

Astrobiología, conocer para reconocer.



Cátedra
Internacional
Galileo



Vili Aldebarán Martínez García
Andrea García Valerio
José Vili Martínez González

División Divulgación de la Ciencia

D.R. 2022. Vili Aldebarán Martínez García
Andrea García Valerio
José Vili Martínez González.

© . Vili Aldebarán Martínez García
Andrea García Valerio
José Vili Martínez González.

ISBN: 978-607-99670-9-3
Edición: Consejo editorial COLPAMEX, A.C.
Ilustraciones y portada: José Vili Martínez González.
Colegio de Posgraduados en Administración
de la República Mexicana, A.C.
Durango 245 despacho 402, Colonia Roma
Delegación Cuauhtémoc
C.P. 06700 Ciudad de México

Segunda edición: mayo 2023

Queda prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio del contenido de la presente obra, sin contar con la autorización por escrito de los titulares de los derechos de autor. El material de esta obra se presenta de buena fe para contribuir al cuerpo del conocimiento y servir de orientación. Debido al estado del arte, COLPARMEX, A.C., no garantiza su exactitud ni acepta responsabilidad alguna por consecuencia de su utilización.

El contenido de este libro, así como su estilo y las opiniones expresadas en él, son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la opinión del COLPARMEX, A.C.

Impreso en México.

Directorio Nacional

COLPAREMEX

Ruby Asunción González Ascencio

PRESIDENTE

Francisco Javier Moyado Bahena

VICEPRESIDENTE

José Vili Martínez González

SECRETARIO GENERAL

Heberto Romero Priego Álvarez

SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN

María Elena Quero Corzo

TESORERO

Alma Cecilia Juárez García

ADMINISTRADORA DE PROYECTOS

Joaquín Vázquez García

VOCAL

Díctaminadores:

Dr. Francisco Javier Moyado Bahena.

Universidad Tecnológica de Acapulco

Premio Nacional al Mérito Universitario.

Maestra en Gestión de la Tecnología

Damaris Y. Mejía López.

Directora Grupo Q.

Premio Nacional de Trabajos de Investigación.

Agradecimientos:

Por su apoyo para la realización del libro:

***Colegio de Posgraduados en Administración de
la República Mexicana, A.C.***

UNIVERSUM, Museo de las Ciencias de la UNAM.

México.

Palacio de Minería. (PM). UNAM. México.

Instituto de Biotecnología de la UNAM. (IBT).

México.

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

(FES-I). UNAM. México.

Centro Nacional de Innovaciones

Biotecnológicas. (CENIBiot). Costa Rica.

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

(ININ). México.

Museo Nacional de Antropología. (MNa). México.

Museo Aeroespacial Fuerza Aérea Colombiana.

Colombia.

Museo Militar de Colombia. Colombia.

Índice

A manera de introducción. 20

I. Primeros pasos.

Conocer para reconocer 42

Conceptualizando la vida 54

Conceptualizando la astrobiología 57

Conceptualizando la astrogeología 66

II. Astrobiología.

Posibles escenarios para el surgimiento
de la vida en la Tierra 71

La vida se abre paso en ambiente extremos 104

Un posible punto de partida

¿Quién es LUCA? 112

El árbol de la vida 112

Arqueas, bacterias, eucariotas 116

Evidencia de registro fósil 119

Tapetes microbianos	128
Estromatolitos	132
Solventes que coadyuvan a la vida	137

III. Extremófilos

Extremófilos	141
LHB. Último bombardeo intenso	160
CHONPS	162
GOE (Great Oxidation Event)	170
¿Panspermia?	173

IV. Pequeños fragmentos del cielo.

¿Qué es un meteorito?	178
¿Cómo distinguirlos?	184
¿Posibles portadores de vida?	197
Referencias	200

Índice de tablas

Tabla 1 Comparación entre los aminoácidos obtenidos en los experimentos de descargas eléctricas y los encontrados en el análisis de meteorito Murchison.

Índice de figuras

Figura 1 Representación del universo Copernicano.

Figura 2 Ascenso al Nevado de Toluca.

Figura 3 Evolución de los aviones.

Figura 4 Simulador de silla espacial, en el Centro de Ciencias de Ontario.

Figura 5 Visita al Centro de Ciencias de Ontario.

Figura 6 Los primeros aviones. Centro de Ciencias de Ontario.

Figura 7 En la antigüedad, la velocidad de un hombre a caballo y la fuerza de sus músculos eran los motores del mundo.

Figura 8 La fuerza y experiencia de los herreros en las fraguas eran la medida de la producción.

Figura 9 El empleo del aire y el agua aplicados a la producción son un primer detonante de un cambio radical para el mundo.

Figura 10 La piedra de Rosetta con inscripciones en egipcio, demótico y griego antiguo, es un gran ejemplo de cómo el conocer (el griego antiguo) permite inferir y ayuda a descifrar los jeroglíficos egipcios.

Figura 11 Los conocimientos adquiridos en el pasado, incluyendo los desarrollados en las guerras, pueden emplearse para ayudar al avance de la humanidad, el estudio de la V2, ayudó en la carrera espacial tanto a los soviéticos como a los estadounidenses, una prueba de que la tecnología puede ser empleada para bien.

Figura 12 El visitar lugares extremos como la mina de sal de Zipaquirá, en Colombia, permite a visualizar lugares donde la vida parece imposible hasta que se mira con más cuidado.

Figura 13 En la región de Capadocia, se puede observar complejos excavados en la roca.

Figura 14 El ascenso a alta montaña (en México se considera a partir de los 4000 metros), el visitar estos lugares tiene además del atractivo de fomentar el trabajo en equipo, permite ver cómo la vida puede abrirse paso en lugares insospechados.

Figura 15 El conocer tecnología existente y sus aplicaciones nos permiten vislumbrar nuevos horizontes.

Figura 16 El poder conocer la tecnología previa evita que se tenga que reinventar el hilo negro.

Figura 17 Región activa en el Sol con manchas solares oscuras.

Figura 18 Composición del sol. UNIVERSUM.

Figura 19 Representación del mural de las diosas verdes, en Teotihuacan. MNa.

Figura 20 Representación de Huehuetéotl, señor viejo del fuego en Teotihuacán. Hasta hace pocos años no se tenían datos sobre el abandono de la ciudad, en la actualidad, se están realizando una gran cantidad de hallazgos y gracias las investigaciones se ha logrado vincular el periodo de su declive con un mínimo solar. MNa.

Figura 21 Zona arqueología Kabah, Yucatán.

Figura 22 Uxmal, Yucatán. El conocer las civilizaciones que desaparecieron debido a eventos astronómicos como los mínimos solares, permite crear un marco de referencia para presentar las posibles consecuencias en nuestra actual civilización.

Figura 23 Representación fósil de un árbol.
UNIVERSUM.

Figura 24 Geoda cuarzo amatista morada.
UNIVERSUM.

Figura 25 Apreciar las maravillas que nos rodean, por más sencillas que parezcan.

Figuras 26 Ejemplo de la teoría Darwiniana.

Figura 27 Representaciones de ADN.
UNIVERSUM.

Figura 28 El desarrollo de competencias en áreas como la biotecnología resultarán de gran valor para quienes desean adentrarse en la astrobiología.

Figura 29 El poder trabajar en equipo con personal de alto perfil es un área crítica para quienes desean expandir las fronteras del conocimiento. IBt.

Figura 30 El tener acceso a piezas originales es de gran valor para desarrollar sus habilidades de identificar y distinguir fósiles, llevando estos conocimientos a las misiones en que participen. FES-I

Figura 31 El tener acceso a laboratorios de frontera e interactuar con investigadores de clase mundial permite ampliar el horizonte de quienes desean participar en el área de la astrobiología. CENIBiot. Costa Rica.

Figura 32 El poder tener contacto con mentes privilegiadas resultará en un factor extraordinario. En la fotografía con el Dr. John Mather. Premio Nobel de Física, 2006.

Figura 33 Con el astronauta mexicano José Hernández Moreno (en traje de misión).

Figura 34 Cenote de caverna, ubicado en Cuzamá, Yucatán.

Figura 35 Ejemplo de misiones que han enviado datos para los mapas geológicos.

Figura 36 Con un meteorito. Centro de Ciencias de Ontario.

Figura 37 Una representación del mundo. En el Museo del Mañana. Brasil.

Figura 38 Simulación del universo. UNIVERSUM.

Figura 39 Representación de la tierra. UNIVERSUM.

Figura 40 Una magnífica colección de meteoritos. UNIVERSUM.

Figura 41 Con una representación de la luna. UNIVERSUM.

Figura 42 Meteorito Morito. PM.

Figura 43 Representación del aparato utilizado por Stanley Miller en la década de 1960.

Figura 44 Estromatolitos.

Figura 45 Con el azul de la protectora capa de ozono.

Figura 46 Representación de la mandíbula de un megalodón. UNIVERSUM.

Figura 47 Representación de un T-Rex. UNIVERSUM.

Figura 48 Representación de un dinosaurio en Toronto.

Figura 49 Representación de fósiles en Toronto.

Figura 50 Modelo de un dinosaurio.

Figura 51 Con un modelo de un fósil de un dinosaurio.

Figura 52 Representación de un fósil del monstruo de Aramberri. UNIVERSUM.

Figura 53 Una visión global de la exposición “Tesoros, Fósiles y Minerales de México”, en UNIVERSUM.

Figura 54 El frágil equilibrio del oxígeno en la vida del planeta.

Figura 55 Obteniendo muestras en cenotes. Yucatán.

Figura 56 Grutas, Yucatán.

Figura 57 Cenotes de cielo abierto con paredes verticales, Yucatán.

Figura 58 Cenotes tipo caverna, Yucatán.

Figura 59 Minas de sal, en Colombia.

Figura 60 Representación del árbol filogenético de la vida

Figura 61 Ejemplos de dominio eucariota, representando los reinos plantas y animales.

Figura 62 Ciudades antiguas, Machupichu.

Figura 63 Representación de un fósil de una planta. UNIVERSUM.

Figura 64 Representaciones de fósiles. MNa.

Figura 65 Representación de un fósil marino. UNIVERSUM.

Figura 66 Fósil de mamut. MNa.

Figura 67 Representación de un fósil de cocodrilo. UNIVERSUM.

Figura 68 Funciones metabólicas del Tapete Microbiano.

Figura 69 Estromatolitos

Figura 70 Estromatolitos

Figura 71 Estromatolitos

Figura 72 Estromatolitos

Figura 73 Estromatolitos.

Figura 74 Lago Salado Tuz Gölü. Capadocia, Turquía.

Figura 75 Laguna de sal. Las Coloradas. Yucatán.

Figura 76 Identificación de organismos en ambientes extremos.

Figura 77 Identificación de organismos en ambientes extremos. NT.

Figura 78 Identificación de organismos en ambientes extremos. Capadocia Turquía.

Figura 79 Buscando Tardígrados, cenote de cielo abierto, Yucatán.

Figura 80 Buscando tardígrados.

Figura 81 Osito de agua.

Figura 82 La Microscopia, es una herramienta necesaria para la búsqueda de estos organismos. IBt.

Figura 83 Meteorito Acapulco en UNIVERSUM.

Figura 84 Meteorito Toluca en UNIVERSUM.

Figura 85 Con una magnífica muestra de esqueletos de habitantes del mar y tortugas.
UNIVERSUM

Figura 86 Tabla periódica de los elementos

Figura 87 Representaciones de ADN.
UNIVERSUM.

Figura 88 Elementos en el universo

Figura 89 Tabla periódica en UNIVERSUM

Figura 90 Meteorito Allende en UNIVERSUM.

Figura 91 Meteorito Allende en UNIVERSUM.

Figura 92 Meteorito en UNIVERSUM.

Figura 93 Meteorito en UNIVERSUM.

Figura 94 Meteorito Chupaderos I. PM.

Figura 95 Meteorito Chupaderos II y Morito. PM.

Figura 96 Meteorito Chupaderos I. PM.

Figura 97 Meteorito Chupaderos I. PM.

Figura 98 Meteorito Chupaderos II. PM.

Figura 99 Meteorito Zacatecas. PM.

Figura 100 Meteorito Morito. PM.

Figura 101 Detalle de meteorito Chupaderos I.
PM.

Figura 102 Detalles de un meteorito. PM.

Figura 103 Detalle de un meteorito identificado en Canadá.

Figura 104 Roca lunar traída por Neil Armstrong, en la misión el Apolo 11. UNIVERSUM.

Figura 105 Roca lunar traída por la misión el Apolo 17. UNIVERSUM.

Abreviaturas

PM. Palacio de Minería (México)

Mna. Museo Nacional de Antropología (México)

IBt. Instituto de Biotecnología, UNAM (México)

FES-I. Facultad de Estudios Superiores Iztacala
UNAM (México)

UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México

CENIBiot. Centro Nacional De Innovaciones
Biotecnológicas (Costa Rica)

UNIVERSUM. Museo de las Ciencias de la
Universidad Nacional Autónoma de México

NT. Nevado de Toluca, México

A manera de introducción

“Eleva la mirada
al cielo y soñar con
tocar las estrellas,
es el anhelo de
volver a ser parte
del génesis del
todo”.

Aldebarán Martínez

Viajeros de las Estrellas, viajeros del espacio, dos frases que no solo inspiran, sino que, además, describen el anhelo del hombre por responder algunas de las preguntas primigenias:

¿Estamos solos?

¿Qué hay más allá?

¿Venimos de otro mundo?

Hace tan solo unas centurias el hombre veía como inconmensurable el mundo que habitamos. Eran tiempos de aventura y descubrimiento, cada montaña era la nueva frontera, cada viaje por mar prometía acceder a lugares previamente desconocidos.



Figura 1.
Representación del universo Copernicano.



Figura 2.

Ascenso al Nevado de Toluca.

De esta forma, los navegantes y exploradores eran, en más de un sentido, los impulsores de sueños y promesas. Poco a poco, cada frontera fue alcanzada (Amundsen, el 14 de diciembre de 1911 alcanza el Polo Sur y el 12 de mayo de 1926 el Polo Norte, acompañado esta vez de Nobile), cada montaña escalada (Hillary y Norgay, el 29 de mayo de 1953 alcanzan la cima del Everest), se alcanzan las profundidades del mar (Picard y Walsh, el 23 de enero de 1960 se posaron en la Fosa de las Marianas), y si bien, nuestro mundo aun contiene una infinidad de lugares por descubrir y maravillas por mostrar, nuestra mirada, impulsada por un deseo que pareciera estar incrustado en nuestra naturaleza, se lanza al infinito y soñamos con ir más allá de nuestro satélite el cual alcanzamos el 16 de julio de 1969. En menos de 60 años (58) parece que se alcanzaron los grandes hitos de la exploración humana. Pasamos en 75 años de un primer vuelo de Otto Lilienthal, en 1894, a llegar a la Luna, el primer escalón en la exploración de nuestros orígenes más profundos en el espacio.



Figura 3.
Evolución de los aviones.

Ciertamente, la nueva frontera (el espacio), nos exigirá abrir nuestras mentes en formas similares a los primeros exploradores quienes se encontraban en lugares que, para ellos, estaban completamente fuera de lo que les era familiar, donde un mango resultaba tan extraño como peligroso a sus sentidos, climas que, al no estar preparados, derivaban en grandes malestares e incluso la muerte. No somos conscientes de lo que vamos a encontrar fuera de nuestro amado planeta, sin embargo, podemos aprender cómo enfrentaron los retos aprendiendo de quienes nos precedieron en este magno esfuerzo por extender las fronteras del conocimiento, podemos aprender de los modelos que tenemos a nuestro alcance, de tal forma que, podamos preparar diferentes escenarios y con ello, brindar más herramientas a quienes van a emprender este viaje de descubrimiento.



Figura 4.

Simulador de silla espacial, en el Centro de Ciencias de Ontario.

Un ejemplo de ello, es cómo se resolvió el problema del interruptor del sistema de ignición de cohetes del módulo lunar de la misión Apolo 11, sustituyéndolo por un rotulador que les permitió despegar de la luna, o cómo las personas aprendieron a convertir tierras

estériles en fértiles empleando esqueletos de pescado, cómo edificar una ciudad en lo que era un lago y, por supuesto, cómo sobreponerse una y otra vez a la adversidad para no solo sobrevivir, sino, además, crecer y prosperar.



Figura 5.

Visita al Centro de Ciencias de Ontario.

Debemos de ser capaces de aprender, adaptarnos y crear nuevos paradigmas que expliquen en forma más eficiente las condiciones que vamos a enfrentar en ambientes insospechados, siendo capaces de observar y liberarnos de viejas ataduras, de tal forma que, al igual que Darwin, podamos observar y no solo ver, sino que podamos comprender y obtener información valiosa donde otros solo ven una interminable sucesión de hechos que consideran normales, ser capaces de aportar pensamientos revolucionarios como Tesla, de ser capaces de aprender cada día como Faraday, de tener el valor de Galileo para romper esquemas, de usar las herramientas a nuestro alcance como Aristarco o Eratóstenes para hacer inferencias de gran valor.

