posible que la selección natural haya actuado simultáneamente, favoreciendo ambas expresiones. E.O. Wilson ha empleado el término quimera, como señalamos antes, para explicar este peculiar fenómeno.

Tenemos bastante evidencia sobre el importante papel de ciertas sustancias como dopamina, serotonina, cortisol, las catecolaminas como la adrenalina y la oxitocina sobre la conducta, así como los genes MAO-A y CDH13, pero parece aventurado señalar con rigor científico la relación directa de estos genes con la agresividad o la sociabilidad, términos que a su vez también son complejos. Algunos extremos han sido más estudiados como los denominados sociópatas y psicópatas, que algunos suelen tener conductas antisociales y son una fracción pequeña de la población, afectando más a los hombres que a las mujeres. Sin embargo, si bien existe una predisposición genética hacia las conductas extremas, su expresión parece depender en buena medida del entorno y de otros genes. No faltan sociópatas simpáticos y manipuladores. Algo similar ocurre con las adicciones a algunas drogas y el alcohol.

Cuadro 6. Dominio de cultivos y crianzas

<i>Años atrás aprox.</i>	<i>Animales</i>	<i>Plantas</i>	<i>Ubicación</i>
10 000	Cabras	Centeno	Irak Siria
9000	Caballos Ovejas		Arabia, Asia Irak
8000	Cerdos Vacunos	Lentejas	China Mesopotamia Siria
7000		Trigo Algodón Frijol Cebada	Irak Asia, América América Egipto
5000		Papa Quinoa Mango	América andina América andina India
4000	Cobaya, cuy Búfalo de agua Asnos Abejas	Maíz Ají Olivo Cítricos Sandía	América andina Asia África Egipto Mesoamérica América Mediterráneo China África
3000	Gallinas Llama Gato Gus. de seda	Pepino Cebolla Aguacate Arroz Yuca Tabaco	Pakistán Perú Egipto China India Egipto Mesoamérica China América Tropical América
2000	Pato Yak Camello Dromedario Elefante	Higo Soya Té	Siria Tíbet Arabia Uzbekistán Asia Egipto China China
1000	Alpaca	Caña Piña Cacao Maní Tomate	Perú China América Tropical América Tropical América Mesoamérica
0 a 1000	Oca Reno Pavo		Alemania Siberia América

Lista parcial. Fuentes diversas. Elaboración propia, Fechas aproximadas.

De lo que no cabe mayor duda es que al evolucionar la vida grupal, cambiaron las presiones selectivas anteriores y el grupo pasó a formar parte del ambiente, de allí la existencia de una disciplina relativamente novedosa que es la Ecología de la Conducta Humana. Aun siendo un campo de la ciencia con grandes interrogantes, lo verificable es que la agresión y el egoísmo coexisten con el altruismo y la sociabilidad. Así mismo, la expresión de una y otra conducta está intensamente marcada por las condiciones del ambiente. Las guerras han existido a lo largo de la historia de la humanidad que conocemos, pero también existe evidencia de las conductas sociales opuestas a la violencia. El líder o jefe del pequeño grupo del paleolítico tardío o el neolítico, debía ser al mismo tiempo agresivo y conciliador dependiendo de las circunstancias. Debía asegurar un territorio frente a otros grupos, lo que implicaba estrategia y con frecuencia violencia, y, al mismo tiempo, asegurar la cohesión de su grupo. Debía ser líder y negociador en dos planos diferentes.

No hay duda de que, a diferencia de otros organismos grupales, las sociedades humanas han tenido una evolución notable desde el Neolítico hasta el presente (**Figura 15**).

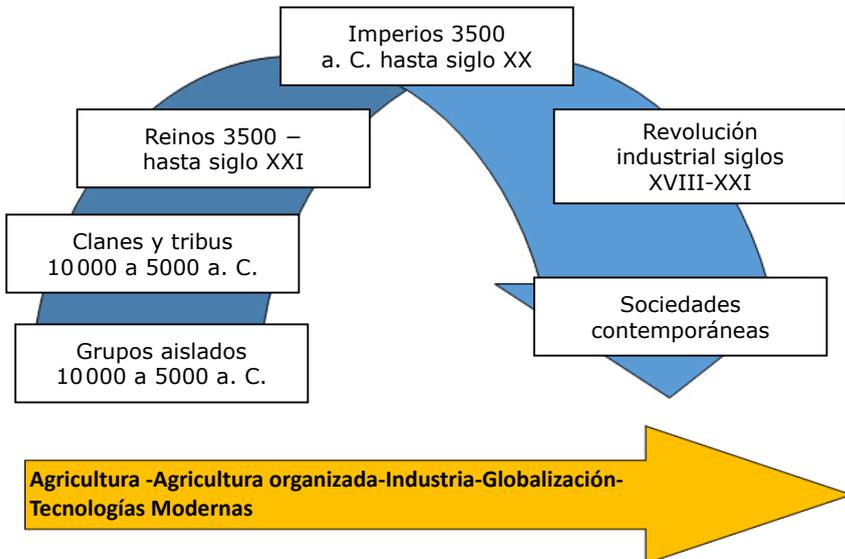


Figura 15. Evolución de las sociedades.

Fuentes diversas. Elaboración propia.

En ambos casos la comunicación fue un factor importante, desde la gestual, hasta la hablada. Los neandertales tenían un sistema de comunicación oral basado en gruñido y otros sonidos, tal vez por eso no pudieron evolucionar.

La vida grupal tiene un componente importante y ese es la monogamia, que sin ser absoluta, ha jugado un papel importante en el forjamiento grupal, creando un núcleo de estabilidad importante para asegurar la supervivencia de la prole con su prolongado período de dependencia y aprendizaje, único entre los primates, que suelen ser polígamos y tener una infancia mucho más breve. En los chimpancés, nuestros parientes más cercanos, el período de dependencia total de la madre es de unos 4 años, pero se preservan vínculos con ella hasta los 10 u 11, cuando pasa a relacionarse más con los adultos. Pero no lo hace con el padre, ya que en los chimpancés no existe la relación de pareja que es común en los humanos. También es interesante señalar que los humanos y chimpancés juegan y socializan, y además son selectivos en sus relaciones de cooperación.

Aunque el núcleo familiar es un razonable punto de partida, la aversión a la endogamia y sus consecuencias genéticas negativas, probablemente estimuló la formación de grupos más abiertos y diversos en su estructura genética, con el beneficio que otorgan las ventajas conocidas como vigor híbrido.

Las religiones

Al margen de las respetables creencias de cada lector, lo cierto y verificable es que las religiones han jugado y juegan, un papel importante en las sociedades y en la dispersión de los seres humanos en el planeta. Para comenzar están presentes, en su gran diversidad, en todas las culturas conocidas y mucho es lo que se ha escrito y especulado sobre cada una de ellas. De acuerdo a los criterios empleados, es posible encontrar entre 4000 y 10 000 religiones, o sistemas de creencias, diferentes. Buen número de ellas se pueden a su vez clasificar en menos familias y cinco de ellas dominan en la actualidad. De acuerdo al *Pew Research Center*, para el año 2022, alrededor del 84 % de la población mundial tenía alguna creencia religiosa (**Figura 16**).

Las religiones surgen muy temprano en la evolución del *Homo sapiens*, algunos autores se atreven a señalar que las primeras, llamadas animistas, posiblemente aparecieron hace más de 200 000 años y algunas de las pinturas rupestres y estatuillas, que tienen alrededor de entre 30 y 40 000 años, podrían tener algo que ver con las creencias y eventuales explicaciones, o la ausencia de ellas.

Quizás en las raíces de casi todas las religiones se encuentra la conciencia de la inevitable muerte, otra característica única de los seres humanos, y de allí que buen número de los rituales funerarios más antiguos, hasta los actuales, están basados en la esperanza de una vida eterna o una reencarnación.

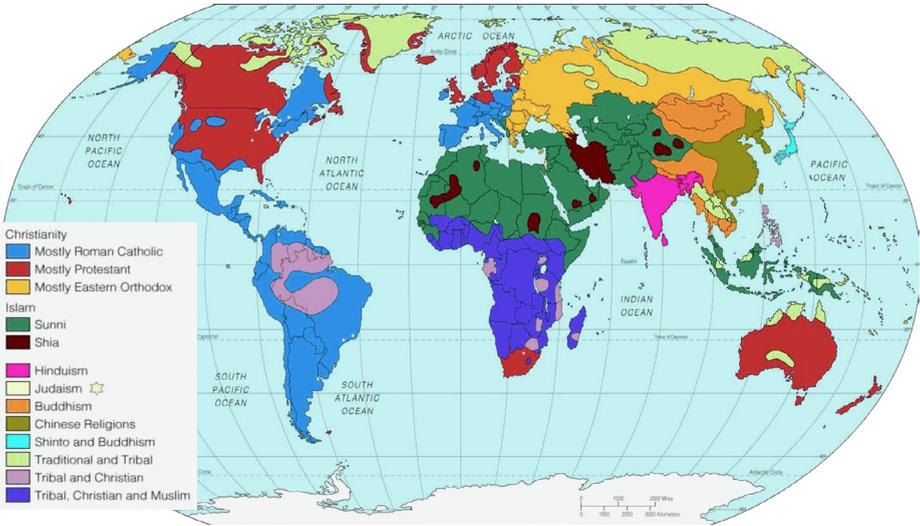


Figura 16. Distribución de las religiones en el planeta.

Nota: La religión es un sistema cultural de conductas y prácticas designadas, morales, cosmovisiones, textos, lugares santificados, profecías, ética u organizaciones, que relaciona a la humanidad con elementos sobrenaturales, trascendentales o espirituales. Sin embargo, no existe un consenso académico sobre lo que precisamente constituye una religión. Fuente: https://www.gifex.com/fullsize/2009-11-05-10849/Religiones_en_el_Mundo.html

Otra fuente fue la búsqueda de respuestas a fenómenos naturales importantes para la supervivencia, por representar algún riesgo o simplemente por no encontrar una explicación a su presencia. Encontramos en muchas culturas dioses asociados a la tierra, la fertilidad, el mar, el agua dulce, la lluvia, las tempestades, los truenos, el fuego, así como al sol y la luna, y más tarde a la guerra, la paz, el amor y así sucesivamente. El fenómeno es tan complejo, que es muy difícil redactar una definición universal del término religión. Donde existe más consenso es el señalamiento que el lenguaje simbólico fue un elemento importante en la construcción de las religiones y su persistencia a través de la narrativa, así como la participación, que algunos definen como moral, de las normas y conductas requeridas para la conservación del grupo.

Las religiones que agrupan al mayor número de seguidores en el siglo XXI son un fenómeno relativamente reciente en la historia de la humanidad, aunque muchas tengan elementos precedentes. El *Pew Research Center* estima para el año 2020 la distribución porcentual de los afiliados a las más numerosas y los no seguidores de ninguna, como se ilustra en los **Cuadros 7 y 8**).

Las religiones modernas, señalamos previamente, surgen en un lapso relativamente reciente y breve. Me atrevo a señalar que casi todas emanan cuando la agricultura y el pastoreo se han consolidado, los grupos humanos se hacen más numerosos y la gobernabilidad de los mismos es cada vez más compleja. Elevar las normas que

Cuadro 7. Distribución porcentual de las religiones (Pew Research Center 2020)

Religión	Cristianos	Islam	Hinduismo	Budismo	Otras	Sin religión
% Población	31,5	23,8	15,2	7,1	6	16,3

Fuente: <https://www.pewresearch.org/religion/2012/12/18/global-religious-landscape-exec/>

Nota: Aunque algunos países llevan estadísticas sobre las creencias de sus habitantes, es necesario tomar en cuenta las dificultades metodológicas. 1. Algunas personas pueden ocultar su religión o mentir; 2. Los niveles de participación son muy diversos; 3. Existen practicantes de más de una religión; 4. Los padres responden por sus hijos y estos luego pueden cambiar.

Cuadro 8. Número de afiliados por religión y no afiliados a ninguna

Religión o sin ella	Número aprox.
Cristianismo	2 100 000 000
Islam	1 500 000 000
Sin religión	1 000 000 000
Hinduismo	900 000 000
Tradicional China	394 000 000
Budismo	376 000 000
Tribales, animistas, étnicas	300 000 000
Tradicional africanas	100 000 000
Sijismo	23 000 000
Espiritismo	15 000 000
Judaísmo	14 000 000
Baha'i	7 000 000
Jainismo	4 200 000
Cao Dai	4 000 000
Sintoísmo	4 000 000
Zoroastrismo	2 600 000
Tenrikyo	2 000 000
Neopaganismo	1 000 000
Unitarismo	800 000
Rastafari	600 000

Fuente: Consejo de Europa <https://www.coe.int/es/web/compass/religion-and-belief>

mantiene la cohesión grupal y darles un sentido religioso aparecen en Mesopotamia, Egipto, Persia, Medio Oriente, India y China en un lapso de unos 600 años. Es difícil señalar con precisión en que fecha se difunden como tales, pero sí existen datos aproximados y aún sujetos a estudio y debate, sobre sus fundadores, al extremo de la existencia de dudas sobre si algunos realmente existieron.

Akhenaton (1388-1358 a. C.) trata de establecer la primera religión monoteísta y con un dios bondadoso, Atón, pero tras su muerte los egipcios regresan a un extenso panteón de deidades.

La religión judía tiene sus raíces en Moisés (*circa* 1300 a. C.) en Egipto y se le atribuye la difusión de los diez mandamientos, normas esenciales para garantizar la cohesión y paz dentro de su tribu, que siglos más tarde serán la base de la Torah. Tras Moisés aparecen otras figuras importantes en la tradición judía, como Isaías (770-700 a. C.) y sus hijos, y más tarde Jeremías (640-585 a. C.). Es posible que el Antiguo Testamento haya pasado, como tradición oral, por muchas generaciones hasta su concreción en un texto escrito, que probablemente se realizó entre 450 y 350 a. C.

En Persia aparece la figura de Zoroastro o Zaratustra (1500 a. C.) quien, al amparo del desarrollo del poder de Ciro y Darío, difunde una nueva religión con muchos elementos que luego encontraremos en las religiones abrahámicas, como el judaísmo, el cristianismo y el islam, entre ellos destacan satán, ángeles, el juicio final, la resurrección, la responsabilidad personal y el paraíso, con dos deidades principales Ahura Mazda, el bien, y Ahriman, equivalente del Satán de la Biblia. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Zoroastrismo>).

Como ocurrirá luego con otras religiones, las ideas de Zoroastro serán consignadas en un libro sagrado, el Avesta que incorpora la obligatoriedad de conductas adecuadas. Pero no existe un libro como tal, si no fragmentos e intenso debate sobre cada pieza de información.

En China destaca la figura de Lao-Tse (604-531 a. C.) cuyas enseñanzas fueran luego la base de la religión taoísta, también plena de la necesidad de buenas acciones, pero sin una deidad principal. El budismo tiene sus orígenes en la India con Buda (563-483 a. C.) que promovió ocho pasos para una vida buena y en paz, que van desde los pensamientos, hasta las palabras, la forma de vivir y el rechazo a la maldad, con un componente algo fatalista y sacrificio del bien propio por el común.

El cristianismo, desde el siglo I, hereda elementos de las religiones anteriores, en particular el judaísmo y coloca énfasis en los mandamientos, la resurrección, un dios único y rechazo al abuso y la ostentación, su figura principal, Jesucristo (4 a. C.-29 d. C.) nace después de la expansión helénica con sus filósofos que bastante hablan y escriben sobre moral, ética y gobierno (Sócrates, Platón, Aristóteles, entre otros). El mensaje es captado: amar a Dios sobre todas las cosas y amar a sus vecinos, o prójimos, como te amas a ti mismo. En los siglos siguientes se redacta el Nuevo Testamento. Finalmente, la tercera religión abrahámica, que comparte muchos elementos con el judaísmo y el cristianismo, surge con Mahoma (570 d. C.-632 d. C.) y luego un nuevo libro sagrado, El Corán, se convertirá en la guía de sus seguidores. Libro que reconoce a sus predecesores como contribuyentes importantes a su nueva religión (Abraham,

Moisés, Zoroastro, Jesucristo y varios profetas) pero establece a Mahoma como el auténtico representante de la voluntad de Dios.

Donde sí existe mayor consenso, es en señalar que el lapso, que transcurre entre el año 3200 a. C. y el primer milenio antes de nuestra era, es testigo de grandes cambios sociales y tecnológicos, entre estos últimos, el uso del cobre primero y luego el bronce, así como las cerámicas, el arado, la rueda, el riego, domesticación de animales, producción de lana y comercio. Nacen las llamadas sociedades complejas con esclavos, artesanos, comerciantes, jefes religiosos y militares más estables. Sociedades donde resulta indispensable la formalización de las relaciones (leyes, normas) dentro de las conurbaciones y fuera de ellas. Para el año 2000 a. C. el bronce comienza a sustituir al cobre y aparecen los primeros gobiernos talasocráticos, es decir, aquellos que dominan rutas de navegación. La fusión entre las leyes y la religión ocurre en el siguiente milenio. Fusión que se transformará en una herramienta crucial en la conquista del planeta. Imponer una determinada religión ha sido una excusa, con frecuencia lamentable, para justificar la invasión de un territorio y su gente.

Pero los cambios en las sociedades no han sido simétricos ni lineales. Persisten grupos aislados, organizaciones de clanes y tribus, algunos países aún tienen reyes, aunque su poder no es tan absoluto como en el pasado y a veces es más figurativo que real. Los imperios tradicionales han desaparecido y otras fuentes de poder, como las económicas, son más importantes que las territoriales. Persisten teocracias, dictaduras militares y autocracias, pero han surgido muchas democracias con grandes diferencias. De pocos países hemos pasado a más de 200 naciones y territorios. Pero en esa enorme diversidad existe un elemento común: hemos conquistado el planeta y no sabemos muy bien que hacer, o no compartimos como humanidad un objetivo compartido, porque no hemos alcanzado, quizás, una cultura universal.

Nacen los reinados y se extiende la conquista del planeta

La unificación de poblados bajo una sola autoridad, con prácticas culturales compartidas y sobre grandes extensiones es mejor conocida en el Medio Oriente, pero sin duda ocurrió en muchos otros sitios del planeta y parte de la evidencia son los centros ceremoniales, desde Asia hasta Perú. En el transcurso de 5 milenios el sedentarismo agrícola, así como la domesticación de animales, incrementa la cantidad de alimento disponible, la supervivencia es mayor, crecen los grupos y con ellos su complejidad social y cultural. Por social entendemos las formas de organización y por cultural los conceptos, conocimientos, tecnologías y creencias que pasan de una generación a otra creando ideas compartidas.

