

Hora Linha Cosmológica

Rosa M. Ros, Beatriz García, Ricardo Moreno, Pilar Orozco, Juan Antonio Prieto, Ivo Jokin

União Astronómica Internacional, Universidade Politécnico da Catalunha, Espanha, ITeDA e Universidade Tecnológica Nacional, Argentina, Colegio Retamar, Espanha, Diverciencia, Espanha, Centro Municipal de Atividades Extracurriculares, Município de Dolna Mitropolia, Bulgária.

Resumo

A história do Universo abrange 13800 milhões de anos. Nesse período de tempo, o Universo transformou energia em átomos de elementos primordiais em tempo recorde. Os átomos formaram estrelas e estas, por sua vez, transformaram o material para produzir os cerca de 100 elementos que compõem a Tabela Periódica. Os elementos químicos foram organizados, mas para obter o material prebiótico que mais tarde levou às várias formas de vida que conhecemos na Terra, o processo foi longo e complexo. Podemos dizer que a vida é consequência de uma série de fatores que a produziram e permitiram que ela evoluísse. Conhecer momentos que foram marcos fundamentais para o aparecimento da vida ao longo da história do Universo, aproximar-se das ferramentas que os astrónomos conceberam, construíram e instalaram, mesmo fora da Terra, para estudar a possibilidade da existência de vida para além do único local do Universo onde foi detetada, e descubra as teorias que tentam explicar como, quando e onde a vida se originou, é a missão deste Workshop.

Objetivos

- Visualize a história do Universo através de uma linha do tempo
- Compreender a importância do processo que foi necessário para alcançar a formação da vida
- Compreender a adaptação da vida às mais variadas condições

Introdução cosmológica

O Universo é o único sistema isolado da natureza: não troca nem energia nem matéria com o ambiente, porque é o meio.

Estima-se que o universo tenha surgido há 13800 milhões de anos, como resultado de uma libertação de energia. O processo de nascimento e evolução do universo, bem como os possíveis cenários para o seu destino final, foram abordados no Workshop de Evolução do Universo.

Para além do estudo do Universo como um todo, é interessante expandir a proposta relacionada com modelos à escala que nos permitam vislumbrar o que significa a idade do Cosmos, mas, ao mesmo tempo, introduzir um conceito fundamental para a espécie humana: o da vida, uma das características ou propriedades únicas do Universo.

A questão da origem da vida, e seu corolário, a existência de vida inteligente, é o foco principal do exo e da astrobiologia; É um evento incomum, que pode ser estudado do ponto de vista científico, com o objetivo de entender como ocorreu na Terra e como poderia ocorrer em outros lugares.

A busca pela vida é um objetivo comum na Astronomia e na Astrofísica e, portanto, colocar o assunto em uma escala cosmológica permite compreender o longo intervalo de tempo que separa a origem do Universo com o aparecimento das formas mais primitivas de vida.

Para a busca pela vida, temos algumas ferramentas que são a base do trabalho em Astrobiologia e Astroquímica.

No processo de formação e nascimento de uma estrela a partir do colapso gravitacional de uma nuvem de gás e poeira interestelares, um sistema planetário pode ser formado com os restos de material dessa nuvem.

Da mesma forma que podemos conhecer a composição da estrela considerada através do estudo do seu espectro, é possível saber a existência e composição química de uma atmosfera planetária, no caso do Sistema Solar, ou de exoplanetas, no caso dos Sistemas Exoplanetários ou Extrassolares. Cada elemento químico, cada molécula, tem um espectro certo e único.

Se um planeta ou exoplaneta tem uma atmosfera, e se o espectro da estrela é conhecido, quando a luz dessa estrela passa pela atmosfera do exoplaneta, ela será parcialmente absorvida pelos elementos químicos dessa atmosfera. Desta forma, seremos capazes de determinar a composição química de qualquer atmosfera.

Um exemplo disso são as recentes descobertas do James Web Telescope, no que faz vários sistemas exoplanetários.

Um exemplo: de como é possível abordar a busca pela vida, seria o seguinte. Na modelagem detalhada do exoplaneta WASP-39b, feita graças às observações do Web Telescope, revelou que o SO_2 em sua atmosfera é produzido pela fotoquímica, o que é extremamente importante porque a fotoquímica é fundamental para que a vida na Terra prospere, uma vez que está ligada à produção de O_3 (ozônio), com fotossíntese e com a produção de vitamina D fundamental para o organismo humano.

A partir do momento zero na linha do tempo que iremos propor, apenas cerca de 100 segundos se passaram até a transformação do que era toda energia em átomos. Para o aparecimento da vida, as galáxias tiveram que surgir primeiro, depois as estrelas, estas tiveram que transformar os elementos químicos, enriquecer o ambiente intergaláctico e interestelar e as condições tiveram que ser dadas para que moléculas desordenadas fossem ordenadas para formar estruturas complexas que pudessem se replicar e finalmente dar lugar à vida.

Nas seções seguintes veremos esse longo processo que, não é milagroso, é uma consequência da evolução do Cosmos.

Atividade 1: Linha do tempo

Trata-se de visualizar a linha do tempo da história do Universo em uma fita, utilizando como unidade de medida um metro igual a mil milhões de anos ($1\text{m} = 10^9$ anos, ou seja, $10\text{cm} = 10^6$ anos).

À medida que a ciência avança e instrumentos mais precisos se tornam disponíveis, a determinação de grandezas tão importantes para a história do Universo, como o tempo e a distância, pode levar a certas mudanças nos períodos em que ocorrem os eventos mais significativos no Cosmos. Lembre-se que o que sabemos sobre o Universo é estatístico, mais e melhores observações podem nos forçar a rever todos os nossos resultados.

O Bing Bang, o big bang, ocorreu há 13800 milhões de anos ($13,8 \cdot 10^9$ anos), então, por um curto período de tempo, 10^{-45} segundos, não se sabe muito bem explicar o que aconteceu porque não se pode sequer aplicar a teoria da relatividade de Einstein, esta é a chamada Era Planck.



Fig. 1: Apresentação simples da linha do tempo em uma fita de 13,8 m de comprimento. Alguns objetos são costurados que facilitam a relação e comparação de valores e permitem fixar a escala.

Após 10^{-35} do Big Bang, começa a INFLAÇÃO, que responde a uma expansão exponencial do Universo. Um microssegundo (10^{-6} segundos) após o Big Bang começa a formação da sopa primordial (constituída por várias partículas elementares).

Após 3 minutos do Big Bang, inicia-se a Nucleossíntese Primordial de “H”. Toda essa primeira parte não pode realmente ser representada na linha do tempo por um problema de escala, já que estamos considerando 1 milímetro equivalente a um milhão de anos, segundos ou

Cerca de 3 cm depois, há 4570 milhões de anos, o sistema solar nasceu, 4 mm depois, há 4566 milhões de anos, formaram-se os planetas gasosos e 6 mm depois, há 4560 milhões de anos, formaram-se a Terra e os outros planetas rochosos (figura 2).

Cerca de 2 cm depois, surgiu o campo magnético da Terra, deste há 4540 milhões de anos, com o que isso representava proteção contra vários tipos de radiação nociva à vida no nosso planeta.

Posteriormente, aos 6 cm, iniciou-se a formação da Lua, há cerca de 4480 milhões de anos, constituindo o sistema Terra-Lua dentro do nosso sistema planetário.

Apenas 3 cm depois, há 4450 milhões de anos, é constituída a Atmosfera Primitiva da Terra.

4.1 Há 10^9 anos, isto é, depois de 45 cm, ocorreu o Bombardeamento Intenso Tardio, que afetou os corpos do sistema solar, bem como a Terra e a Lua.

Há 4000 milhões de anos ($4,0 \cdot 10^9$ anos), ou seja, 10 cm depois, surgem as primeiras células procarióticas (sem núcleo) e aparece a molécula de ADN.