La nueva frontera se presenta ante nosotros prometedora y llena no solo de retos y desafíos, sino que, sobre todo, se muestra generosa en su capacidad de compartir con aquellos capaces de comprender nuevos hallazgos que podrían cambiar radicalmente nuestra forma de vivir y pensar.



Figura 6.

Los primeros aviones. Centro de Ciencias de Ontario.



Figura 7.

En la antigüedad, la velocidad de un hombre a caballo y la fuerza de sus músculos eran los motores del mundo.



Figura 8.

La fuerza y experiencia de los herreros en las fraguas eran la medida de la producción.

Baste reflexionar que, hasta hace pocas décadas, el hombre empleaba la fuerza de sus brazos como su principal fuente de riqueza, que los viajes por tierra estaban limitados por la velocidad de los caballos y las noches eran una frontera natural para detener el trabajo humano, desafiados tan solo por las luces de las velas y las lámparas de aceite. Somos testigos de avances tecnológicos que muchos podrían calificar de magia y,

que seguramente, seguirán avanzando a un ritmo vertiginoso.



Figura 9.

El empleo del aire y el agua aplicados a la producción son un primer detonante de un cambio radical para el mundo.

La misión Beta, de la formación de astronautas análogos que lleva a cabo la Catedra Galileo del COLPARMEX, tiene como propósito el brindar a sus integrantes conocimientos de frontera que les sean de utilidad para identificar elementos de astrobiología y astrogeología, de tal forma que al conocer los

parámetros tanto de orden común como aquellos que salen de lo normal en la Tierra, obtengan un marco de referencia para poder reconocer condiciones similares en las posibles misiones que participen, esto es, se les brindan conocimientos para que, a través del conocimiento, sean capaces de identificar condiciones similares en ambientes fuera de la Tierra, esto considerando la frase *“conocer para reconocer”*.



Figura 10.

La piedra de Rosetta con inscripciones en egipcio, demótico y griego antiguo, es un gran ejemplo de cómo el conocer (el griego antiguo) permite inferir y ayuda a descifrar los jeroglíficos egipcios.



Figura 11.

Los conocimientos adquiridos en el pasado, incluyendo los desarrollados en las guerras, pueden emplearse para ayudar al avance de la humanidad, el estudio de la V2, ayudó en la carrera espacial tanto a los soviéticos como a los estadounidenses, una prueba de que la tecnología puede ser empleada para bien.



Figura 12.

El visitar lugares extremos como la mina de sal de Zipaquirá, en Colombia, permite a visualizar lugares donde la vida parece imposible hasta que se mira con más cuidado.



Figura 13.

En la región de Capadocia, se puede observar complejos excavados en la roca.



Figura 14.

El ascenso a alta montaña (en México se considera a partir de los 4000 metros), el visitar estos lugares tiene además del atractivo de fomentar el trabajo en equipo, permite ver como la vida puede abrirse paso en lugares insospechados.

Sirvan las anteriores líneas para invitar al amable lector a la lectura del presente libro el cual, tiene dentro de sus objetivos el divulgar el conocimiento y ofrecer en forma muy básica una primera aproximación a los temas desarrollados por los integrantes de las misiones Beta.



Figura 15.

El conocer tecnología existente y sus aplicaciones nos permiten vislumbrar nuevos horizontes.

Es importante el resaltar que la intención de esta obra es servir como un punto de impulso para tener una primera aproximación a estos apasionantes temas e inspiren a sus lectores a poder consultar obras especializadas o participar en grupos que le puedan brindar información más detallada.



Figura 16.

El poder conocer la tecnología previa evita que se tenga que reinventar el hilo negro.

|
Primeros
pasos

“Reconocer y
aprender de quienes
nos precedieron es
cimentar nuestra
construcción sobre
bases firmes”

Aldebarán Martínez

Primeros pasos

Conocer para reconocer

Existe un dicho “*el que no conoce es como el que no ve*”, ciertamente esto parece obvio, sin embargo, ocurre con tal frecuencia que cuando alguien lo nota dicen, “*pero si es obvio*”.

Veamos algunos ejemplos:

Las manchas solares (zonas de la superficie del Sol que parecen oscuras; debido a que están más frías que otras partes de la superficie). observadas por Galileo están relacionadas con los ciclos solares y estos con los mínimos solares que es cuando el sol tiene menos manchas solares y es el comienzo de un ciclo solar; este fenómeno tiene un gran impacto en nuestro mundo. La decadencia de

diferentes civilizaciones (Teotihuacana y Maya entre ellas), coincide con los mínimos solares. Nos encontramos en un nuevo mínimo solar y parece que nadie desea darse cuenta.

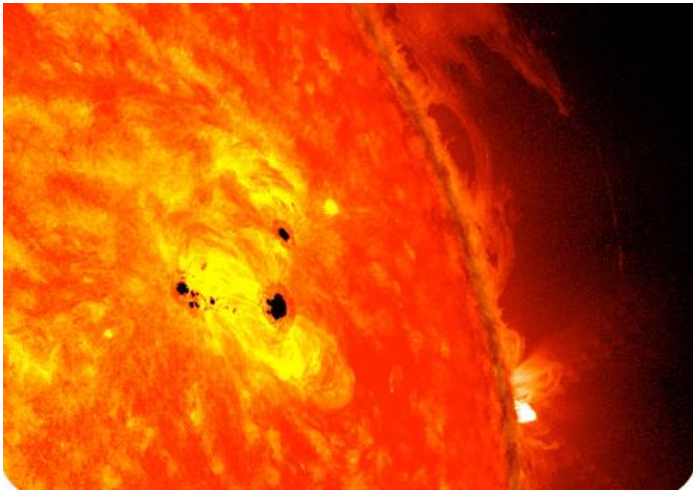


Figura 17

Región activa en el Sol con manchas solares oscuras.
(National Aeronautics and Space Administration, 2023)



Figura 18.

Composición del sol. UNIVERSUM.

El estudio del espacio está íntimamente ligado con nuestra vida en la Tierra y si bien, tenemos la tecnología y los conocimientos para ver *más allá de lo obvio*, parece que nos obcecamos en cerrar los ojos y sufrir el mismo destino que los dinosaurios que vieron que se aproximaba una *estrella* hacia ellos y no pudieron hacer nada.

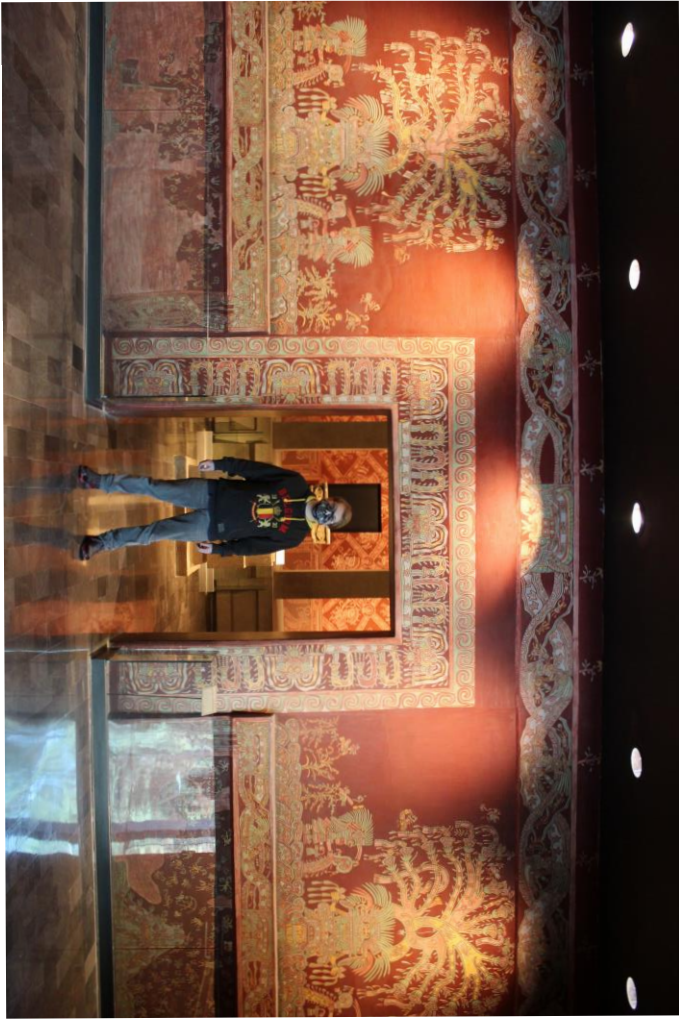


Figura 19.

Representación del mural de las diosas verdes, en Teotihuacan. MNa.



Figura 20.

Representación de Huehuetéotl, señor viejo del fuego en Teotihuacán. Hasta hace pocos años no se tenían datos sobre el abandono de la ciudad, en la actualidad, se están realizando una gran cantidad de hallazgo y gracias las investigaciones se ha logrado vincular el periodo de su declive con un mínimo solar. MNa.



Figura 21.

Zona arqueología Kabah, Yucatán.

Lo lamentable de nuestra posición es que nosotros poseemos no solo el conocimiento, la tecnología, la voluntad y los recursos para expandir la frontera del cuerpo del conocimiento, para resolver gran parte de los problemas que enfrentamos y llevarnos un paso más en una búsqueda que curiosamente, mientras más aprendemos del espacio, más comprendemos nuestro mundo (basta con conocer un poco de los trabajos que se realizan en la estación espacial internacional para visualizar cómo sus investigaciones nos ayudan a comprender nuestro mundo, algunas de estas

investigaciones son: Comprender el movimiento en microgravedad, conversión de desechos vegetales en alimentos, cultivos sin tierra, envejecimiento vascular, entre muchas otras). En este sentido, podemos decir que mientras más vemos al exterior, más comprendemos nuestro interior. Sin embargo, mencionamos que nuestra posición es lamentable ya que, al parecer, existe una inversión de valores, donde lo más importante no es ser, sino parecer, donde el tener se sobrepone sobre el ser y la investigación parece quedar a la zaga de una cultura que tiende a premiar lo superfluo y estados de pensamiento cuya premisa es no pensar. Las anteriores líneas pudieran parecer duras (y lo son), pero es necesario elevar la voz y que esta llegue a quienes mantienen encendida la llama del conocimiento y el deseo de aportar al cuerpo del conocimiento. A quienes no solo ven, sino que son capaces de observar, de inferir, de correlacionar y, naturalmente, de hacer proyecciones que permitan tomar decisiones adecuadas considerando no solo una visión reduccionista y limitada a los intereses humanos y/o de corto plazo, sino que, por el contrario, se trate

de una visión lo más ampliamente incluyente y a un plazo de tiempo lo más amplio posible.



Figura 22.

Uxmal, Yucatán. El conocer las civilizaciones que desaparecieron debido a eventos astronómicos como los mínimos solares, permite crear un marco de referencia para presentar las posibles consecuencias en nuestra actual civilización.

Teniendo lo anterior en mente, podemos comprender que los astronautas análogos (AA) se beneficiarán en gran medida de disciplinas como la historia,

antropología, paleontología, arqueología, biología y prácticamente cualquier disciplina científica. Por ello, los AA, en forma ideal, deben ser entusiastas, llenos de curiosidad y con una gran facilidad para relacionarse en forma adecuada con los más diversos profesionales teniendo una gran capacidad para instrumentar los conocimientos adquiridos en la solución de problemas inmediatos (de esto depende la supervivencia), y de ser capaces de instrumentar soluciones integrales e incluyentes de todas las formas de vida y el entorno de esto depende el trascender como especie.



Figura 23.

Representación fósil de un árbol. UNIVERSUM.



Figura 24.

Geoda cuarzo amatista morada. UNIVERSUM.

De esta forma, es posible comprender la importancia de conocer todo aquello que esté al alcance de los AA, para incrementar su marco conceptual y ser capaz de trasladar esos conocimientos a campos hasta ahora desconocidos, de tal forma que sin perder el asombro (una afortunada característica de la humanidad), puedan apreciar al igual que Darwin a una iguana que es capaz de nadar, o Faraday el efecto de un campo electromagnético y la luz usando una barra de vidrio (la cual, cabe resaltar, era lo único que conservó de una experiencia previa muy amarga), para los AA, convendría recordar las palabras de Galileo, *ser universales en el conocimiento* y ser como Diógenes, cosmopolitas (*ciudadano del mundo en griego*) para aprender lo más posible del mundo y poder trasponerlo a donde vayan.

El conocer no solo sobre lo que nos resulta familiar, sino sobre ambientes extremos (desiertos, zonas saturadas de sal), sobre organismos que sobreviven en condiciones que parecerían imposibles (extremófilos) y, de materiales que provienen de fuera de la Tierra (meteoritos, rocas lunares). De esta forma, cuando

estén en ambientes fuera del planeta Tierra, tendrán una posibilidad mayor de identificar aquello que encuentren en su camino.



Figura 25.

Apreciar las maravillas que nos rodean, por más sencillas que parezcan.

Conceptualizando la vida

Uno de los grandes retos que enfrentamos es precisamente el de ampliar nuestras mentes para poder ser parte del magnífico cosmos que se abre frente a nosotros, para ello podemos dar un primer paso, simple pero decisivo para iniciar la búsqueda de vida y de alguna forma, una de las preguntas más profundas de la humanidad *¿Qué es la vida?*, debido a que el objetivo de esta obra es divulgar el conocimiento nos adheriremos al bello y breve concepto de la National Aeronautic and Space Administration NASA (2015, pág. 20) *“Sistema autosuficiente capaz de evolución Darwiniana”*.

Solo para recordar un poco a Charles Darwin era un naturalista británico, el cual en 1859 publicó “El origen de las especies” donde propuso la teoría de la evolución biológica por selección natural, es decir que las variaciones van cambiando las características físicas de acuerdo al entorno para que tengan más posibilidad de sobrevivir y reproducirse; un ejemplo lo

podemos ver en los osos, el oso polar habita en el ártico, mientras que los osos pardos habitan en tierras altas.



Oso Polar



Oso pardo

Figura 26

Ejemplo de la teoría Darwiniana.

Este concepto nos permite abrir la mente desatando ideas pre concebidas de seres con forma humanoide, con tentáculos y permitiendo a nuestras mentes ser capaces de estar atentos a todas las posibilidades que puedan existir.

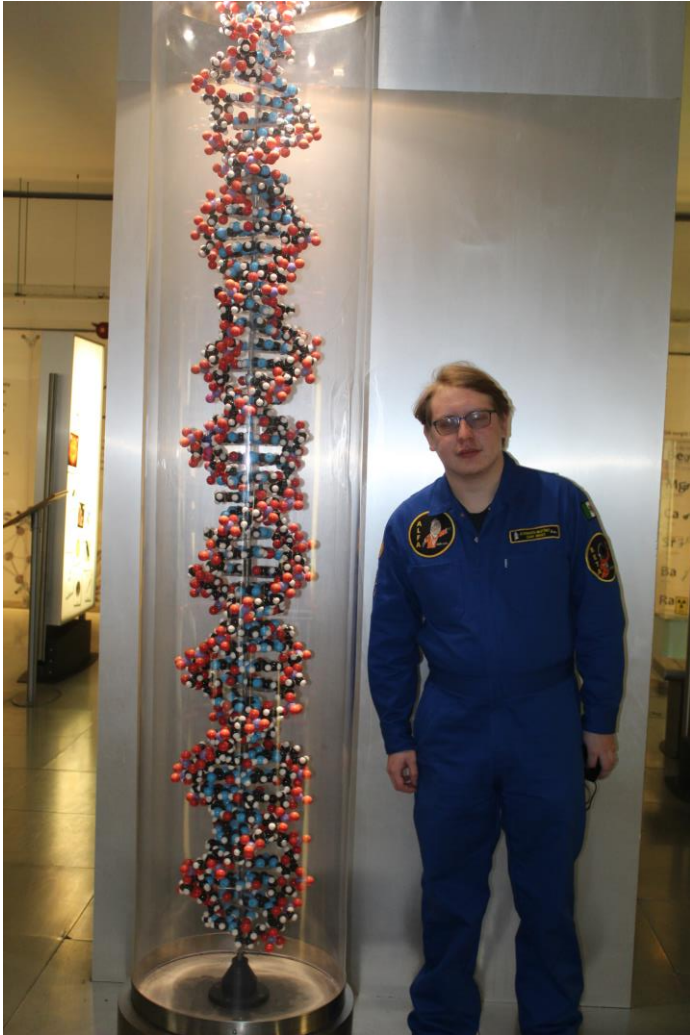


Figura 27.

Representaciones de ADN. UNIVERSUM.