Las evidencias mejor estudiadas, corresponden a los sumerios alrededor del año 3500 a. C., es decir, hace algo más de 5000 años entre los ríos Tigris y Éufrates, una zona fértil

rodeada de montañas y desiertos (https://es.wikipedia.org/wiki/Creciente_Fértil). Se conocen los restos de unas 30 poblaciones y se supone que tras muchos conflictos entre ellos, son unificados por el mayor poderío de Uruk que domina a las restantes por unos 600 años, entre el 3500 y 2900 a. C. La evidencia apunta hacia la existencia de una organización teocrática inicial, politeísta, pero usualmente con una deidad principal en cada poblado importante como Enlil en Nippur, Enki en Eridu, Utu en Lagash, Nannar en Ur, Anu en Uruk y así sucesivamente. Estos dioses estaban vinculados al sol, la luna, la tierra, el agua, vientos y tormentas. Pero el poder no solo era teocrático, sino también militar.

La escritura evoluciona en ese lapso, pasando de ser pictográfica con dibujos que representan objetos, a ideográfica, es decir, conceptos, a fonográfica y finalmente la más elaborada que fue la cuneiforme con signos equivalentes a palabras, se comenzó a emplear entre el 3400 y 3200 a. C. y fue adoptada por los sumerios, acadios e hititas en una primera etapa y luego por otros idiomas del Medio Oriente. El milenio que trascurre desde el invento de la escritura está lleno de innovaciones o adaptaciones de preexistentes: depósitos, medidas, escribas y contables, la arquitectura, recipientes de todo tipo y diversificación de la agricultura, el riego, la cría de animales y la dieta. Obviamente leyes, normas y hasta los primeros impuestos. El análisis reciente de los recipientes también ilustra la antigüedad de las primeras biotecnologías como la fabricación de quesos, cerveza y vino, así como la obtención de aceites.

El primer imperio de ciertas dimensiones tuvo como gobernante a Sargón hacia el año 2340 a. C. Sargón era acadio, es decir, de origen semita y estos posiblemente habían crecido gradualmente en número en los 500 años precedentes. Sargón movió sus huésteres al norte y al sur, conquistó Uruk, Nippur y Lagash, llegó hasta el Golfo Pérsico al sur y hasta el Mediterráneo en el noreste (**Cuadro 9**).

Cuadro 9. Una selección cronológica de sitios, eventos, personas y estimados de la población total vinculados a la conquista del planeta

<i>Fecha</i>	<i>Evento</i>	<i>Población</i>
9100 a. C.	Gobeki Tepe, actual Turquía	1 000 000
8000 a. C.	Ñanchoc, Perú. Agricultura en América	
7000 -6600	Catal Huyuk y otros asentamientos humanos	
6000 a. C.	Fundición de cobre	8 000 000
4000 a. C.	Invento del arado	
4000 a. C.	Asentamientos en China	
4000-3000 a. C.	Asentamientos en Groenlandia	
3500 a. C.	Uruk y otros asentamientos sunitas	
3400-3200 a. C.	Escritura cuneiforme. Tigris y Éufrates	
3200 a. C.	Fundición de bronce	
3500 a. C.	Primeras ciudades egipcias	
3500 -2900 a. C.	Dominio de Uruk. Tigris y Éufrates	

3500-3100 a. C.	Egipto: Abidos, Ombos, etc. Nilo	
3200 a. C.	Caral en Perú	
3300-1300 a. C.	India. Valle del Indo	
3120-3050 a. C.	Nagada. Dinastía 0 Egipto	
3100 a. C.	Creta. Cultura Minoica. Navegación	
3050-2860 a. C.	Dinastía Tinita. Egipto	
3000 a. C.	Desarrollo del bronce	15 000 000
2340 a. C.	Sargón. Primer Imperio. Acadios.	
3050-2250 a. C.	Imperio de Menfis. Pirámides en Egipto	
2700-1600 a. C.	Primera dinastía china Xia	
2250 a. C.	Primera gran ciudad: Menfis. Aprox. 30 000 hab.	
2000 a. C.	Tebas concentra unos 75 000 habitantes	
2000 -1900 a. C.	Creta. Palacio y ciudad de Cnosos.	
2500 -1500 a. C.	Cultura Olmeca en México	
2205 a. C.-1500	Dinastía Hsia en China	
2000 a. C.	Asentamientos fenicios costa Mediterráneo	
2000 a. C.	Primer alfabeto. Egipto	
1800 a. C.	Construcción de Ninive por los asirios	
1792 a. C.	Imperio Babilónico. Hammurabi	
1750 a. C.	Código de Hammurabi. Leyes	
1760 a. C.	Dinastía Shang en China	
1700-1050 a. C.	Micenas y otros asentamientos en Grecia	
1300 -1400 a. C.	Fundición del hierro	50 000 000
1200 a. C.	Reinos y ciudades de India. Kuru	
600-700 a. C.	Polis griegas: Atenas, Esparta, Corinto, etc.	
800-600 a. C.	Comercio. Expansión en el Mediterráneo	
600 a. C.-400 a. C.	Redacción de la Torah. Antiguo Testamento	
753 a. C. aprox.	Fundación de Roma	
563 a. C. aprox.	Nacimiento de Buda	
550 a. C.	Imperio Persa. Ciro	
551 a. C.	Nacimiento de Confucio	
500 a. C.	Monte Albán en México	100 000 000
427-322 a. C.	Platón, Aristóteles. Helenismo	
356-323 a. C.	Imperio Macedonio. Alejandro Magno	
100 a. C.	Teotihuacán en México	
200 a. C.-476 d. C.	Imperio Romano	
1	Nacimiento de Cristo	200 000 000
200-900 d. C.	Ciudades mayas: Tikal, Palenque, Chichen-Itzá	
570 d. C.	Nacimiento de Mahoma	
395-1453	Imperio Bizantino. Constantinopla	
661-929 d. C.	Califatos. Omeyas desde Damasco hasta Córdoba	
800-843 d. C.	Imperio Carolingio	
1100-1200 d. C.	Angkor Wat, Cambodia. Mayor templo conocido	310 000 000
1088-1218	Primeras universidades europeas	
1206-1294 d. C.	Imperio Mongol. 24 000 000 km ² Gengis Khan	
1325-1521 d. C.	Imperio azteca. Tenochtitlán con 100 000 hab.	
1347-1351	Peste negra. varios millones de muertos	
1440 d. C.	La imprenta y el Renacimiento	

476-1450	Edad Media europea	
1492 d. C.	Colón llega a América	500 000 000
1492-1820	Imperio Español	
1400-1700 d. C.	Nacen los estados nacionales	650 000 000
1769-hasta s. XX	Revolución Industrial Vapor	
1788	Primer asentamiento europeo en Australia	
1789	Revolución Francesa	
1850-1900	Vías férreas. Vacunas	1 200 000 000
1884	Máxima expansión Imperio Británico 35M km ²	
1900-1910	Automóviles, electricidad, aviones	2 000 000 000
1914	1.ª Guerra Mundial. Fin Imperio Austro-Húngaro	
1918	Pandemia de Gripe. 40 millones de muertos	
1938-1945	2.ª Guerra Mundial. 40 a 50 millones de muertos	
1945	Fin del Imperio Británico. Primera bomba atómica	2 520 000 000
1945	Creación de las Naciones Unidas	
1945-1950	Expansión del Imperio Soviético	
1960-1970	Revolución verde	
1945-1991	Guerra Fría	
1971	Primer computador personal	
1973	Primer teléfono celular y primer transgénico	
1988	Creación del IPCC Cambio climático	
1990-1991	Fin del Imperio Soviético. Invasión de Irak	5 294 000 000
2000	Nacen las redes sociales	6 144 000 000
2000-2023	Revolución Tecnológica. Inteligencia Artificial	
2019-2023	COVID-19, 700 millones casos y 7 millones de fallecidos	
2022-2023	Población supera los 8 000 000 000	8 042 000 000

Diversas fuentes. Elaboración propia- Varias de Wikipedia. Muchas fechas aproximadas y eventos importantes soslayados. Población estimada de varias fuentes, solo confiables a partir de los siglos XX y XXI. Para julio de 2023 Worldometers estima en 8042000000 la población mundial. Se estima que cada día nacen alrededor de 226000 personas.

Las primeras conquistas: El Mediterráneo

El mar Mediterráneo ha jugado un papel importante en la conquista del planeta. Cuna de imperios como el romano, culturas derivadas de Grecia y contactos con el Medio Oriente, borde sur de la actual Unión Europea, constituida por 27 países, con más de 450 millones de habitantes y una densidad de 109 habitantes por km², entre los que destacan, si incluimos a Inglaterra, a los grandes imperios que conquistaron buena parte del planeta, centro de dos guerras mundiales, la revolución industrial, con profundas alteraciones del ambiente dentro de su territorio y fuera del mismo. Sigue siendo en el siglo XXI un protagonista importante en el futuro del planeta y su gente.

En el verano de 2023, muchas zonas del Mediterráneo han pagado un precio elevado debido al cambio climático. Graves incendios forestales en Sicilia, Rodas, Túnez, Argelia, Grecia, España y Portugal han destruido miles de hectáreas en el año de máximas temperaturas desde que existen registros confiables. Gran paradoja para

algunos de estos países que mientras sufren el efecto del cambio climático, algunos son líderes en el proceso de reducción de las emisiones de CO₂ gracias a creciente empleo de fuentes no contaminantes de energía y programas de reforestación. Sin embargo, el cambio climático es un fenómeno global que no respeta fronteras.

La conquista del Mediterráneo (**Figura 17**) fue un proceso que se desarrolló con intensidad entre 1600 a. C. y 600 a. C., tuvo enormes consecuencias económicas, culturales y políticas. La irregular y compleja geografía del Mediterráneo, con sus numerosas islas y penínsulas, así como su comunicación con el mar Negro al norte y el mar Rojo al sur, determinó la creación de muchos asentamientos humanos una vez dominadas las técnicas básicas de navegación y con una creciente producción agrícola que estimuló el comercio. Existe evidencia de asentamientos humanos en Grecia muy antiguos, alrededor del 2800 a. C., pero no es hasta el 1600 a. C. cuando se desarrolla la cultura micénica, que entra en decadencia hacia el año 1100 y algo más antigua, alrededor del año 2000 a. C. surge la cultura minoica en la isla de Creta. Los fenicios a su vez se expandieron por el margen sur del Mediterráneo entre los años 1200 y 1000 a. C. creando colonias desde Egipto hasta la actual España y dedicados al comercio, enlazando a los pueblos de Siria, Irak e Irán con el norte de África. Los fenicios desarrollaron el primer alfabeto, mismo que con modificaciones, fue adoptado luego por los griegos y otros pueblos del Medio Oriente.

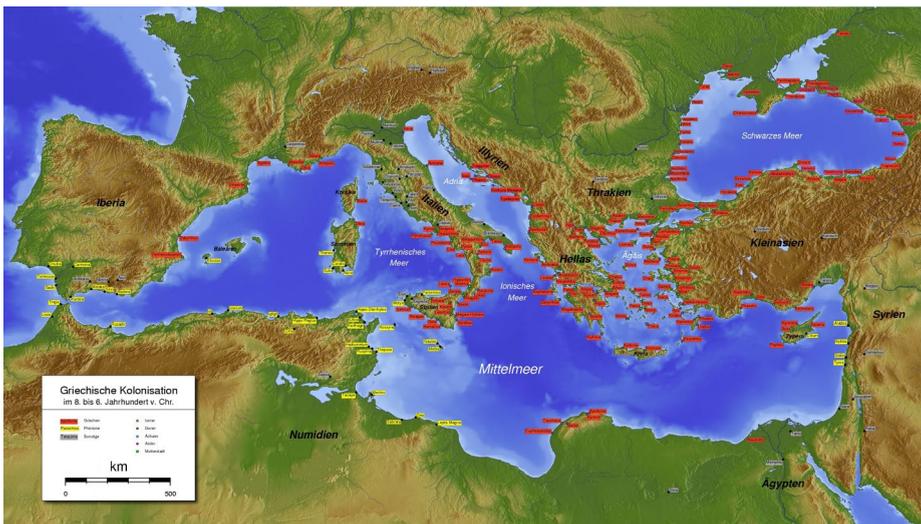


Figura 17. La conquista del Mediterráneo siglos VIII-VI a. C.
Griegos, fenicios, egipcios y otros.

Fuente: De Gegggep - Trabajo propio, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23358179>

Ni los fenicios, ni los antiguos griegos forjaron imperios, pero fundaron muchas ciudades prácticamente independientes, aunque por lapsos algunas, como Micenas, Tebas y Cnossos fueron metrópolis dominantes sobre otros asentamientos, como lo serían más tarde Esparta y Atenas. Puede ser una hipótesis atrevida, pero ese arreglo político, donde no faltaron autocracias y tiranos, parece haber permitido el peculiar fenómeno del helenismo y el surgimiento de una pléyade de pensadores cuya suma de ideas constituyeron las bases de la cultura occidental. Entre otros, Tales de Mileto (624-546 a. C.), Anaximandro de Mileto (610-545 a. C.), Heráclito de Efeso (540-480 a. C.), Pitágoras de Samos (570-490 a. C.), Anaxágoras de Clazomenas (500-428 a. C.), Demócrito de Abdera (460-370 a. C.), Sócrates de Atenas (470-399 a. C.), Platón de Egira o Atenas (427-347 a. C.) y Aristóteles de Estagira (384-322 a. C.).

De ellos heredamos el individualismo, la ética, buena parte de las matemáticas, la idea de los átomos, la filosofía con novedosas observaciones e interpretaciones del mundo físico, la democracia y muchas cosas más, entre ellas la arquitectura y el arte. Aunque hay muchas dudas sobre la vida de Homero y Hesíodo, lo cierto es que la literatura épica florece desde el siglo VIII a. C. con obras como la *Ilíada* y la *Odisea*.

La república griega es excluyente y selectiva, las mujeres están segregadas de las grandes decisiones, tampoco tienen derechos los extranjeros y los esclavos. Aun así, la asamblea de ciudadanos es una novedad política y social, así como la elección o revocatoria de funcionarios con poder de decisión.

En Grecia y su periferia, ocurren innovaciones importantes como los molinos de agua, engranajes y tornillos, relojería, numerosas mejoras en la navegación, armas como la catapulta y técnicas de fundición, prensas para extraer aceite, canales y acueductos, herramientas para cortar piedras, selección de plantas y animales y así sucesivamente.

La navegación y en comercio, en particular de alimentos, eran importantes debido a la escasez de tierras fértiles para una población en crecimiento. El empleo del hierro mejoró notablemente la seguridad los navíos; sierras y clavos mejoraron su estructura. Así mismo se dibujan los primeros mapas y se registran los vientos dominantes. Las expresiones artísticas se hacen cada vez más elaboradas, aparece el teatro y la literatura, así como una arquitectura cada vez más compleja como el Partenón (447-438 a. C.) construida durante el gobierno de Pericles (495-429 a. C.) cuando Atenas domina parte de Grecia.

La influencia comercial de fenicios y griegos se traduce también en el establecimiento de nuevos cultivos, procedentes de Asia, el Medio Oriente y África en la cuenca del Mediterráneo, y se desarrolla una gastronomía sincrética. Los grabados egipcios, mesopotámicos y griegos en paredes, columnas y cerámicas han permitido conocer que comían y por ende que cultivaban: trigo, centeno y sus derivados, cerveza, cebollas, pepinos, habas, lentejas, guisantes y lechugas, frutas, como higos, dátiles, granadas,

uvas y sandías, y los más ricos, carne de cabras, patos, gansos, pichones, pescado, amén de queso, aceite, ajo, comino, miel y perejil. En la dieta de los griegos aparecen también garbanzos y lechugas, abundante consumo de vino, horarios para las comidas y muebles para comer, y en todas las culturas del Medio Oriente y el Mediterráneo evolucionan los recipientes de bronce y las cerámicas, buen número de ellas destinadas a la cocina y a la mesa. La incorporación de cebolla, ajo, comino y cilantro a las comidas es tan antigua como unos 3000 años a. C. y el orégano y el perejil alrededor de 1000 años más tarde. Cuchillos y cucharas son los utensilios ayudados por el pan y los dedos. Buena parte de la conquista del planeta tiene que ver con la alimentación.

Desde Grecia y sus colonias en la actual Italia, norte de África y España, se van extendiendo los cultivos y la cría de animales como cabras, caballos y bovinos se intensifica. Los cerdos se introdujeron gradualmente en Europa a partir del 1500 a. C. La demanda de madera para la fabricación de navíos y el consumo de leña para la creciente población determina la tala de árboles en las laderas y valles de la Grecia continental, las islas del mar Egeo, las zonas cercanas al mar de donde actualmente se encuentran Turquía, Líbano, Palestina e Israel. La explotación de los escasos bosques de la zona, se suman a los realizados previamente en las cuencas del Tigris y del Éufrates, mientras que un fenómeno similar ocurre en China en los valles y montañas aledaños a la cuenca de otros grandes ríos, el Yang Tsé y el río Amarillo y en la India en las orillas del Ganges

Alejandro Magno (356-323 a. C.), hijo del rey de Macedonia en el norte de Grecia y alumno de Aristóteles, llega al trono en 336 y organiza un ejército de alrededor de 40 000 hombres. Ya su padre, Filipo, había extendido sus dominios hacia Tracia y, en la tradición que ya caracterizaba a las ciudades del sur, todos los varones jóvenes debían practicar deportes y luego artes de la guerra. Alejandro somete a las ciudades griegas y luego entra en guerra contra los persas, viejos enemigos, en el año 344. Tras derrotar a las tropas de Darío en 330 y ser recibido como un libertador en muchas ciudades bajo el extenso imperio persa, crea a su vez un imperio, que en apenas 13 años, cubre desde Grecia hasta la India, incluyendo el norte de Egipto.

La importancia del número de habitantes y la fracción de ellos disponibles para la guerra, es tan evidente para los historiadores como lo fue para los gobernantes y sus generales. El triunfo dependía en buena medida del contingente disponible, sin ignorar otros aspectos como organización, alianzas, suministros y armamento.

Alejandro fue un hábil político, induce a sus tropas a casarse con mujeres de cada zona conquistada, al extremo de organizar bodas masivas, respeta las religiones y tradiciones de cada territorio ocupado (**Figura 18**) y realiza alianzas con los pueblos sometidos a los persas. Es coronado faraón en Egipto. Al interior de Grecia es reconocido como Hegemón, término que significaba líder, conductor o gobernante. Ya su padre, Filipo, había sido Hegemón de la Liga de Corinto. La diferencia entre tirano y Hegemón estriba



Figura 18. Imperio de Alejandro Magno (330-323 a. C.).

Fuente: Thomas Lessman (2008) en Wikipedia. (https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Alexander-Empire_323bc.jpg)

en que el primer término era, y es, aplicado al usurpador del gobierno por la fuerza y al margen de las leyes, mientras que el segundo refleja la aceptación social del ocupante del poder. Además, Alejandro y sus generales innovaron frente a los persas con una adecuada distribución de la caballería y la infantería que atacaban por los flancos, con un ejército que hablaba el mismo idioma y los unía una cultura común. Los persas eran más heterogéneos y numerosos, y tras las primeras derrotas los mismos generales de Darío lo traicionaron, asesinandolo, y pactando con Alejandro. Así, los 40 000 hombres de Alejandro derrotaron a los 200 000 de Darío. Estrategia, organización y capacidad de negociación, hoy esenciales en la vida del siglo XXI, se desarrollan con intensidad en los tiempos de Alejandro.

