Circular Astronómica

1029

RED DE ASTRONOMÍA DE COLOMBIA - RAC · ISSN 2805-9077

FOTOGRAFÍA: MIGUEL DUARTE - CAMO

NOVIEMBRE DE 2026

Editorial

Institución organizadora
Asociación Red de Astronomía de Colombia -RAC
NIT 901701970-6

Consejo editorial

Ángela Patricia Pérez Henao
Presidente de la RAC,
Antonio Bernal González
Divulgador científico
Observatorio Fabra de Barcelona (España).
José Roberto Vélez Múnera
Expresidente de la RAC.

Revisión editorial
Luz Ángela Cubides González
Astrónoma y divulgadora independiente.
Santiago Vargas Domínguez
Astrónomo Observatorio Astronómico Nacional (OAN) y AstroCO.
Andrés Gustavo Obando León
Diseñador de juegos educativos

Diseño gráfico

Carlos Francisco Pabón Pinto
Diseñador gráfico, editorial y de información; periodista y docente.

Editado en Bogotá, Colombia
Noviembre 2026
ISSN: 2805 - 9077

Una admiración por la dedicación y el trabajo bien hecho

La reciente celebración de la Semana Mundial del Espacio y el evento Aula al Cosmos, organizado por la Universidad Sergio Arboleda, en el que tuve la oportunidad de participar y reencontrarme con colegas de una misión compartida —una misión educativa—, me llevaron a reflexionar sobre el valor de la dedicación, la precisión y la búsqueda de la excelencia. Aunque solemos decir que nadie es perfecto, hay profesiones que nos exigen aspirar constantemente a dar lo mejor de nosotros mismos.

A esta reflexión se suman el valor de la palabra, la responsabilidad de ser ejemplo y tantas otras virtudes y habilidades que debemos cultivar quienes asumimos la vocación de ser profesores. Todo ello se entrelaza con mi profunda admiración por la profesión de los astronautas, quienes llevan al límite muchas de las capacidades humanas y ponen a prueba valores esenciales de nuestra especie. Su labor nos recuerda hasta dónde podemos llegar cuando el conocimiento, la disciplina, la preparación y el compromiso se unen para alcanzar objetivos que, en otro tiempo, parecían imposibles.

En esta emisión de la Circular tenemos un artículo del médico internista y divulgador de astronomía José Roberto Vélez, dedicado al cuerpo humano en el espacio; es decir, a los fenómenos que deben afrontar los astronautas, esos pioneros que posiblemente conduzcan a la especie humana hacia las estrellas. Este texto nos ofrece un repaso detallado de los desafíos que los futuros viajeros del espacio tendrán que superar. En Colombia hemos desarrollado proyectos muy interesantes con nuestros estudiantes relacionados con estos temas, y la experiencia pedagógica, además de ser significativa, resulta muy enriquecedora. Este documento, escrito por la primera persona que en Colombia empezó a profundizar en el tema y difundir sus hallazgos, puede ayudarnos a resolver dudas y nos enseña muchos detalles que seguramente nuestros estudiantes nos han preguntado o nos preguntarán alguna vez.

Si logramos avanzar en nuestra exploración espacial, podremos llegar a vivir en algún otro lugar del Sistema Solar. ¿Habrá vida en algún otro lugar de nuestro vecindario cósmico? Esta pregunta también inspira otros textos divulgativos que presentamos en esta emisión de la Circular. En el ámbito de la divulgación de la astronomía en Colombia, cada vez se habla más de astrobiología. Es muy importante que conozcamos las bondades de nuestro planeta, su fauna y su flora, para que podamos mirar hacia otros lugares con una perspectiva bien contextualizada y sorprendernos con cada hallazgo.

En la sección de astronomía y educación contamos con un texto que nos sensibiliza sobre la vida en nuestro planeta a través de una experiencia tranquila de observación de aves. Disfrutemos, a través de los ojos de Nikolas, de una especie voladora que seguramente no encontraremos en otros planetas. Por lo pronto, sigamos disfrutando de nuestra naturaleza y de los cielos que nos envuelven: contamos con una ubicación privilegiada para la observación.