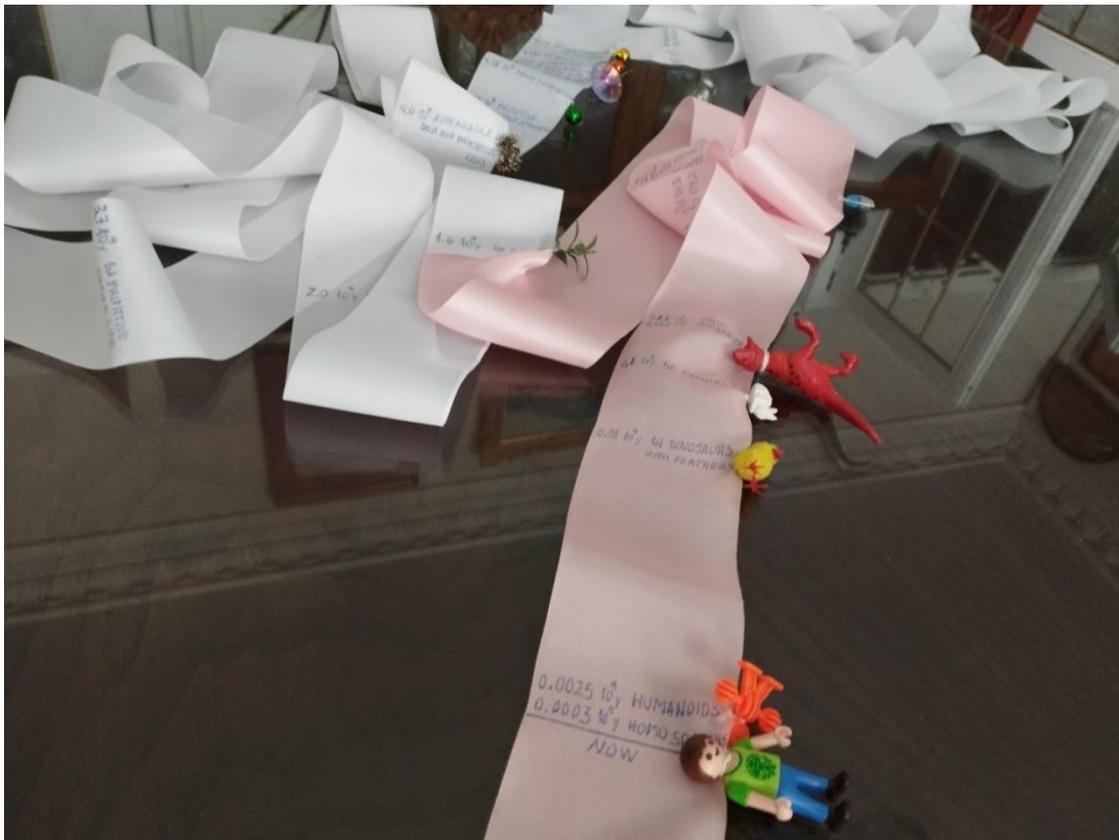


Fig. 3: A Linha está em branco desde os seus primórdios até ao aparecimento das primeiras plantas verdes. Em rosa deste ponto até ao presente.

Depois de 2 metros, isto é 2 bilhões de anos atrás, a vida que respira Oxigênio O_2 começa.

Após 40 cm, $1,6 \cdot 10^9$ anos, começa o aparecimento de plantas verdes no nosso planeta, ou seja, entra em jogo a função clorofila (figura 3).

Para além de 90 cm ou 90 milhões de anos, ou seja, há 700 milhões de anos ($0,7 \cdot 10^9$ anos), começam a aparecer os primeiros tecidos e órgãos especializados.

Depois de 18 cm, por $0,52 \cdot 10^9$ anos aparecem os de Trilobites, fósseis bem conhecidos por todos nós.

Após 5 milhões de anos, ou seja, 5 cm depois, durante 470 milhões de anos ocorre a primeira saída dos animais da água para a zona terrestre.

Depois de apenas 7 cm, há 400 milhões de anos, aparecem os amonitas (fósseis conhecidos).

3 mm depois, há 397 milhões de anos, aparecem os primeiros vertebrados na Terra.

Se nos movermos 14,7 cm, há cerca de 250 milhões de anos, aparecem os Nautili, animais que ainda podem ser encontrados no nosso planeta.

Apenas 5 milhões depois, isto é 5 mm depois, há 245 milhões de anos, aparecem os primeiros dinossauros.

Depois de 4,5 cm, há 200 milhões de anos, surgem os primeiros mamíferos, inicialmente eram pequenos, embora mais tarde apareçam os maiores.

5 cm depois, há 150 milhões de anos, surgem os primeiros dinossauros emplumados, os antepassados das nossas aves. De fato, um dos menos evoluídos e mais próximos dos antigos dinossauros alados são as simples galinhas que temos em nossos currais (figura 3).

Além de 14,75 cm, ou seja, após 14,75 milhões de anos, $0,0025 \cdot 10^9$ anos atrás = 2,5 milhões de anos = 2 500 000 anos, aparecem os primeiros humanóides.

Depois de apenas 2,2 mm, ou seja, apenas $0,0003 \cdot 10^9$ anos atrás = $0,3 \cdot 10^6$ anos = 300 000 anos, o Homo sapiens aparece.

Galáxias Canibais

As galáxias são grupos de estrelas ligadas entre si pela gravidade que giram sobre si mesmas. Os vários grupos de galáxias formam filamentos onde a atividade de formação de novas galáxias é muito ativa.

Todos os aglomerados de galáxias estão incluídos num grande ballet cósmico onde se encontram, colidem e o canibalismo dos maiores sobre os mais pequenos faz com que as galáxias jovens compitam para adquirir o gás livre que resta para promover a formação de novas estrelas (figura 4).

É assim que as áreas mais ricas de formação estelar correspondem a áreas de grandes colisões, onde os grandes vencedores são sempre as galáxias maiores. Toda esta atividade ocorre nas áreas filamentosas do universo, deixando grandes espaços mais livres de matéria (figura 5).

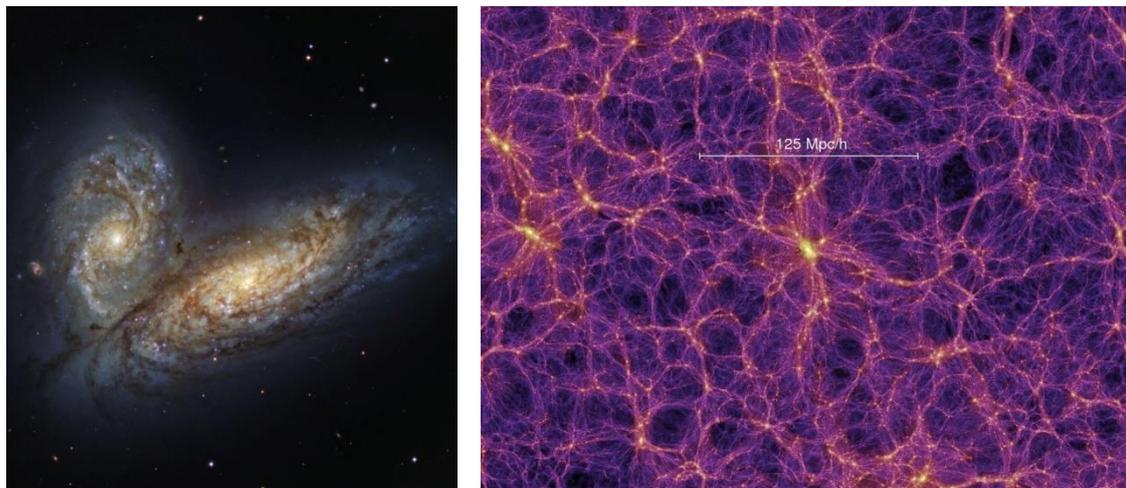


Fig. 4: Colisão de galáxias canibais (Crédito: ESO). Fig. 5: Modelação da estrutura filamentar do universo (Crédito: Springel et al.)