Conceptualizando la astrobiología

Iniciemos por mencionar que los términos griegos *bio* (vida) y *logos* (tratado, estudio), de esta forma, es posible considerar a la biología como el estudio de la vida y derivado de lo anterior, es posible conceptualizar a la astrobiología como, la disciplina que busca vida fuera de los confines de la Tierra.

Ciertamente es una disciplina que deberá nutrirse de una gran cantidad de áreas y conocimientos de frontera como la biotecnología, biología, matemáticas, geología, astronomía y tantas como puedan sumarse para brindar un panorama lo más completo posible. Es decir, **se debe tener la capacidad de dominar una gran cantidad de disciplinas y tener una interdisciplinariedad capaz de transformar ese conocimiento en resultados y comprensión de los procesos, fenómenos que se observen, conservando siempre los más altos estándares de inocuidad y ética, comprendiendo que somos responsables por**

nuestras acciones y que éstas pueden repercutir mucho más allá de nuestra vida biológica.



Figura 28.

El desarrollo de competencias en áreas como la biotecnología resultarán de gran valor para quienes desean adentrarse en la astrobiología.

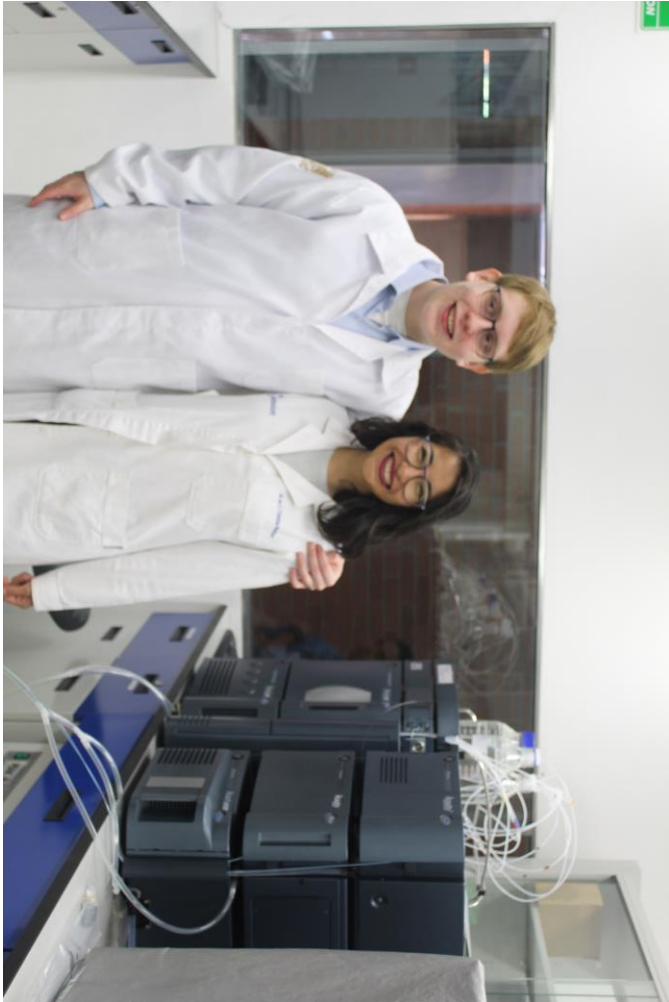


Figura 29.

El poder trabajar en equipo con personal de alto perfil es un área crítica para quienes desean expandir las fronteras del conocimiento. IBt.



Figura 30.

El tener acceso a piezas originales es de gran valor para desarrollar sus habilidades de identificar y distinguir fósiles, llevando estos conocimientos a las misiones en que participen. FES-I.



Figura 31.

El tener acceso a laboratorios de frontera e interactuar con investigadores de clase mundial permite ampliar el horizonte de quienes desean participar en el área de la astrobiología. CENIBiot. Costa Rica.



Figura 32.

El poder tener contacto con mentes privilegiadas resultará en un factor extraordinario. En la fotografía con el Dr. John Mather. Premio Nobel de Física, 2006.



Figura 33.

Con el astronauta mexicano José Hernández Moreno (en traje de misión).

Uno de los principales objetivos de la astrobiología es el estudio de la aparición de la vida en nuestro planeta, mediante la comprensión de los procesos químicos, bioquímicos y evolutivos que dieron origen a la vida; es por esta razón que se convierte en multidisciplinaria.

Existe evidencia de que en el espacio (meteoritos, cometas y polvo interestelar) se encuentren algunas moléculas orgánicas como alcoholes, carbohidratos y aminoácidos, indispensables para la vida.

Es importante remarcar que un aspecto fundamental es recordar que se debe estar listo para reconocer la vida en formas que en estos momentos nos podrían parecer ajenas o simplemente imposibles, en caso de no hacerlo sería como pasar a lado de un insecto palo y pensar que no hay vida tan solo porque no la vemos, o tomar una roca y pensar que no tiene vida, tan solo porque no hemos visto los organismos que viven y proliferan en su interior o entrar a una gruta y pensar que no es posible que esté habitada tan solo porque no

hay luz del sol y, de repente, al buscar, nos vemos rodeados por miles de seres que le llaman a esa gruta su hogar.



Figura 34.

Cenote de caverna, ubicado en Cuzamá, Yucatán.

De esta forma, es posible brindar un pequeño punto de impulso para quienes van a participar en este fascinante mundo de la astrobiología.

Conceptualizando la astrogeología

Para fines de este libro, se conceptualizará a la astrogeología como la disciplina que estudia la composición y estructura de los materiales fuera de nuestro mundo. En estos momentos es importante hacer una breve reflexión. Si consideramos los términos griegos *geo* (tierra) y *logos* (tratado) es decir, estudio o tratado de la tierra, podría parecer un poco complejo el que la astrogeología pueda ser aplicado para estudiar estructuras y materiales fuera de nuestro planeta, sin embargo, recordemos la frase *conocer para reconocer*, de tal forma que, para prepararnos para lo que encontraremos en el exterior, tenemos la oportunidad de usar el conocimiento que ya tenemos consolidado en la Tierra y transpolar técnicas útiles para poder brindar certeza en procedimientos a realizar para quienes salgan de nuestro planeta Tierra. Como nota, también se le puede denominar exogeología o geología planetaria.

Una importante investigación que realizan los geólogos planetarios es acerca de los impactos meteoríticos, de acuerdo con Martínez Frías, (2009) se han identificado, alrededor de 170 estructuras de impacto, con diámetros de unas decenas de metros hasta cientos de kilómetros.

Pero te has preguntado ¿cómo hacen para estudiar la geología de otros planetas? Usan una técnica de mapeo geológico con la cual a partir de detallados análisis de la información sobre la morfología, topografía, color y brillo de la superficie, obtienen la historia geológica del planeta; los primeros mapas se realizaron mediante observación con telescopios y luego fue evolucionando con imágenes de satélites, imágenes de radar de Cassini, los grandes telescopios entre los que destaca el Sloan Digital Sky Survey, mejor conocido como SDSS, la misión espacial Nuevos Horizontes (*New Horizons*) de la NASA, entre muchos otros.



Figura 35.

Ejemplo de misiones que han enviado datos para los mapas geológicos. Fotografías tomadas de MDSCC (2023).

La importancia de comprender cómo las geociencias (buscando comprender cómo se crearon las condiciones propicias) y las biociencias (para comprender cómo la vida pudo desarrollarse en las condiciones existentes), forman un vínculo inseparable en la búsqueda de respuestas.



Figura 36.

Con un meteorito. Centro de Ciencias de Ontario.

II

Astrobiología

“Compromiso,
disciplina, visión y
trabajo en equipo,
ingredientes para
la conformación de
una tripulación”

Aldebarán Martínez

Astrobiología

Posibles escenarios para el surgimiento de la vida en la Tierra

Con el deseo de brindar una imagen breve y clara sobre las teorías más aceptadas en la actualidad sobre la formación de la Tierra, podríamos hacer usar una frase aventurada para sintetizarlo en *“una cadena afortunada de accidentes”*, pero espera, *¿Cómo un accidente puede ser afortunado?* Vamos por etapas.

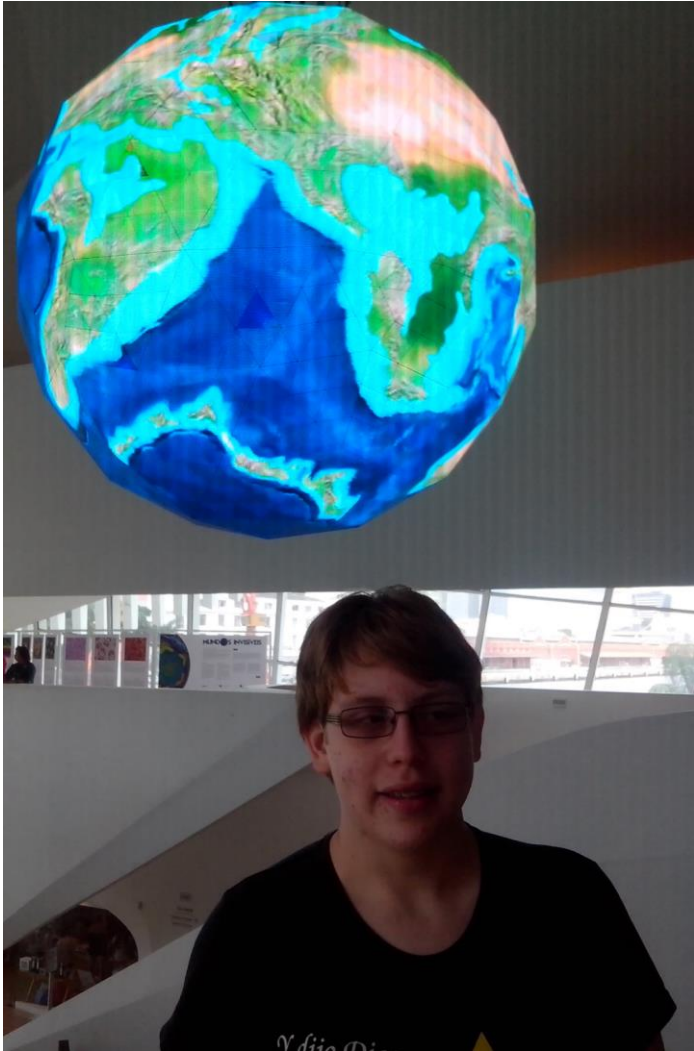


Figura 37.

Una representación del mundo. En el Museo del Mañana. Brasil.

Si fuera posible regresar en el tiempo previo a la formación de la Tierra, es probable que nos encontráramos con un cúmulo de rocas flotando en forma caótica las cuales comienzan a impactarse una contra otra en forma violenta (primero, las fuerzas electromagnéticas reunieron las rocas que estaban cercanas y posteriormente la gravedad realizó la *magia*, de crear un planeta), con el paso del tiempo (mucho tiempo), por asombroso que parezca, comienza a tomar una forma que nos parecerá conocida, la Tierra, pero un momento, cuando decimos “*forma*” tan solo nos referimos a una cuasi esfera oscura e inerte que está a una distancia de aproximadamente 8 minutos 32 segundos (considerando la velocidad de la luz) de su estrella. Pero veamos, ¿Cómo es posible que el mundo tal como lo conocemos pueda surgir de esta roca inerte?

Las condiciones que permitieron sustentar la vida, son el resultado de un rosario de eventos que cada uno en forma individual se puede calificar de desastroso. En el espíritu de ser breves podemos dar un “tour” por alguno de los principales eventos identificados con la evolución de nuestra Tierra.



Figura 38.

Simulación del universo. UNIVERSUM.

Primer evento afortunado:

Iniciemos por nuestra ubicación, actualmente se considera que existen 8 planetas y 5 planetas enanos,

además de más de 200 lunas, por ello, sin entrar en detalles es posible mencionar que para darle la categoría de planeta a un cuerpo celeste de nuestro sistema solar tenemos dos premisas:

Primero debe estar orbitando en derredor de nuestra estrella (el sol);

Segundo, su tamaño debe ser tal que su gravedad le permita hacer dos cosas, tomar una forma cuasi esférica y despejar cuerpos celestes de tamaño similar a ellos.



Figura 39.

Representación del sistema solar. UNIVERSUM.

Un dato curioso es que de acuerdo a National Aeronautics and Space Administration, (2023) al 25 de marzo del año 2023 había confirmado 5,312 exoplanetas, y 3,981 sistemas planetarios, que increíble ¿no lo crees?

Teniendo en cuentas estas dos condiciones, se abre paso a una enorme lista de objetos que giran en torno al sol, sin embargo, para fines de este libro es posible considerar:

a) Ocho planetas mayores.

Para comprender la distancia que hay entre la Tierra y los otros cuerpos celestes se menciona el tiempo que tarda en viajar la luz si partiera de la Tierra hacia ellos (para tener un mejor parámetro es importante recordar que:

- a) De la Tierra a la luna, la luz tarda 1 minuto 3 segundos y;
- b) Que las distancias son en un momento determinado (considerando sus órbitas).

Mercurio, 5 minutos 10 segundos;

Venus, 2 minutos 3 segundos;

Tierra, punto de referencia seleccionado;

Marte, 4 minutos 35 segundos;

Júpiter, 34 minutos 95 segundos;

Saturno, 1 hora 18 minutos;

Urano, 2 horas 52 minutos;

Neptuno, 4 horas 3 minutos.

b) Cuatro enanos:

Plutón, 4 horas 6 minutos;

Eris, 13 horas 18 minutos;

Ceres, 30 minutos 2 segundos;

Sedna, 129 horas 5 minutos.

Además de estos planetas enanos hay otros: Haumea, Makemake y Goblin.

Pero ¿Por qué se les llama planetas enanos? La diferencia entre un planeta y uno enano es que estos últimos, no cuentan con la gravedad necesaria para despejar sus órbitas de otros objetos y escombros.

De los cuerpos celestes mencionados, solo nuestro planeta se encuentra a la distancia adecuada para sustentar la vida como la conocemos, ni muy cerca del sol (sino nos quemaríamos), ni muy lejos (o nos congelaríamos), así que este primer suceso da paso a todos los demás, más adelante hablaremos sobre la región *ricitos de oro*.



Figura 39.

Representación de la tierra. UNIVERSUM.

Segundo evento afortunado:

La Tierra se vio sometida a un bombardeo incesante de meteoritos que hizo que la Tierra se asemejará más al tercer recinto del séptimo círculo del infierno de Dante, un lugar donde llueve fuego. Esta es una visión apocalíptica entonces, ¿Por qué le denominamos afortunado?, porque dicha lluvia de meteoros trajo consigo una gran cantidad de elementos que serán de gran utilidad para conformar el mundo como lo conocemos.



Figura 40.

Una magnífica colección de meteoritos. UNIVERSUM.

Tercer evento afortunado:

Un planeta de aproximadamente el tamaño de Marte se estrelló con nuestro planeta generando un evento de dimensiones inimaginables, dando origen a dos eventos fundamentales:

El nacimiento de la luna (lo cual se pudo comprobar en julio de 1969 cuando regresó la misión Apolo 11 con muestras de la luna) y;

La inclinación de 23.5 grados (lo que permite la existencia de las estaciones y la posibilidad de vida en todo el planeta), en conjunto con otros factores, logra una homeostasis en la temperatura y condiciones del planeta propicias para la vida (y la maravillosa diversidad que tenemos).

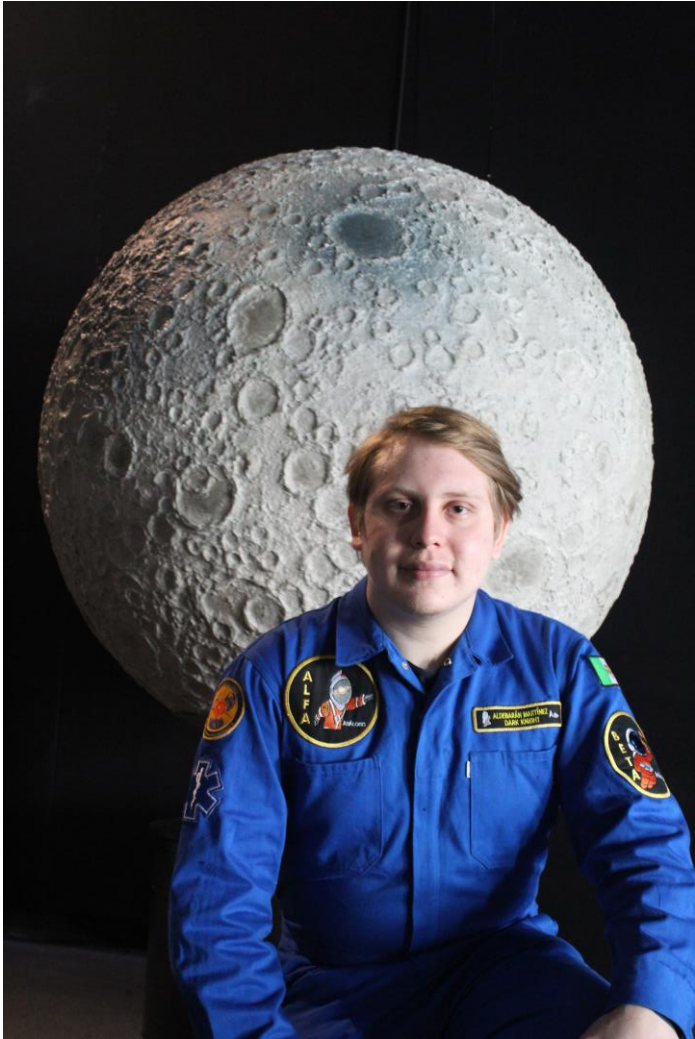


Figura 41.