¡Disfruten la Circular!
Ángela Patricia Pérez Henao. Presidente de la RAC
presidencia@rac.net.co @redastronomiacolombia

CC BY NC SA

Contenido

Índice de autores

José Roberto Vélez Múnera
Expresidente de la RAC

Susan Gisel Franco Acosta
Grupo Sirius SAAC, Panamá

Jorge A Suárez R.
Instituto Tecnológico Metropolitano

Ángela María Tamayo Cadavid
Observatorio Fabra

Miguel Duarte, Diego Yontahan Moreno Ramírez, Andrés Arboleda, Andrés González Hernández, Daniel Espitia, Juan David Rengifo Peñas, Carlos Enrique Ortiz Rangel, Pablo Luis Rodríguez Abril
Astrofotógrafos

Mauricio Chacón Pachón, Nikolas Chacón Aragón
Semillero de BioAstronomía Shaulitos

Raúl García
Divulgador de astronomía

Germán Puerta Restrepo
Divulgador de astronomía

Las opiniones emitidas en esta Circular son responsabilidad de sus autores.

4 Eventos especiales

4 **El cuerpo en el espacio (parte I)** | José Roberto Vélez Múnera

23 Temas Destacados

23 **Más allá de Marte** | Susan Gisel Franco Acosta

26 **La espectroscopia astronómica** | Jorge A. Suarez R.

31 Mujeres en la ciencia

31 **Ada Lovelace** | Ángela María Tamayo Cadavid

33 Astrofotos del mes

33 **Astrofotos del mes** | Agrupaciones RAC

42 Astrofotos del mes

42 **Aves, lluvia y montaña** | Mauricio Chacón Pachón y Nikolas Chacón Aragón

45 Eventos celestes del mes

49 Programación del mes

Eventos Especiales

La astronauta de la NASA, Christina Koch, sonríe a la cámara mientras sostiene una pipeta y un folleto sobre saliva para el estudio de biomarcadores inmunitarios de Artemis II. Credito: NASA

El cuerpo humano en el espacio (parte I)

CONCEPTOS BÁSICOS DE FISIOLOGÍA DEL CUERPO HUMANO EN MICROGRAVEDAD

José Roberto Vélez Múnera, MD., Internista
Profesor de Medicina y Astrónomo autodidacta
Expresidente de la Red de Astronomía de Colombia-RAC

El ser humano inteligente o «sapiens», como lo conocemos hoy, deambula sobre la superficie terrestre hace más de trescientos mil años, y probablemente al aplicar su intelecto primitivo para valerse de instrumentos, comunicarse y reconocerse dentro de un entorno social, uno de sus primeros asombros surgió quizá al observar el firmamento. Con esto le sobrevinieron

los más elementales interrogantes científicos -muy intuitivos-, existenciales y mitológicos; la capacidad de cuestionarse sobre la trascendencia de su propia existencia, que es lo que verdaderamente le imprime su carácter de "inteligente". Seguramente se preguntaba acerca de la naturaleza de lo que observaba y a lo mejor, al no hallar una explicación plausible para lo que veía sobre su cabeza, fabricó sus propios mitos, fábulas y leyendas que probablemente estimularon su primigenio embrión de espiritualidad. Y por qué no, al contemplar el vuelo de las aves, pudo haber alimentado tempranamente el deseo de alcanzar los cielos, que hubo de mantener impotente e inexplorado por milenios hasta nuestros días.

¡Cuánto tiempo tardó la humanidad en entender nuestro Universo; por lo menos lo más elemental de éste!, porque en todo caso gran parte de él aún no lo comprendemos. Y explorarlo, menos. Solo hasta muy entrada nuestra historia reciente con el advenimiento de los genios renacentistas como Da Vinci, que el ser humano se dedicó expresamente a ingeniárselas para poder volar, o más acá, confabular fantasías como Julio Verne de propulsarnos más allá de la órbita terrestre y quedar vivos para contarlo.