Atividade 2: Modelo filamentoso

A estrutura filamentar do universo pode ser simulada com uma bandeja ou um prato onde a água com detergente pode ser colocada. Introduzindo um par de canudos para beber refrigerantes, você age ao contrário, soprando ar através deles e, assim, obtendo um bom número de bolhas em um tempo muito curto.

Como pode ser visto no modelo com grandes bolhas de sabão, a maior parte do líquido sabão está disposta nas áreas de intersecção entre bolhas, dando origem a áreas de aparência mais ou menos filamentosa.

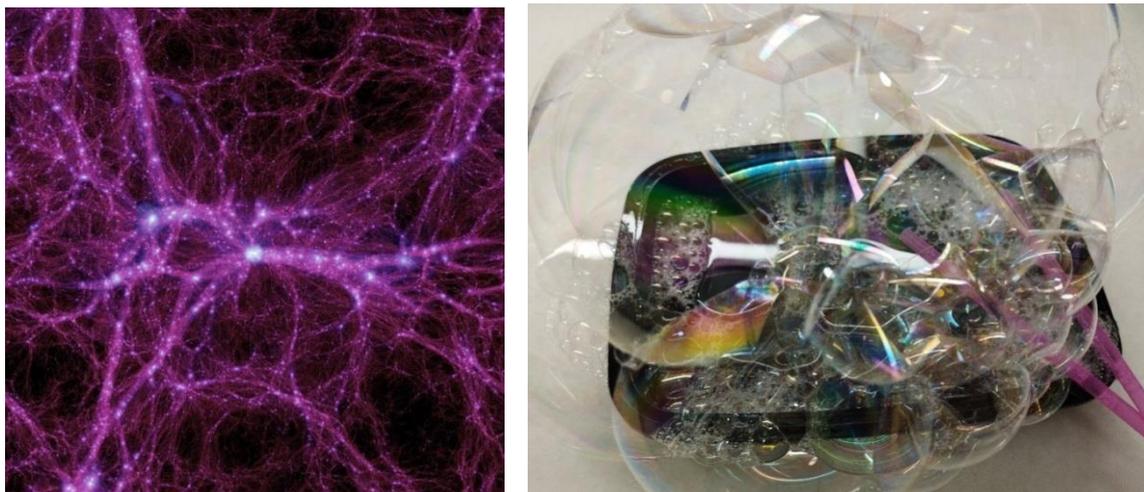


Fig. 6: Modelação da estrutura filamentar do universo (Crédito: Projeto Illustris). Fig. 7: Modelação da referida estrutura em filamentos utilizando água e detergente.

Classificação das Galáxias

Existem galáxias espirais, barradas, elípticas, esféricas e irregulares, que geralmente são classificadas de acordo com sua morfologia na conhecida sequência de Hubble. Como mencionado acima, esta classificação atende apenas à sua forma e não corresponde à evolução da mesma.

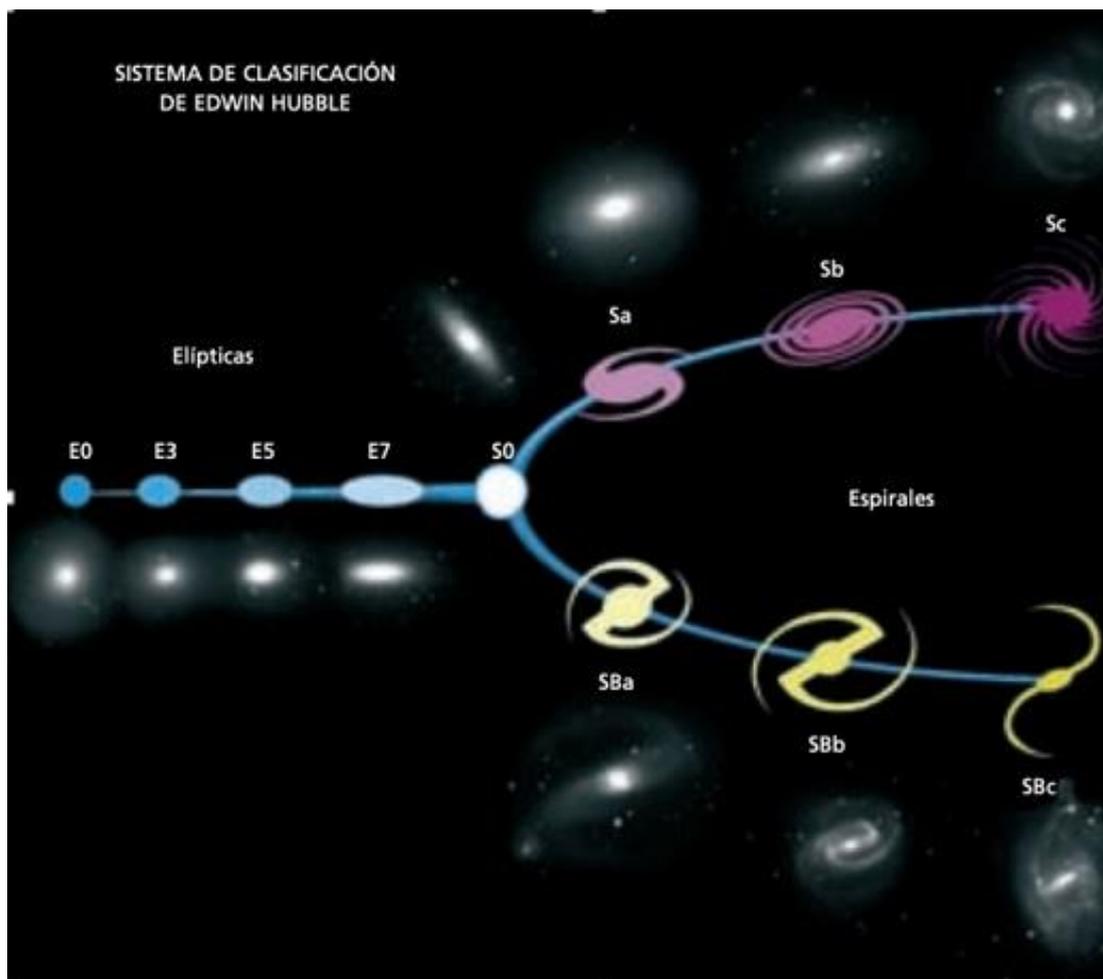


Fig. 8: Sistema de classificação Edwin Hubble (Crédito: NASA-ESO)

Atividade 3: Simulação da formação de galáxias espirais

Um modelo de galáxias espirais (Fig. 9a) pode ser feito com um copo cheio de água e um produto que tem grãos muito finos, por exemplo, bicarbonato de sódio (Fig. 9b), sal de mesa (NaCl), embora se dissolva mais facilmente em água, e areia (Fig. 9c), desde que seja muito fina, mesmo passando por uma peneira.



Fig. 9 bis. Galáxia NGC 5457 (ESA/Hubble)

Fig. 9 ter. Galáxia com bicarbonato.

Fig. 9 quater. Galáxia com areia.

Mexa a água do copo com uma colher de chá e com energia, pare de mexer, despeje uma colher de sopa do produto e espere os grãos assentarem. Você tem uma pilha central e braços espirais, muito semelhantes aos das galáxias.

Olhando para o vidro de lado, o modelo também simula a forma das galáxias vistas de lado, com a protuberância central (Fig. 10 a, b e c).



Fig. 10a, Modelo da galáxia de areia, visto de lado.