Efímero como fue, ya que el imperio se disuelve con su muerte a los 32 años, ocurrida en Babilonia, la importancia cultural y tecnológica fue enorme. Brutal en la guerra, era también un hombre culto, educado por Aristóteles, y se rodea, no solo de estrategias militares, sino también de filósofos, poetas y otros intelectuales. Después de su muerte, el imperio se divide en cuatro reinos y en el correspondiente a Egipto, una nueva ciudad, Alejandría, se transforma en el centro cultural y económico más importante. Ptolomeo, uno de sus generales, hereda el título de faraón y a partir de él, una dinastía que durará 3 siglos hasta la muerte de Cleopatra.

En Alejandría, la biblioteca y el museo serán el centro del conocimiento y la ciudad y su puerto, del comercio, que atraerán a estudiosos de las más diversas disciplinas. En Alejandría se concentran las ideas y técnicas de los egipcios, asirios, sumerios, fenicios,

persas y griegos, así como de quienes luego forjarán el futuro y extenso Imperio Romano. Alejandría fue un centro multicultural por muchos años, allí coexistirá el panteón de dioses griegos, con judíos y seguidores de los dioses egipcios. De este modo, más que su prestigio como conquistador, debemos ver en Alejandro la figura que extiende el helenismo en buena parte del Mediterráneo.

Casi en paralelo con el poblamiento de Grecia, en el centro y norte de Italia se van fundando ciudades entre el año 900 a. C. y la conquista de los romanos a partir del siglo IV a. C. Los etruscos no conforman un imperio, sino una Liga de doce ciudades con su máxima expansión entre los años 750 y 500 a. C., muchas en la actual Toscana y colonias en Cerdeña y Córcega, así como intenso comercio marítimo en el occidente del Mediterráneo y por tierra, apenas limitados por las tribus celtas y vénetos en el norte, y las colonias griegas en el sur.

En el límite entre los etruscos y los griegos, en las orillas del Tíber, una tribu latina va construyendo la ciudad de Roma entre los siglos XI y VIII (una tradición señala al año 753 a. C. como fecha de fundación). La influencia de Roma sobre el centro de la actual Italia crece gradualmente entre los años 625 y 575 a. C. Se extiende luego hacia el mar y en la desembocadura del Tíber se desarrolla el puerto de Ostia. En una primera etapa Roma es gobernada por reyes de origen etrusco hasta que en el año 509 es derrocado el último de ellos y creada la República Romana con un gobierno oligárquico donde las familias más pudientes, los patricios, elegían al senado y a dos cónsules que representaban el poder ejecutivo. A partir del año 395 a. C., Roma se convierte en un estado guerrero que va conquistando toda la península gracias a un ejército bien organizado y formado por legiones.

Algunos plebeyos ganan derechos y se incorporan al senado. Tras la primera guerra púnica, Roma se anexa Sicilia y al final de la tercera (202 a. C.) logró destruir a su principal competidor, Cartago, ocupando las viejas colonias fenicias y llegando hasta la actual España y sur de Francia.

Entre los siglos II y I a. C., Roma mira ahora hacia el Oriente, invade primero a Macedonia, luego a Grecia, parte del Medio Oriente hasta Armenia y Egipto, y en Occidente llega hasta las islas británicas, donde nunca lograron un control total por la resistencia de sus pobladores. La República Romana colapsa en el año 48 a. C. por su incapacidad de gobernar con eficiencia la enorme área conquistada, los jefes militares, como Julio César, tienen más poder que el senado y los cónsules. Finalmente, tras guerras civiles, asesinatos y no pocas intrigas, Augusto (64 a. C.-14 d. C.) se convierte en el año 27 a. C. en el primer emperador romano. Roma hereda de Grecia la religión, el individualismo, las tecnologías acumuladas y el poder comercial.

Los cultivos tradicionales y la crianza de animales se extienden hacia todas las zonas conquistadas. Bajo el imperio se desarrolla la arquitectura con grandes obras,

se construye una inmensa red de caminos, acueductos y sistemas de riego. La población del imperio en sus comienzos llega a ser de unos 5 millones de personas y su administración se hace compleja. Las normas se convierten en leyes y el latín en una lengua universal. En el lapso de máxima extensión del Imperio (**Figura 19**) en el siglo I, se estima en algo más de 50 millones la población sobre una superficie cercana a los 5 000 000 de km², es decir, 10 habitantes por km². En la actualidad, la densidad poblacional del mundo (cifra de 2020) es de 51 y en el área cubierta por el Imperio Romano, la densidad actual está alrededor de 500 habitantes por km².



Figura 19. El Imperio Romano.

Fuente: <https://www.profesorfrancisco.es/2011/08/mapas-del-imperio-romano.html>

Roma es un imperio pragmático y de un modo u otro, se estimulan las tecnologías de construcción con una obsesión por grandes obras de ingeniería. El descubrimiento de las propiedades del cemento y el arco romano permiten construcciones de tamaño y solidez extraordinarias. Mejoran los engranajes y los molinos, se incrementan las canteras y hay notables avances en el dominio de las técnicas para la elaboración de vidrio, cloacas y tuberías de plomo. Absorben los conocimientos griegos, alejandrinos y procedentes del medio oriente, pero simultáneamente persisten supersticiones y prácticas religiosas tradicionales. La estructura social es muy asimétrica, una clase dominante, orfebres, comerciantes y una enorme masa de plebeyos y esclavos. Las tribus, clanes y en general los pueblos subyugados resisten la dominación romana y las sublevaciones son frecuentes en el norte del imperio (**Cuadro 10**).

Cuadro 10. Tecnologías duras y blandas del Imperio Romano

Armas de los conquistadores romanos

Arado con yuntas, herramientas agrícolas
 Dominio de técnicas para producción agrícola. Cereales
 Caballos, bovinos y caprinos domesticados
 Monedas y medidas
 Técnicas de construcción y navegación. Mapa de vientos
 Fundición de bronce y hierro. Cerámica y vidrio
 Molinos hidráulicos y de viento
 Salado, ahumado, fermentación
 Acueductos, canales y tuberías de plomo
 Cemento y técnicas de cortado y pulido de piedras. Arco romano
 Arcos, flechas, lanzas, escudos, cascos, catapulta
 Extracción de aceite
 Organización y entrenamiento militar
 Organización del gobierno. Latín como idioma oficial en Occidente
 Negociación y alianzas estratégicas
 Legislación escrita
 Red de caminos

La concentración humana en Roma y otras urbes en crecimiento determina condiciones higiénicas deplorables para la mayoría de la población y el incremento en la densidad poblacional, el comercio marítimo y la red de caminos, creó condiciones para la expansión de las epidemias. Así mismo, la extracción de materiales y formación de charcos temporales en la periferia de aldeas y grandes urbes, determinó endemias de malaria, así como enfermedades gastrointestinales por contaminación de los acueductos por aguas servidas. En el año 166 d. C., quizás procedente de Persia, llega a Europa una epidemia de viruela o sarampión que causa un estimado de 5 millones de víctimas, incluyendo al emperador Marco Aurelio. Cinco años antes, una epidemia similar había afectado buena parte de China. La epidemia desata una crisis económica severa y es aprovechada por los pueblos germánicos para intentar invadir los territorios romanos. Una segunda epidemia ocurre alrededor de los años 251 a 270 por causas no identificadas, gripe o un virus, causando también millones de muertos. Entre los años 541 y 750 se registraron varias epidemias de peste bubónica, transmitida por pulgas infectadas, la primera en Constantinopla, denominada peste de Justiniano, causando un estimado de 50 millones de fallecidos, ya que se extendió a Asia y Europa. Durante la expansión del Imperio Romano, también ocurre un crecimiento poblacional

importante en China (Dinastía Han, 206 a. C. - 220 d. C.) gracias a un lapso de prosperidad económica y en la India también crece la población y las áreas cultivadas bajo el reinado de los Gupta a partir del 240 d. C.

Las técnicas agrícolas se van perfeccionando con arados cada vez más elaborados, como el arado con juego delantero (siglo I a. C.) el empleo de bueyes, la yunta, y más tarde de caballos, herraduras, la rotación de cultivos, sistemas de riego y diversos tipos de molinos. Más tarde aparece el arado normando, con ruedas cuyo uso se extiende durante la Edad Media. La serrería de Hierápolis (siglo III a. C.) poseía una sierra hidráulica para cortar piedras de gran tamaño. Todos estos cambios incrementan la extensión y productividad de los cultivos. Con más alimentos disponibles aumenta la población y surgen nuevas aldeas, así como un crecimiento en la demanda de leña para cocinar y calefacción en invierno, así como madera para construcción de viviendas, navíos y crecientes industrias como las del hierro y el vidrio.

La deforestación, la agricultura y el desarrollo de pastizales para el ganado determinó erosión del suelo y severas inundaciones. También fue considerable la deforestación bélica y las legiones romanas destruyeron muchos bosques con varios objetivos. Uno era dejar sin recursos a los pueblos sometidos, otro era impedir que las tropas enemigas encontraran refugio entre los árboles.

La minería fue relevante en la expansión romana, en particular la de plomo, plata, oro y hierro. El plomo era indispensable en las urbes romanas y las principales minas se encontraban en España (Hispania) y luego en Inglaterra (Britania), donde también encontraron hierro y depósitos superficiales de carbón. Este último había sido empleado ocasionalmente como combustible en China y Grecia, así como la turba en el norte de Europa y Asia. El crecimiento poblacional en Roma y otras ciudades del Imperio comienza a depender cada vez más de cereales importados del norte de África y es una de las razones que motivan la conquista de Egipto (30 a. C.) y, antes, la Tercera Guerra Púnica (146 a. C.) que destruye a Cartago.

Detrás de la conquista y explotación de los recursos naturales se encuentra una ideología sacralizada. El antropocentrismo, la naturaleza al servicio del hombre, que se desarrolla en Aristóteles, Platón y la escuela de Alejandría, se expresa en autores como Cicerón (106 a. C.-46 a. C.). El antropocentrismo va a recibir un notable refuerzo con la expansión de las religiones monoteístas, las ideas, economía y políticas de Estado, basadas en las mismas.

El hombre, hecho a semejanza de Dios, un Dios que crea la naturaleza para el uso y disfrute del hombre, como se establece en la Biblia, a la par de la desacralización de los bosques, morada de muchas deidades, en la visión del Neolítico temprano. Así, nuestra especie tiene, en consecuencia, un derecho infinito para explotar y alterar el ambiente que lo rodea.

Aunque no faltaron voces, escritos y algo de legislación para reducir el impacto negativo de la deforestación, como artículos en el Código de Hammurabi y algunas leyes ptolemaicas que obligaban a mantener bandas de bosque entre los campos de cultivo, dominó durante la expansión de los imperios antiguos, el derecho de los hombres a usar y disfrutar de los recursos naturales sin mayores restricciones.

En América también aumentan las áreas bajo cultivo, quizás más lentamente debido a la inexistencia de animales de tiro, situación compartida con Australia. Esto hace más lento el crecimiento poblacional y conquista de nuevos territorios. A diferencia de Eurasia, la disponibilidad de proteína animal doméstica y la fuerza de trabajo de bueyes y caballos, es sin duda una limitación en América. La domesticación de cuyes en los Andes y pavos en México no está bien documentada, pero se supone que los pavos fueron criados en cautiverio a partir del año 2000 a. C., pero con mayor intensidad hacia el 700 d. C. y los cuyes hacia el 2500 a. C. El consumo de llamas era más bien ocasional y reservado a los más pudientes. Por otra parte, se desarrollaron técnicas para el cultivo en las montañas como las bien conocidas terrazas incas.

En México y Centroamérica el cultivo del maíz era esencial, pero requería intensa mano de obra que utilizaban azadas y coas y debido a la pobreza en nutrientes de los suelos tropicales, la deforestación y creación de nuevas áreas abiertas cada tres o cuatro años, hizo de la rotación de cultivos algo indispensable. Aun con esas restricciones, la disponibilidad de alimentos también aumentó gradualmente y con ellos no solo el crecimiento de la población y el comercio, sino también la conquista de nuevos espacios a expensas de los bosques. Sobre la población prehispánica de América las cifras no pueden ser más diversas y los estimados oscilan entre 10 y 50 o más millones de habitantes.

El Imperio Romano se impuso, gracias a su ejército y las tecnologías acumuladas, a la enorme cantidad de tribus ubicadas alrededor del Danubio y el Rin, algunas ya con una economía agrícola, otras nómadas y con frecuencia con serios conflictos entre ellas y alianzas temporales con el Imperio. Estas tribus estaban sometidas a un clima mucho más riguroso que el del Mediterráneo, en particular durante el invierno.

El Imperio disfrutó por más de tres siglos un clima benigno, pero en el siglo III disminuyeron las lluvias y los inviernos se hicieron más crudos. Las tribus del norte y de Asia se movieron hacia el este y el sur en busca de climas más adecuados. Hacia el año 260 d. C. los galos llegaron a España y, en el otro extremo del Imperio, los godos entraron en la actual Turquía, así mismo los pueblos del norte invadieron el norte de la India y cruzaron los territorios de los sasánidas en el norte de Persia. Hacia el oeste, las posibilidades de migración eran más reducidas, una geografía difícil con elevadas montañas y desiertos, un clima hostil y el desarrollo de las dinastías Qin (221-206 a. C.) y Han (206 a. C.-220 d. C.) basadas en la agricultura y el comercio arman un

poderoso ejército y expulsan o limitan a los hunos (*xiognu*) y desarrollan tanto la muralla como la ruta de la seda (<http://es.wikipedia.org>>Ruta_de_la_Seda).

Los hunos fueron probablemente una confederación bastante laxa de muchas tribus, algunas originarias de Asia, como los *xiognu*, otras del Cáucaso y de las grandes estepas al norte del Danubio y cerca de los ríos Don y Dniper, así como de los Balcanes. Derrotan o absorben a los godos, visigodos, que probablemente habían migrado desde el extremo norte de Europa, así como previamente lo habían hecho con los *yuhezi*, *donghu* y *wusun*. Sin duda hay un choque de culturas entre pueblos nómadas y agrícolas-comerciantes, pero también alianzas y a veces sometimiento y pago de tributos recíprocos, los romanos cobrando impuestos y a veces pagando para evitar invasiones. Nace la geopolítica y las técnicas de negociación.

Al final los ostrogodos erigen su propio y temporal reino con Teodorico el Grande a la cabeza (454-526 d. C.), los francos hacen algo similar con Clodoveo como rey (466-511 d. C.) que divide el reino entre sus cuatro hijos, mientras Constantino (232-337 d. C.) tras 20 años de pugnas internas coloca la capital del fragmentado imperio romano en Bizancio y cesa la persecución de los cristianos. El reinado de Constantino, de hecho, es el punto de partida de un nuevo imperio y Bizancio, en la encrucijada entre el mundo oriental, las estepas del norte y el Mediterráneo, se convierte en la principal urbe del planeta.

El Imperio Bizantino se extiende y se encoge a lo largo de 1000 años, con su máxima extensión (**Figura 20**) hacia el año 550, con colonias en el sur de Italia, el norte de África y España, y la mínima antes de la toma de Constantinopla por los turcos en 1453. De hecho, es un imperio marcado por la cultura griega, profundamente autocrático, intolerante en lo religioso, desde que Constantino I adopta la religión cristiana y traslada la capital de Roma a Bizancio en 330 d. C., pero multiétnico en su composición poblacional y sin duda heredero muchas costumbres y leyes romanas. La influencia bizantina es tal que se expande el alfabeto griego con sus cambios cirílicos y locales a idiomas actuales como el ruso, ucraniano, serbio, búlgaro, macedonio, bieloruso, kazajo, uzbeko, kirgis, tayiko, azerí, gagaus, turcomano y mongol. Así mismo, el cristianismo se expande sobre una amplia zona euroasiática.

En Europa los lombardos invaden Italia y los normandos el sur de la península y norte de África. Carlomagno (747-814) trata de rescatar el viejo Imperio Romano, mientras Bizancio es asediado tanto por los turcos como por la expansión del Islam. En efecto, a partir de la muerte de Mahoma en 632 surgen en sucesión varios califatos y disputas entre los árabes sobre quién debe ser el sucesor de Mahoma. En una primera etapa el término Califa tiene solo una connotación religiosa, pero luego concentra también el poder político y militar.

Los califatos tienen como capitales primero a Damasco, luego Bagdad y finalmente El Cairo, pero las divisiones internas determinan una fragmentación que tendrá a

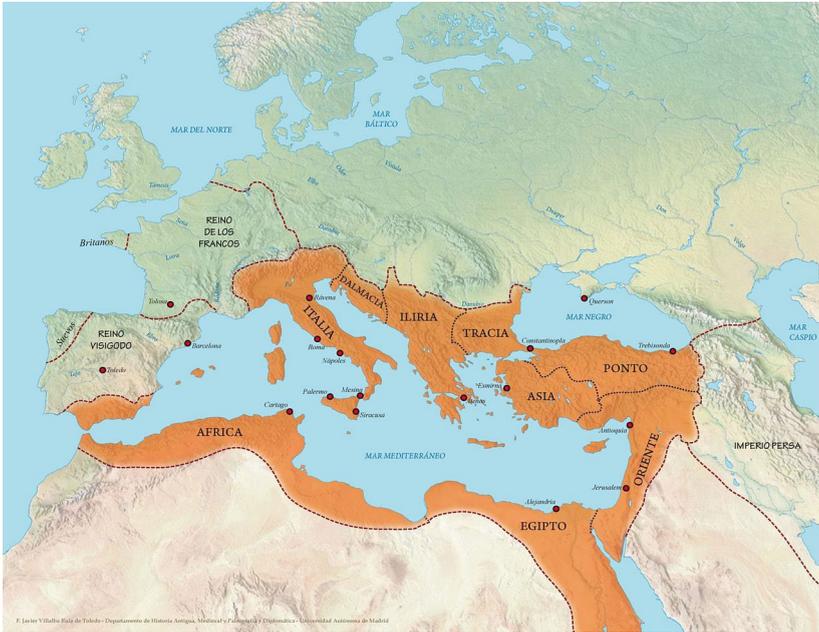


Figura 20. Máxima extensión del Imperio Bizantino (550 d. C.).