Con una representación de la luna. UNIVERSUM.

Cuarto evento afortunado:

Una lluvia incesante de meteoritos cae en la Tierra trayendo consigo un elemento fundamental para la vida, el agua, efectivamente, una teoría muy aceptada menciona que el agua llegó del espacio.



Figura 42.

Meteorito Morito. PM.

Quinto evento afortunado:

La cercanía de la luna crea una interacción apoteótica, donde:

La gravedad ralentiza el movimiento de la Tierra (pasamos de tener días de 5 horas de duración hasta la duración actual de 24 horas);

Cambia las mareas y coadyuva a formar la superficie de la Tierra como la conocemos y; posiblemente, permite que los elementos básicos comiencen a mezclarse.

Sexto evento afortunado:

Una nueva lluvia de meteoritos recibida ahora por el agua de la Tierra trae consigo aminoácidos y es probable que, en conjunto con las fuerzas geológicas, la proximidad de la luna, los rayos y la energía solar, hayan dado paso a la posibilidad de que existiera una

mezcla afortunada que diera paso a las primeras formas de vida. Células al principio, células que fueron capaces de desarrollar una pared celular que les da identidad propia y que las separa de su entorno, células que comenzaron a reproducirse y con ello, dar los primeros pasos para la vida. En estos momentos estamos hablando de *LUCA* (más adelante lo veremos con más detenimiento).

Es importante recordar que en 1953 Miller y Urey, realizaron una primera aproximación a lo que se consideraba en su época un *caldo primigenio*, desde el cual es posible que evolucionara la vida, se usó agua, metano, amoníaco e hidrógeno los cuales se sometieron a descargas eléctricas que buscaban emular los rayos en un ambiente aislado.

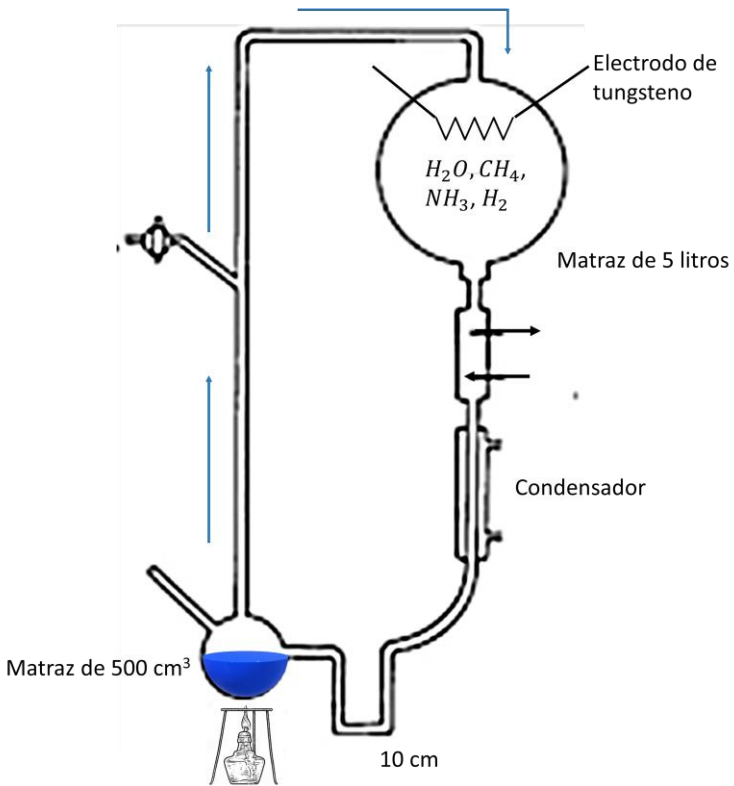


Figura 43

Representación del aparato utilizado por Stanley Miller en la década de 1960, en la síntesis de descarga eléctrica de aminoácidos y otros compuestos orgánicos en una atmósfera reductora. Estaba hecho completamente de vidrio, a excepción de los electrodos de tungsteno.

El resultado fue que obtuvieron moléculas orgánicas entre las cuales había 13 aminoácidos. En estos momentos el amable lector seguramente estará pensando, vaya les faltó agregar muchos elementos, pero es importante que recuerden que estamos hablando de 1953, por lo que en esa época el conocimiento era limitado y, ahora sabemos que las fuerzas que probablemente se vieron involucrados en la aparición de la vida requieren niveles de energía muy superiores a los que se pueden replicar en un laboratorio, un poco más adelante hablaremos de la energía de los volcanes, impactos de meteoros, la gravedad de una luna mucho más cercana al lugar que ocupa el día de hoy, podríamos incluso pensar en que la combinación de estas fuerzas tuvieron un papel significativo para la aparición de la vida.

Aminoácido	Meteorito Murchison	Experimentos de descarga
Glicina	****	****
Alanina	****	****
Ácido α -amino-N-butírico	***	****
Ácido α -aminoisobutírico	****	**
Valina	****	**
Norvalina	****	***
Isovalina	***	**
Prolina	****	*
Ácido aspártico	****	***
Ácido glutámico	****	**
β -alanina	**	**
Sarcosina	**	***
N-etilglicina	**	***
N-metilalanina	**	**
Ácido piperídico	*	*
Ácido β -amino-N-butírico	*	*
Ácido β -aminoisobutírico	*	*
Ácido γ -aminobutírico	*	**

Tabla 1

Comparación entre los aminoácidos obtenidos en los experimentos de descargas eléctricas y los encontrados en el análisis de meteorito Murchison.

Fuente: (Cleaves , 2020)

Séptimo evento afortunado:

La aparición de estromatolitos, es un evento particularmente significativo para obtener las condiciones de vida que actualmente tenemos. Estas colonias de bacterias, más específicamente Cianobacterias (bacterias Gram-negativas que contienen clorofila, lo que les permite realizar fotosíntesis) que parecen rocas o incluso “*árboles submarinos*”, son los primeros organismos identificados que logran emplear la energía del sol para transformarla en alimento y liberando un gas elemental para la vida, el oxígeno, la acción de los estromatolitos a lo largo de un gran periodo del tiempo aporta el O₂ necesario para que los organismos puedan crecer (sin oxígeno el tamaño de los seres que conocemos se limita al mundo microscópico, la aparición del O₂ permite que los organismos crezcan.

Un dato curioso acerca de los estromatolitos es que tienen unos 3500 millones de años (Precámbricos - Arqueanos) y los más antiguos se localizan en Warrawoona, Australia.



Figura 44.
Estromatolitos.

Es importante mencionar que algunos animales se benefician de la fotosíntesis en forma *mucho más directa*, podemos decir, en forma *simbiótica*, como ejemplo de ellos son las babosas de mar, algunos moluscos y una salamandra (hasta donde sabemos). En el caso de las babosas adquieren algas de su entorno y las incorpora a su cuerpo, es importante mencionar que no las pasa a su descendencia y deben reemplazarlas cuando la vida media de los cloroplastos adquiridos decae con base en la vida media del alga de la que

proviene, porque hacemos hincapié en este proceso, pues en algún momento de la historia, un microbio realizó algo similar a una endocitosis (se comió a otro) y por alguna razón, en lugar de digerirlo, realizó una simbiosis dando paso a las mitocondrias y con ello, la posibilidad de generar vida en forma altamente eficiente e impulsar la magnífica diversidad de vida que conocemos.

Octavo evento afortunado:

La actividad volcánica genera una condición conocida como “*bola de nieve*”, la cual, está relacionada con la actividad volcánica debido a la expulsión del CO_2 , y esta era de hielo se termina debido a la actividad volcánica, ya que, conforme la actividad volcánica se incrementa promueve el derretimiento del hielo, proceso que conlleva el incremento del oxígeno (O_2) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2), creando un nuevo tipo de atmósfera más benigna para la vida como la conocemos, siendo precisamente este periodo donde se identifica la aparición de las primeras plantas y las

Wiwaxeas (moluscos marinos extintos; median entre 6 y 7 centímetros de longitud y estaban cubiertos por un exoesqueleto), las cuales dan paso a una vida floreciente en el periodo cambriano.



Figura 45.

Con el azul de la protectora capa de ozono.

Noveno evento afortunado:

Se crea la capa de ozono (O₃), lo cual brinda un escudo protector que abre paso a la vida en Tierra firme inicialmente con plantas (musgos y helechos) y posteriormente con animales como el Tiktaalik (pez con aletas lobuladas, con características de los tetrápodos, por lo que es considerado un fósil transicional). La capa de O₃ es una especie de escudo protector que evita que los rayos del sol destruyan su ADN (Ácido Desoxirribonucleico) y, por tanto, permite la vida fuera del agua.

Décimo evento afortunado:

El periodo pérmico, la mayor extinción masiva de la Tierra (ha habido hasta donde sabemos 5 extinciones masivas, ordovícico, devónico, pérmico, triásico, cretácico). Momento, ¿Por qué resulta afortunada una extinción del 96% de la vida en la Tierra?, es muy simple, de no haber existido esta extinción no habría existido la posibilidad de éxito para nuestra especie.



Figura 46.

Representación de la mandíbula de un megalodón.
UNIVERSUM.

Décimo primer evento afortunado:

Aparecen los dinosaurios, las diatomeas, el meteorito Chicxulub y los mamíferos. Vaya, en estos momentos nos sentimos muy cómodos pues aparecen en nuestra mente imágenes de dinosaurios de todo tamaño y forma en conjunto con una gran cantidad de imágenes de asteroides, sin embargo, el verdadero héroe de este periodo es la aparición de las diatomeas.



Figura 47.

Representación de un T-Rex. UNIVERSUM.

Muy bien, vamos por partes, qué es una diatomea, nos referimos al conjunto de algas unicelulares (microscópicas), las cuales tienen un papel fundamental para la vida, de hecho, una de cada dos respiraciones que tomamos todos los días proceden de ellas, pero eso no es todo, su pared celular tiene un factor crítico para la vida ya que, en lugar de tener al carbón, tiene como base sílice, de tal forma que, cuando están vivas nos dan O_2 y al morir, fertilizan la tierra.



Figura 48.

Representación de un dinosaurio en Toronto.

Si bien, los dinosaurios dominaron el planeta en derredor de 135 millones de años, existió un evento que los extinguió, ciertamente existen nuevas teorías al respecto, podemos en aras de lo sucinto del libro mencionar que, si el meteorito del tamaño del monte Everest que se estrelló contra la Tierra justo en el yacimiento de azufre que había en lo que hoy conocemos como la Península de Yucatán, se hubiera atrasado un instante o se hubiera adelantado un pestaño se hubiera estrellado en el agua y nuestras posibilidades de habitar el mundo habrían disminuido en forma alarmante.



Figura 49.

Representación de fósiles en Toronto.

Pero, aquí surge la pregunta, ¿Cómo podemos saber que el impacto de Chicxulub está relacionado con la extinción de aproximadamente el 75% de la vida en ese momento?

La respuesta es tan interesante como hermosa, ya que nos muestra la importancia del trabajo multidisciplinario y el que se comparta la información para ser parte del cuerpo del conocimiento.

Llevemos nuestra imaginación hasta Gubbio, la cual es una de las muchas poblaciones medievales incrustada en la región de Umbria, en Italia. En sus proximidades se encuentra la Cañada de Botaccione. En 1963, Isabella Premoli Silva, identificó una variación importante en los foraminíferos (algunos de ellos son considerados como fósiles índices), la cual compartió con Walter Álvarez, de tal forma que se presentaba un cambio brusco y determinante y creó lo que hoy conocemos como el Límite KT (o Límite K/Pg), el cual se encuentra entre el Paleógeno (terciario) y el Cretácico. Este límite se caracteriza por tener una presencia de arcilla rica en iridio, metal abundante en

algunos meteoritos y con ello, se encuentra el vínculo con Chicxulub. Este evento ha podido relacionarse precisamente con el impacto de meteorito en la Tierra y con extinción masiva que comentamos, de tal forma, que el conocimiento de los foraminíferos, su identificación y el hallazgo del iridio, permite conocer un evento de magnitudes apocalípticas que extinguió gran parte de la vida en la Tierra.



Figura 50.

Modelo de un dinosaurio.

Este meteorito que impactó en la península de Yucatán hace unos 65 millones de años, se estima que media entre 12 y 14 km de diámetro, y su cráter un diámetro aproximado de 200 km, con una profundidad estimada de 16 km.

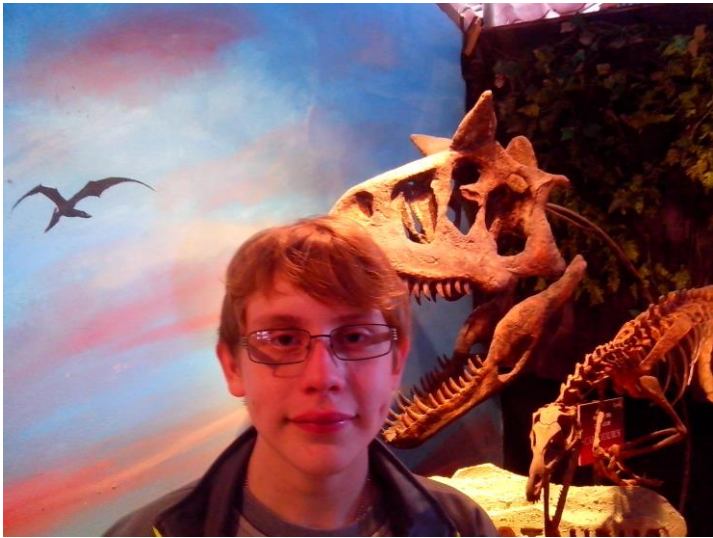


Figura 51.

Con un modelo de un fósil de un dinosaurio.

Pero, ¿Por qué provoco la extinción masiva?

Al caer provoco tsunamis (se calcula que de un kilómetro de altura), incendios forestales y una nube de ceniza y polvo que abarcó toda la Tierra, bloqueó el Sol y enfrió el clima; provoco lo que llamarían un "invierno nuclear".



Figura 52.

Representación de un fósil del monstruo de Aramberri.
UNIVERSUM.



Figura 53.

Una visión global de la exposición “Tesoros, Fósiles y Minerales de México”, en UNIVERSUM.

Un dato importante es que actualmente estamos viviendo lo que se puede denominar una pequeña era de hielo, la cual nos ha permitido florecer como civilización.

Décimo segundo evento afortunado:

La actividad geológica de la Tierra crea un escudo de protección llamado campo magnético (se ha propuesto que, debido a la carencia de este, Marte un planeta similar al nuestro carece de vida). Con el deseo de animar al amable lector a que se pueda adentrar en el tema, le invitamos a imaginarse un núcleo ardiente de hierro, zinc y otros materiales que en su conjunto crean un campo electromagnético protector, el cual, si bien resulta invisible a nuestra vista (salvo en algunos eventos formidables como las auroras boreales), permite que podamos vivir y florecer en la Tierra, es importante mencionar que mentes claras como las de Michael Faraday, ya intuían la presencia de dicho escudo protector.

Décimo tercero evento afortunado:

Un afortunado equilibrio entre el oxígeno del aire (20.5%) y el dióxido de carbono gracias a múltiples factores como la lluvia. Pero porqué hablamos de este

equilibrio, esto es fundamental ya que de haber demasiado oxígeno nos enfrentaríamos a una atmósfera inflamable, poco oxígeno y nos asfixiaríamos, de alguna forma, existe un sistema regulador que permite lograr un equilibrio que a pesar de condiciones tan extremas como el aumento fuera de control de la población humana, la cantidad de residuos que generamos o de la despiadada deforestación, el equilibrio se conserva.



Figura 54.

El frágil equilibrio del oxígeno en la vida del planeta.

La vida se abre paso en ambientes extremos

En este momento podemos comprender que la vida se abre paso a pesar de todas las circunstancias, de hecho, es posible que esta haya iniciado en un lugar que nos resulta a primera vista casi imposible, nos referimos a las fumarolas marinas, también conocidas como fuentes hidrotermales. Estos lugares reúnen condiciones tan extremas como presiones, temperaturas y falta de luz entre otras, baste mencionar que en la actualidad hay un caracol que ha llamado la atención poderosamente, el gasterópodo de píe escamoso, el cual recubre su concha y las pequeñas placas de su piel con hierro. Ciertamente este es un ejemplo macro (por su tamaño) de las múltiples criaturas que habitan en lugares que parecen imposibles para la vida, sin embargo, estos ejemplos se multiplican en forma tal que, lugares que sencillamente parecen desiertos, al mirarlos más de

cerca, encontramos seres vivos que no solo proliferan, sino que, además, han hechos de esos lugares su hogar.