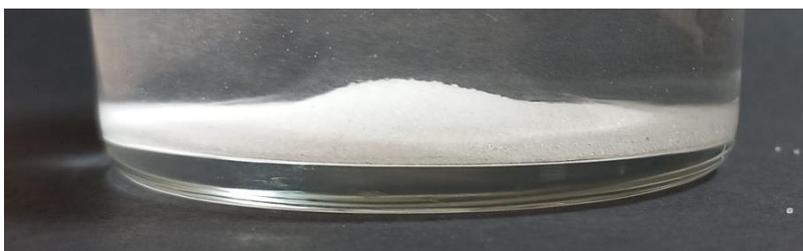


Fig. 10 ter. Modelo de bicarbonato, também visto de lado.



Fig. 10 quater. Galaxy NGC 4565, com protuberância central (Crédito ESO/NASA)

Se você continuar mexendo lentamente, você pode modelar os braços espirais e obter algo semelhante a galáxias elípticas, outro tipo de galáxia na sequência de Hubble (Fig. 8). O nosso modelo por si só não consegue reproduzir as galáxias barradas.

Zona Habitável em Galáxias

Na zona central das galáxias há um alto nível de energia, há explosões massivas de raios gama e enormes eventos muito energéticos e violentos, que tornam a vida impossível. Por outro lado, na área da borda da galáxia há uma falta de átomos mais pesados do que o hidrogênio e hélio, que são necessários para a vida, de modo que a zona habitável corresponde a uma área circular como a câmara de um pneu de carro e corresponde à área onde o Sol se move. A zona habitável nas galáxias está normalmente localizada num raio entre 23000 l.y. e 30000 l.y. do centro da galáxia (o Sol está a 27000 l.y.).

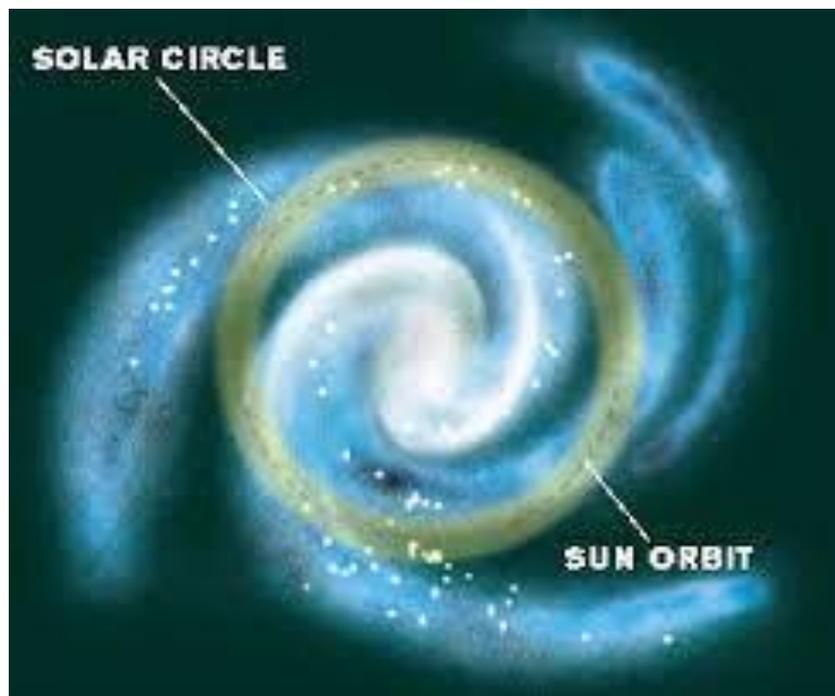


Fig. 11: Zona habitável da galáxia (Crédito: NASA)

Plasma e Campo Magnético

No meio intergaláctico, no meio interestelar e nas próprias estrelas, a matéria está geralmente em estado plasmático. Este plasma é constituído por eletrões, prótons, partículas de alta energia e gás ionizado.



Fig. 12a: Nebulosa do Véu, (Crédito Hubble), Fig. 12b: Cometa C/2002 E3 (Crédito Rykis Babianskas e Carlos Viscasillas)

Na Terra há matéria neste estado, como relâmpagos, o interior de tubos fluorescentes ou lâmpadas economizadoras de energia, monitores e telas de televisão, bolas de plasma ou a chama de uma vela.



Fig. 13a, 13b e 13c: Há matéria no estado plasmático na bola de plasma, em uma chama e em um tubo fluorescente

É também plasma o vento solar, um fluxo de partículas carregadas que são liberadas da coroa solar em todo o sistema solar, em todas as direções. O fluxo destas partículas é variável, muito influenciado pela atividade solar, que produz manchas e erupções solares. O vento solar pode deformar o plasma das caudas dos cometas, que sempre apontam contra o Sol.

Na Terra, pode gerar tempestades geomagnéticas e dar origem a auroras (luzes no norte e no sul). As partículas do vento solar viajam a alta velocidade e com muita energia, têm um grande poder de penetração e podem danificar o ADN das células. O campo magnético da Terra forma a magnetosfera, que atua como um escudo protetor, como um guarda-chuva, desviando partículas carregadas que são tão perigosas para a vida, impedindo-as de alcançar a superfície da Terra.

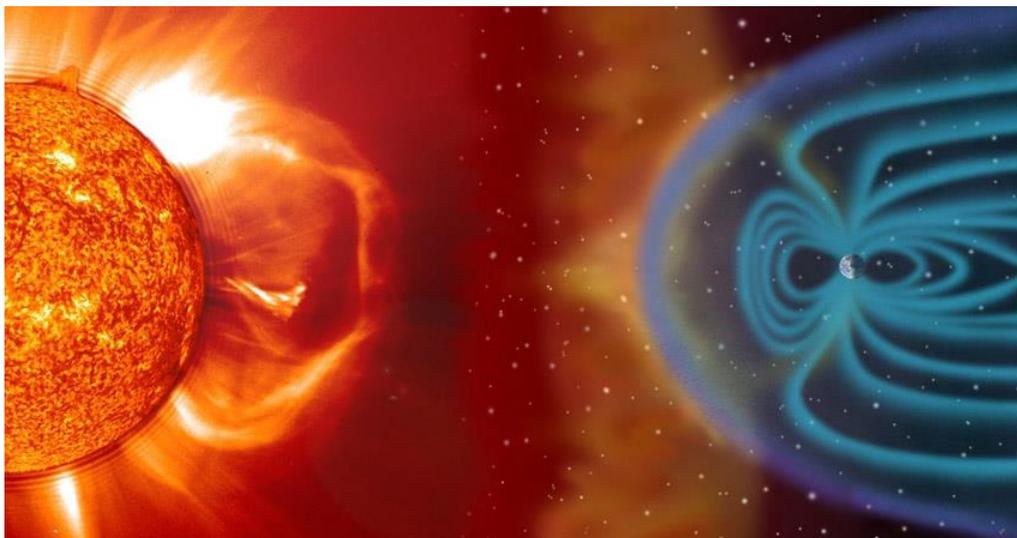


Fig. 14: O campo magnético da Terra serve como escudo ou guarda-chuva contra o vento solar.

Quando há fortes ejeções coronais no Sol, a intensidade do vento solar aumenta muito, e pode perfurar a magnetosfera da Terra. Nessas ocasiões, parte do vento solar atinge a atmosfera nas áreas próximas aos polos, gerando belas auroras boreais (no hemisfério norte) e luzes do sul (no hemisfério sul).

A energia dessas partículas excita os átomos na atmosfera, fazendo com que seus elétrons emitam fótons de diferentes comprimentos de onda. Se as partículas são de alta energia, o oxigênio produz uma luz verde/amarela, e se elas são de baixa energia, luz vermelha/roxa. No caso do nitrogênio, ele produz uma luz azulada ou vermelha/roxa nas bordas inferiores das auroras.