Fuente: Wikipedia. Plandeestudios https://ast.m.wikipedia.org/wiki/Ficheru:Expansion_del_Imperio_Bizantino.jpg

Córdoba como capital de otro califato (**Figura 21**) Bagdad se transforma en el centro cultural y comercial más importante y, de hecho, la ciudad más moderna y poblada de la Edad Media, centro cultural relevante, atrae filósofos, artistas, arquitectos, etc. del Mediterráneo y del ya decadente Imperio Bizantino y alberga una comunidad multireligiosa con seguidores del Islam, cristianos, que eran la mayoría, persas y judíos.

El Califato Omeya va conquistando gradualmente todo el sur del Mediterráneo y ocupa buena parte de la actual España. Hacia el norte y oriente, se extiende por Turquía, Siria, Irak y Afganistán, así como el sur de Egipto y varias zonas de África. En el año 750 ocurre una rebelión contra los omeyas que habían desarrollado una aristocracia de origen exclusivamente árabe y se establece el Califato Abasí con apoyo de muchos musulmanes de origen étnico más diverso que llega a cubrir cerca de 11 millones de km². El omeya, Abdemarrán I, se hace fuerte en el extremo occidental y crea el Emirato de Córdoba. La expansión omeya-abásida (661) encuentra límites en India y China y, en Europa, al sur de Francia.

África

Aunque nuestra historia comienza en África donde se originó el *Homo sapiens*, este continente, Australia y amplias zonas de América, por razones distintas, escapan por milenios de la conquista sistemática y profunda alteración del ambiente. Australia por

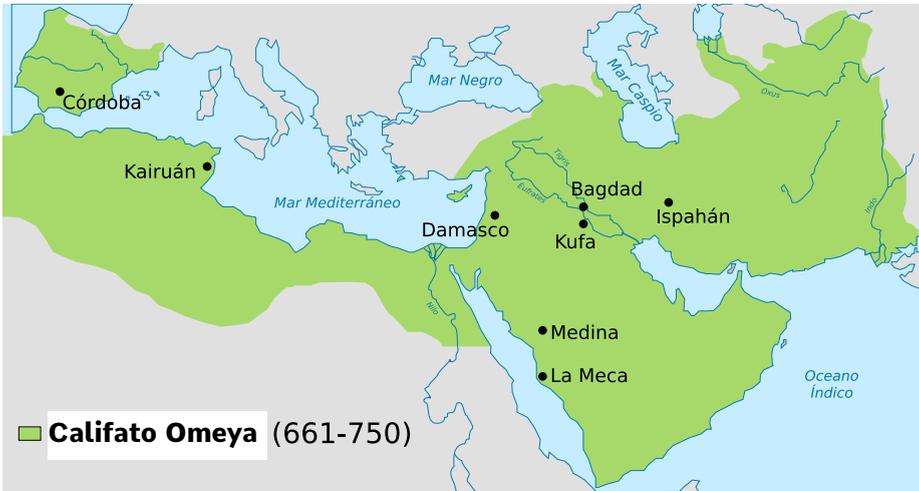


Figura 21. Máxima extensión del Califato Omeya (750 d. C.).

Fuente: Wikipedia. *Caliphate_750-pt.svg*. Autor: Renato de Carvalho Ferreira (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CalifatoOmeya750AD.svg>)

ser una enorme isla que queda separado de Asia después de la última glaciación y las zonas boscosas tropicales de África y América, quizás por no constituir el hábitat más adecuado para el desarrollo de una densa población.

Aun así, desde el norte de África, donde Egipto, Alejandría y Cartago son excepcionales, va penetrando gradualmente la ganadería bovina y nuevos cultivos hacia el sur del Sahara. En el extremo sur del continente se introducen cultivos asiáticos como el plátano y, probablemente, tubérculos como el ocumo, ya que tanto en India como en China se van dominando las técnicas de navegación.

A través de la cuenca del Nilo, la ganadería bovina es introducida en África Oriental, donde la cría de cabras ya era importante. En los bordes de las grandes selvas se desarrollan culturas e imperios como la de los zulúes, bantúes, somalíes y las tribus de habla suajili en los territorios que en la actualidad ocupan Tanzania y Uganda. Algo similar ocurre en África Occidental donde la agricultura se remonta a hace más de 5000 años, sin embargo, muchas tribus viven de la caza y la pesca, en la periferia y dentro del denso bosque tropical (**Figura 22**).

El crecimiento poblacional es continuo, pero mucho más lento que en el Mediterráneo. Con 30,3 millones de km², la densidad poblacional en el siglo I era de apenas 1 habitante por km². Los estimados poblacionales oscilan entre 16 y 35 millones en el siglo I, una cifra ligeramente mayor para el siglo X y alrededor de 100 millones entre 1500 y 1900. Los 3 siglos de dominación europea implicaron, entre otras cosas, el traslado entre 10 y 15 millones de esclavos hacia América, aunque los registros formales señalan una cifra inferior.

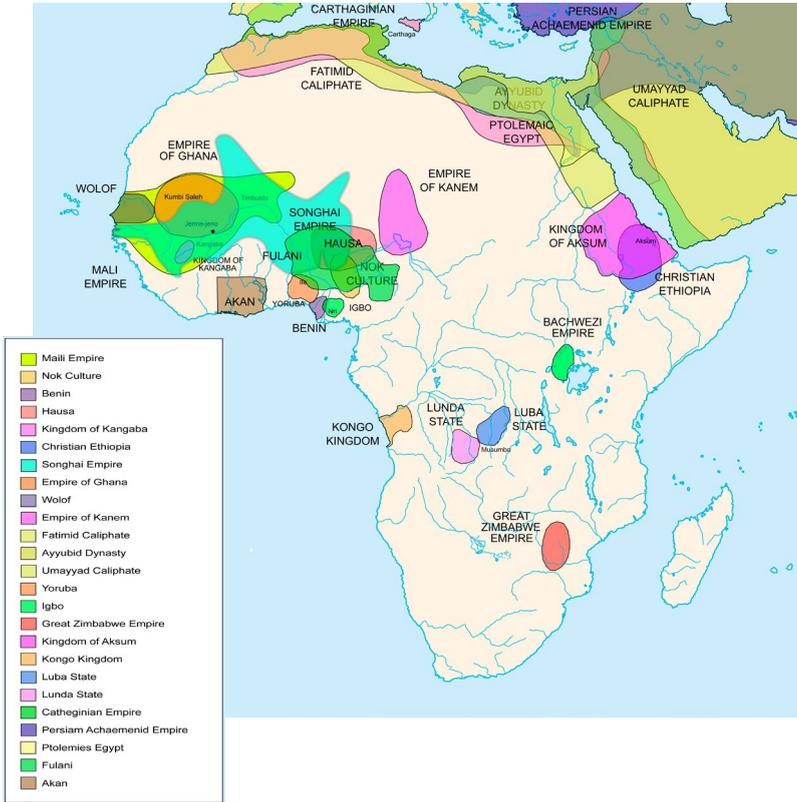


Figura 22. Civilizaciones africanas previas a la colonización europea iniciada en los siglos XV y XVI.

Fuente Wikipedia. ZYMOS. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e7/African-civilizations-map-pre-colonial.svg>

Así, durante más de 1000 años la población africana representó alrededor del 7 % de la población mundial. Es durante el siglo XX que ocurre una verdadera conquista del continente al multiplicarse por 10 la población y superar en la actualidad los 1350 millones de habitantes. En las últimas décadas, es el continente con la mayor tasa de crecimiento poblacional y el total es alrededor del 20 % de la población mundial.

Durante la Edad Media europea destacan reinos o imperios como los de Ghana desde el siglo VIII, Mali del XIII al XVII y el Wólof entre los siglos XIV y XVII (**Figura 22**). Los árabes, desde la cuenca en Nilo hasta el extremo occidental, comercian con intensidad, gracias a los camellos, con el África subsahariana, e introducen nuevos cultivos, como el sorgo y el trigo, y la religión islámica pasa a ser dominante, hasta la actualidad, en muchas regiones.

Sobre el dominio sobre los metales existe mucha controversia con relación a la fundición de hierro, pero se han encontrado aleaciones de cobre, plomo y otros

metales se han encontrado en diversas figuras y sin duda el bronce fue utilizado ampliamente en África. El proceso de incorporación de las tecnologías desarrolladas en el Mediterráneo, así como de nuevos cultivos, el comercio y más tarde el tráfico de esclavos, se acelera gracias a los navegantes portugueses (**Figura 23**) a partir de los siglos XV y XVI.

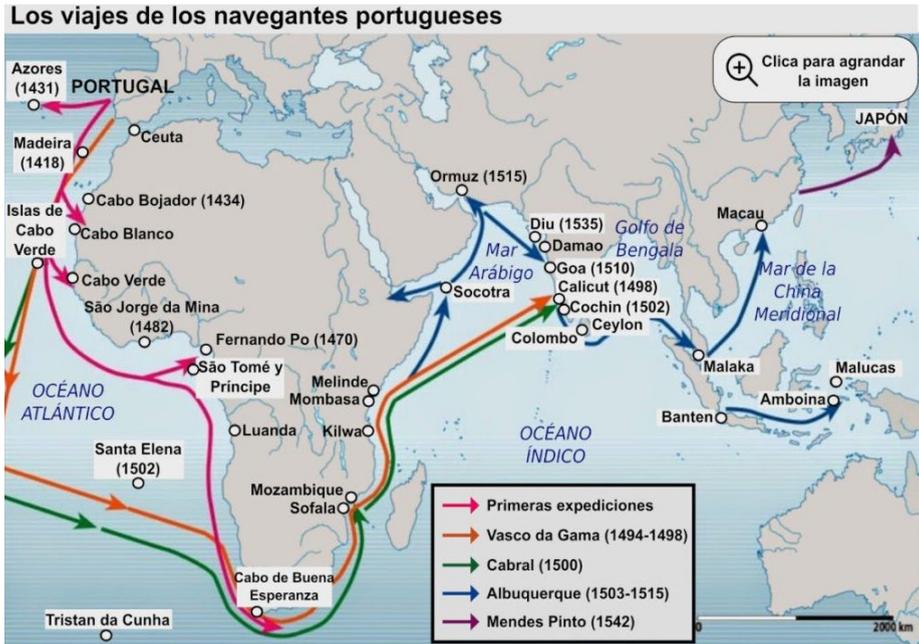


Figura 23. Rutas de los navegantes portugueses de los siglos XV y XVI.

Fuente: <https://elliotfern.com/es/viajes-descubrimiento-portugueses/>

Abiertas esas nuevas rutas, pronto los portugueses encontraron competidores en el creciente imperio español y en los agresivos negociantes de la Liga Hanseática que para 1598, desde Holanda y Alemania, participaban en el comercio de especias. Mientras tanto la atención de España, Francia e Inglaterra estaba más centrada en América, con excepciones como la conquista de Filipinas por los españoles en 1571, partiendo desde México y la creación de bases en las Islas Marianas y en las Carolinas. Las Filipinas, donde había influencia hindú y china, serían gobernadas desde el Virreinato de México hasta 1821. Quizás no sería aventurado señalar que los viajes, partiendo de Portugal y España, alrededor de África, pasando por la India, las Filipinas, México y luego España, constituyen el albor de la globalización.

En el África tropical, por siglos resultó más rentable el forrajeo y la migración, junto a la caza y la pesca, que la agricultura. Con una densidad poblacional baja y recursos abundantes, es posible que la agricultura intensiva no haya sido atractiva en y alrededor

de las selvas del centro de África, situación análoga a la de los pueblos amazónicos. La agricultura demanda más esfuerzos, organización y largas horas de trabajo, nada placentero bajo las elevadas temperaturas y humedad en el bosque tropical. Por otra parte, perturbado el bosque, surgía la malaria, buen motivo para migrar. Por otra parte, en las sábanas colindantes con los bosques abundaban los animales que podían proveer proteínas. Más de 1100 especies de mamíferos y 3000 especies de peces, ofrecían una amplia fuente de proteínas, complementando la cría, con frecuencia itinerante, de cabras y bovinos. El rezago agrícola se refleja en la organización social que preserva sus características tribales, escasez de grandes urbes y religiones animistas, hasta que el islam y el cristianismo comienzan a penetrar.

La colonización del continente africano nace de las costas hacia el interior y tras no pocos conflictos, Inglaterra, Francia, Italia, Alemania y Bélgica se reparten buena parte del continente a partir del siglo XVII, pero con mayor intensidad en el XVIII y XIX. Se crean fronteras que, con frecuencia, nada tenían que ver con las culturas originales y cuando en el siglo XX se van formando los actuales países, la inestabilidad política ha sido intensa.

Introducida la medicina occidental, y muchas de sus dietas, el crecimiento poblacional se aceleró y carentes de una economía agrícola desarrollada, el déficit de alimentos y la pobreza extrema son graves problemas en buena parte del continente. La misma viene acompañada por gobiernos, que, al margen de haber sido electos al estilo occidental, aún preservan costumbres y culturas tribales. Prolongadas dictaduras, gobiernos dinásticos, extendida corrupción y fallas profundas en la educación y los servicios, han marcado la historia reciente de buen número de países africanos. Bajo ese clima, el ambiente difícilmente puede ser una prioridad.

La alteración ambiental asociada al cambio climático en África se ilustra en el **Cuadro 11.**

Los problemas económicos se agudizan por los conflictos, no menos de 37 guerras en el siglo XX y persistencia de las mismas en 2023 en Etiopía, Yemen, Libia, Malí, Níger, Burkina Faso, Somalia, Congo y Mozambique, ahora acentuados por prolongadas sequías y poblaciones migrantes, con más de 11 millones de desplazados y 2 600 000 refugiados viviendo en campamentos. Escribiendo estas líneas, en julio y agosto de 2023, se registró el quinto golpe de Estado en Níger desde su independencia y otro en Gabón.

La alteración del ambiente debido a las actividades agrícolas, ganaderas y mineras, han determinado la persistencia y en algunas zonas, el incremento de la malaria. Para fines del año 2021 (OMS, 2022) se registraron 247 millones de casos con más de 600 000 muertes. En otras, la penetración en los bosques y el contacto con su fauna, han sido la causa de la transferencia de virus de los animales a los hombres como los bien documentados casos de Ébola y HIV (Sida), este último probablemente procedente de

Cuadro 11. Cambio climático en África (Naciones Unidas, 2022)

- Las temperaturas de África subieron una media de unos +0,3 °C/década entre 1991 y 2021, un registro más rápido que el calentamiento entre 1961-1990, de +0,2 °C/década...
- El aumento del nivel del mar a lo largo de las costas africanas es mayor que la media mundial, especialmente a lo largo del mar Rojo y el suroeste del océano Índico, donde la tasa es de casi 4 mm/año... Para 2030, se espera que entre 108 y 116 millones de personas en África estén expuestas al riesgo de subida del nivel del mar.
- La sequía en África Oriental se ha agravado tras las consecutivas temporadas de escasez de lluvias combinadas con el aumento de los conflictos, los desplazamientos de población relacionados con estos y las restricciones que provocó el COVID-19. Los altos precios de los alimentos impidieron la disponibilidad y el acceso a los mismos, dejando a más de 58 millones de personas en condiciones de inseguridad alimentaria aguda...
- Sudán del Sur, Nigeria, la República del Congo, la República Democrática del Congo y Burundi registraron graves inundaciones...
- Muchas partes del norte de África experimentaron un calor extremo, especialmente en Túnez, Argelia, Marruecos y Libia. Esta alza de temperaturas estuvo acompañada de incendios forestales. Las constantes tormentas de arena y polvo también fueron un problema.
- La principal preocupación son las sequías y las inundaciones. En los últimos 50 años, los peligros relacionados con las sequías se han cobrado la vida de más de medio millón de personas y han provocado pérdidas económicas de más de 70 000 millones de dólares en la región. En este período se han registrado más de 1000 catástrofes relacionadas con las inundaciones que han provocado más de 20 000 muertes. Se calcula que para 2050 los impactos climáticos podrían costar a las naciones africanas 50 000 millones de dólares anuales.
- La superficie total del lago Chad, situado cerca del desierto del Sáhara y que limita con Chad, Camerún, Nigeria y Níger, se ha reducido de 25 000 km² en la década de 1960 a 1350 km² en la década de 2000 y ha permanecido estable desde entonces...
- Los glaciares del monte Kenia (Kenia), el monte Kilimanjaro (Tanzania) y los montes Rwenzoris (Uganda) están retrocediendo a un ritmo más rápido que la media mundial...
- El aumento de la temperatura ha contribuido a reducir en un 34 % el crecimiento de la productividad agrícola en África desde 1961... Se prevé que un calentamiento global de 1,5 °C vaya acompañado de una disminución del 9 % del rendimiento del maíz en África Occidental y del 20 %-60 % del rendimiento del trigo en África Meridional y Septentrional.

Fuente: <https://news.un.org/es/story/2022/09/1514121#:~:text=El%20aumento%20de%20la%20temperatura,inseguridad%20alimentaria%20aguda%20y%20malnutrici%C3%B3n>.

los chimpancés, se extendió fuera de África a partir de la década de 1980. La conquista de nuevos espacios por los humanos tiene a veces un costo elevado.

La densidad poblacional de África no es elevada debido a la existencia del desierto del Sahara, que ocupa 9,4 millones del km². También otras zonas de clima semidesértico o densas selvas han limitado la ocupación humana. Así, es la periferia del continente donde se ubica la mayor parte de la población (**Figura 24**). Los ecosistemas de África

son contrastantes como se ilustra en la **Figura 25**. Además del inmenso desierto, se encuentran las grandes sabanas que albergan, aún, una diversa y llamativa fauna de mamíferos, grandes ríos, densas selvas y elevadas montañas, entre las que destacan el Kilimanjaro con su pico más elevado a 5895 metros sobre el nivel del mar. Forma parte de la cordillera del Rift Oriental, es de origen volcánico y en las llanuras que serpentean entre las montañas que van desde Etiopía hasta Tanzania, se han encontrado algunos de los fósiles más antiguos de nuestra especie.

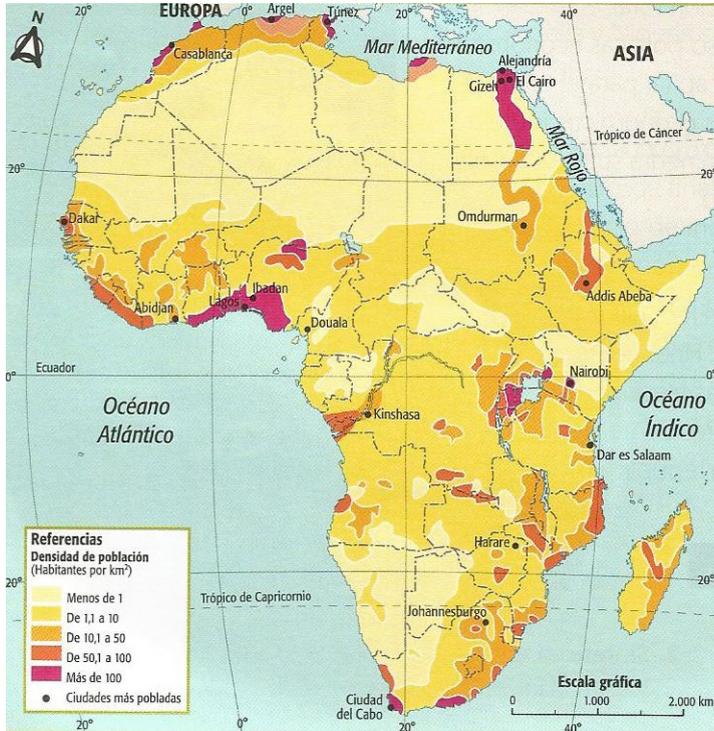


Figura 24. Distribución de la población en África en el siglo XXI.