Esto fue hace tan solo unos pocos años. Qué se iban a imaginar los hermanos Wright a comienzos del siglo veinte que su genial embeleco de volar con un trapo y varios palos conduciría a la portentosa aeronáutica que hoy tenemos. Y luego más recientemente en nuestra historia contemporánea con la "revolución industrial", sobrevinieron genios visionarios como Tsiolkovsky, Goddard y von Braun que hicieron realidad nuestro sueño de desprendernos del yugo de la gravedad terrestre, fuera de nuestra apacible y cómoda atmósfera, para adentrarnos al espacio exterior donde todo es inmenso, inesperado, hostil, solitario y frío.

Sin embargo, los primeros "vuelos" (o mejor, viajes) de órbitas bajas seguidos poco después por los extra orbitales, inicialmente todos de corta duración, digo, de horas a pocos días, no alcanzaron a prevenir con suficiencia, dada su corta duración en tiempo y permanencia, sobre los importantes cambios que se suscitan en el cuerpo humano al desprenderse de una buena parte del efecto de la gravedad terrestre.

Fue solamente en los primeros viajes de más de dos o tres días y especialmente aquellos que permitían la permanencia de seres humanos por largas temporadas, que nos percatamos de los serios efectos que tiene la ingravidez en la fisiología del cuerpo humano, cuando sobrevinieron las primeras estaciones espaciales orbitales en los años setenta, empezando por las Salyut rusas, la SkyLab norteamericana y especialmente la MIR, también rusa, hasta la llegada de las naves tripuladas reutilizables como el Transbordador Espacial, que favorecían la permanencia prolongada del hombre en el espacio, hasta concluir en esa maravillosa obra de la ingeniería humana: la Estación Espacial Internacional (EEI).

Por supuesto en los primeros vuelos la ingeniería se tuvo que concentrar en el suministro de oxígeno, de preservar una presión barométrica adecuada y de proteger al astronauta de los cambios abruptos de temperatura, por ejemplo, de los traumas, de la vibración y de la radiación solar, entre otras. Quizá muy tempranamente también sobre aspectos tan aparentemente simples como la deposición de excretas dentro del traje espacial (tengamos en cuenta que los primeros viajes el traje era de uso permanente), y el suministro de alimentación e hidratación oral, pero nada más.

Pero no se crea que los primeros visionarios que emprendieron la tarea de enviar seres vivos al espacio en habitáculos cerrados no sospecharon que pudiesen sobrevenir cambios en su comportamiento fisiológico. Desde recién emprendida la tarea de enviar seres vivos, ya los médicos e ingenieros se propusieron evaluar mediante técnicas telemétricas el comportamiento de las variables fisiológicas más elementales, como la respiración, la presión sanguínea y los latidos cardíacos. Los primeros experimentos fueron tempranamente en los años cincuenta con ratones, perros y monos Rhesus, y la querida y recordada perrita Laika en 1957 a bordo del Sputnik 2, primer ser vivo en orbitar la Tierra con telemetría múltiple, que falleció realmente por una falla en el sistema de control térmico de la nave y, se especula, aunque no parece haber sido así, por un inmenso estrés. Y luego vino Ham, el primer chimpancé a bordo de una cápsula Mercury en 1961 con los mejores sensores médicos para la época, e incluso con entrenamiento para tareas cognitivas elementales activadas a voluntad por palancas.

Pero el más exitoso de los proyectos de telemetría, además del primero en un ser humano, vendría sin duda con el cosmonauta soviético Yury Gagarin en 1961 a bordo de la nave Vostok 1, del que se obtuvieron los datos fisiológicos más completos para la época por telemetría de la función respiratoria e incluso el primer electrocardiograma en pleno vuelo, probando por primera vez que el cuerpo

humano tolera el entorno espacial y la ingravidez.