Fig. 15a e 15b: As diferentes cores nas auroras dependem da ionização do oxigênio e nitrogênio. (Créditos , S.Ekko, Finlândia)

Atividade 4: Campo magnético terrestre

Podemos visualizar o campo magnético da Terra com um ímã, que representa o campo magnético da Terra, e uma bússola, com a qual percorremos as linhas de força do campo. Basta entender que a agulha do ímã é colocada "tangente" às linhas do campo magnético (Figuras 17a, 17b e 17c).

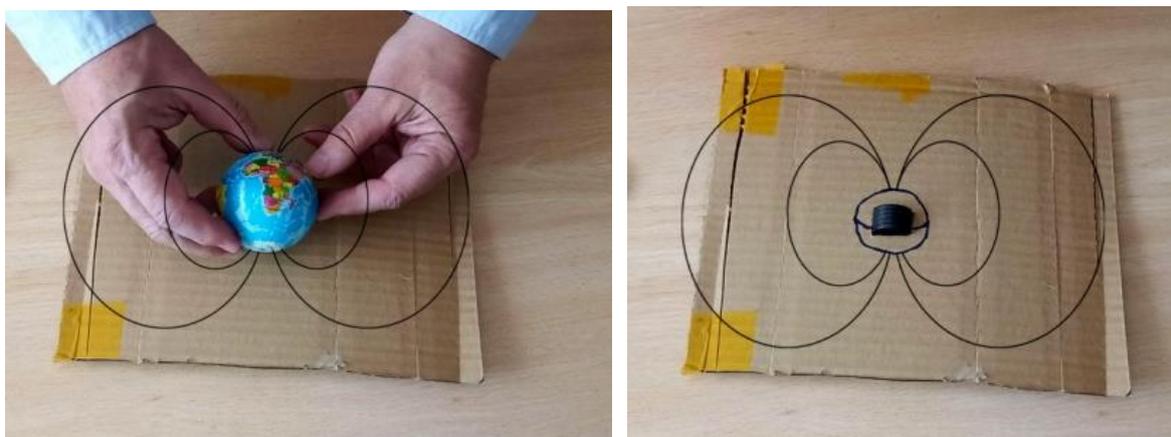


Fig. 16a, 16b Modelo do campo magnético terrestre com algumas linhas de força representadas.



Fig. 17a, 17b, 17c: Com uma bússola, as linhas de campo são "desenhadas" (a agulha da bússola é sempre tangente às linhas de campo).

Dentro de uma esfera de plástico, colocamos um ímã embrulhado em um guardanapo de papel. Representa a Terra. Polvilhamos perto dos postes limalhas de ferro, que visualizam muito bem as linhas do campo magnético naquela área.



Fig. 18: Um ímã dentro de uma esfera de plástico, como um modelo do campo magnético da Terra.



Fig. 19a e 19b: Com limalhas de ferro, as linhas de campo nas áreas polares são visualizadas. É nestas áreas que ocorrem auroras.

A origem da vida na Terra

Aceita-se que a origem da vida na Terra remonta a mais de 3 bilhões de anos atrás, evoluindo dos micróbios mais básicos para grande complexidade ao longo do tempo. Mas como os primeiros organismos se desenvolveram na única casa conhecida de vida no universo?

A ciência permanece indecisa e conflituosa quanto à origem exata da vida, até mesmo a própria definição de vida é questionada e reescrita. Algumas das muitas teorias científicas sobre a origem da vida na Terra que estão em vigor são:

- Uma das teorias mais aceitas é a que propõe que a vida pode ter começado em fontes hidrotermais que podem ser encontradas no oceano profundo, geralmente em placas continentais divergentes e que liberam elementos-chave para a vida, como carbono e hidrogênio. Os fluidos expelidos arrefecem à medida que atravessam a crosta terrestre, absorvendo gases e minerais dissolvidos, como o carbono e o hidrogênio.

Sabemos agora que estas aberturas, ricas em energia química e térmica, quentes e alcalinas, têm uma grande variedade de espécies (Figura 20a e 20b).

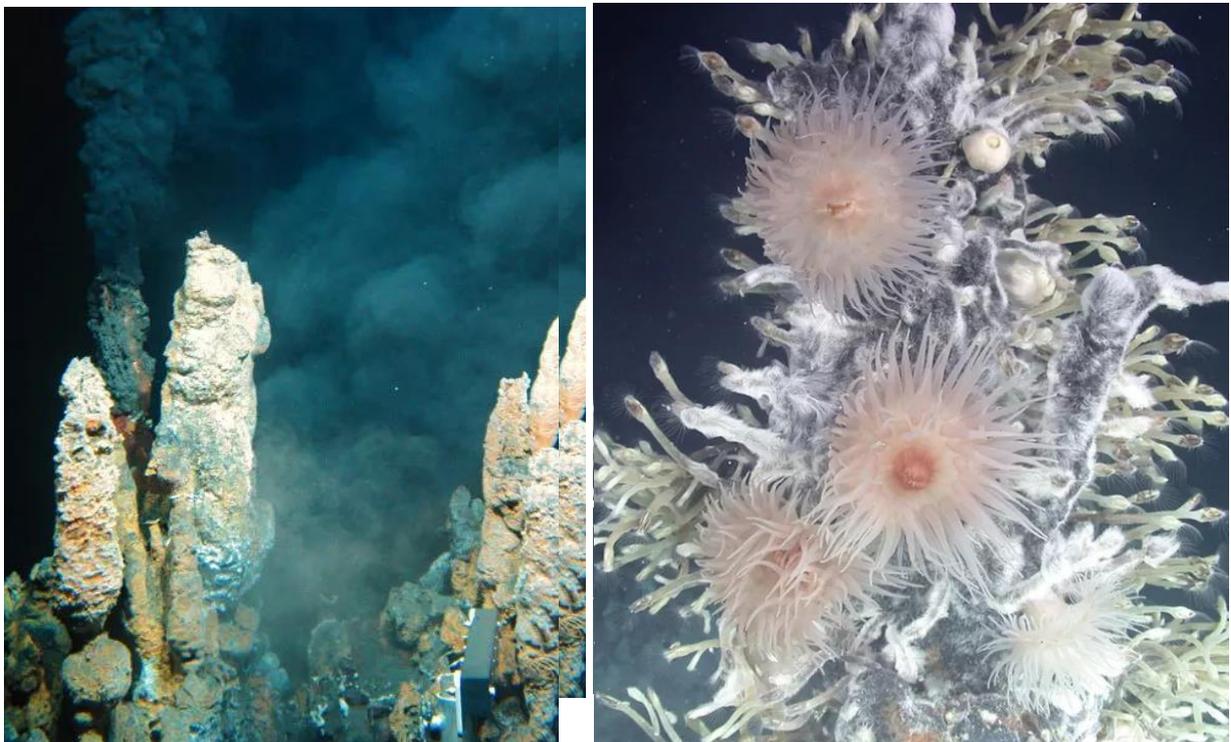


Fig. 20a: A vida pode ter começado em fontes hidrotermais, onde a água do mar ácida encontrou um fluido alcalino da crosta terrestre (Crédito: Woods Hole Oceanographic Institution). Fig. 20b: Anêmonas prosperando nas águas quentes das aberturas (Crédito: NERC ChEsSo Consortium)

- O raio pode ter fornecido a faísca necessária para a vida começar. Faíscas elétricas podem gerar aminoácidos e açúcares a partir de uma atmosfera carregada de água, metano, amônia e hidrogênio. Ao longo de milhões de anos, moléculas maiores e mais complexas podem se formar. Embora a pesquisa tenha revelado desde então que a atmosfera primitiva da Terra era realmente pobre em hidrogênio, os cientistas sugeriram que as nuvens vulcânicas na atmosfera primitiva poderiam ter contido metano, amônia e hidrogênio e descargas elétricas, as primeiras moléculas de vida poderiam ter sido encontradas na argila, cristais minerais na argila poderiam ter organizado moléculas orgânicas em padrões organizados. No entanto, esta teoria não foi demonstrada categoricamente (Figura 21a e 21b).