Fuente: Wikipedia. <http://cuartodegeografia.blogspot.com/2017/09/distribucion-de-la-poblacion-en-arica.html>

América

La primera conquista de América

Nuestra especie cruzó el estrecho de Bering cuando todavía el efecto de la glaciación Würm determinaba la existencia de mucho hielo y el nivel del mar era más bajo. El «puente» desapareció hace unos 11 000 años. En cuanto al inicio del ingreso de los humanos desde Asia, existe un intenso debate con algunos consensos. El primero viene de la evidencia genética que apunta hacia el origen asiático de los primeros pobladores, el

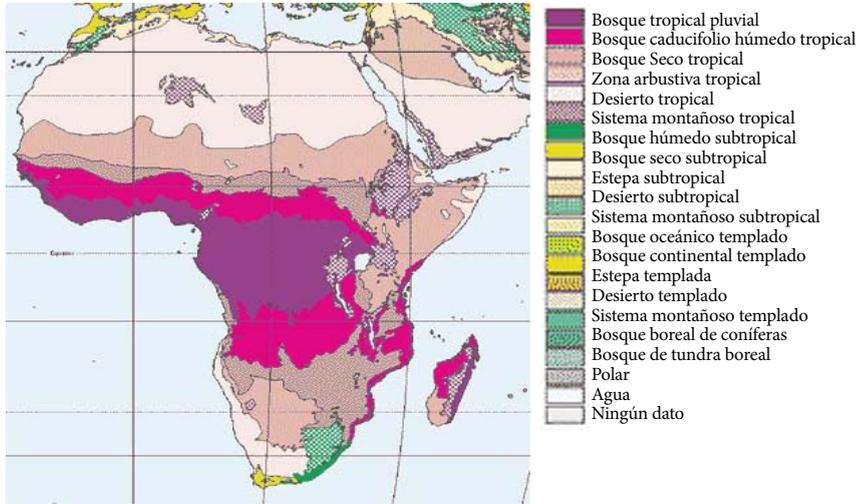


Figura 25. Principales ecosistemas de África.

Fuente: <https://www.fao.org/3/y1997s/y1997s0j.html>

segundo procede de fósiles y herramientas, que los ubica hace no menos de 14 800 años y el tercero de la evidencia geológica que apunta hacia la conexión continental entre 30 000 y 21 000 años atrás. En efecto, hubo dos puentes, el primero entre 40 000 y 36 000 años atrás y el segundo entre 20 000 y 11 000. Aunque no se descarta la posibilidad del traslado de un reducido número en pequeñas embarcaciones, navegando a remo entre islas y hielo.

Recientemente, porque las investigaciones continúan, se han encontrado evidencias en México tan antiguas como 21 000 años atrás, otra en el extremo norte del continente (Bluefish, 24 000 años atrás) y finalmente Toca de Tira Peia en Brasil (22 000 años) lo que hace pensar en más de una migración, coincidentes con los dos lapsos de conexión entre Asia y América (**Figura 26**). En todo caso, la escasez de fósiles y herramientas, apunta hacia la existencia de una población pequeña y dispersa, con los primeros cultivos hacia 10 000 a. C. y las primeras culturas importantes unos 3000 años a. C. (<https://www.elmujndo.es>elmundo2007/06/28>).

La evidencia también permite concluir que los primeros grupos humanos migraron con bastante rapidez del norte hacia el sur, quizás en procura de un clima más amable. En la **Figura 26** se ilustran algunos de los yacimientos y fósiles más antiguos, sobre los que existe bastante consenso sobre las fechas. No deja de ser llamativa la coincidencia de lapsos en Eurasia y América, con un largo período inicial en la adopción de la agricultura, alrededor de 7000 años, y luego el surgimiento de asentamientos importantes y gobiernos complejos a partir del tercer milenio antes de nuestra era.

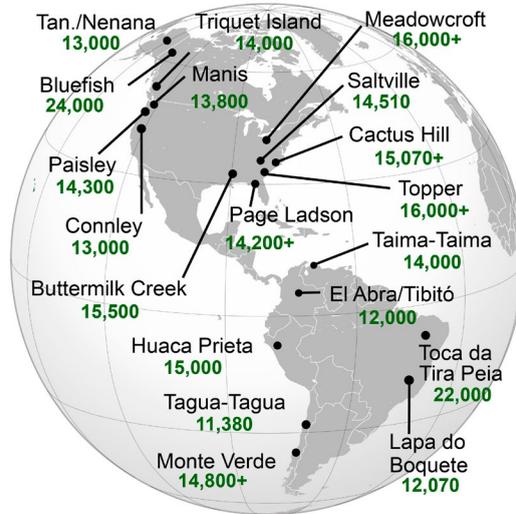


Figura 26. Algunos sitios antiguos del poblamiento inicial del continente americano.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Poblamiento_de_Am%C3%A9rica

Varias culturas americanas dejaron su huella en el ambiente y las más importantes se ubicaron en Mesoamérica y en los Andes, con algunas zonas densamente pobladas, bastante limitadas con relación a la enorme superficie del continente (**Figura 27**). Así como en Eurasia el cultivo de trigo, cebada, sorgo, cebolla y arroz, marcaron la evolución de sus culturas, en América fueron el maíz, la papa, tomates, algodón, maní, algunas leguminosas, calabazas y ají. En ambos continentes la organización de las sociedades pasa por etapas similares, tribus, clanes, jefes militares y religiosos, hasta llegar a la fase de dominios que bien podemos llamarlos imperiales al sojuzgar a otras comunidades. Así mismo van pasando de grupos de cazadores, recolectores o pescadores, a comunidades sedentarias dedicadas a la agricultura y el comercio. También ocurre la misma asimetría de Eurasia, ya que persisten en paralelo, a las sociedades agrícolas, grupos o tribus que siguen explotando el ambiente mediante la caza, recolección y pesca, con frecuente movilidad, o combinan algo de agricultura con las fuentes naturales de alimentación.

A la par hay grandes diferencias, una de ellas es la inexistencia en América de bovinos, cabras, caballos y cerdos, aunque en los Andes se utilizan como animales de carga a camélidos, como las llamas. En las llanuras del norte abundaban los bisontes, pero nunca fueron domesticados.

La población americana, antes de la llegada masiva de los europeos y africanos, ha sido estimada entre 20 y 25 millones, pertenecientes a un número elevado de etnias. Aunque otros autores apuntan a cifras que van de 10 a 50 millones. Tan solo en los



Figura 27. Algunas de las culturas prehispánicas de América antes de la llegada de los europeos.

Fuente: <http://histocliop.blogspot.com/2013/01/breve-atlas-de-historia-de-espana-iv-la.html> Juan 2013.

Estados Unidos y Alaska se han reconocido 574 grupos diferentes. Desde México, hasta la Patagonia, se han identificado 522 etnias, incluyendo a las islas del Caribe y cerca de 1000 lenguas distintas. Esta enorme diversidad se explica por el tamaño de la superficie del continente y su diversidad climática y geográfica (**Figura 28**). Con 43,3 millones de km² y una extensión que va de polo a polo con alrededor de 15 000 km de longitud, ofrece todos los climas y ecosistemas conocidos.

La segunda conquista de América

La conquista europea ocurrió en un lapso muy breve y sin duda traumático. Tras los cuatro viajes de Cristóbal Colón, que apenas toca algunas islas y la periferia del enorme continente, dos eventos son críticos y ambos ocurren donde están ubicadas las grandes civilizaciones. Hernán Cortés llega a México en 1519 con apenas 400 hombres, pero explota con habilidad las enemistades de los aztecas con los pueblos vecinos y los derrota en 1520 con el apoyo primero de Totonacas y luego de los Tlaxcaltecas. Pizarro



Figura 28. Principales climas y biomas del continente americano.

Fuente: <https://www.socialhizo.com/geografia/mapas/mapa-de-america-climas-y-biomas>

en 1532 inicia la conquista del Imperio Inca, que estaba sumido en una guerra civil y a la par de Cortés, explota las dificultades locales y realiza alianzas que le permiten dominar a la cúpula inca. En Tordesillas, con la mediación del papa y sin saber mucho sobre la magnitud del Nuevo Mundo, las coronas de España y Portugal se reparten el continente, asunto que desde luego no fue aceptado por Francia, Inglaterra y los comerciantes de la Liga Hanseática. Los europeos llevan a América bovinos, caballos, arados, carretas y otras tecnologías agrícolas, herrería de todo tipo, trigo, caña de azúcar, cebollas, hierbas aromáticas, armas de fuego y desde luego, la organización administrativa, una nueva religión, leyes, arquitectura, técnicas de construcción naval, etc. Los primeros cien años son de exploración y conquista, de sincretismo entre las culturas preexistentes y las procedentes de Europa Occidental.

Espanoles y portugueses apelan a una figura preexistente, la del Virrey, para gobernar este enorme territorio. En 1535 es creado el Virreinato de la Nueva España, en 1542 el correspondiente a Perú y más tarde, en 1718, el de la Nueva Granada y en 1776 el de

La Plata. Los portugueses crean el de Brasil en 1763, aunque desde 1720 se le otorgaba el título a la máxima autoridad colonial. Ocurren muchos cambios y ajustes, pero para fines del siglo XVIII los españoles cuentan con 4 virreinos y 83 provincias (**Figura 29**).

Las rutas de la conquista europea son diversas, pero el Caribe es con frecuencia el punto de partida (**Figura 30**).

Aunque es el oro y la plata la motivación principal, la ganadería bovina y las plantaciones de caña de azúcar, tabaco, maíz, trigo y cacao van creciendo con rapidez, en particular en los valles, sabanas y zonas deforestadas. Dado que la corona española había prohibido la esclavitud de los indígenas, el tráfico de esclavos desde África determinó el traslado de varios millones de africanos. La cifra exacta se ignora, pero las estadísticas formales de embarque de Portugal, Francia, Inglaterra, Holanda, Suecia y barcos procedentes del Báltico, se ubican en el orden de 5 000 000, pero el tráfico ilegal fue importante. El mestizaje durante el período colonial fue intenso en las posesiones de España y Portugal, donde la conquista fue realizada principalmente por hombres, como lo ilustran los estudios genéticos recientes y menor en el norte, donde fueron familias los principales migrantes. Así mismo, el continente, tanto en el norte como en el sur, recibió millones de europeos en los siguientes siglos.

El impacto de las enfermedades europeas fue enorme sobre la población nativa. La carencia de resistencia inmunológica ante la viruela y el sarampión causó millones de víctimas. Con los esclavos también llegó la malaria y el transmisor del dengue y la fiebre amarilla, el mosquito *Aedes aegypti*. A las precedentes se suman tuberculosis, disenterías, tifus, mal de Chagas, leishmaniasis e influenza para dibujar un panorama sanitario que determinó el lento crecimiento de la población en América Latina durante el período colonial. Incluso una reducción significativa entre 1500 y 1650 cuando se estima en apenas 8 millones de habitantes. Luego el crecimiento es lento con 9 millones en 1700, 11 en 1750 y 16 en 1800. En síntesis, durante los casi 500 años del dominio político y económico de América, la mayor parte de su geografía no fue ocupada, ni alterada. Los asentamientos humanos importantes se limitaron a las costas, las islas o a los centros previamente ocupados por las culturas precolombinas como el altiplano de México y los Andes o novedosos como los de Nueva Inglaterra, el borde de los grandes lagos y algunas localidades de la actual Florida y la cuenca del Misisipí.

La tercera conquista de América. Siglos XIX al XXI

En el siglo XIX se acelera el crecimiento poblacional con una elevada migración desde Europa, se duplica la población hacia 1850 y para inicios del siglo XX supera los 60 millones. Se estima que entre 1820 y 1920 llegaron a Norteamérica unos 33 millones de europeos y otros 16 millones a América Latina. El crecimiento poblacional es notable entre 1900 y 2000, cuando supera los 500 millones y alcanza alrededor de 1020 millones en el 2023.



Figura 29. Virreinos españoles y sus provincias en los siglos XVII/XVIII.

Fuente: [https://es.wikipedia.org/Frío/wiki/Virreinato#/media/Archivo:Mapa_de_la_Am%C3%A9rica_esp%C3%B1ola_\(1800\).png](https://es.wikipedia.org/Frío/wiki/Virreinato#/media/Archivo:Mapa_de_la_Am%C3%A9rica_esp%C3%B1ola_(1800).png) . Con cambios del autor.

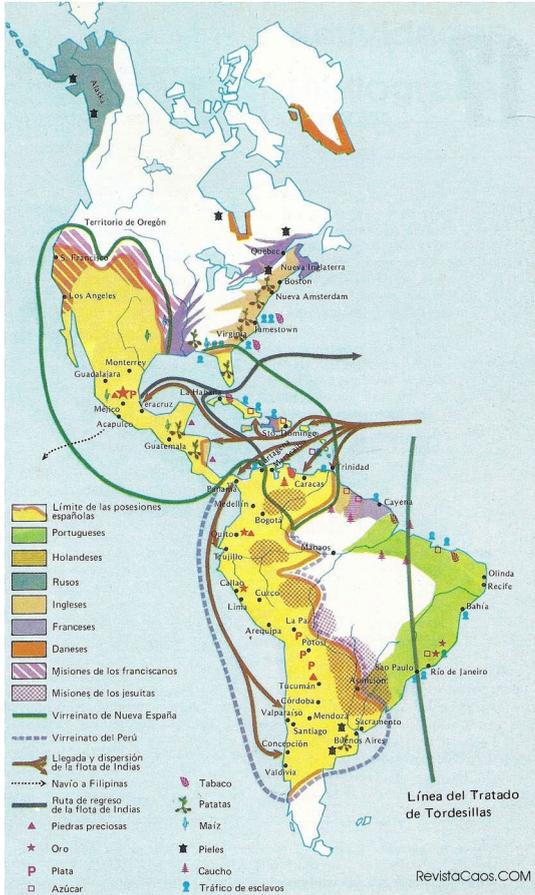


Figura 30. Conquista de América por los europeos.

Fuente: <https://mapadeamerica.net/wp-content/uploads/2018/03/mapa-de-la-conquista-de-america.jpg>

Esta tercera conquista ocurre cuando casi todo el continente está constituido por repúblicas independientes, la mayoría de ellas no solo abiertas a la inmigración europea, sino también conscientes de la existencia de abundancia de espacio físico y recursos naturales. En 1787 en los Estados Unidos se aprobó la ordenanza que decretaba que todos los territorios del oeste eran de propiedad federal y podían ser vendidos. Ese inmenso territorio estaba ocupado por 3 a 4 millones de indígenas que lo consideraban como tierras comunales. Tecumseh, un líder indígena, se rebeló contra la medida de la venta libre de tierras entre 1810 y 1813, pero nadie tomó su lugar después de su muerte. Los indígenas norteamericanos fueron sistemáticamente derrotados en muchas batallas y gradualmente segregados a las llamadas reservas. El ferrocarril fue fundamental en la conquista del Oeste de Norteamérica y en 1869 conectó a Omaha con Sacramento. No menos importante fue el ferrocarril de Panamá que conectó al Atlántico con el Pacífico en 1855, el *Orient Express* que iba de París a Estambul en 1883 y el transiberiano conectando a Moscú con el Pacífico, inaugurado en 1904. Las

redes ferroviarias más grandes del mundo son la de Estados Unidos (293 mil km), China (131 mil km) y Rusia (87 mil km), seguidas por las de Canadá, India, Argentina, Alemania, Australia, Brasil, Francia y México.

Entre 1800 y 1840, alrededor de 5 000 000 de europeos migraron a los Estados Unidos, la mayoría campesinos y obreros irlandeses e ingleses desempleados. Más tarde, entre 1840 y 1920, casi 30 millones de europeos migraron al norte del continente, destacando 6 millones de alemanes, casi 5 millones de irlandeses, una cifra similar de italianos, más de 4 millones de ingleses y alrededor de 9 millones procedentes del Imperio Austro-Húngaro, Polonia, los países del Báltico, Rusia y judíos de distintas nacionalidades. Un importante contingente de chinos, fueron traídos para la construcción de los ferrocarriles y muchos habitantes de las antiguas colonias del Este aprovecharon la oportunidad de adquirir propiedades. Los indígenas son desplazados y casi se exterminan los bisontes, fuente de pieles y proteína animal. Por otra parte, los Estados Unidos le compran a España la península de Florida en 1819 y a Francia sus posesiones en el sur en 1803. Después le arrebatan a México casi la mitad de su territorio en 1846 y el descubrimiento de yacimientos de oro moviliza miles de personas hacia California. Una nueva tecnología, el ferrocarril, une al este con el oeste entre 1863 y 1869 (**Figura 31**). La revolución industrial británica llega al norte del continente y con ella las máquinas

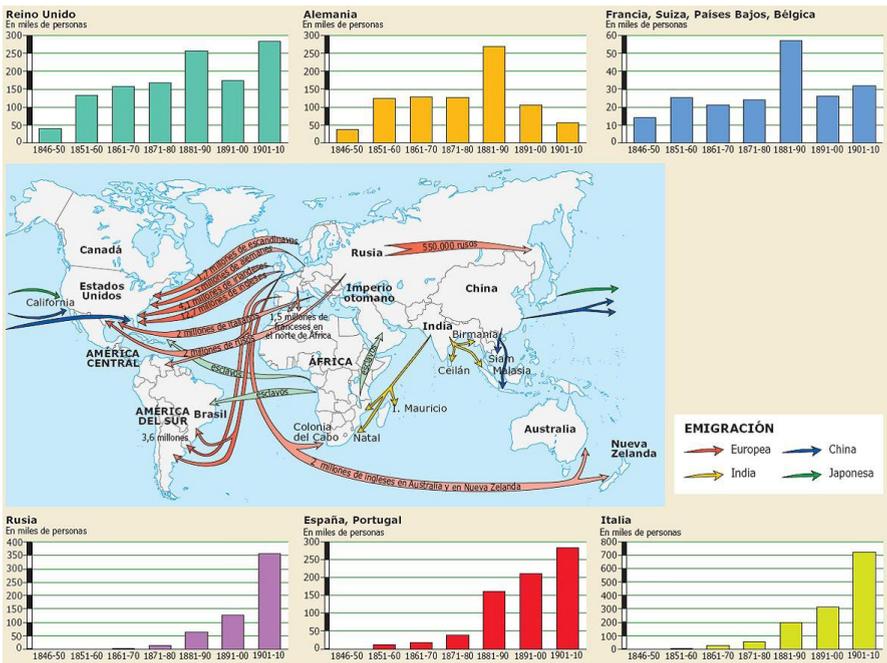


Figura 31. Siglo XIX. La tercera conquista del continente americano.