Para comienzos de los años 70 con los programas Apolo de la NASA y sus viajes de más de 3 días, que concluyeron con la llegada del hombre a la Luna en 1969, se pudieron identificar con claridad los principales cambios fisiológicos tempranos del cuerpo humano en “gravedad cero" como erróneamente se le llamó entonces, y se empezó la planeación de proyectos rigurosos sistemáticos de telemetría para el estudio de los principales grupos de alteraciones corporales en microgravedad que para la fecha ya se habían identificado: los cardiovasculares, los neuro vestibulares y los osteomusculares. Por supuesto, en simultánea, se hizo una evaluación de la capacidad de tolerancia de los diferentes tejidos del cuerpo a la radiación del entorno espacial, que ha sido motivo de principal preocupación desde siempre y condición protagónica cada vez que se habla del tema.

Tratándose de proyectos de ingeniería aeroespacial y de permanencia prolongada en el espacio, los rusos casi siempre llevan la delantera. En ese aspecto, el proyecto más tempranero fue la Salyut-1, primer habitáculo espacial puesto en órbita en 1971 que duró 175 días, con dos tripulaciones visitantes, la primera fallida y una segunda que permaneció 23 días haciendo experimentos con plantas y con sus propios cuerpos, pero que perecieron al reingreso.

Valeri Polyakov (1942 - 2022). Imagen Wikipedia

Luego vino la SkyLab de los Estados Unidos en 1973 con tres tripulaciones hasta 1979, la última de ellas de más larga duración con 84 días continuos de permanencia. Su importancia desde el punto de vista de la investigación científica, es que los ejes centrales de investigación fueron ejecutados mediante dos proyectos de referencia (o especialización): la PhysioLab para el estudio del comportamiento hemodinámico, de fluidos y cardiovascular, y la NeuroLab para el estudio de las alteraciones neurológicas, vestibulares y del equilibrio en microgravedad. Gran parte de lo que conocemos hoy en día sobre los cambios fisiológicos y el comportamiento del cuerpo humano en ingravidez, lo debemos a esos dos proyectos de investigación en la SkyLab que se ampliaron y se profundizaron en las misiones posteriores.

Luego vino la estación espacial MIR rusa entre 1986 y 2001, primera estación espacial de ensamble modular sucesivo que además, después de la disolución de la Unión Soviética, se convirtió en un laboratorio de investigación multidisciplinaria y de colaboración internacional, abriendo las puertas a proyectos de gran envergadura plurinacional como la Estación Espacial Internacional actual. Fue la primera estación espacial de investigación habitada de manera permanente, albergando astronautas por periodos muy prolongados de tiempo. El récord de permanencia en el espacio lo tiene el cosmonauta y médico Valeri Polyakov en 1994 con 437,7 días sucesivos en órbita, comprobando que el cuerpo humano puede resistir los cambios en microgravedad y especialmente aquellos relacionados con la atrofia y pérdida de masa muscular que pudo moderar mediante el ejercicio físico -por primera vez aplicado en el espacio- empleando medidas de contrarregulación y aparatos de fisioterapia a bordo, por lo que a su reingreso manifestó, caminando al salir de su nave espacial, que los cambios eran perfectamente prevenibles y probablemente recuperables, como hoy lo sabemos.

A partir de estas misiones sobrevino el auge desbordado y cooperativo internacional por el estudio de los cambios fisiológicos del cuerpo humano en microgravedad, pudiéndose identificar de manera más clara y completa cuales son aquellos más prominentes y que deben ocupar las primeras líneas de investigación para tomar las debidas medidas de control, que hoy conocemos como “contramedidas”, que han sido desarrolladas simultánea y paulatinamente en la medida que se han ido identificando los cambios, sus consecuencias y sus posibles mecanismos fisiopatológicos de producción.