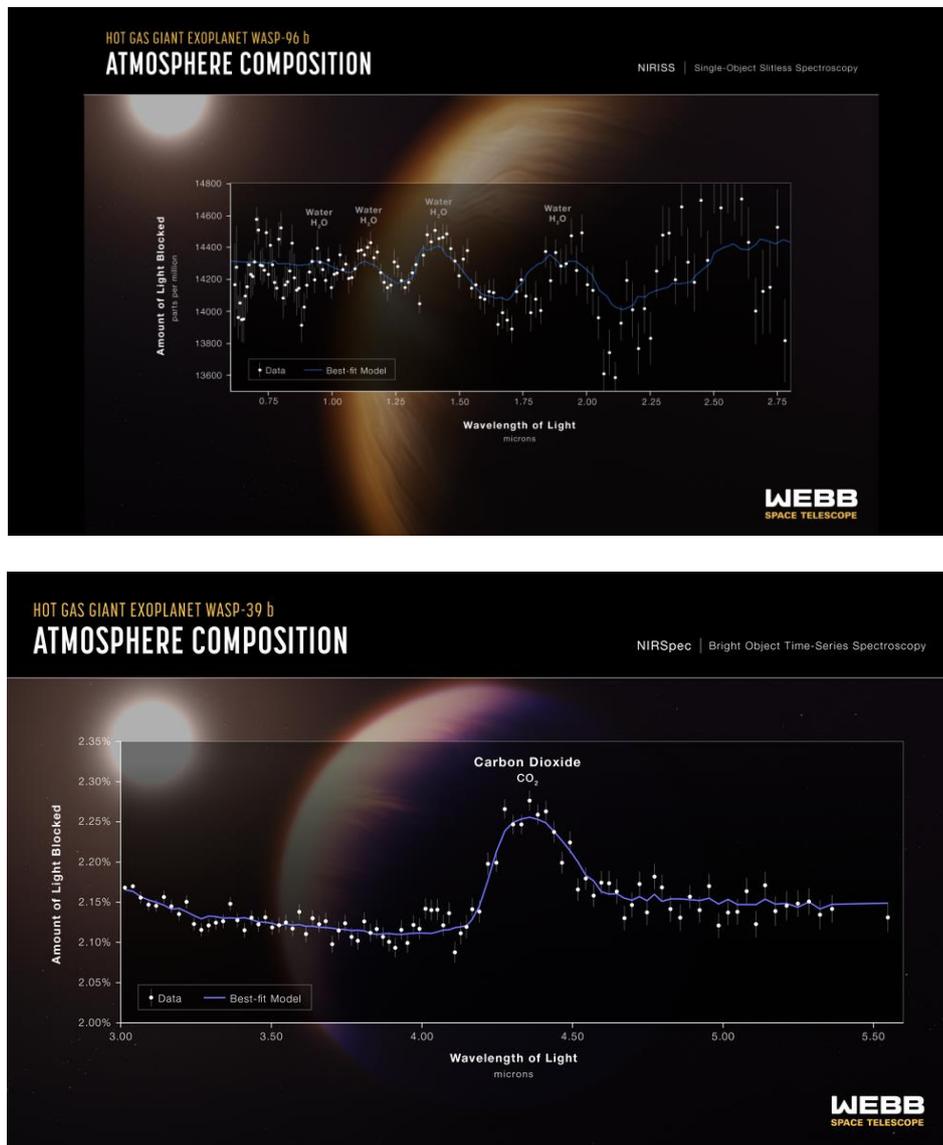


Fig. 21a. Espectros de atmosferas exoplanetárias, adquiridos com o James Web Telescope. WASP-96 b (topo) Fig. 21b: observa-se a presença da molécula de água; WASP-39 b (inferior): a banda de dióxido carbono que não se encontra no centro do espectro. Note-se que estes espectros são espectros de transmissão e OS comprimentos de onda correspondem ao infravermelho próximo, ou seja, as bandas aparecem fora da região visível do espectro eletromagnético.

- Há 3 mil milhões de anos, o gelo pode ter coberto os oceanos e facilitado o nascimento da vida, uma vez que se acredita que os compostos orgânicos sejam mais estáveis a baixas temperaturas. O gelo também poderia ter protegido compostos orgânicos frágeis da ação da luz ultravioleta e impactos cósmicos. Hoje sabemos que no solo congelado, conhecido como permafrost, existem formas de vida em estado latente.

Mas, também seria possível argumentar que a vida começa fora da Terra e teria chegado pela troca de rochas ao longo de milhões de anos graças ao impacto de cometas, asteroides, meteoritos, no âmbito da teoria chamada panspermia. Protegidos das condições do espaço

sideral, os micróbios poderiam sobreviver presos em rochas, mas a questão deve ser levada muito a sério, pois também é possível que, ao chegar à Terra, material extraterrestre seja contaminado com vida pré-existente no Planeta, como aconteceu com o famoso meteorito ALH 84001 (Fig. 22), para o qual pesquisas recentes, financiadas pelo Programa de Astrobiologia da NASA, mostra que o material orgânico nele não foi formado biologicamente, mas por interações geoquímicas entre água e rocha.

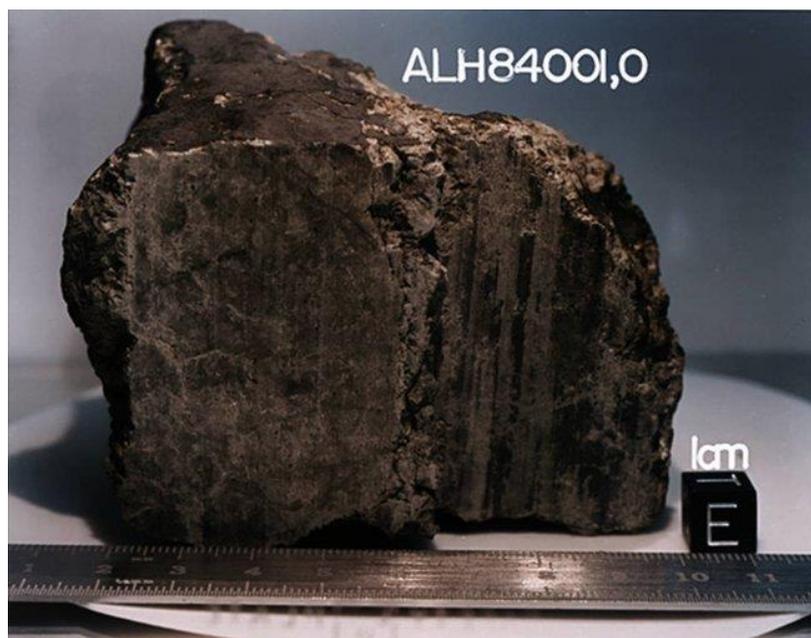


Fig. 22. Meteorito ALH 84001: chegou de Marte, foi o protagonista do anúncio prematuro da chegada de vida daquele planeta. Hoje sabemos que o que é detetado como matéria orgânica não tem origem biológica.

No entanto, mesmo que a panspermia fosse verdadeira, a questão de como a vida começou na Terra só mudaria para como a vida começou em outros lugares da Univer.

A exploração de ambientes extremos na Terra levou à descoberta de inúmeros habitats que tinham sido considerados inabitáveis há apenas alguns anos. O interesse pela diversidade e ecologia de ambientes extremos tem crescido por diversas razões, não só pelo potencial uso de extremófilos e seus componentes em processos biotecnológicos (como biomineração, biorremediação), mas também pela busca de limites para a existência de vida.