Fuente: <https://clioekumene.webnode.es/historia2/el-lugar-de-europa-en-el-poblamiento-de-la-tierra/curso-2-las-migraciones-europeas-en-el-siglo-xix/>

de vapor, la minería de carbón y hierro, así como el desarrollo de la industria del acero. La legislación educativa es laxa y abre espacios que permiten la existencia actual de más de 5000 instituciones de educación superior. Con más de 300 millones de habitantes es la primera economía del mundo.

En el sur, pero en menor medida, ya que el inmenso territorio amazónico es una barrera, también llega una ola migratoria europea. Varios millones de italianos y españoles ocupan las llanuras de Argentina; a Chile y sur de Brasil llegan muchos alemanes e ingleses, a Brasil entre 1860 y 1920 ingresan más de 5 millones de portugueses y españoles. Nuevas oleadas de inmigrantes europeos ocurren en el siglo XX a raíz de las dos guerras mundiales en Europa y la guerra civil española. Como en el norte, los indígenas fueron perseguidos y acorralados, en particular durante los gobiernos controversiales de Roca (1880-1886 y 1898-2004) en la Patagonia y parte de las pampas. Durante sus gobiernos estimuló la migración europea e hizo crecer la economía argentina.

Mientras tanto, amplias zonas de Brasil son dedicadas a la producción de caña de azúcar, café, cacao y ganadería bovina, primero con mano de obra esclava, hasta que la misma fue proscrita en 1888. La mayor tasa de crecimiento demográfico en Brasil se registró entre 1940 y 1970, sin embargo, debido a su extensa geografía, más de 8 millones de km², la densidad poblacional es relativamente baja y fuertemente concentrada en la costa atlántica. En la actualidad Brasil es la economía más grande de América del Sur y primer productor mundial de caña, café, soya y naranja, así como primer exportador de pollo y carne bovina, segundo productor de celulosa y séptimo productor de automóviles.

Un problema común en muchos países de América Central y del Sur es la existencia de miles de productores agrícolas y ganaderos que obtienen rendimientos bajos por hectárea. Esto se debe con frecuencia a limitaciones en el acceso a la educación, a tecnologías modernas y servicios, así mismo en algunos países los derechos de propiedad son débiles, lo que constituye una barrera a las inversiones a largo plazo. Así mismo, la inversión pública en ciencia y tecnología suele ser menor a lo deseable. Las causas de los bajos rendimientos han sido diagnosticadas y de ser corregidas, no sería necesario conquistar y ocupar nuevas tierras o deforestar los bosques existentes.

La población actual de todo el continente supera ligeramente los 1000 000 000 de habitantes, pero dada la enorme superficie del continente y sus características geográficas, la densidad es de apenas 22,8 habitantes por km². Sobre esa estadística influye el hecho de que en Canadá la densidad sea apenas de 3,8 hab/km², ya que ocupando casi 10 millones de km², su población es de apenas 40 millones. La densidad también es baja en los desiertos del sur de los Estados Unidos, norte de México y la Patagonia, y elevada en varias islas del Caribe, América Central, las costas del Atlántico y el Pacífico, así como el pie de monte de los Andes.

La población no refleja el impacto antropogénico sobre el ambiente en cualquiera de sus dimensiones y esto ocurre porque una fracción importante de la producción es exportada. Por una parte, los Estados Unidos, con su gigantesca industria y elevado número de automóviles y aviones, sumado al enorme consumo de su población, es responsable por más del 20 % de las emisiones globales de gases de invernadero. Brasil se encuentra entre los países que más alimentos exporta, en particular carne y soya. El área agrícola de Brasil para el año 2020 era de 55 millones de hectáreas y la exportación de granos superó 120 millones de toneladas. Así mismo, con la mayor ganadería del mundo, dedica 162 millones de hectáreas a esa actividad con más de 200 millones de animales. El impacto sobre amplias zonas de la Amazonia ha sido relevante.

Los efectos del cambio climático son evidentes. Argentina y Uruguay han sufrido las mayores sequías del siglo en los años 2022 y 2023, los incendios forestales en Chile fueron también graves, sequía y elevadas temperaturas han afectado al centro y norte de México, y no han sido escasas las inundaciones y deslaves en Brasil, Chile y Colombia, así como los recurrentes incendios forestales en California.

En 2022 se registraron más de 900 grandes incendios en la Amazonia afectando alrededor de 1 millón de hectáreas (https://maaproject.org/2022/amazonia_fuegos/) concentrados en Brasil y Bolivia (**Figura 32**). El canal de Panamá ha tenido que reducir el número de barcos que lo cruzan por escasez de agua. En agosto de 2023 había 1000 incendios forestales en Canadá y una ciudad de Hawái había desaparecido por un incendio forestal.

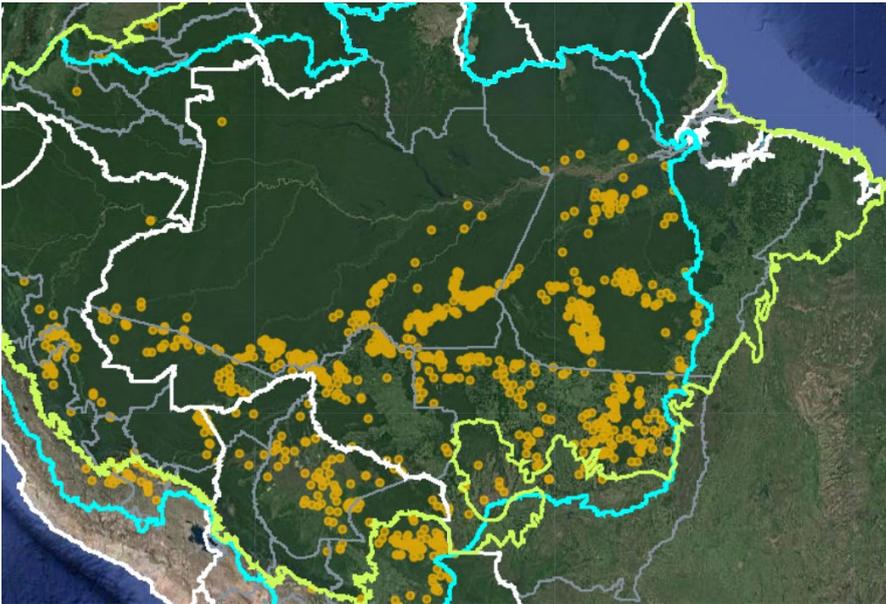


Figura 32. Incendios forestales mayores en el Amazonas en 2022.

Fuente: https://maaproject.org/2022/amazonia_fuegos/

La inestabilidad política y económica también ha contribuido al deterioro ambiental. Con frecuencia, un cambio de gobierno implica ruptura en las políticas ambientales, fisuras en el imperio de la ley o dificultades para armonizar las políticas económicas con los retos ambientales. Amplias zonas periamazónicas son utilizadas por el narcotráfico, grupos armados irregulares, contrabando de oro y diamantes, agresiones contra las comunidades nativas y en general, priva una débil infraestructura sanitaria y educativa. El entorno familiar entre los más pobres es otro problema grave. Carencia de empleos fijos y bien remunerados determina la existencia de un padre itinerante y madres abandonadas que son el único sustento del hogar, con hijos que, más temprano de lo deseable, abandonan los estudios para contribuir a la economía familiar.

En 2023 se realizó una cumbre de presidentes de los países amazónicos que concluyó con una declaración general de la necesidad de proteger el gran pulmón del planeta, pero sin acuerdos específicos sobre los temas más relevantes como son la minería ilegal, el narcotráfico, la contaminación de los ríos, deforestación, ampliación de la frontera agrícola, los problemas de educación y salud pública de la población indígena, así como la presencia de grupos armados irregulares.

También es importante resaltar el crecimiento de organizaciones, programas asistenciales e investigación dirigidos a proteger la flora y la fauna, o a introducir tecnologías sostenibles y cambios en los modos de producción. Gobiernos centrales y locales, ONG y grupos ambientalistas, así como organismos internacionales, hacen esfuerzos por mitigar la huella de carbono. Se han creado parques nacionales, reservas de fauna y flora, santuarios y otras modalidades de protección, que incluyen también territorios indígenas, de las cuales más de 1000 se encuentran en la región amazónica. Sin embargo, parece más fácil promulgar las leyes o decretos de creación, que luego administrarlos adecuadamente.

La pobreza, que alcanza, en promedio, de acuerdo a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL <https://www.cepal.org/es/comunicados/pobreza-america-latina-volvio-niveles-prepandemia-2022-informo-la-cepal-llamado-urgente>) al 32 % de la población de América Latina - con países donde la misma supera el 50 % - acompañada por un bajo nivel educativo, es uno de los principales obstáculos para la creación de una cultura ambiental. El cambio climático, la preservación de la diversidad, el reciclaje de los plásticos y la contaminación, son ideas de difícil penetración entre aquellos cuyo centro de atención no es otro que el de obtener los alimentos de cada día. La pobreza, la inestabilidad política, el narcotráfico, la escasez de empleos bien remunerados y las carencias del imperio de la ley, determinan una nueva conquista y esa no es otra que la migración a otros países en procura de oportunidades. La migración de América Central y México hacia los Estados Unidos, se acentúa ahora con la de venezolanos y haitianos. Causas: pobreza, inseguridad física, falta de empleo, corrupción, inestabilidad política y gobiernos autoritarios.

La última conquista: Australia

El *Homo sapiens* ingresó a Australia durante la última glaciación y procedentes de un puente que unió al Continente Isla con Nueva Guinea e Indonesia. A la llegada de los europeos existían más de 200 idiomas en la población nativa, dedicada fundamentalmente a la caza, la pesca y la recolección. Los estimados de la población nativa tienen grandes variaciones, pero se estima que eran menos de 1 millón sobre una superficie de 7,7 millones de km². Se supone que hubo contactos con Asia y los navegantes melanesios a través del estrecho de Torres en el extremo norte de Australia. Buena parte de Australia es semidesértica, pero con bosques deciduos en la periferia y una zona tropical y húmeda en el extremo norte, con una fauna y flora endémica y peculiar, con marsupiales y monotremas, eucaliptos y acacias. A diferencia de los otros continentes, en Australia no se desarrolló una cultura basada en la agricultura.

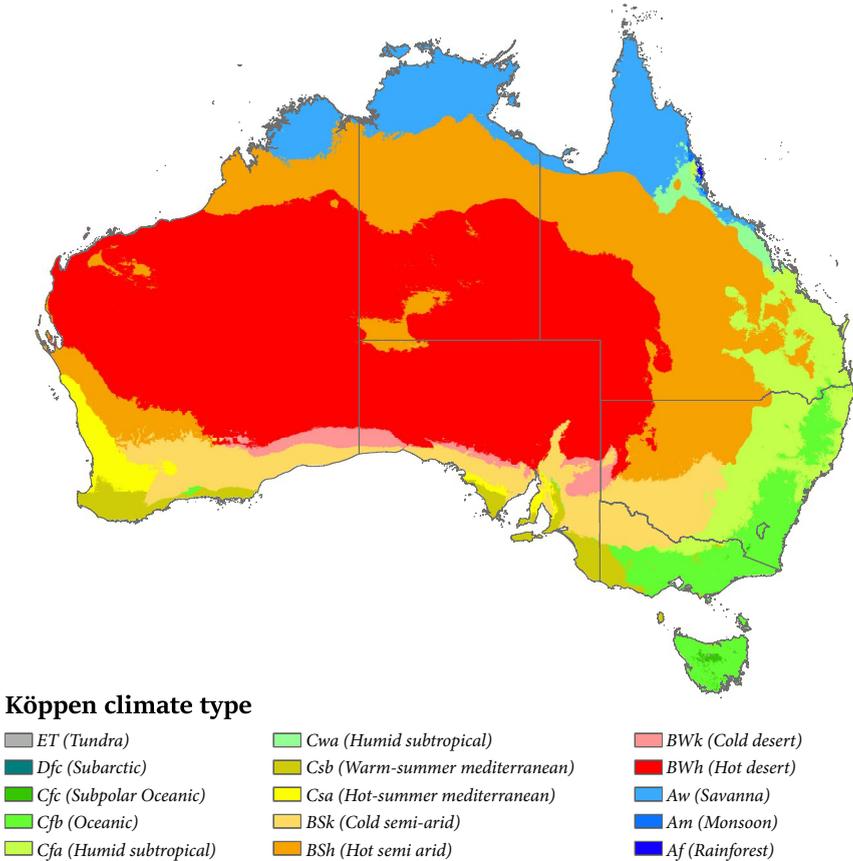
Los contactos con los navegantes europeos se iniciaron en 1606 y por muchos años el interés en poblarlo fue irregular y poco importante, hasta que en 1770 James Cook reclamó la costa oriental para el Imperio Británico. En la década siguiente fue creada la colonia penal de Nueva Gales del Sur (1788) y se intensificó la colonización, muy limitada a migrantes británicos y algunos holandeses. La designación oficial del nombre también es tardía y data de 1817. Una elevada proporción de la población actual, alrededor de 26 millones, se encuentra concentrada en seis ciudades: Sydney, Melbourne, Perth, Adelaida, Brisbane y Canberra. Australia tiene una de las densidades poblacionales más bajas del mundo, con apenas 3 habitantes por km². El elevado nivel de urbanización también determina una tasa baja de crecimiento poblacional que es de apenas 0,13 % anual para 2022.

Por muchos años Australia limitó su inmigración a blancos europeos, mientras que la población aborigen, víctima de la viruela y otras enfermedades, se reducía continuamente, además con frecuencia desplazados de sus tierras y sin derechos civiles. Se redujo su población a menos de 200 000 personas. Esa tendencia tuvo una reversión en el siglo XX y la población total, nativos y de origen europeo, se multiplicó por seis y a partir de la década de 1970 comenzaron a llegar inmigrantes asiáticos y de otros continentes.

El clima australiano (**Figura 33**) tiene fuertes implicaciones en la producción agrícola y pecuaria. Se considera que Australia ha experimentado un aumento de 1,5 °C desde 1910 junto con una disminución de las precipitaciones, resultando una disminución en el beneficio de actividad agrícola y pecuaria. Se ha calculado una merma anual del orden del 20 % en los últimos 40 años con relación al estimado en el lapso 1950-2000. [http:// es.allaboutfeed.net/revista-digital/](http://es.allaboutfeed.net/revista-digital/).

Dada la amplia disponibilidad de tierras, la ganadería bovina y ovina fue desarrollada con intensidad y en la actualidad se estima el hato ganadero en casi 30 millones de

Köppen climate types of Australia



* Isotherm used to separate temperature (C) and continental (D) climates is -3 °C
 Data source: Climate types calculate from data from WorldClim.org

Figura 33. Zonas climáticas de Australia según sistema de Köopen.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Australia#/media/Archivo:Australia_K%C3%B6ppen.svg

animales, mientras que el ovino alcanza a 76 millones. Ambas crías se han recuperado después de un descenso en 2019 y 2020 debido a la intensa sequía que afectó buena parte del país, acompañada por graves incendios forestales que arrasaron con 30 millones de hectáreas. Sin embargo, en el lapso 1974-1975 el fuego consumió 117 millones, siendo el mayor desastre ambiental del país. Los incendios de 2019 y 2020 mataron a 800 millones de animales silvestres. La producción y exportación de trigo es importante y ha oscilado entre 30 y 35 millones de toneladas en los últimos años y alrededor del 60 % es exportado. También es un destacado productor de cebada, caña de azúcar y leguminosas. Otras actividades económicas importantes de Australia con

impacto ambiental negativo incluyen la minería de carbón, hierro, oro, zinc, diamantes, plomo, níquel y uranio.

Australia ha tenido una gran estabilidad política con un sistema parlamentario e instituciones con bastante parecido a las existentes en Inglaterra. El crecimiento económico ha sido sostenido, el nivel educativo es elevado y la inversión en ciencia y tecnología ha sido adecuada. El desarrollo de fuentes alternas de energía ha sido intenso en la última década, en particular la energía solar, aunque aún alrededor del 50 % de la energía procede del carbón que, por su importancia económica, aún tiene muchos defensores. Australia sigue siendo un país-continente donde la conquista humana ha sido difícil y limitada. En la actualidad, 18 millones de habitantes nacieron en Australia y más de 7 millones, un tercio de la población, proceden de otros países, en particular Inglaterra, China, India, Filipinas, Vietnam, Suráfrica, Malasia, Italia y Nueva Zelanda. Aún así, existen muchas limitaciones legales para migrar.

Demografía en 2023

En abril de 2023 la población de la India superó a la de China, alcanzando 1426 millones de habitantes. **Cuadro 12** Con los 1425 millones de China, entre ambos países dan cuenta de 2851 millones que equivalen al 35 % de la población mundial. Diez países (ONU, Worldometers) sumarán 4591 habitantes en el año 2023, es decir, el 57 % del total mundial, que es de 8042 millones.

Los pronósticos de crecimiento de la población de las Naciones Unidas (ONU *World Population Prospects*) han resultado ser bastante certeras a lo largo de los años. Las cifras muestran una gradual reducción de la tasa de crecimiento que se estima para 2023 en 0,88 % determinando 70, 2 millones de nuevos habitantes, pero disminuyendo a 0,50 % hacia el año 2050, cuando nacerían un poco más de 40 millones de personas

Cuadro 12. Los diez países con más habitantes en 2023

<i>País</i>	<i>Población 2023 (Millones)</i>
India	1426
China	1425
Estados Unidos	339,6
Indonesia	277
Pakistán	239,5
Nigeria	222,7
Brasil	216,1
Bangladés	172,6
Rusia	144,5
México	128,2

y la población mundial sería de aproximadamente 9700 millones. Pero, ¿qué significan esas cifras?

En principio, una importante oportunidad para la humanidad, ya que cada año nacerán menos futuros conquistadores, pero también grandes retos, por ejemplo, para que todo siga igual, el mundo deberá producir 21 % más alimentos, bienes y servicios, sin embargo, las proyecciones para los próximos años se ubican en promedio, en algo más de 3 % de crecimiento interanual del PIB (Banco Mundial, Statista, Fondo Monetario, etc.) lo que supera al crecimiento poblacional.

Esto dibuja un panorama global bastante optimista en términos monetarios, sin embargo, restan asuntos por resolver, como lograr que alrededor de 800 millones de personas tengan acceso a la alimentación y los servicios adecuados que en la actualidad no tienen. Por otra parte, sería catastrófico desde el punto de vista ambiental, incrementar en un 21 % las tierras destinadas a la agricultura y la ganadería, así como, en un mismo porcentaje, las emisiones de gases de invernadero y la contaminación de mares y ríos. Por el contrario, si en las metas se encuentra proveer alimentos y servicios a los 800 millones que actualmente carecen de ellos (un 10 % de la población mundial) entonces la producción necesaria sería cerca de un 30 % más que en la actualidad.