Desde entonces las agencias espaciales internacionales más importantes han tenido alguna actividad o participación en el estudio del comportamiento del cuerpo humano en el espacio y en la fabricación de contramedidas para mantener el bienestar de los habitantes permanentes de las naves espaciales en órbita. Son destacables la Agencia Espacial Europea (ESA), la Corporación Espacial Estatal Roscosmos de Rusia, la Agencia

Japonesa de Exploración Espacial (JAXA), la Canadiense y las más recientes de la India (ISRO) y la Agencia China (CNSA) y, por supuesto, la NASA de los Estados Unidos, sin contar con el auge que ha mostrado el sector privado y empresarial en los últimos años.

No se puede dejar pasar la importante participación que han tenido nuestros científicos colombianos en el estudio y desarrollo del conocimiento humano del vuelo espacial a nivel internacional. Tratándose de la comprensión del comportamiento fisiológico, hay que destacar los aportes del Doctor Rodolfo Llinás Riascos, reconocido médico neurofisiólogo colombiano quien participó de manera sobresaliente en 26 experimentos científicos de fisiología en microgravedad durante el proyecto NeuroLab que se ejecutó en la misión STS-90 del Transbordador Columbia en 1998 (atención, no en el NeuroLab de la SkyLab como suele confundírsele), para estudiar el efecto de la falta de gravedad sobre el cerebro humano en condiciones extremas, las alteraciones del sistema del equilibrio y el sueño, empleando como objeto de estudio a los astronautas mismos y a cerca de dos mil especímenes animales, con lo que se constituyó en la mayor población de especies vivas enviadas al espacio con fines neurocientíficos. Dicho sea de paso, el Doctor Llinás es un entusiasta astrónomo aficionado, autodidacta y magnífico astrofotógrafo muy cercano a la RAC, que recientemente cedió en herencia su muy querido telescopio personal al Observatorio Astronómico Nacional (OAN) con sede en Bogotá, con el deseo de que su legado sirva para el avance de la educación e investigación astronómica del país. Destacado también el ingeniero electrónico Jorge Reynolds Pombo, quien desarrolló el primer marcapasos cardíaco artificial externo y ha sido líder en proyectos biológicos de telemetría electrofisiológica en humanos y animales, cuyos trabajos fueron de gran interés científico para la NASA y otras agencias espaciales. Otros importantes profesionales colombianos (1) han llegado a participar en proyectos de simulación del viaje a Marte con la ESA, o han tenido participación en proyectos conjuntos con la NASA, por ejemplo para la fabricación de textiles de los trajes espaciales y alimentos concentrados para el consumo humano en el espacio.

Hablando de la NASA, hay que destacar dos entidades que han estado a la vanguardia mundial para el estudio de estos aspectos y el establecimiento de contramedidas fisiológicas. Son la Oficina de Investigación Biológica y Física (OBPR) hoy transformada en la División de Ciencias Biológicas y Físicas de la NASA (BPS), fundada en los noventa y dedicada al estudio de los fenómenos biológicos de los seres vivos en el espacio y los fenómenos físicos en ausencia de gravedad (2), y el Instituto Nacional de Investigación Biomédica Espacial (NSBRI), en cuyas páginas se pueden consultar los aspectos básicos del conocimiento actual y los proyectos de vanguardia en la investigación biomédica sobre la materia (3). Esta avalancha de conocimientos y actividades multidisciplinarias condujeron a que se abriera un nuevo campo de especialización médica que se constituye hoy en día en la Medicina Aeroespacial, ampliamente difundida en la práctica clínica.