As primeiras espécies vivas devem ter sido formas de vida simples que serviram de conexão entre o primeiro organismo (como as bactérias) e a vida como a conhecemos.

Como é sabido, não é possível simplesmente juntar alguns elementos químicos num tubo de ensaio e esperar que um novo tipo de vida apareça espontaneamente. A origem da vida é um evento que leva milhões de anos para ocorrer, mas uma vez que começa, a vida pode se multiplicar exponencialmente e se adaptar a áreas de um planeta que podem ser muito diferentes de onde se originou.

Micrometeoritos

O material sólido originário do sistema solar, foi formando as luas e planetas. Essa acreção não acabou, e cerca de 5 toneladas de material do espaço ainda estão caindo na Terra. Estes meteoros passam pela exosfera e termosfera a alta velocidade sem dificuldade porque essas camadas não são muito densas. Mas quando atingem a mesosfera, a densidade é maior e há um grande atrito que pode derreter o material. Quando arrefecem na estratosfera e troposfera, no final apresentam uma forma esférica, por vezes com estrias e por vezes pequenas bolhas efeito de solidificação rápida.

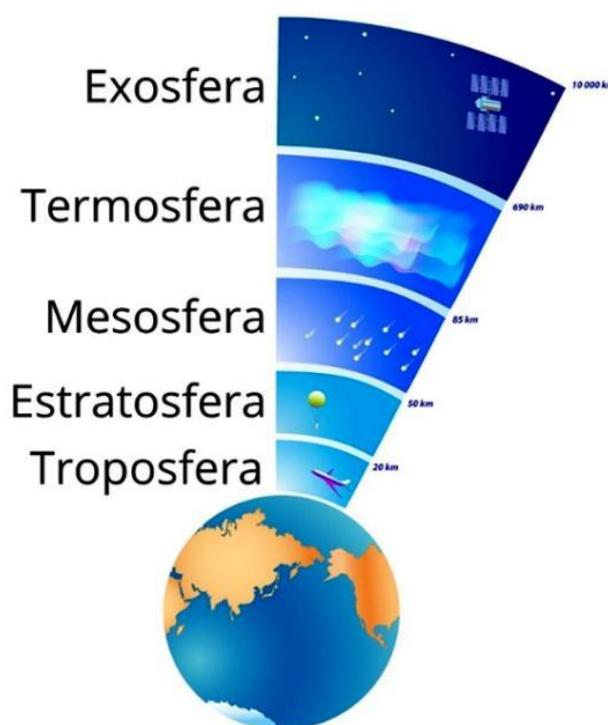


Fig. 23 Camadas da atmosfera (Crédito: Lifeder)

Atividade 5: Simulação de micrometeoritos esféricos.

Encha um recipiente alto e cilíndrico transparente com óleo de girassol como coluna. Com a ajuda de uma seringa (Figura 24a e 24b), algumas gotas de água ou cola são deixadas cair (porque a sua cor parece melhor). O estado físico inicial da água ou refrigerante faz com que pequenas esferas se formem imediatamente que são vistas lentamente caindo pela coluna de óleo.



Fig. 24 a: Gotejamento com uma seringa, Fig. 24b: Coluna onde se formam as esferas.

Atividade 6: Pesquisa de micrometeoritos

Os micrometeoritos podem ser obtidos no material que é continuamente depositado em telhados, estradas, etc. Quando chove, a água lava-os pelas calhas de drenagem dos telhados e nas valas das ruas ou vias. Ele é coletado em uma folha de papel com um pincel um pouco de areia desses sites.



Fig. 25a: Na via pública é possível encontrar valas ou sarjetas com areia grossa onde podemos localizar meteoritos. Fig. 25b: Recolhemos este grão com um papel para analisá-lo.

Um ímã é então passado sob a folha de papel com o material: será claramente visto como pequenas partículas de material ferroso são atraídas para o ímã (Figura 26). Sem separar o ímã, derrube o papel e toda a areia cairá, exceto aquelas partículas escuras finas, que serão atraídas pelo campo magnético do ímã. Vire o papel e retire o ímã. Pode haver possíveis micrometeoritos lá.



Fig. 26a e 26b: Ao passar o ímã sob a folha de papel, arraste o material ferromagnético

Ao visualizar a amostra com a câmera do celular no zoom máximo, as partículas que são micrometeoritos têm forma esférica, como pequenos mármores.

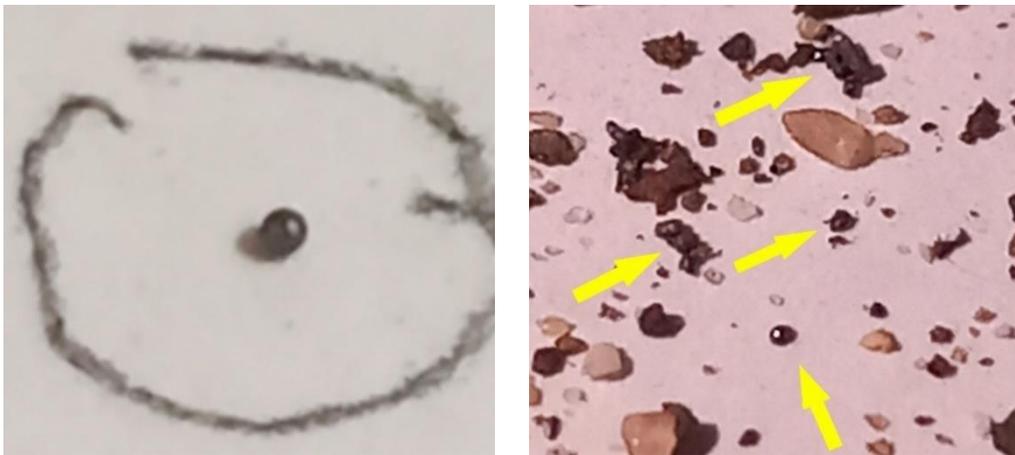


Fig. 27a: Fotografia de um único micrometeorito isolado com a câmera móvel, Fig. 27b: Fotografia com vários micrometeoritos utilizando a mesma câmera;

Você também pode construir "armadilhas" simples. Para tal, são necessários os seguintes elementos:

uma bandeja de cozinha e papel celofane transparente (papel filme de cozinha). Cubra a bandeja com o papel celofane dobrando as bordas ou colando o celofane por baixo, para evitar que voe (Figura 28a, 28b e 28c).



Fig. 28a: Bandeja, papel celofane e fita para colagem, Fig. 28b: Colagem do papel celofane na parte de trás da bandeja, Fig. 28c: "armadilha" de micrometeorito instalada no jardim.

Coloque a bandeja ligeiramente afastada do solo, para evitar que a poeira circundante ou a presença de animais contaminem a amostra (Figura 28c), num local onde não haja muito vento e onde nada cubra o céu. Deixe esta instalação ao ar livre por pelo menos uma semana. O papel vai começar a parecer "sujo". No final da semana, mova todo o material acumulado numa folha de papel. O ímã é passado por baixo e analisado com a câmera do telefone.

Também é possível preparar uma armadilha individual para cada aluno. Você precisa de um copo de papel, uma corda para amarrá-lo e um pequeno ímã.



Fig. 29a e 29b: O vidro amarrado com um fio e um pequeno ímã no interior. Fig. 29c: Aluno usando o vidro, procurando os micrometeoritos.

Para preparar a armadilha para cada aluno, amarramos o vidro com um fio e colocamos um pequeno ímã dentro do vidro. Os alunos se movimentam pela área do pátio da escola com os copos magnéticos. Em seguida, removem o ímã e, se houver partículas de ferro (micrometeoritos), elas cairão sobre a folha de papel branca. Os alunos observam com as câmeras do telefone para encontrar micrometeoritos, identificando-os como pequenas esferas.