Figura 55.

Obteniendo muestras en cenotes. Yucatán.

Ahora bien, llevemos nuestra mente al lugar más inhóspito que podemos visitar sin necesidad de trajes especiales o de máquinas sofisticadas, vamos al fondo de una gruta (realmente al fondo), donde parece que nada puede habitar, apoyados con equipo básico podemos, con algo de esfuerzo, llegar a un punto tan alejado donde la vida parece imposible de hecho, no podemos permanecer mucho tiempo en él y nuestra estancia está limitada a la cantidad de suministros y energía que llevemos con nosotros. Ahora, si ponemos atención, es posible que podamos observar que hay pequeños seres que viven en este lugar, posiblemente sin ojos (no los necesitan pues nunca han visto la luz), carentes de colores y, sin embargo, proliferando en un ambiente que pareciera simplemente estéril. Ahora bien, en algunas cuevas al apagar la luz, se muestran ante nuestros ojos una cantidad de seres vivos que no podíamos haber imaginado en forma previa, resplandecen con su luz propia y le dan al techo de la gruta un aspecto de cielo espectacular.



Figura 56.
Grutas, Yucatán.



Figura 57.

Cenotes de cielo abierto con paredes verticales, Yucatán.

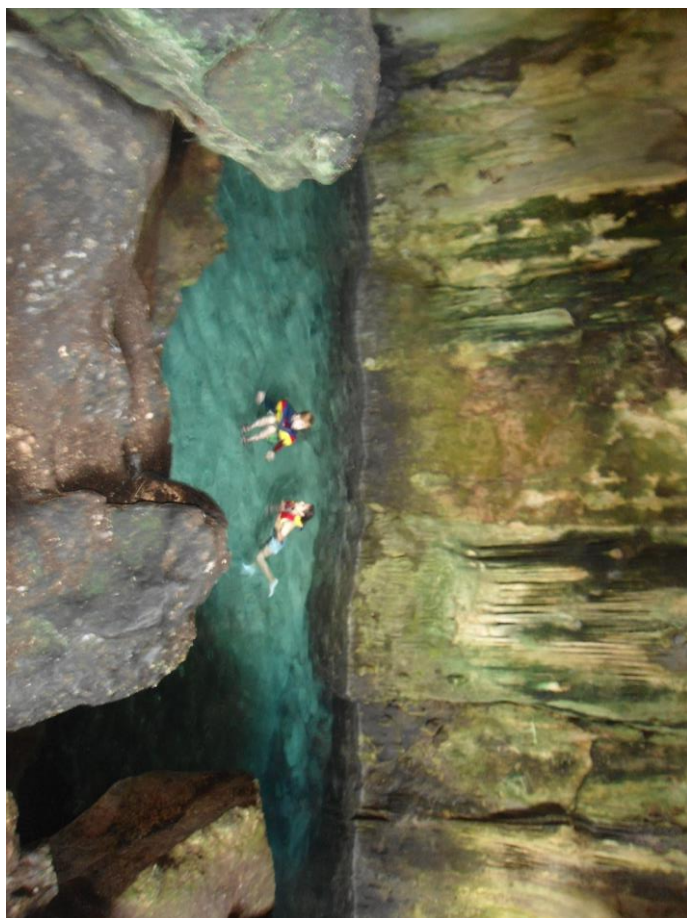


Figura 58.

Cenotes tipo caverna, Yucatán.



Figura 59.

Minas de sal, en Colombia.

Sin embargo, esto no es exclusivo de grutas y cavernas, si nos es posible viajar al desierto encontraremos que el nombre no es precisamente adecuado, bastará con cavar un poco en sus arenas para encontrar que hay vida en ella, de hecho, un observador dedicado podría ver que hay vida a su alrededor, donde los demás solo ven desolación. Estos ejemplos se multiplican hasta el infinito, de tal forma que debemos aprender a observar, a mirar más allá de lo obvio, es posible que en otros planetas encontremos formas de vida que están ahí, pero que, debido a nuestros convencionalismos, simplemente pasan inadvertidas, de hecho, gracias al telescopio James Webb, ha sido posible encontrar firmas de CO₂ en el exoplaneta llamado WASP-39b, ubicado a aproximadamente a 700 años luz.

Un posible punto de partida

¿Quién es LUCA?

Luca es el acrónimo para *el Último Antepasado Común Universal (Last Universal Common Ancestor)*. Hablamos de un ser, una bacteria que pudo haber existido hace 4,000 millones de años en las etapas iniciales de la Tierra, para poder comprender mejor a LUCA, es necesario conocer el *árbol de la vida*.

El árbol de la vida

Es una imagen sumamente útil el poder imaginar que la vida tal como la conocemos procede de un árbol con tres grandes ramas, corresponden a las bacterias, arqueas y eucariotas (las plantas y animales los encontramos en esta última rama).

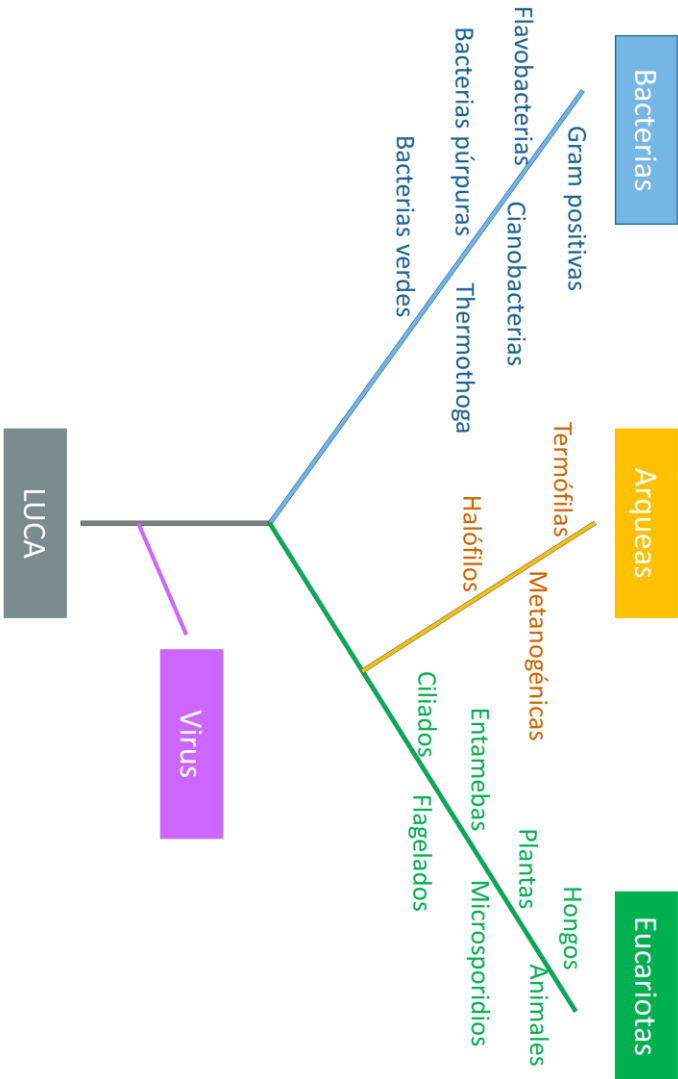


Fig. 60

Representación del árbol filogenético de la vida.

Pero, ¿Quién comenzó la búsqueda de *LUCA*?

Todo inicio con William F. Martín y su equipo de la Universidad de Heinrich en Alemania, quienes buscaron identificar un organismo que compartieran un origen común las bacterias y arqueas. Encontraron 355 genes que parecen cumplir con esos requisitos y sorprendentemente, el resultado de la búsqueda apunta a un ser *LUCA*, el cual probablemente habitó en una fumarola (como la previamente comentada), de tal forma que es muy probable que la vida se haya gestado en ambientes extremos donde haya habido no solo los elementos necesarios para la creación de la vida, sino la energía (quizá aportada por diferentes fuentes), que permitió el nacimiento de la vida. Es importante el recordar que las fuerzas en cuestión eran formidables, por lo que la combinación de los elementos adecuados con las fuentes de energía correctas nos brinda un escenario que invita a pensar en el surgimiento de la vida.

Weiss, y otros, (2016) describen a LUCA como una bacteria anaerobia, es decir que el oxígeno le era tóxico, para su metabolismo empleaba CO₂, H₂ y N₂; podía emplear el azufre y era termófilo.

En este punto, deseamos proponer la posibilidad de anexar una cuarta rama a este árbol de la vida, nos referimos a los virus, si bien, esta propuesta sale de los paradigmas actuales, definitivamente este libro está enfocado a las mentes de quienes se enfrentarán a retos sin precedentes y para ello, deberán aprender a crear nuevos paradigmas.

Pero ¿a qué nos referimos al decir que los virus salen de los paradigmas? Pues esto se debe a que los virus estaban fuera del árbol de la vida, ya que solo se consideraban seres con células y los virus son microorganismos que constan de un segmento de ácido nucleico (ADN o ARN) rodeado por una cubierta proteica. Sin embargo, en estudios más recientes se consideran a los virus como la cuarta rama del árbol de la vida situada cerca de la raíz.

Arqueas, bacterias, eucariotas

Si bien, hasta hace poco, el imaginario social se enfocaba en el campo de las eucariotas e incluso, la búsqueda llegaba a enfocarse en humanoides, en la actualidad la atención se dirige a las arqueas y bacterias.

Pero antes de continuar será de gran utilidad identificar brevemente a los integrantes de estas tres ramas.

Las arqueas (procariontes), son organismos carentes de núcleo lo que ya les permite ser diferenciadas como una de las ramas del árbol de la vida, sin embargo, presentan algunas otras características que las hace muy especiales como el que pueden aprovechar compuestos inorgánicos para alimentarse (quimiótrofos), presentan metanogénesis, que algunas de ellas pueden vivir en ambientes extremos, recibiendo el nombre de extremófilos y si bien, su metabolismo es diverso, hasta donde se sabe no incluye la fotosíntesis.

En febrero del 2023 un equipo de científicos de la Facultad de Ciencias (UNAM), el Instituto de Biología (IB-UNAM) y la King Abdullah University of Science & Technology (KAUST) de Arabia Saudita; proporcionamos evidencia ultraestructural y molecular de la presencia de nucléolo en arqueas, este hallazgo rompe un gran paradigma ya que se pensaba que era una estructura única de los eucariontes. (Islas-Morales, et.al., 2023)

Durante la lectura del párrafo anterior muchos de los amables lectores pensaron *¡Hey, las bacterias también carecen de núcleo!*, pero hasta donde se sabe, no se han reportado arqueas patogénicas, y las bacterias no presenta metanogénesis. Las bacterias son muy diversas, hay patógenas (causan enfermedades), hasta fotosintetizadores y simbiontes beneficiosas.

Por su parte, las eucariotas, tampoco presentan metanogénesis como las bacterias, pero a diferencia de las dos anteriores sí presentan núcleo y otros orgánulos; son a menudo grandes y multicelulares (por ejemplo, los gatos) pero también pueden existir como

células microscópicas individuales (por ejemplo, microalgas). Esta categoría de vida incluye a los humanos.



Fig. 61

Ejemplos de dominio eucariota, representando los reinos plantas y animales.

Evidencia de registro fósil

El buscar evidencias de vida pasada resulta sumamente complejo ya que los organismos se degradan y desaparecen, sin embargo, eso no significa que no hayan existido, la pregunta clave aquí es ¿Cómo identificarlos?, veamos un macro ejemplo. Algunos de los primeros exploradores de las amazonas buscaban rastros sobre las antiguas civilizaciones que se habían asentado a lo largo del río y después de muchos intentos y no encontrar rastros de ellas, dedujeron que no habían existido habitantes en esa área. Sus deducciones, si bien hoy sabemos que estaban erradas, son comprensibles considerando los criterios que utilizaron para llegar a ellas:

- a) Buscaban grandes construcciones de piedra como pirámides o ciudades. Resulta obvio que esto se debe en gran medida a la influencia de ciudades antiguas como Teotihuacan, Uxmal o Machupichu. Sin embargo, no se requiere mucha reflexión para comprender que las civilizaciones emplean para construir los materiales que tienen disponibles en su entorno, una vez que las expediciones tomaron esto en cuenta, buscaron por “debajo de la tierra”, los restos de cimientos y encontraron una gran cantidad de ellos y fue posible identificar caminos que llevaban a otras ciudades, la hipótesis apunta ahora a que las ciudades que existieron se realizaron utilizando los materiales orgánicos que tenían a su alcance, los cuales, naturalmente se degradaron con el tiempo;

- b) El suelo de la selva resulta tan pobre que no podría brindar sustento a un número elevado de personas. En cuanto se comenzaron a realizar hallazgos de ciudades se comenzó a encontrar también una tierra negra, conformada por elementos orgánicos de alta riqueza que permitirían lograr varias cosechas al año (al analizar esta tierra se pudo llegar a la conclusión de que había sido hecha por las comunidades que habitaron la ciudad pues dentro de sus componentes estaba el pescado).



Figura 62.

Ciudades antiguas, Machupichu.

Sirvan estos ejemplos para invitar al amable lector a comprender que posiblemente haya vida en otros mundos, pero simplemente no estamos usando los criterios apropiados para identificarlos o, quizá, nuestros amados robots, al taladrar las rocas y extraer muestras para identificar si hay o hubo vida en ellas, sin querer, la destruyen en el proceso al exponerla a la atmósfera y por ello, creemos que no hay vida, cuando en realidad, lo que falla, es la forma en que la estamos buscando o nuestra incapacidad para reconocerla.



Figura 63.

Representación de un fósil de una planta. UNIVERSUM.



Figura 64.

Representaciones de fósiles. MNa.

Recordemos, *conocer para reconocer*, para nuestra Tierra, las primeras evidencias de vida que podemos identificar están contenidas en los registros fósiles. Es posible mencionar que la palabra fósil proviene del latín, *fossilis*, el cual puede interpretarse como *lo que se saca de la tierra excavando*, o *desenterrando*, de tal forma que de inmediato nuestras mentes se transportan a esos hermosos fósiles de amonitas o trilobites que muchos de nosotros hemos tenido la oportunidad de tener en las manos, sin embargo, los primeros fósiles están más bien relacionados con microorganismos

como bacterias o grupos de bacterias, más adelante, es posible encontrar fósiles más grandes y, por tanto, más fáciles de identificar, de esta forma, podemos comprender que las primeras señales de vida que hemos podido identificar se deben a que en un momento dado, se dieron las condiciones adecuadas para que se formaran dichos fósiles, sin embargo, estas condiciones pueden no darse en otros mundos por lo que debemos extender nuestro pensamiento para ser capaces de reconocer otras pistas que nos indiquen la posibilidad de reconocer las huellas de la vida en otros planetas.



Figura 65.

Representación de un fósil marino. UNIVERSUM.



Figura 66.

Fósil de mamut. MNa.



Figura 67.

Representación de un fósil de cocodrilo. UNIVERSUM.

Un dato curioso es que la misión del rover Perseverance Mars 2020 de la NASA, uno de sus principales objetivos es la astrobiología, esto se realizara buscando biofirmas, principalmente en el lugar de aterrizaje el cráter Jezero, ya que al haber sedimentos (minerales de carbonato) se encontrarían fósiles.

Tapetes microbianos

Es posible conceptualizar a los tapetes microbianos como ecosistemas que se distribuyen por medio de capas muy finas (dando con ello la idea de tapete), las cuales se van estratificando; estas capas se distribuyen en orden, dependiendo de la tolerancia al oxígeno o al sulfuro de hidrógeno de las especies de procariontes que forman cada capa.

Estos tapetes resultan no solo de gran interés para conocer el pasado, sino para comprender como se realizaron procesos que permitieron dar paso a la vida, baste mencionar que uno de los organismos más importantes relacionados con dichos tapetes son los estromatolitos, los cuales estudiaremos a más detalle en breve.