¿Es posible aumentar en un 30 % la producción de alimentos sin aumentar la superficie afectada? **Sí, es posible** si las nuevas tecnologías se difunden a nivel global y se capacitan a millones de productores. ¿Puede crecer el PIB al 3 % interanual sin incrementar la emisión de gases de invernadero y la contaminación ambiental? **Sí, es posible**, pero se requieren enormes esfuerzos para desarrollar las energías alternas a la quema de combustibles fósiles, como la solar, eólica, la procedente del hidrógeno, la nuclear y la hidroeléctrica. Muchos países pobres no tienen la capacidad financiera para hacerlo y muchos países ricos no han cumplido con sus compromisos.

Las energías renovables crecieron 9 % en 2022 (IRENA, 2023 https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Jul/IRENA_Renewable_energy_statistics_2023.pdf?rev=7b2f44c294b84cad9a27fc24949d2134), lo cual está muy bien, pero se requiere que crezcan por encima del 25 % interanual para cumplir los compromisos y objetivos de sustituir a las que utilizan combustibles fósiles para el año 2050, ya que estas, actualmente, constituyen cerca del 80 % del total. Esas fuentes son responsables por el 75 % de los gases de invernadero y el 90 % del dióxido de carbono. Los compromisos internacionales apuntan hacia una reducción del 45 % de las emisiones para el año 2030, pero esa meta no se va a lograr, en parte por el crecimiento poblacional, en parte por la falta de voluntad política y financiamiento. (<https://www.un.org/es/climatechange/net-zero-coalition>).

La recesión global durante la epidemia de COVID-19 causó una ligera reducción en las emisiones, pero la concentración de CO₂ en partes por millón sigue aumentando a

razón del 0,5 % anual y alcanzó, en las mediciones diarias de Mauna Loa en 2023, entre 422 y 424 ppm, comparados con 333 hace 50 años. Como consecuencia, la temperatura media global sigue aumentando y con ella, sus consecuencias (https://gml.noaa.gov/webdata/ccgg/trends/co2/co2_daily_mlo.txt).

Más allá del planeta. ¿Otra conquista?

No hay semana que falte alguna noticia sobre la conquista del espacio. No podemos oponernos a las nuevas tecnologías que han plagado de satélites los alrededores del planeta, pero sí preocupa el crecimiento de la llamada basura espacial, es decir, satélites, fragmentos y otros objetos, los que, cumplida su vida útil, permanecen girando alrededor de la Tierra. Se estima que para el año 2022 ya existían unos 30 000.

No obstante, eso no es todo, conquistar y explotar los recursos de la Luna o de Marte, está en la mente de no pocas personas influyentes y también entre los objetivos de largo plazo de algunos países. La carrera espacial, iniciada hace más de medio siglo entre la Unión Soviética y los Estados Unidos, continua ahora con un número mayor de actores como India, China, la Unión Europea y Japón. Ciertamente es que esta carrera por el dominio del espacio ha tenido muchos beneficios colaterales como inventos en informática, telecomunicaciones, combustibles y nuevos materiales, así como inversiones en otras áreas. Pero ¿tiene sentido conquistar y colonizar a la Luna o a Marte a un costo de miles de millones de dólares? Pregunta difícil que se suma a otra que tampoco tiene una respuesta simple: ¿Vale la pena gastar en armas y ejércitos tanto dinero? Una nota de prensa de abril de 2023 dice lo siguiente: *«(Estocolmo, 24 de abril de 2023) El gasto militar mundial total aumentó un 3,7 % en términos reales en 2022, hasta alcanzar un nuevo máximo de 2,24 billones de dólares. El gasto militar en Europa experimentó su mayor incremento interanual en al menos 30 años. Los tres países que más gastaron en 2022 — Estados Unidos, China y Rusia— representarán el 56 % del total mundial, según los nuevos datos sobre el gasto militar mundial publicados hoy por Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI)».*

Por otra parte, la agencia noticiosa Bloomberg (2023) (blooberglinea.com/2022/07/31/la-carrera-espacial) estima en 546 000 millones de dólares el gasto en la carrera espacial. Cerramos con otra pregunta que con certeza no tiene una respuesta simple: ¿Qué ocurriría si esta enorme masa de dinero fuera invertida en la recuperación ambiental del planeta? Reforestar una hectárea y mantenerla cuesta entre 3000 y 6000 dólares dependiendo de la especie, la pendiente y otros factores (prensa ABC, España, 2022 abc.es/sociedad/cuanto-cuesta-plantar).



8. Panorama después de la conquista

El *Homo sapiens* conquistó buena parte del planeta y ahora, reto de todo conquistador, tiene la responsabilidad de administrarlo. Esa no es una tarea fácil, ya que nuestro mundo es diverso y gracias a esa diversidad existe como lo conocemos. Sin embargo, los seres humanos también son diversos, genética y culturalmente. Administrar lo conquistado no es tarea fácil, se trata de ejercer controles y tomar iniciativas sobre la vida en el planeta y hacerlo al amparo de un código de ética que preserve los valores fundamentales que han sido desarrollados por nuestras sociedades. Esos valores han sido plasmados como «derechos» y tienen como motivación primordial elevar la calidad de la vida de los humanos.

¿Es eso posible sin agotar los recursos del planeta y preservar el equilibrio entre las distintas formas de vida que evolucionaron a lo largo de más de 3000 millones de años?

Para comenzar los derechos de los humanos no son los mismos en las distintas culturas, pero en 1948, tras largos debates, la Asamblea de las Naciones Unidas logró aprobar un documento cuyo título es **La Declaración Universal de los Derechos Humanos** (se incluye en el apéndice). Lograr la aprobación de este documento no fue tarea fácil, pero tras los horrores de la Segunda Guerra Mundial, era evidente la necesidad de crear un código universal de conducta y que el mismo, asunto que no se logró del todo, resultó satisfactorio para los cincuenta países que para la época constituían a las Naciones Unidas. La Declaración recibió el voto afirmativo de 42 países, ocho se abstuvieron y ninguno votó en contra. Han transcurrido casi 75 años y el código sigue vigente, a

pesar de que en muchos países han ocurrido y siguen aconteciendo graves violaciones del mismo, pero también es cierto que ese código ha sido admitido por la mayoría y con frecuencia ha sido plasmado o ha sido fuente de inspiración y referencia, en las constituciones y leyes de muchas naciones.

La Declaración Universal de los Derechos Humanos procuraba crear cierta armonía entre los seres humanos como una forma de garantizar la paz, pero esa armonía era y sigue siendo difícil por la gran diversidad de culturas, religiones, estilos de gobierno y asimetrías económicas. En la actualidad contamos con muchas estadísticas y modos de clasificación de los países que ilustran, al margen de las causas que han sido analizadas en miles de investigaciones, los grandes obstáculos para la construcción de una agenda global en materia ambiental. Así, apenas como ejemplos de esa diversidad, que no corresponde analizar en este documento, citaremos algunos. El Índice de democracia (**Figura 34**) indica que en 21 países existe democracia plena, en 53 democracia imperfecta, 34 son clasificados como híbridos y 59 como autoritarios. Así, el 45,7 % de la población mundial cuenta con bastante libertad de expresión y de organización, el 17,2 %, vive con limitaciones en ese sentido y el 37,1 % carece de los mismos.

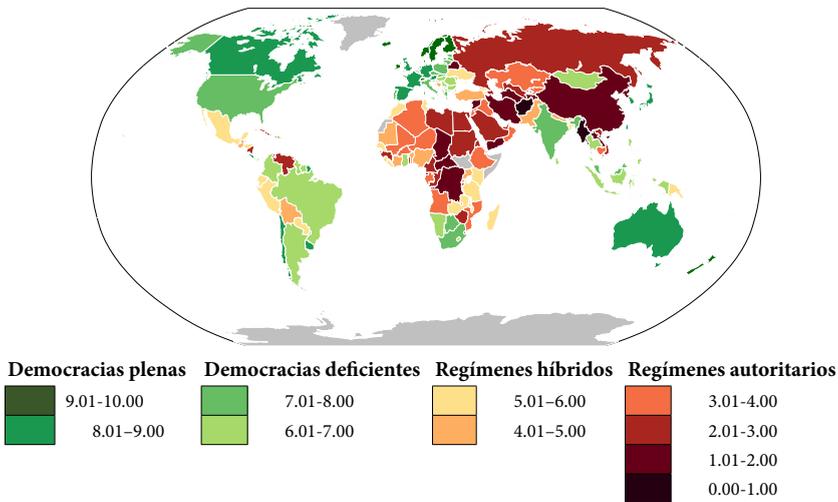
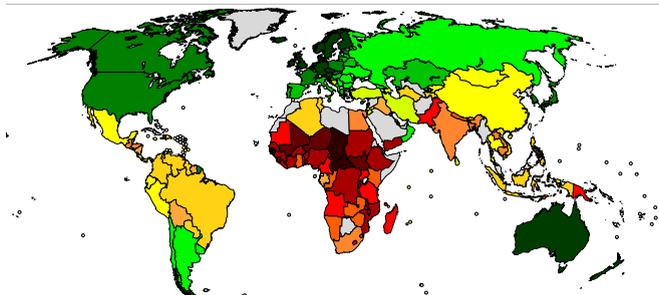


Figura 34. Índice de democracia.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_democracia. The Economist

El Índice de Desarrollo Humano del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), (**Figura 35**) también ilustra las grandes diferencias entre los países. Este índice incluye valores como el ingreso, la educación y la esperanza de vida. Existen muchos otros índices que ilustran la gran diversidad de los seres humanos y muchos pueden ser interpretados en el sentido que una fracción elevada de la población no es sensible a los problemas ambientales o no puede expresar sus puntos de vista.



Mapa mundial de todos los países según el Índice de Desarrollo Humano ajustado a la desigualdad en 2020 (2019 datos).

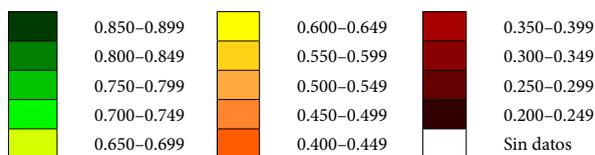


Figura 35. Índice de desarrollo humano 2020.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pa%C3%ADses_por_IDH_ajustado_por_desigualdad.

Datos del PNUD.

Sin esa armonía también es difícil lograr que los 8 mil millones de seres humanos tengan una conducta más uniforme frente a los demás seres vivos. Unos porque no desean perder su elevada condición social y económica, otros por ser pobres y concentrar su atención en sus problemas cotidianos, una proporción por fallas en su educación y otros porque no pueden expresar o actuar libremente de acuerdo a sus puntos de vista. Tampoco faltan aquellos que son simplemente indiferentes.

Una nueva cultura

Hace algo más de medio siglo ya se alzaban algunas voces manifestando su preocupación por el impacto negativo de los humanos sobre el ambiente, pero eran minoría, casi todos procedían de las universidades y otros centros de investigación. Eran vistos como seres excéntricos, empeñados en ir a contracorriente del progreso material y el desarrollo de nuevas industrias, tecnologías o servicios. De pronto el libro de Rachel Carson, *Primavera silenciosa*, publicado en 1962, en el cual denunciaba el efecto perjudicial de los pesticidas, se hizo popular y es considerado en la actualidad como uno de los libros más influyentes en materia ambiental. No obstante, no debemos olvidar que quien abrió la puerta a una nueva visión de la naturaleza fue Charles Darwin en 1858 y el término Ecología fue acuñado once años después por Haeckel en 1869. Sin embargo, ambos fueron precedidos por Humboldt, quien los impregnó con sus ideas en la primera mitad del siglo XIX tras sus viajes y observaciones. Percibir al planeta como un sistema integrado que requería ser administrado y protegido, era una

novedad cultural en un mundo donde dominaba la idea de una naturaleza infinita que debía ser dominada y conquistada. Pero sin duda han ocurrido cambios y me atrevo a señalar que está emergiendo una nueva cultura.

Existen ya muchas resoluciones, convenios y acuerdos destinados a proteger, recuperar, mantener o crear condiciones para asegurar el necesario pacto de armonía entre los conquistadores humanos y el resto de la vida del planeta. Las Naciones Unidas y sus organizaciones, han jugado un papel importante en esas iniciativas. Mi recopilación sobre tratados, acuerdos y convenciones relacionadas con el clima, la fauna, la flora, los desechos tóxicos, etc. señala la existencia de 94 de ellos incluyendo eventos como los de Estocolmo, París y Kioto. También se han creado organizaciones privadas internacionales como el Fondo Mundial para la Naturaleza o el World Wildlife Fund (WWF) creada en 1961 y activa en 100 países o pertenecientes a las Naciones Unidas como el PNUMA creado en 1972 o grupos de trabajo entre organizaciones como el IPCC, Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático constituido por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1988. A partir de la década de 1960 muchos gobiernos crearon ministerios cuya misión era la administración del ambiente y sus recursos y a la par por iniciativa privada surgieron miles de organizaciones no gubernamentales u ONG con una gran diversidad de objetivos destinados a recuperar o proteger la fauna, la flora o los ecosistemas en general.

Las universidades y las academias no cesan de organizar foros, conferencias, cursos y otras actividades destinadas a analizar, difundir y recomendar medidas paliativas, crear vínculos entre investigadores y mil cosas más relacionadas con las ciencias ambientales.

Sin duda aún hay mucho por hacer. No todos los gobiernos han sido solidarios con cada una de las iniciativas y es obvio que existen posiciones encontradas, muchas de ellas relacionadas con la economía de cada país. Existen empresas, y gobiernos, que temen por su existencia si se aplican radicalmente las medidas necesarias para reducir las emisiones de gases invernadero, la generación de sustancias tóxicas, medidas para reglamentar la explotación de los mares o para reducir la manufactura y empleo de plásticos, para citar algunos. La raíz de esas controversias no es otra, en última instancia, que el tamaño de la población humana. Alimentar, educar, proveer servicios, salud y otras demandas básicas para 8 mil millones de conquistadores, no es tarea fácil cuando se plantea como objetivo central preservar la vida y los ecosistemas del planeta.

De esa controversia surgen soluciones como el llamado desarrollo sostenible, que tiene cientos de aristas diferentes, unas más conocidas que otras, con grados variables de enfoque y solución, pero destinadas a mantener la producción de bienes y servicios, pero reduciendo el impacto negativo sobre los ecosistemas y asegurando su persistencia para las generaciones futuras. En el siguiente **Cuadro 13** se resumen algunas de las acciones necesarias, (algunas difíciles de alcanzar), acciones que requieren consenso entre y dentro de los gobiernos, los ciudadanos y sus organizaciones.

Cuadro 13. Algunas acciones que deben ser ejecutadas con respecto al ambiente

1. Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir uso de carbón y combustibles fósiles • Generación de electricidad sin carbón • Modernizar redes de distribución • Acceso a la electricidad para todos • Desarrollar fuentes alternas de energía
2. Industria	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir uso de acero, cemento y plásticos • Mejorar eficiencia energética • Electrificación balanceada de las plantas • Desarrollar sustitutos no contaminantes
3. Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir uso de automóviles y aviones • Estimular transporte público • Reducir emisiones de CO₂ en vehículos
4. Ciudades	<ul style="list-style-type: none"> • Ciudades verdes • Reducir generación de desechos • Viviendas y servicios adecuados
5. Edificios	<ul style="list-style-type: none"> • Optimizar uso de energía • Desarrollar materiales de bajo impacto • Climatización sin emisiones de CO₂
6. Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivos sin expansión sobre áreas naturales • Aumentar productividad • Reducir pérdidas en alimentos • Reducir emisión de gases invernadero • Reducir uso del agua • Reducir degradación de suelos, agua y ecosistemas
7. Bosques	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger ecosistemas, fauna y flora • Recuperar zonas deforestadas y degradadas • Reducir contaminación • Eliminar explotación de especies silvestres • Impedir ingreso de especies exóticas
8. Océanos	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger ecosistemas marinos y costeros • Restaurar ecosistemas marinos y costeros • Manejo sustentable de ecosistemas marinos • Reducción de contaminación • Evitar introducción de especies exóticas
9. Ríos y lagos	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger ecosistemas de agua dulce • Recuperar ecosistemas degradados • Manejo sustentable de agua dulce • Mejorar calidad del agua • Evitar invasión de especies exóticas • Asegurar acceso de agua limpia para todos.
10. Economía y finanzas	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar financiamiento público y privado destinado a mejorar clima y ecosistemas • Inclusión de grupos marginales • Precio a las emisiones de gases invernadero y otras externalidades ambientales • Eliminar subsidios a negocios que vulneran el ambiente. • Políticas de bienestar, equidad y sustentabilidad. • Incentivos para una economía sostenible • Reducir consumo innecesario • Aumentar eficiencia
11. Equidad	<ul style="list-style-type: none"> • Acceso a servicios básicos y oportunidades innovadoras • Reducir inequidades sociales y políticas • Redistribución del ingreso • Educación ambiental para todos
12. Gobierno	<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar derechos y libertades civiles • Transparencia y acceso a la información • Garantizar acceso a la justicia • Promover rendición de cuentas • Participación en generación de políticas • Regular equitativa y efectivamente. • Combatir la corrupción

Escenarios

Un atributo de los seres humanos es su capacidad para construir escenarios. Es algo que hacemos todos los días y con los objetivos más diversos. Procesamos información que parece confiable, vinculamos unas variables con otras, escuchamos a los expertos, consultamos con la familia y al final nos imaginamos los retos que encontraremos y diseñamos estrategias para vencerlos.

Los escenarios son diseñados por personas, familias, grupos, empresas, consultores, investigadores, partidos políticos, gobiernos locales, nacionales y organizaciones internacionales. Un escenario bien construido nos permite hacer predicciones, fijar prioridades y diseñar estrategias. Con el tiempo ha surgido un campo del conocimiento y técnicas para construir escenarios. No soy experto en el tema, pero puedo, como cualquier otro ser humano, construir un escenario inscrito en ciertas premisas como preservar el ambiente, aumentar la calidad de la vida, mantener la biodiversidad, mejorar la calidad del aire y el agua, garantizar recursos para las siguientes generaciones. También puedo dibujar un escenario (o varios) alternos, por ejemplo, bajo varias suposiciones: 1) no podremos cambiar las tendencias del último siglo o, 2) solo seremos capaces de cambiar algunas. Sin embargo, todas partirán del diagnóstico actual que, directa o indirectamente, hemos plasmado en las páginas anteriores.