En la década de los noventa tuve la enorme satisfacción en el ejercicio de mi profesión de establecer vínculos académicos con un grupo de médicos que se desempeñaban en medicina aeronáutica, algunos en su actividad profesional particular otros vinculados con la Aeronáutica Civil (AC) y con la Fuerza Aérea Colombiana (FAC), con la que tuve el honor de interactuar estrechamente, que por aquel entonces eran reconocidos dentro del ambiente del desarrollo aeronáutico de nuestro país, donde la especialidad era inexistente como tal. Muchos de ellos entrenados fuera de Colombia o con relaciones estratégicas con la FAC o la AC, con quienes compartimos conocimientos y experiencias en el ejercicio, promoción y divulgación de la “Medicina de Aviación", como se la llamaba entonces. Simultáneamente con el desarrollo de los programas internacionales que hemos descrito, y atendiendo las necesidades cada vez más crecientes del país, se fundó en 2001 el primer posgrado de Especialización en Medicina Aeroespacial en la Universidad Nacional de Colombia (4), gracias a un acuerdo cooperativo con la Aeronáutica Civil y la FAC, basado en el papel fundamental que cumplía el Centro de Medicina Aeroespacial (CEMAE) adscrito a la FAC, con un rol primordial de investigación, entrenamiento fisiológico y evaluación psicofísica de tripulantes aéreos en el país. Es tal el auge que ha cogido la especialidad de Medicina Aeroespacial a nivel mundial, que ya hay programas de posgrado en reconocidos centros universitarios que producen abundantes documentos académicos de divulgación, material de estudio e investigación científica en la materia, algunos de ellos fuente de los conceptos contenidos aquí (5-7). Ya hoy en día Colombia cuenta con varios especialistas en Medicina Aeroespacial que han venido a llenar un vacío que era suplido por

personas que voluntaria y empíricamente habían tomado, por gusto y sin pretensión alguna, el empeño del estudio de estas disciplinas.

Habiendo hecho esta necesaria introducción y colocado en contexto el tema a tratar, vamos a resumir de la mejor manera posible cuáles son los aspectos que afectan el comportamiento del cuerpo humano en microgravedad, fuera de la influencia gravitatoria de la Tierra, y trataré en lo posible de emplear los términos más simples y mejor explicados para que exista el entendimiento más apropiado.

En términos generales los cambios de la fisiología y el comportamiento del cuerpo humano, entendido como un ser integral biopsicosocial, se pueden clasificar en tres órdenes:

1. Alteraciones fisiológicas o funcionales del cuerpo humano inherentes a su condición de microgravedad. Comprende los cambios fisiológicos orgánicos propiamente dichos.
2. Alteraciones funcionales del cuerpo humano debidas a su entorno y circunstancia extraordinaria de su hábitat fuera de la Tierra. Comprende aquellas situaciones que afectan sus ciclos circadianos, provisión de las necesidades fisiológicas y psicológicas básicas y la exposición a amenazas exógenas al cuerpo humano potenciales. Esto incluye por ejemplo dormir, la disposición de sus necesidades fisiológicas de excreción, su alimentación y la exposición a la radiación, traumas por micrometeoritos y "basura espacial". Esto, en general, afecta al ser humano permanentemente, mientras permanezca en el espacio.
3. Alteraciones situacionales relacionadas con el ambiente psicosocial en estancias prolongadas, que involucra sus costumbres, su desenvolvimiento psicológico individual, su relacionamiento interpersonal y social, la satisfacción de sus deseos y expectativas íntimas y personales, etcétera. De igual manera afecta a la persona permanentemente mientras se encuentre entre un habitáculo espacial cerrado, es decir, durante todo el viaje.

Por supuesto dada la brevedad de este espacio no podrán ser abordadas a profundidad todas las situaciones que comprometen el bienestar del ser humano fuera de la Tierra porque, además, especialmente en el tercer grupo, no están aún resueltos la gran mayoría de los interrogantes, aunque no está de más señalarlos para despertar el interés en nuestros lectores.