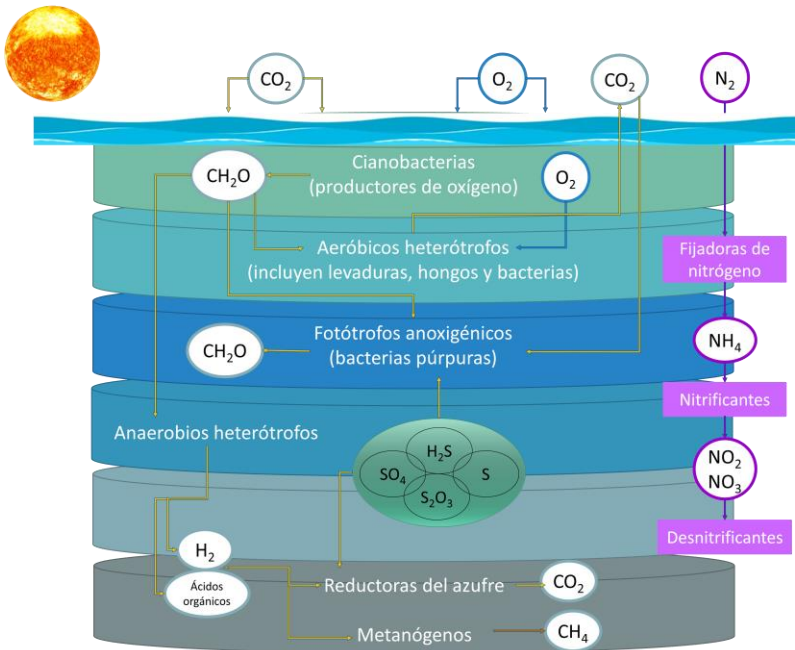


Figura. 68

Funciones metabólicas del Tapete Microbiano. Adaptada de Prieto-Barajas, et.al.,(2018)

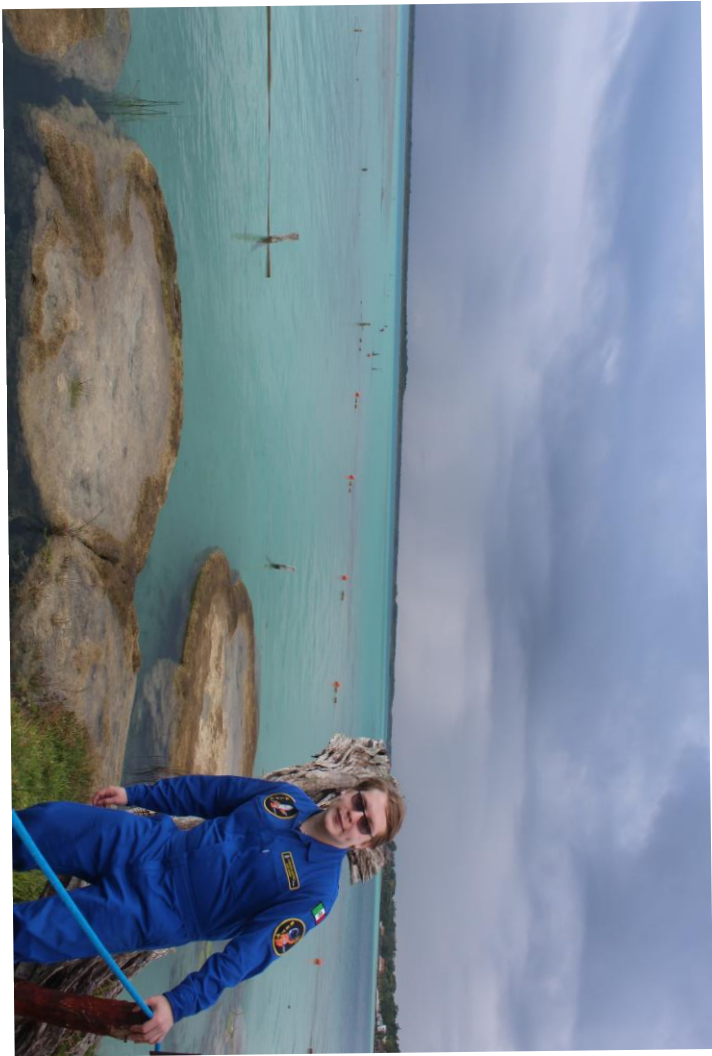


Figura 69.
Estromatolitos.

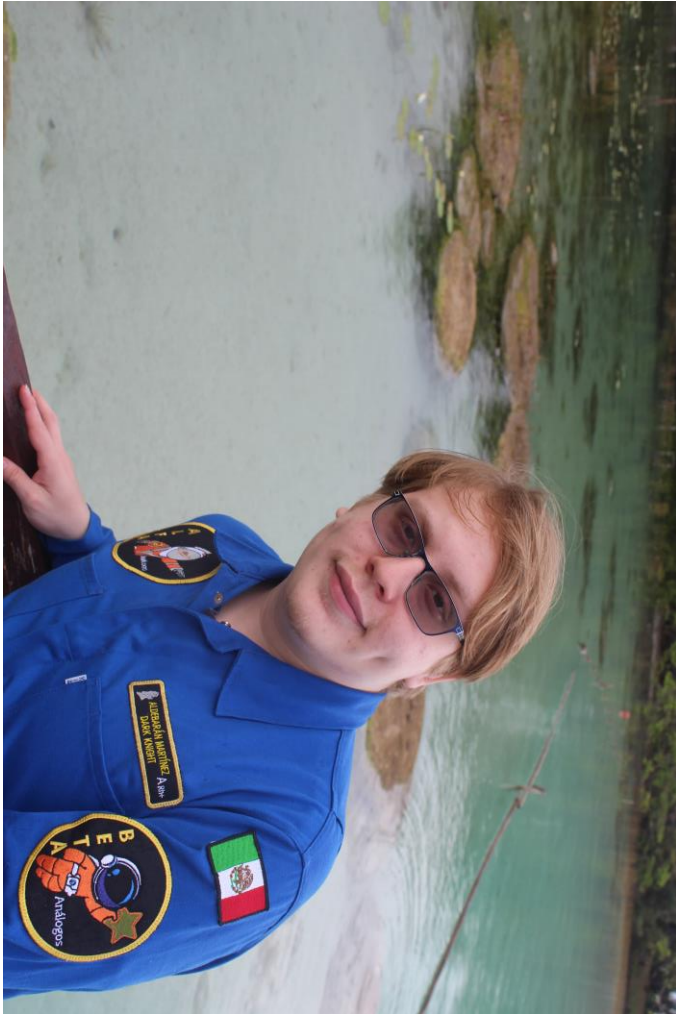


Figura 70.
Estromatolitos.

Estromatolitos

En 1974 Awramik y Maguilis, identifican a los estromatolitos (del griego cama de piedra), como estructuras órgano-sedimentarias producidas por la captura unión y precipitación, resultado de actividad metabólica de microorganismos compuestos principalmente por cianobacterias.



Figura 71.
Estromatolitos.

Se conforman por medio del sedimento que se estratifica capa por capa, en la parte inferior por bacterias anaerobias y las cianobacterias se sitúan en las partes que llega más luz, con la ayuda de organismos que lograron la fotosíntesis llamados cianobacterias y generando oxígeno.

Hasta el momento, son la evidencia de vida más antigua identificada en la Tierra, siendo, por tanto, el registro fósil más importante de la vida microbiológica temprana.



Figura 72.
Estromatolitos.

Es factible identificar a los estromatolitos como parte de los precursores de oxígeno en la Tierra con una antigüedad cercana a los 3,500 millones de años.

A primera vista parecen rocas, pero lo fascinante es que son seres vivos.

En México es factible encontrarlos en Bacalar y Shian-Kha'an en Quintana Roo, Cuatro Ciénegas Coahuila y Alchichica en Puebla.

En el mundo es posible encontrarlos en Australia, Bahamas y el Golfo Pérsico.

Los microorganismos que conforman los estromatolitos toman carbono del aire y lo colocan en el fondo del lago para almacenarlo, entregando oxígeno al medio ambiente.

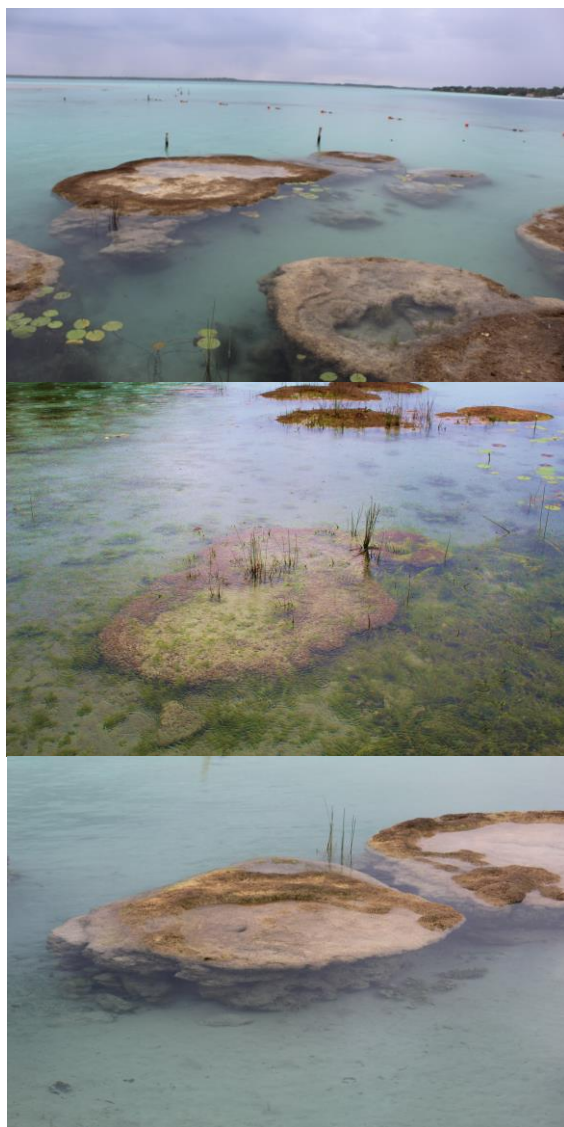


Figura 73.
Estromatolitos.

La laguna de Bacalar, es alimentada por un sistema de agua subterránea, rica en minerales, lo cual se considera que favorece el crecimiento de los estromatolitos.

El conocimiento de los estromatolitos terrestres permite tener parámetros para compararlos con rocas laminadas que pueden encontrarse en las misiones fuera de la Tierra.

Los estromatolitos que se localizan en Cuatrociénegas, Coahuila, han proporcionado evidencia a los científicos del aumento de la concentración de oxígeno en la atmósfera de la Tierra, hace unos 2 400 millones de años y que fue en ese lugar se abrió el zipper, la grieta que dividió Pangea”; ya que la primera falla tectónica que desencadenó la formación de los continentes que conocemos hoy es la Falla de San Marcos, que se encuentra justo debajo de Cuatrociénegas.

Solventes que coadyuvan a la vida

Existe una reflexión simple pero muy significativa. Sin el deseo de ser reduccionista, se han registrado casos de personas que han fallecido después de un promedio de 90 días en huelga de hambre, en tanto que, sin agua, la vida se extingue en pocos días.

Por ello, surge la pregunta, ¿Cuál es el valor del agua para la vida?

Resulta revelador el nombre que recibe comúnmente el agua como “el disolvente universal”, esto nos brinda una visión sobre el papel del agua. Es posible mencionar que los solventes resultan críticos para muchas de las interacciones químicas necesarias para la vida. Anexando a ello que:

- a) El Hidrógeno es el elemento más común identificado en el universo;
- b) El agua es polar, es decir, que tienen zonas de cargas positivas y negativas, le permite ser un gran disolvente para las sustancias polares;
- c) Posee un alto grado de cohesión;
- d) Su densidad, es decir, cuando se hiela, flota, de esta forma, permite que bajo este hielo haya agua fluida;
- e) La cantidad de calor necesario para calentar y evaporar el agua es más alta que otras sustancias lo que sirve para almacenar calor y regular la temperatura.

Conociendo que el hidrógeno es abundante en el espacio y el oxígeno se crea en núcleos de estrellas masivas, no es de extrañar que el agua sea común en la Vía Láctea, en forma de hielo y gas principalmente. También se ha detectado agua en exoplanetas como HAT-P-11b, el cual se encuentra a 120 años luz de distancia. En nuestro sistema solar se ha detectado agua en distintos estados en las lunas de Júpiter

Europa, Ganímedes, y Calisto, y la luna de Saturno Encélado; aunque es difícil encontrar agua líquida en grandes cantidades sobre la superficie de un planeta.

Por tanto, el agua resulta simplemente indispensable. Ahora, mandemos nuestra vista a otro horizonte, ¿Qué pasaría si en otros mundos el solvente básico para la vida fuera otro?, esto nos invita a reflexionar sobre la importancia de encontrar firmas de otros solventes de tal forma que seamos capaces de ver diferentes escenarios y posibilidades.



Extremófilos

“La creación de un nuevo paradigma es remar contra el actual y poder compartir la visión del nuevo con los demás”

Aldebarán Martínez

Extremófilos

Se denomina de esta forma a los seres que pueden vivir en:

- a) Temperaturas extremas (ya sean muy altas o cercanas del punto de congelación);
- b) En lugares con presiones imposibles de imaginar;
- c) Lugares con ausencia total de luz solar;
- d) Sitios con escasa presencia de agua, etc.

Iniciaremos por conceptualizar a los organismos extremófilos (células, plantas o animales), como aquellos capaces de vivir en condiciones que como su nombre indica, son extremas y se podrían considerar incompatibles con los estándares de vida que estamos usualmente acostumbrados, su estudio posee un valor significativo pues no se puede reconocer lo que no se conoce y, si limitamos nuestros parámetros de búsqueda de vida en otros planetas a aquellos seres que vemos comúnmente, es probable que pasemos

desapercibidas muchas formas de vida existentes en ambientes que de manera cotidiana consideramos hostiles y estériles.

La información que se presenta a continuación tiene como objetivo el brindar una primera aproximación al campo de los extremófilos, brindando su nombre y el ambiente en los que han sido identificados.

Anhidrobióticos, Xerófilos. No requieren agua para vivir o resisten la desecación, los podemos encontrar en el suelo del desierto de Atacama. ejemplo:

- *Selaginella lepidophylla* y *Anastatica hierochuntica*, más conocida como Rosa de Jericó

Acidófilos. Con alta acidez, con un pH inferior a 3; se han encontrado en el río Tinto, España:

- Bacterias oxidadoras del hierro *Acidithiobacillus ferrooxidans* y *Leptospirillum ferrooxidans* y del azufre *Acidithiobacillus thiooxidans*.

Alcalófilos. En ambientes muy alcalinos, con un pH superior a 9, se encuentran en hábitats como lagos sódicos y suelos muy carbonatados, como los que se encuentran en Egipto, el Rift Valley de África y oeste de los Estados Unidos ejemplo:

- Especies de *Bacillus spirulina*



Figura 74.

Lago Salado Tuz Gölü. Capadocia, Turquía.

Anaerobio. Requiere muy poco o nada de oxígeno, ejemplo:

- *Clostridium haemlyticum*, *Clostridium novy* tipo B
Selenomonas ruminatum, *Treponema denticola*

Piezófilo (Barófilo). Se desarrollan en ambientes con presiones líquidas o gaseosas muy elevadas; se encuentran en las profundidades marinas, ejemplo:

- Géneros *Shewanella*, *Colwellia*, *Moritella*,
Methanococcus, *Pyrococcus* y *Thermus*.

Halófilo. Muy salados; ejemplos:

- *Halobacterium halobium*, vive en el lago salado de Utah.
- Arquea *Halobacterium* sp, de color púrpura, se encuentra en el Mar Muerto.



Figura 75.

Laguna de sal. Las Coloradas. Yucatán.

Hipertermófilos. Capaces de proliferar en ambientes con temperaturas elevadas; ejemplo de ellos son:

- Arquea *Pyrodictium occultum*, crece a 121°C.
- Arquea *Pyrolobus fumarii*, crece a temperaturas superiores de 113°C.

Se han encontrado en el Parque Nacional de Yellowstone, Montana, EE.UU

Hipólito. Vive bajo las rocas de desiertos fríos, como algunas especies de líquenes.



Figura 76.

Identificación de organismos en ambientes extremos. NT.

Criptoendolitos. Se les ha encontrado en suelos profundos y en el interior de las rocas. Estos organismos resultan de particular interés debido a las hipótesis que apuntan a la posibilidad de que, si hay vida en Marte, parte de ella se haya refugiado al interior de las rocas y costras del planeta, ejemplo:

- *Bacillus infernus* fue aislado a 2700 metros bajo la superficie del suelo; *Desulforudis audaxviator* fue encontrado entre 1500 y 2800 metros de profundidad, en Witwatersand, Sudáfrica.

Litoautótrofos. En el subsuelo profundo. Obtienen su energía de la reducción de compuestos minerales, ejemplo:

- *Ramlibacter lithotrophicus*

Metalófilos. Se pueden desarrollar en ambientes con altas concentraciones de metales; colonizan sedimentos, suelos o basura industrial con alto contenido de metales pesados, ejemplo:

- Bacteria Gram-negativa *Ralstonia metallidurans*

Oligotrofos. Se pueden desarrollar en ambientes con limitaciones importantes de nutrientes, ejemplo:

- Bacteria, *Pelagibacter ubique*, organismo más abundante en los océanos; y los líquenes.