La trayectoria plausible

En los próximos años disminuirá el consumo de carbón y petróleo para la generación de energía y aumentarán las fuentes renovables al mismo ritmo o algo superior al de la década de 2000-2010. En la actualidad, el 75 % de las emisiones de gases invernadero y el 90 % del CO₂ proceden de la quema de combustibles fósiles. Los científicos aspiran y proponen disminuir esas emisiones a la mitad para el 2030 y apenas a un 10 % para el 2050. Para alcanzar ese objetivo se requiere una enorme inversión y algunos países pobres no podrán hacerlo, mientras que los intereses económicos, en los más ricos, serán un gran obstáculo.

Sin embargo, esos países tampoco son los principales contribuyentes a las emisiones, así que me parece razonable que las emisiones disminuyan en un 30 % para el 2030 y que para el 2050 solo el 25 % de la energía proceda de combustibles fósiles. En 2021 la producción de vehículos eléctricos e híbridos representó el 20 % del total y hubo un descenso del 9 % en los de combustión interna. El Boston Consulting Group <https://www.bcg.com/> estima que para el año 2035 los vehículos eléctricos sean el 59 % del mercado, pero el 41 % serán aún de combustión interna, pero estarán en circulación buena parte de los construidos en la década de 2020-2030 e incluso antes. Por ejemplo, en Venezuela circulan en 2023 muchos vehículos construidos hace 20 o 25 años, ya que la mayoría de la población carece de recursos para adquirir un vehículo nuevo. Esto

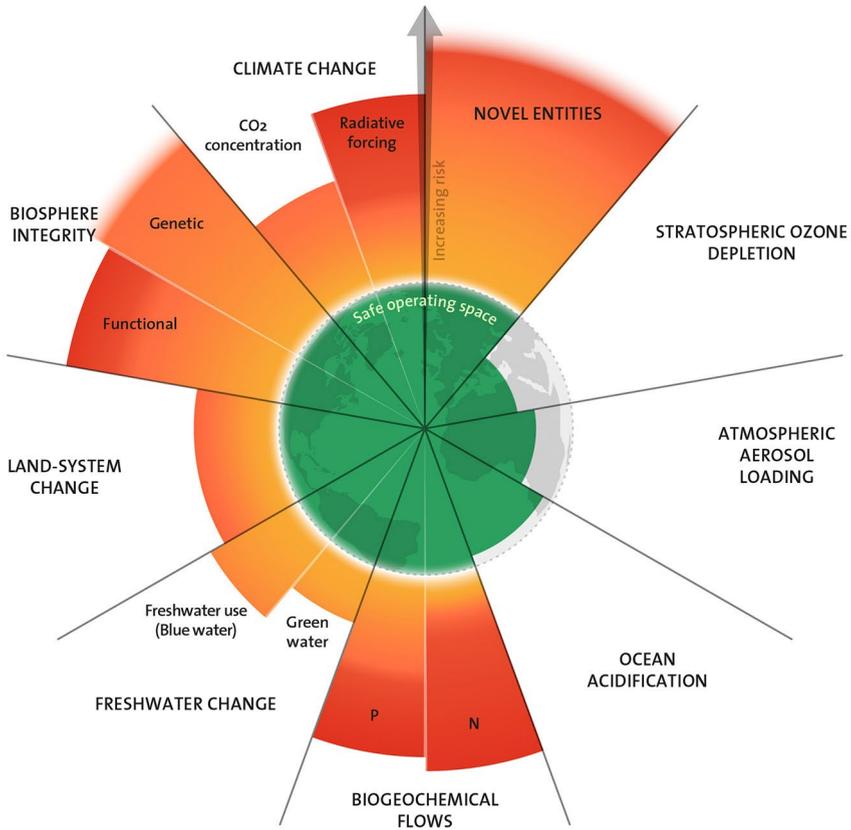
no solo ocurre en Venezuela, es un fenómeno común en la India, Bangladés, muchos países africanos y varios de América Latina. Además, en muchos países ni siquiera se ha iniciado un programa para establecer estaciones de carga eléctrica para los vehículos, ni para capacitar técnicos con conocimientos sobre los nuevos vehículos. Lo mismo vale para la generación de energía industrial y doméstica, ya que no observamos que en muchos países se estén haciendo las inversiones requeridas para generación de energías eólica y solar.

Un panorama similar observamos en la agricultura y la ganadería. Cierto es que existen muchos proyectos en marcha para modernizar las técnicas de cultivo y cría. Entre los productores de ganado de mayor envergadura, la llamada ganadería regenerativa, la diversificación de las fincas, las cercas vivas, la siembra directa, el empleo de la informática y la capacitación de los empleados, son numerosas las iniciativas, pero no entre los pequeños productores que carecen de financiamiento y acceso a las nuevas tecnologías. Algo similar ocurre con la pesca y la acuicultura, donde se repite el ciclo que muestra cómo el desarrollo de nuevas técnicas mantiene un ritmo superior a la capacidad de emplearlas y a la zaga de ambas, las decisiones políticas y económicas.

Así, se aprecia como poco probable alcanzar las metas ideales para evitar un calentamiento inferior a 1,5 centígrados para el 2050, más si una importante mitigación de las emisiones actuales. Por otra parte, la urbanización seguirá abatiendo la tasa de crecimiento de la población y quizás entre 2050 y 2100 se podrá llegar a un punto de equilibrio, una cifra que quizás oscile entre los 10 000 000 000 y 12 000 000 000 de habitantes.

En la **Figura 36** se ilustran las 9 fronteras planetarias que no deben ser violadas, cruzadas o transgredidas y la intensidad del color en la figura ilustra la gravedad de la situación. El grupo de Estocolmo señala que, para el año 2023, seis de ellas ya han sido cruzadas, con seis ya ubicadas en la zona de alto riesgo (ver **Figura 36**): 1. **Cambio climático**; 2. **Las Nuevas Entidades** que incluyen plásticos y otros contaminantes de origen agrícola o industrial; 3. **La Integridad de Biosfera**, funcional y genética, con énfasis en la pérdida de biodiversidad; 4. Los **Cambios en los Sistemas Terrestres**, como la deforestación; 5. Los **Cambios Dulceacuícolas**, vinculados a la cantidad y calidad del agua dulce disponible y 6. Los **Flujos Biogeoquímicos**. Solo tres no han sido sobrepasados, pero están amenazados: 1. La capa de ozono; 2. La carga de aerosoles en la atmósfera y, 3. La acidificación de los océanos. El grupo de Estocolmo llega a estas conclusiones analizando miles de trabajos de investigación y datos filtrados a través de un enfoque de sistemas integral del planeta bajo el principio que estas nueve fronteras están interrelacionadas.

Como verán, el complejo sistema biofísico del planeta depende del respeto a ciertas fronteras, límites que no debemos cruzar para evitar riesgos para la población y los



- | | | |
|---|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Cambio climático | 4. Carga de aerosoles en la atmósfera | 8. Cambios en sistemas terrestre |
| 2. Nuevas entidades | 5. Acidificación oceánica | 9. Nuevas entidades |
| 3. Abatimiento del ozono estratosférico | 6. Flujos biogeoquímicos | |
| | 7. Cambios en agua dulce | |

Figura 36. Las nueve fronteras planetarias según Stockholm Resilience Centre (SRC).

Fuente: *2023 update to the Planetary boundaries*. Licensed under CC BY-NC-ND 3.0. Credit: "Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Richardson et al 2023" <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html#:~:text=The%20planetary%20boundaries%20concept%20presents,resilience%20of%20the%20Earth%20system>.

ecosistemas. No es suficiente, más sí necesario, colocar el foco solo en el cambio climático, sino también en otros procesos como la reducción de la biodiversidad, la contaminación de ríos y lagos, la degradación de suelos, deforestación y los flujos biogeoquímicos. El grupo de Estocolmo emplea como valores de referencia los existentes hace unos diez mil años, es decir, antes de la revolución del neolítico. Por ejemplo, estima que la concentración de CO₂ en la atmósfera no debería ser mayor a 350 ppm cuando en la actualidad se ubica entre 417 y 424 ppm.

Es un escenario razonablemente optimista cuando se les compara a otros donde el resultado es una catástrofe global. Pero para ello, cada país deberá desarrollar una estrategia, contar con los recursos financieros y poseer la capacidad de inducir y capacitar a sus habitantes en una nueva forma de vivir, rompiendo tradiciones y culturas milenarias, y, al mismo tiempo, hacerlo respetando los derechos humanos. Es necesario **civilizar a los conquistadores, que somos todos**, y este texto pretende contribuir con ese propósito.

Apéndice

Declaración Universal de los Derechos Humanos

(https://www.un.org/es/documents/udhr/UDHR_booklet_SP_web.pdf)

Declaración Universal de los Derechos Humanos. Asamblea General de las Naciones Unidas, diciembre de 1948

- Artículo 1.** Todos los seres humanos nacen libres e iguales en dignidad y derechos y, dotados como están de razón y conciencia, deben comportarse fraternalmente los unos con los otros.
- Artículo 2.** Toda persona tiene todos los derechos y libertades proclamados en esta Declaración, sin distinción alguna de raza, color, sexo, idioma, religión, opinión política o de cualquier otra índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento o cualquier otra condición. Además, no se hará distinción alguna fundada en la condición política, jurídica o internacional del país o territorio de cuya jurisdicción dependa una persona, tanto si se trata de un país independiente, como de un territorio bajo administración fiduciaria, no autónomo o sometido a cualquier otra limitación de soberanía.
- Artículo 3.** Todo individuo tiene derecho a la vida, a la libertad y a la seguridad de su persona.
- Artículo 4.** Nadie estará sometido a esclavitud ni a servidumbre, la esclavitud y la trata de esclavos están prohibidas en todas sus formas.
- Artículo 5.** Nadie será sometido a torturas ni a penas o tratos crueles, inhumanos o degradantes.
- Artículo 6.** Todo ser humano tiene derecho, en todas partes, al reconocimiento de su personalidad jurídica.
- Artículo 7.** Todos son iguales ante la ley y tienen, sin distinción, derecho a igual protección de la ley. Todos tienen derecho a igual protección contra toda discriminación que infrinja esta Declaración y contra toda provocación a tal discriminación.
- Artículo 8.** Toda persona tiene derecho a un recurso efectivo ante los tribunales nacionales competentes, que la ampare contra actos que violen sus derechos fundamentales reconocidos por la constitución o por la ley.

- Artículo 9.** Nadie podrá ser arbitrariamente detenido, preso ni desterrado.
- Artículo 10.** Toda persona tiene derecho, en condiciones de plena igualdad, a ser oída públicamente y con justicia por un tribunal independiente e imparcial, para la determinación de sus derechos y obligaciones o para el examen de cualquier acusación contra ella en materia penal.
- Artículo 11.**
1. Toda persona acusada de delito tiene derecho a que se presuma su inocencia mientras no se pruebe su culpabilidad, conforme a la ley y en juicio público en el que se le hayan asegurado todas las garantías necesarias para su defensa.
 2. Nadie será condenado por actos u omisiones que en el momento de cometerse no fueron delictivos según el Derecho nacional o internacional. Tampoco se impondrá pena más grave que la aplicable en el momento de la comisión del delito.
- Artículo 12.** Nadie será objeto de injerencias arbitrarias en su vida privada, su familia, su domicilio o su correspondencia, ni de ataques a su honra o a su reputación. Toda persona tiene derecho a la protección de la ley contra tales injerencias o ataques.
- Artículo 13.**
1. Toda persona tiene derecho a circular libremente y a elegir su residencia en el territorio de un Estado.
 2. Toda persona tiene derecho a salir de cualquier país, incluso del propio, y a regresar a su país.
- Artículo 14.**
1. En caso de persecución, toda persona tiene derecho a buscar asilo, y a disfrutar de él, en cualquier país.
 2. Este derecho no podrá ser invocado contra una acción judicial realmente originada por delitos comunes o por actos opuestos a los propósitos y principios de las Naciones Unidas.
- Artículo 15.**
1. Toda persona tiene derecho a una nacionalidad.
 2. A nadie se privará arbitrariamente de su nacionalidad ni del derecho a cambiar de nacionalidad.
- Artículo 16.**
1. Los hombres y las mujeres, a partir de la edad núbil, tienen derecho, sin restricción alguna por motivos de raza, nacionalidad o religión, a casarse y fundar una familia, y disfrutarán de iguales derechos en cuanto al matrimonio, durante el matrimonio y en caso de disolución del matrimonio.
 2. Solo mediante libre y pleno consentimiento de los futuros esposos podrá contraerse el matrimonio.
 3. La familia es el elemento natural y fundamental de la sociedad y tiene derecho a la protección de la sociedad y del Estado.
- Artículo 17.**
1. Toda persona tiene derecho a la propiedad, individual y colectivamente.
 2. Nadie será privado arbitrariamente de su propiedad.

- Artículo 18.** Toda persona tiene derecho a la libertad de pensamiento, de conciencia y de religión; este derecho incluye la libertad de cambiar de religión o de creencia, así como la libertad de manifestar su religión o su creencia, individual y colectivamente, tanto en público como en privado, por la enseñanza, la práctica, el culto y la observancia.
- Artículo 19.** Todo individuo tiene derecho a la libertad de opinión y de expresión; este derecho incluye el de no ser molestado a causa de sus opiniones, el de investigar y recibir informaciones y opiniones, y el de difundirlas, sin limitación de fronteras, por cualquier medio de expresión.
- Artículo 20.**
1. Toda persona tiene derecho a la libertad de reunión y de asociación pacíficas.
 2. Nadie podrá ser obligado a pertenecer a una asociación.
- Artículo 21.**
1. Toda persona tiene derecho a participar en el gobierno de su país, directamente o por medio de representantes libremente escogidos.
 2. Toda persona tiene el derecho de acceso, en condiciones de igualdad, a las funciones públicas de su país.
 3. La voluntad del pueblo es la base de la autoridad del poder público; esta voluntad se expresará mediante elecciones auténticas que habrán de celebrarse periódicamente, por sufragio universal e igual y por voto secreto u otro procedimiento equivalente que garantice la libertad del voto.
- Artículo 22.** Toda persona, como miembro de la sociedad, tiene derecho a la seguridad social, y a obtener, mediante el esfuerzo nacional y la cooperación internacional, habida cuenta de la organización y los recursos de cada Estado, la satisfacción de los derechos económicos, sociales y culturales, indispensables a su dignidad y al libre desarrollo de su personalidad.
- Artículo 23.**
1. Toda persona tiene derecho al trabajo, a la libre elección de su trabajo, a condiciones equitativas y satisfactorias de trabajo y a la protección contra el desempleo.
 2. Toda persona tiene derecho, sin discriminación alguna, a igual salario por trabajo igual.
 3. Toda persona que trabaja tiene derecho a una remuneración equitativa y satisfactoria, que le asegure, así como a su familia, una existencia conforme a la dignidad humana y que será completada, en caso necesario, por cualesquiera otros medios de protección social.
 4. Toda persona tiene derecho a fundar sindicatos y a sindicarse para la defensa de sus intereses.
- Artículo 24.** Toda persona tiene derecho al descanso, al disfrute del tiempo libre, a una limitación razonable de la duración del trabajo y a vacaciones periódicas pagadas.

- Artículo 25.**
1. Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios; tiene asimismo derecho a los seguros en caso de desempleo, enfermedad, invalidez, viudez, vejez u otros casos de pérdida de sus medios de subsistencia por circunstancias independientes de su voluntad.
 2. La maternidad y la infancia tienen derecho a cuidados y asistencia especiales. Todos los niños, nacidos de matrimonio o fuera de matrimonio, tienen derecho a igual protección social.
- Artículo 26.**
1. Toda persona tiene derecho a la educación. La educación debe ser gratuita, al menos en lo concerniente a la instrucción elemental y fundamental. La instrucción elemental será obligatoria. La instrucción técnica y profesional habrá de ser generalizada; el acceso a los estudios superiores será igual para todos, en función de los méritos respectivos.
 2. La educación tendrá por objeto el pleno desarrollo de la personalidad humana y el fortalecimiento del respeto a los derechos humanos y a las libertades fundamentales; favorecerá la comprensión, la tolerancia y la amistad entre todas las naciones y todos los grupos étnicos o religiosos, y promoverá el desarrollo de las actividades de las Naciones Unidas para el mantenimiento de la paz.
 3. Los padres tendrán derecho preferente a escoger el tipo de educación que habrá de darse a sus hijos.
- Artículo 27.**
1. Toda persona tiene derecho a tomar parte libremente en la vida cultural de la comunidad, a gozar de las artes y a participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten.
 2. Toda persona tiene derecho a la protección de los intereses morales y materiales que le correspondan por razón de las producciones científicas, literarias o artísticas de que sea autora.
- Artículo 28.** Toda persona tiene derecho a que se establezca un orden social e internacional en el que los derechos y libertades proclamados en esta Declaración se hagan plenamente efectivos.
- Artículo 29.**
1. Toda persona tiene deberes respecto a la comunidad, puesto que solo en ella puede desarrollar libre y plenamente su personalidad.
 2. En el ejercicio de sus derechos y en el disfrute de sus libertades, toda persona estará solamente sujeta a las limitaciones establecidas por la ley con el único fin de asegurar el reconocimiento y el respeto de los derechos y libertades de los demás, y de satisfacer las justas exigencias de la moral, del orden público y del bienestar general en una sociedad democrática.
 3. Estos derechos y libertades no podrán, en ningún caso, ser ejercidos en oposición a los propósitos y principios de las Naciones Unidas.
- Artículo 30.** Nada en esta Declaración podrá interpretarse en el sentido de que confiere derecho alguno al Estado, a un grupo o a una persona, para emprender y desarrollar actividades o realizar actos tendientes a la supresión de cualquiera de los derechos y libertades proclamados en esta Declaración.



Carlos Machado Allison (1938) es biólogo egresado de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Ph. D. de la Universidad de Notre Dame. Profesor titular de la Universidad Central de Venezuela (UCV) y del Instituto de Estudios Superiores de Administración (IESA). En la UCV, fue director de la Escuela de Biología y del Instituto de Zoología Tropical. Tras su jubilación de la UCV prestó sus servicios en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), hoy Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Fonacit), la Fundación Instituto de Ingeniería y fue gerente general del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), actualmente Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) (1992-1995). Luego, se incorporó al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en América Central y Panamá (1995-1998) coordinando centros de investigación y a partir de 1998 ha estado vinculado al IESA donde ocupó por algún tiempo la Dirección de Investigaciones y hasta la fecha coordina el Programa de Agronegocios. En 2010 se incorporó como Individuo de Número de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela. Entre 1959 y 1985 su interés estuvo centrado en la taxonomía y biología de poblaciones de insectos hematófagos. Posteriormente, se dedicó al análisis de sistemas agroalimentarios, políticas públicas y gestión de centros de investigación. Es autor de 152 publicaciones científicas y más de 20 libros, incluyendo textos, novelas de ficción y divulgación de ciencia y tecnología.

Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales
Palacio de las Academias, av. Universidad, Apartado de Correo 1421.
Caracas, 1010-A. Venezuela