Classificação dos extremófilos

Um extremófilo é um organismo, muitas vezes um microrganismo, que vive em condições extremas, ou seja, naquelas circunstâncias que são muito diferentes daquelas vividas pela maioria das formas de vida terrestres.

Até há pouco tempo, pensava-se que nos lugares onde hoje sabemos que os extremófilos crescem era impossível haver vida. Por exemplo, nas áreas extremamente frias da Antártida, nas águas altamente ácidas e ricas em metais do Rio Tinto, ou no deserto extremamente seco e pesado de metais do Atacama. Mas foi demonstrado que existem organismos que vivem em todas essas áreas.

Os astrobiólogos da NASA e da ESA estudam no terreno (Antártida, Deserto do Atacama, Minas de Ríotinto, etc.) como a vida evolui ou se adapta para entender como ela se originou.

A Antártida, em sua maioria, é fria e desolada, no entanto, vários grupos de cientistas conseguiram encontrar uma grande quantidade de vida abaixo de sua superfície. Eles encontraram micróbios extremófilos vivendo a profundidades de 36m com temperaturas de -20°C em água salgada (que não congela devido à alta concentração de sal), outro grupo encontrou a 800m de profundidade um ecossistema inteiro em total ausência de luz (figura 30).



Fig. 30: Diferentes grupos científicos encontram extremófilos sob a superfície da Antártida

Alguns extremófilos vivem na ausência de água ou são capazes de resistir à dessecação vivendo com muito pouco. Como os micróbios do solo do deserto do Atacama.

Há um fenômeno muito espetacular: o deserto florido. Este é o deserto mais seco do mundo, em anos em que há mais precipitação do que o normal e depois aparece uma frente fria de um grande número e diversidade de flores (até 14 variedades) que permanece por alguns meses.

A área mineira de Riotinto desde o século I a.C. foi explorada pelo Império Romano e a situação atual, após centenas de anos de mineração de superfície onde foram extraídos minerais pesados, é de grande interesse para estudar a vida em condições extremas.



Fig. 31: Fotografia de agosto de 2022 Após vários anos de secura, os últimos anos foram 2015 e 2017

Outros extremófilos desenvolvem-se em ambientes de alta acidez e altas concentrações de metal (ferro, cobre, cádmio, arsênico, zinco, chumbo). As reações neste rio são catalisadas por bactérias acidofílicas, de modo que, se a acidez é reduzida, a população de bactérias se multiplica, o que gera mais oxidação de sulfetos e mais acidez em um processo que se retroalimenta. Os habitantes da região sabem quantovai chover por causa das mudanças na cor do rio (as bactérias geram mais acidez para manter o pH durante a cheia do rio).



Fig. 32: As águas vermelhas de Rio Tinto, onde vivem bactérias acidofílicas.



Fig. 33: *Erica andevalensis* está disseminada por toda a área, cujas raízes em solos ácidos e com muito poucos nutrientes

Existem extensas áreas de arbustos de *Erica Andevalencis* ou "urze mineira", distribuídas ao longo do leito do rio. Estas plantas têm as suas raízes em solos muito ácidos e com poucos nutrientes. Mesmo algumas plantas crescem nas margens do rio com suas raízes parcialmente submersas em água ácida e solos com altas concentrações de cobre e chumbo.

A pesquisa espacial requer o trabalho de astrobiólogos em áreas extremas como a Antártida, o deserto do Atacama ou as minas de Ríotinto. O primeiro passo de muitos dos protocolos que são realizados para descobrir extremófilos é o processo de extração de DNA e, por esta razão, esta atividade é realizada abaixo.

Atividade 7: Extração de ADN

Depois de observar que há vida em condições muito extremas, decidiu-se fazer o teste de DNA quando se quer detetar a existência de vida. Os restos de DNA permitem detetar a existência de vida (atual ou passada), e isso é usado para procurar vida no espaço.

A molécula de ADN é uma molécula muito longa e é compactada com proteínas (como um emaranhado) no interior das células. Assim, para detetar a presença de restos de DNA, é necessário preparar uma solução com a qual possamos quebrar a membrana envolvente da célula.

Vamos proceder como exemplo para extrair o DNA de um tomate maduro porque é muito fácil liquefá-lo.

Solução para quebrar a célula

Em meio copo de água, uma colher de chá de sal (Cloreto de Sódio) é dissolvida para liberar as proteínas e, assim, liberar o DNA que aparecerá branco devido à presença de sal. Três colheres de chá de fermento de sódio, para manter o pH da solução constante e que o ADN não se degrade. Em seguida, adicione a máquina de lavar louça até que a água tenha a cor desta, para quebrar a membrana das células gordurosas. É necessário misturar sem espuma para poder ver bem o ADN.

Prepare o suco de células "do tomate"

Começaremos por extrair duas colheres de sopa de polpa de tomate, esmagando-a com uma colher e esmagando-a com um garfo até termos um puré mais ou menos líquido (figura 34).

Deite a solução disjuntora das células sobre o puré de tomate. Duas vezes o volume de solução do que o puré de tomate. Para quebrar as células, agite tomando cuidado para não fazer espuma e coar para remover os pedaços grandes. O conteúdo dentro das células está no sumo e é aí que se encontra o ADN que queremos extrair.



Fig. 34: Preparar o puré de tomate líquido, para proceder ao despejo do dobro da solução disjuntora das membranas, para extrair o ADN.

Tornar o ADN visível

Quando há muitas cadeias de ADN parece uma nuvem branca (o sal dá-lhe a cor esbranquiçada). Deixamos cair álcool na parede do copo de sumo, porque queremos que uma camada de álcool permaneça em cima do sumo sem se misturar com ele. Em três ou quatro minutos forma-se uma nuvem branca de ADN que se aglutina e se torna visível (sobee). O álcool é adicionado porque o ADN não é solúvel em álcool e forma-se a nuvem de ADN que é bem visível (figura 35).



Fig. 35: A nuvem de DNA é muito visível flutuando acima da mistura

Bibliografia

- Arisa, E., Mazón, J. and Ros, R.M. 2012, Looking for the north, EU-UNAWA, Barcelona, Spain.
- Dill K.A. and Agozzino L. 2021, “Driving forces in the origins of life”, Open biology, Volume 11, <https://doi.org/10.1098/rsob.200324>
- Kostov, R. I., Kurchatov, V. 2001. Bulgarian meteorites – history and stage of study. – Geology and Mineral Resources, 8, 10, 16-20, Bulgaria.
- Larsen L., 2019, On the Trail of Stardust: The Guide to Finding Micrometeorites: Tools, Techniques, and Identification, Voyageur Press, Beverly, MA (USA).
- Levy M. et al. 2000, “Prebiotic Synthesis of Adenine and Amino Acids Under Europa-like Conditions”, Icarus, Volume 145, <https://doi.org/10.1006/icar.2000.6365>
- Martin W. 2008, “Hydrothermal vents and the origin of life”, Nature Reviews Microbiology, Volume 6, <https://doi.org/10.1038/nrmicro1991>
- Moreno, R., 2022, Experimentos para todas las edades, 3ª Edición. Editorial Rialp, Madrid (Spain).
- Declaration for scientists/researchers using the NHM Collection, 2013.
- La plus Grande Histoire jamais contée, Des Origines de l’Univers a la vie sur Terre, Belin, Paris, France, 2017.
 - <https://www.sciencefriday.com/articles/up-on-the-roof-a-handful-of-urban-stardust/>
 - <https://micro-meteorites.com/>
 - <https://www.astrogc.com/index-otros-projects-met.html>
 - <https://www.pbslearningmedia.org/resource/5762943c-af62-4a3b-8340-36660545628a/go-outside-and-play-micrometeorites-young-explorers/>