Osmófilos. Se desarrollan en ambientes con alta concentración de azúcares, ejemplo:

- *Aspergillus*, *Saccharomyces*, *Enterobacter aerogenes* y *Micrococcus*.

Psicrófilos, Psicrotolerantes. Se pueden desarrollar en ambientes con temperaturas muy bajas inferiores a -15° centígrados. Se han encontrado en glaciares de alta montaña y valles secos de la Antártida; un ejemplo es:

- El escarabajo rojo de corteza plana (*Cucujus clavipes*) sobrevive a 58°C bajo cero, vive en el norte de Alaska.



Figura 77.

Identificación de organismos en ambientes extremos. NT.

Radiófilos, Radioresistentes. Se desarrollan en ambientes con altos niveles de radiación, ejemplo:

- Bacteria *Deinococcus radiodurans*, *Thermococcus gammatolerans*.

Termófilos. Capaces de proliferar en ambientes con temperaturas elevadas (más de 40° y menos de 100° centígrados), ejemplo:

- Bacterias *Thermus aquaticus* crecen a más de 70°C y *Sulfolobus acidocaldarius* crecen a partir de 85°C.

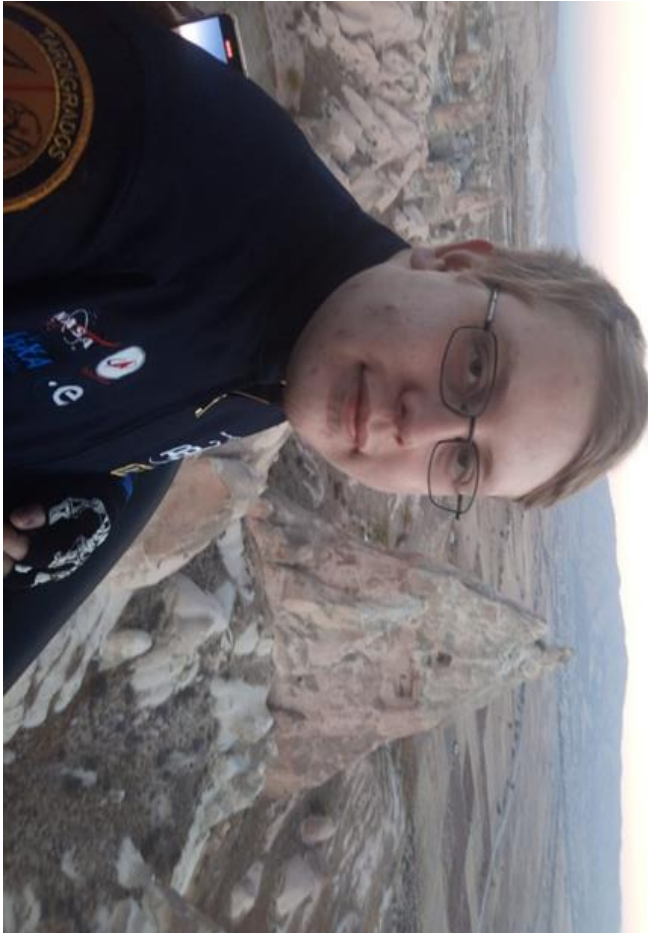


Figura 78.

Identificación de organismos en ambientes extremos.
Capadocia Turquía.

Ciertamente estos son solo algunos de los extremófilos más conocidos, sin embargo, en aras de ser sucintos, vamos a considerar a uno de los seres más extraordinarios del mundo por sus características (y ciertamente, también uno de los más bonitos), nos referimos a los tardígrados, también conocidos como ositos de agua, son metazoarios (seres vivos pluricelulares móviles, heterótrofos constituidos por células diferenciadas y agrupadas en tejidos; comprenden casi la totalidad de lo que se considera normalmente animal); hay más de 1200 especies descritas; y pueden ser encontrados en numerosos hábitats, tanto terrestres como acuáticos normalmente están asociados a la superficie de briófitos, hepáticas, líquenes, algas y otros organismos fotosintetizadores, así como en la hojarasca y el suelo.



Figura 79.

Buscando Tardígrados, cenote de cielo abierto, Yucatán.

Existen diferentes discusiones respecto a si los ositos de agua pueden ser clasificados como extremófilos ya que se considera a los microorganismos extremófilos como aquellos que requieren para su crecimiento óptimo valores extremos de factores físicos y/o químicos que son considerados desfavorables para la mayoría de los seres vivos que conocemos. Es decir, son microorganismos que se desarrollan en medios ambientes extremos, caracterizados por presentar condiciones hostiles para la vida de otros organismos.

Sin embargo, existen también microorganismos que toleran condiciones límites, mas no les son necesarias para su óptimo desarrollo, nos referimos a los microorganismos extremotrofos, en este caso, los tardígrados (ositos de agua). Para sobrevivir a todas estas condiciones el osito de agua emplea mecanismos como la anabiosis (de las raíces griegas ana, hacia atrás y biosis, medios de subsistencia, lo cual se puede traducir como vuelta a la actividad vital tras de un periodo de suspensión accidental de ella) es el fenómeno en el cual un organismo disminuye su metabolismo para poder sobrevivir a condiciones ambientales. Y la criptobiosis cuando un tardígrado se encuentra en un estado criptobiótico, este puede resistir ambientes que son letales para muchos otros organismos. Esto se debe a que los “tuns” que produce el cuerpo, son muy duros y resistentes a cualquier agente externo.



Figura 80.

Buscando tardígrados.

Debido a sus habilidades para resistir extremos físicos y químicos, se han convertido en organismos modelo para la investigación espacial.



Figura 81.

Osito de agua. Imagen tomada de National Geographic (2022)



Figura 82.

La Microscopía, es una herramienta necesaria para la búsqueda de estos organismos. IBt.

LHB. Último bombardeo intenso

Aproximadamente hace 3,800 millones de años se dio uno de los bombardeos más intensos del que se tenga memoria, si bien, los primeros meteoritos se considera que trajeron agua, esta segunda oleada trajo consigo minerales, carbono y proteínas primitivas, que al ser recibidos por un manto de agua coadyuvó a que se diluyeran y aportaran esos elementos a la joven Tierra.

Es en este punto que sería posible situar el “caldo primitivo”, donde posiblemente inicia la vida.



Figura 83.

Meteorito Acapulco en UNIVERSUM.



Figura 84.

Meteorito Toluca en UNIVERSUM.

CHONPS

Es muy probable que si nos preguntan cuáles son los elementos básicos para la vida recordaríamos de inmediato el acrónimo CHON, el cual usábamos para diferenciar la química orgánica de la inorgánica, de tal forma que se pensaba que al tener:

Carbono;

Hidrógeno;

Oxígeno;

Nitrógeno.

Tendríamos los elementos necesarios para la vida, sin embargo, al poco tiempo esta lista creció de tal forma que se crea el acrónimo CHONPS, agregando:

P. Fosforo;

S. Sulfuro / Azufre.



Figura 85.

Con una magnífica muestra de esqueletos de habitantes del mar y tortugas. UNIVERSUM.

1	H	2	He																																
3	Li	4	Be	5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne																				
11	Na	12	Mg	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar																				
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
55	Cs	56	Ba	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn		
87	Fr	88	Ra	104	Rf	105	Db	106	Sg	107	Bh	108	Hs	109	Mt	110	Ds	111	Rg	112	Cn	113	Nh	114	Fl	115	Mc	116	Lv	117	Ts	118	Og		
				57	La	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu		
				89	Ac	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr		

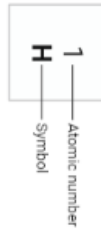


Figura 86

Tabla periódica de los elementos

Más adelante los macronutrientes considerados esenciales para la vida se anexaron otros micro elementos considerando esenciales, incrementando de esta forma nuestros parámetros actuales, de tal forma que Williams (1993) y Da Silva (1991), añaden a la lista:

As. Arsénico;

B. Boro;

Ba. Bario;

Br. Bromo;

Ca. Calcio;

Cd. Cadmio;

Cl. Cloro;

Co. Cobalto;

Cr. Cromo;

Cu. Cobre;

Fe. Hierro;

I. Yodo;

K. Potasio;

Mg. Magnesio;

Mn. Manganeso;

Mo. Molibdeno;

Na. Sodio;

Ni. Níquel;

Se. Selenio;

Si. Silicio;

Sn. Estaño.

Sr. Estroncio;

V. Vanadio;

W. Tungsteno /

Wolframio;

Zn. Zinc.

Como ya mencionamos estos elementos son necesarios para la vida, pero ¿por qué? Debido al papel que cumplen para constituir los cimientos de los organismos, formando las biomoléculas que son los lípidos, carbohidratos, proteínas, ácidos nucleicos las cuales forman parte de las estructuras celulares y tisulares, y participan en los procesos metabólicos indispensables como la respiración, transporte celular de membrana, homeostasis., etc., y no hay que olvidar las plantas donde estos elementos químicos son necesarios para su ciclo vital, uno de esos es la fotosíntesis.



Figura 87.

Representaciones de ADN. UNIVERSUM.

Pero, y todo esto ¿qué tiene que ver con la astrobiología?

Que estos componentes deambulan por el espacio sideral, el cual surgió hace 13 mil 800 millones de años, tras aparecer una gran masa caliente que explotó y, al expandirse, se enfrió y dio lugar a gases (en mayor abundancia fueron helio (He), litio, H, C y O) que crearon estrellas, galaxias y planetas.

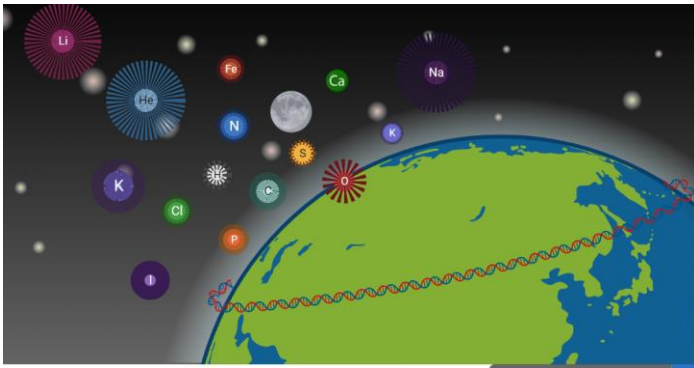


Figura 88.

Elementos en el universo

El contar con estos parámetros resulta fundamental en la búsqueda de vida fuera de nuestro planeta. En la actualidad, gracias al telescopio James Webb, es

posible identificar firmas en exoplanetas que, hasta hace unos meses, tan solo eran parte mundo de la imaginación. Ciertamente las fotografías obtenidas son hermosas, pero anexo a ello el gran valor de los análisis será derivado, entre muchos otros factores de la posibilidad de analizar los elementos que existan en los objetos seleccionados.



Figura 89.

Tabla periódica en UNIVERSUM.

GOE.

Great Oxidation Event.

Respirar, un acto tan esencial y tan cotidiano que apenas nos percatamos de su relevancia, sin embargo, hace poco más de 3,500 millones de años, hubiera sido simplemente imposible. Recordando que el objetivo del libro es brindar una visión inicial para quienes están ingresando en el fascinante mundo de la astrobiología, es posible mencionar que la transición de una atmósfera incompatible con la vida tal como la vemos ahora fue un proceso largo que estuvo a cargo de seres tan diminutos como esenciales, sin los cuales, simplemente no existiríamos.

El proceso inicia con las cianobacterias, microbios capaces de realizar un proceso de fotosíntesis, por medio del cual, podían utilizar el agua como fuente de combustible oxidándola y generando un sub producto esencial, el oxígeno.

Es simplemente magnífico el observar cómo estos pequeños seres de forma ininterrumpida a lo largo de millones de años, logran aportar una cantidad de oxígeno que logra desplazar al metano existente en la atmósfera y en un periodo de tiempo comprendido entre los 2,400 y 2,200 millones de años se creó lo que se conoce como el Gran Evento de la Oxidación (GOE), este evento está relacionado con la formación del hierro, una gran glaciación llamada “Bola de Nieve” aproximadamente hace 650 millones de años, al término de esta glaciación (aproximadamente 540 millones de años), un fenómeno relacionado con el peróxido de hidrógeno creado durante el mismo, ocasiona que haya una poderosa liberación de oxígeno y, a su vez, se crea la formación de la capa de ozono, sin la cual la vida en la Tierra sería casi imposible ya que estaría expuesta a los efectos de los rayos del sol. Los estromatolitos (colonias de cianobacterias) son, por tanto, un factor clave para la creación del mundo como hoy lo conocemos.



Figura 90.

Meteorito Allende en UNIVERSUM.

¿Panspermia?

Resulta de gran utilidad el iniciar por conceptualizar la palabra panspermia. Esta proviene de dos vocablos griegos pan (todo) esperma (semilla), siendo Anaxágoras (500 – 428 antes de la era común), el primero (que conocemos) en postular la idea de panspermia ya que para el “Todo está en todo”, de tal forma que la vida tal como la conocemos tiene relación con el todo de donde provenimos. Ahora podemos darle la razón, sin embargo, le faltaba instrumentar un poco más su propuesta. Sin embargo, debido a las ideas de Aristóteles, sobre la generación espontánea que dominaron el orbe hasta 1864 que Louis Pasteur desacreditó esa postura se dejó de lado la posibilidad de que la vida viniera del exterior. Más adelante, Ernst Heinrich Philip August Haeckel, en 1866 y el bulldog de Darwin (título concedido por su feroz defensa de la teoría de la evolución) Thomas Henry Huxley, en 1868, proponen la idea de que la vida puede tener un origen químico (situación que nos lleva a considerar lo ya estudiado en capítulos anteriores), y en 1871,

Charles Robert Darwin, menciona su propuesta de que la vida pudo tener su origen en “una pequeña charca tibia”. En este orden de ideas Aleksandr Ivánovich Oparin, en 1924 y John Burdon Sanderson Haldane, en 1929, proponen en forma independiente lo que actualmente se conoce como la teoría Oparin-Haldane, la cual postula que la vida comenzó en el mar en lo que llamaron un “caldo primordial”, teoría que alcanza una gran notoriedad con el experimento realizado por Urey y Miller, el cual ya revisamos previamente.

Otra de las hipótesis del origen de la vida que ha surgido en tiempos más cercanos es la hidrotermal, la cual establece que las primeras moléculas orgánicas se formaron en las fuentes hidrotermales o fumarolas oceánicas; estas fumarolas arrojan gases (H_2 , CO_2 , CH_4 y H_2S) los cuales se juntaron a condiciones de gran energía calorífica, ausencia de oxígeno y estabilidad.

Como podemos ver, ahora podemos comprender que ciertamente se requirió de la entrega de materiales del exterior, fuerzas apoteóticas que les permitiera interactuar y un lugar adecuado que les diera abrigo para dar origen a la vida. Lo anterior es una idea que nace de un poco de reflexión, ya que ciertamente los elementos que consideramos básicos para la vida son comunes en el universo, pero las fuerzas necesarias y las condiciones adecuadas para dar abrigo a la vida, toman un papel fundamental.

Como un dato importante, las investigaciones más recientes han encontrado que muchos de los compuestos que son fundamentales para la vida se encuentran presentes en cometas, partículas de polvo inter planetarios y en meteoritos.

Recuerdan la frase de “*una cadena afortunada de accidentes*”, pues nos encontramos frente a ella al ver la vida.

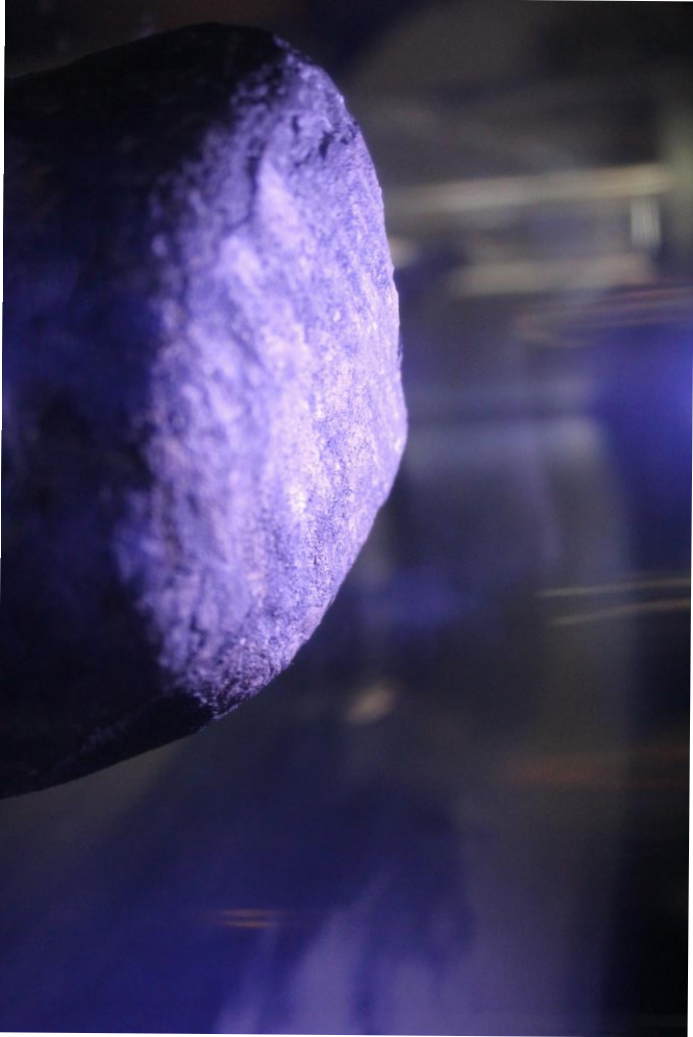


Figura 91

Meteorito Allende en UNIVERSUM.

IV

Pequeños fragmentos del cielo

“Pasar de las
palabras a los
hechos, un paso
decisivo para
obtener
resultados”

Aldebarán Martínez

Pequeños fragmentos del cielo

¿Qué es un meteorito?

Comencemos por mencionar que ciertamente los meteoritos han estado presentes en la historia de la humanidad causando asombro, temor o admiración para quienes tuvieron la oportunidad de observarlos, sino que, además, jugaron un papel importante en la manufactura de instrumentos de alto valor para quienes llegaban a poseerlos, como el emperador de China, la daga encontrada en la tumba del Faraón Tutankamon (procedente de un meteorito del grupo de meteoritos férricos llamados octaedritas) la cual posiblemente llegó a Egipto procedente del rey Tushratta de Mitanni, hasta objetos de uso común como arpones realizados por los Inuit e, incluso, usos más pacíficos como los arados realizados en México.



Figura 92.

Meteorito en UNIVERSUM.

Ciertamente es un poco esquivo el obtener datos sobre los meteoritos debido a la destrucción de las bibliotecas y códigos que hacían referencia a los mismos, sin embargo, una de las primeras menciones que es posible identificar la tenemos por parte de Anaxágoras, a quien se le atribuye la *predicción* (considerando que la traducción más adecuada sería la observación), de un meteorito en Egospótamós, en el 467 antes de la era común.



Figura 93.

Meteorito en UNIVERSUM.

En la nueva España (hoy México), en 1792 se inician los trabajos de recolección de muestras que incluyen meteoritos por parte del Real Seminario de Minería. En 1803 Friedrich Wilhem Heinrich Alexander Von Humboldt, dedica especial atención al estudio de los meteoritos Zacatecas, Charcas, Chupaderos y Toluca.

En 1794, Ernst Florens Friedrich Chladni, publica un ensayo titulado “Sobre el origen de las masas de hierro encontradas en Pallas y otras similares, y sobre algunos fenómenos naturales relacionados con ellas”, logrando brindar argumentos consistentes sobre el origen cósmico de las *bolas de fuego que caen*. Esta última frase permite dimensionar la fascinación, temor y curiosidad que despiertan los meteoros incluyendo otras denominaciones como *bóolidos, estrellas fugaces, brujas mayores, aerolitos, bolas de hierro y fuego, almas de emperador, etc.*

Sin embargo, cuando el objeto que cae a la Tierra sobrevive cambia de nombre y el término meteorito es publicado en 1848, por John Craig, quien lo describió

como (Craig , 1848, pág. 57)“sustancia sólida o cuerpo que cae desde las regiones altas de la atmósfera”



Figura 94.

Meteorito Chupaderos I. PM.

Dicho lo anterior podemos conceptualizar a los meteoritos como; *material sólido que proviene de un ambiente fuera de los límites del cuerpo donde fue recuperado*. Es decir, en el caso de la Tierra, nos referimos a todo lo objetos que provienen del espacio, condición similar a los objetos recuperados de la luna y próximamente de otros planetas y cuerpos celestes.



Figura 95.

Meteorito Chupaderos II y Morito. PM.

Vamos a dedicarle un espacio especial al impacto del meteorito Chicxulub.

Primeramente, es importante mencionar la fuerza del impacto, para poder tener una imagen mental, la primera bomba nuclear lanzada en Hiroshima tuvo una fuerza de 14 kilotones, se calcula que el impacto del meteorito en Tunguska 12 megatones (nota, hasta donde sabemos no quedaron restos del impacto), la bomba más grande lanzada por el ser humano hasta hoy, la bomba Zar tuvo una fuerza de 50 megatones, en comparación con Zar, el impacto de Chicxulub se calcula que fue dos millones de veces superior, es decir, 400 Zettajulio.



Figura 96.

Meteorito Chupaderos I. PM.

¿Cómo distinguirlos?

Recordando la frase, *conocer para reconocer*, resultará de gran ayuda el tener acceso a meteoritos identificados plenamente y, en Ciudad de México existe un museo al aire libre que permite al visitante conocerlos en cualquier momento y horario, nos referimos a los meteoritos que se encuentran en el Palacio de Minería.

Originalmente había cinco meteoritos en el vestíbulo del Palacio de Minería, siendo estos Morito, Zacatecas, Chupaderos I, Chupaderos II y Adargas

(Concepción), este último se encuentra actualmente en el Instituto de Astronomía de Ciudad Universitaria.



Figura 97.

Meteorito Chupaderos I. PM.

Meteoritos Chupaderos I.

Fue localizado cerca del antiguo poblado de Huejuquilla, en Chihuahua. Se encuentra entre los diez meteoritos más grandes del mundo, pesando 14,114 kilos. Conformado mayoritariamente por kamacita, taenita y fosfatos.



Figura 98.
Meteorito Chupaderos II. PM.

Chupaderos II

Localizado cerca del antiguo poblado de Huejuquilla, en Chihuahua. Con un peso de 6,676 kilos, está conformado mayoritariamente por kamacita, taenita y fosfatos.



Figura 99.

Meteorito Zacatecas. PM.

Zacatecas.

Localizado al oeste de Zacatecas, con un peso de 780 kilos, está constituido en su mayoría por kamacita, taenita, silicato y grafito.



Figura 100.
Meteorito Morito. PM.

Morito.

También llamado San Gregorio, con un peso de 10,100 kilos, fue recuperado en el Morito, Allende Chihuahua

y está constituido en su mayoría por kamacita, taenita y troillita.

Morito tiene una inscripción que dice *“Solo Dios con su poder, este fierro deshará, porque en el mundo no habrá quien lo pueda hacer”*.



Figura 101.

Detalle de meteorito Chupaderos I. PM.

El visitar a estos enormes meteoritos, se podrá tener de primera mano una visión clara de las características de los meteoritos, sin embargo, los ejemplares de este tamaño son escasos y, ciertamente, existen muchos más tipos de meteoritos, para conocerlos un poco más, se puede ir a la sala del Universo en el museo de Universum, en Ciudad Universitaria o al museo de geología de la UNAM, en Santa María la Rivera. Sin embargo, ¿Existen algunos pasos que nos podrían apoyar para saber si nos encontramos en presencia de un meteorito o debemos permanecer en espera de preguntarle a un experto?, la respuesta es que existen algunas ideas básicas que resultan de gran ayuda, para ello, considere las siguientes sugerencias:

Si alguien le desea vender o le ofrece un meteorito es una primera alerta para pensar que es necesario solicitar de inmediato la orientación de un experto, sin embargo, si somos nosotros quienes nos encontramos una roca de interés podemos considerar lo siguiente:

Escenario uno:

- a) Es más pesado que otras rocas;
- b) Con cuidado lije un borde, observe si el interior es de un color semejante al acero inoxidable;
- c) Presenta burbujas en la superficie o en el interior.

Escenario dos:

- d) No es más pesado que otras rocas;
- e) Presenta una costra oscura por fuera;
- f) Al aplicarle agua oxigenada no burbujea;
- g) En su interior es claro o ferroso y se observan puntos blancos o brillos metálicos.



Figura 102.

Detalles de un meteorito. PM.

Escenario tres:

Fuimos testigos de su caída y al llegar pudimos identificar los fragmentos dentro de los respectivos cráteres.



Figura 103.

Detalle de un meteorito identificado en Canadá.

Naturalmente este tercer escenario es poco probable pero no imposible.

Es importante recordar que debido a su ingreso a la Tierra los meteoritos presentan una costra de ingreso la cual está carente de bordes afilados y es posible identificar una costra de ingreso oscura.

Como nota final, las ideas brindadas para reconocer un meteorito solo se ajustan a los que se encuentran con más frecuencia, sin embargo, estamos convencidos que debe haber una gran cantidad de estos maravillosos objetos que simplemente no hemos sabido identificar, esperando a que avancemos en nuestros conocimientos para que podamos identificarlos y con ellos, poder estudiarlos a fondo.

Alguna vez ¿has visto una estrella fugaz? Pues bien, se trata de un meteorito (roca espacial) que ingresa en la atmósfera de la Tierra; a medida que esta roca espacial cae hacia la Tierra, la resistencia del aire sobre la roca la calienta de sobremanera, y ese aire caliente que

brilla a medida que la roca caliente atraviesa la atmósfera es el haz de luz que vemos.

Dato curioso, algunos de los impactos de asteroides contra la tierra que han dejado cráter más grande son:

- Crater Vredefort, impacto: hace aproximadamente dos mil millones de años en Free State, Sudáfrica y su cráter tiene un radio estimado de 190 kilómetros.
- Sudbury Basin, impacto hace aproximadamente 1,8 miles de millones de años en Ontario, Canadá, su cráter es de un diámetro de 130 kilómetros.
- Crater Acraman, impacto hace 580 millones de años aproximadamente en Australia y, tiene un diámetro aproximado de 90 kilómetros.
- Manicouagan Crater, impacto hace 215 millones de años aproximadamente en Quebec, Canadá y su cráter es de un diámetro de 100 kilómetros.
- Morokweng Crater, impacto hace 145 millones de años en Sudáfrica, este cráter contiene los restos fosilizados del meteorito que lo creó.

Astrobiología. Conocer para reconocer.

- Cráter Kara, impacto hace 70,3 millones de años en Nenetsia, Rusia
- Cráter Chicxulub, impacto hace 65 millones de años aproximadamente en Yucatán, México.
- Cráter Popigai, impacto hace 35,7 millones de años aproximadamente en Siberia, Rusia, con un diámetro de 100 km.
- Cráter Chesapeake Bay, impacto hace 35 millones de años aproximadamente en Virginia, EEUU, mide de diámetro 85 kilómetros.

¿Posibles portadores de vida?

Finalmente, es posible imaginar un escenario donde la vida en la Tierra seguramente está ligada con los elementos que nos formaron y todos ellos vienen del cosmos del que somos parte, de tal forma que, ya sea que la vida haya comenzado en esta Tierra o que haya sido traída en alguno o muchos de los meteoritos que han llegado, somos parte de un cosmos y sin duda, los elementos que permitieron el desarrollo del magnífico tesoro de la vida tal como la conocemos tuvieron sus orígenes más allá de nuestra hermosa capa protectora azul.



Figura 104.

Roca lunar traída por Neil Armstrong, en la misión el Apolo 11. UNIVERSUM.

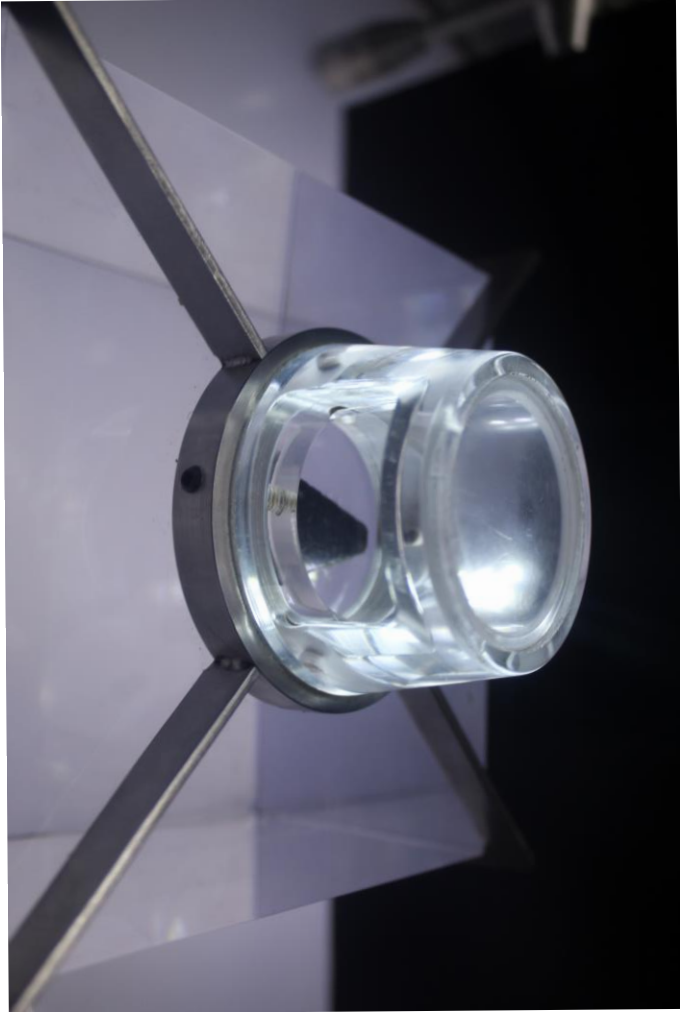


Figura 105.

Roca lunar traída por la misión el Apolo 17. UNIVERSUM.

Referencias

- Cleaves, J. (2020). *The Origins of Life: A Review of Scientific Inquiry*. Obtenido de Earth-Life Science Institute Tokyo Institute of Technology:
https://www.templeton.org/wp-content/uploads/2021/07/JTF_Origins_of_Life_Final.pdf
- Prieto-Barajas, C., Valencia-Cantero, E., & Santoyo, G. (2018). Ecosistemas de tapetes microbianos: tipos de estructura, diversidad funcional y aplicación biotecnológica. *Revista Electrónica de Biotecnología*, 31, 48-56.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2017.11.001>
- Craig, J. (1848). *A new universal etymological technological, and pronouncing dictionary of the english language all the terms used in art, science and literature*. (Vol. II). (H. George Collins, Ed.) London. Obtenido de <https://books.google.co.ls/books?id=t1SS5S9IBqUC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Da Silva, J., & Williams, R. (1991). *The Biological Chemistry of the Elements: The Inorganic Chemistry of Life*555. Clarendon Press.

Guerrero Mothelet, V. (2007). *Cuatrociénegas, laboratorio de la evolución*. Obtenido de Revista ¿Cómo ves?:
<https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/101/cuatrociénegas-laboratorio-de-la-evolucion>

Islas-Morales, P., Cárdenas, A., Jimenez García, L. F., & Voolstra, C. (2023). Evidencia ultraestructural y proteómica de la presencia de un nucléolo putativo en un Archaeon. *Frontiers in Microbiology*, 14, 01-09. doi:
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1075071>

Madrid Deep Space Communications Complex (MDSCC). (2023). Obtenido de
<https://www.mdsc.nasa.gov/>

Martínez Frías, J. (2009). *El geólogo planetario o astrogeólogo*. Obtenido de
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/36180/3/P%C3%A1ginas%20de%20profgeologo.pdf>

National Aeronautic and Space Administration . (2015). *Astrobiology Strategy*.

National Aeronautics and Space Administration. (2023). *Exoplanet exploration*. Obtenido de
<https://exoplanets.nasa.gov/>

National Aeronautics and Space Administration.
(2023). *Manchas solares y fulguraciones.*

Obtenido de NASA Space Place:

<https://spaceplace.nasa.gov/solar-activity/sp/>

Ramos R., J. M. (2020). Organismos extremófilos: ambientes y características. *Innovación y ciencia, XXVII*(4). Obtenido de <https://innovacionyciencia.com/revista/108>

Weiss, M., Mrnjavac, N., Neukirchen, S., Roettger, M., Nelson-Sathi, S., Martín, G., & Sousa, F. (2016). La fisiología y el hábitat del último ancestro común universal. *Nature microbiology*. doi:<https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2016.116>

Williams, R. J. (1993). Los elementos químicos de la vida. *Educación Química, 4*(2). doi:<http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.1993.2.66838>

Licenciado en administración
Maestro en Psicología Organizacional
Vili Aldebarán Martínez García
Instructor Nacional
Ajedrez Consultores
Conferencista Internacional
Premio Internacional de
Investigación
Recepiendario de la
Cátedra Internacional Galileo
Astronauta análogo

Maestra en Seguridad e Higiene Ocupacional
Médico Cirujano
Andrea García Valerio
Consultor Senior Internacional
Premio Nacional de Investigación
Catedrática Universitaria

Doctor en Administración
José Vili Martínez González
Consultor Senior Internacional
Director de Ajedrez Consultores
Catedrático para Universidades
como la Universidad Nacional
Autónoma de México
Astronauta análogo



ISBN 978-607-99670-9-3