Tratándose especialmente de los cambios fisiológicos y orgánicos inherentes al cuerpo humano, es decir, aquellos que hacen al primer grupo en referencia, las alteraciones pueden ser también de tres categorías dependiendo de su tiempo de aparición, transcurso y reversión o permanencia a lo largo del tiempo. Pueden ser:

1. Tempranos: aquellos que se presentan generalmente dentro de los primeros tres días del viaje espacial.
2. Tardíos: ocurren entre el tercer día y la sexta semana de permanencia fuera de la Tierra.
3. Postreros: aquellos que se han presentado más allá de un mes y medio en el espacio, pueden quedar permanentemente o ser progresivos si no se toman medidas sistemáticas para impedir su progresión o revertir los cambios ya establecidos.

Sección I
Alteraciones fisiológicas inherentes del cuerpo humano en microgravedad

Resulta interesante ver cómo cuando se trata el tema que nos ocupa, lo primero que se le ocurre a quienes lo abordan es el de la radiación espacial. Y no es para menos dada su evidente gravedad, pero es un fenómeno inevitable consecuencia del entorno espacial y carencia de la atmósfera, no propiamente de la falta de gravedad, y aunque es también causa importante de afectación, está más relacionado con permanencias prolongadas.

Como se mencionó en la parte introductoria, los cambios más prominentes de la fisiología corporal se suceden en tiempos diferentes. Los hay que aparecen abruptamente desde el momento mismo del despegue, suelen ser muy intensos y angustiantes, y terminan revirtiendo espontáneamente entre las primeras 48 a 72 horas del viaje espacial. Otros se prolongan hasta la cuarta y la sexta semana de la permanencia espacial, y finalmente algunos que, si no se toman medidas correctivas, pueden ser permanentes y progresivos después del mes y medio de permanencia continua en condición de microgravedad y sometido a las condiciones de ambiente espacial abierto. En orden por grupos, son:

1. Cambios cardiovasculares, hemodinámicos y de fluidos corporales
2. Cambios neurológicos y vestibulares (del equilibrio)

3. Cambios osteomusculares
4. Cambios respiratorios y pulmonares
5. Cambios hemato-inmunológicos

1. Cambios cardiovasculares, hemodinámicos y de fluidos corporales

Son los que aparecen más tempranamente y habitualmente producen más asombro y preocupación. Para entenderlos hay que tener en cuenta las siguientes premisas.

El cuerpo humano está constituido por material sólido ocupado por las estructuras fibro membranosas de los tejidos en un 40% y material líquido (es decir, agua) en el restante 60%. De éste, el 40% es el agua que ocupa el interior de las células (agua intracelular, virtualmente "inmóvil" contenida por las membranas) y del restante 20%, la sangre solo equivale al 5%, pero que circula libremente dentro de los conductos o vasos sanguíneos (que llamamos volumen intravascular), y está compuesta en un 90% de agua libre (si separamos las células hemáticas) en forma de plasma, en una cantidad cercana a los 5 litros. Ese volumen de sangre es, en esencia, agua que se desplaza libremente dentro de los circuitos vasculares.

A riesgo de incomodar a mis colegas médicos, debo emplear en adelante un lenguaje muy sencillo, casi pueril a propósito y con respeto, para explicar los eventos fisiológicos de la manera más comprensible a nuestros lectores, que no siempre poseen conocimientos en la materia ni acostumbran los términos científicos que habitualmente se emplean.

La sangre entonces, agua en esencia, se mueve en el cuerpo a través de las arterias, capilares y venas, que en conjunto denominamos vasos sanguíneos, y es distribuida por el corazón, que es básicamente un músculo que actúa como una bomba aspirante e impelente. Bajo condiciones normales por el efecto de la gravedad terrestre, mientras la persona permanece en bipedestación, la mayor cantidad de esa sangre se distribuye de la cintura y la pelvis hacia abajo, hacia los muslos y las piernas, y la devolución de ésta se hace gracias a la contracción de la musculatura de las extremidades inferiores al caminar, que la retornan al corazón para continuar el circuito de su distribución. Es decir, en condiciones de gravitación el agua es "halada" hacia abajo (Figura 1). Cuando desaparece el efecto de la gravedad, los líquidos se comportan como todos los fluidos y la materia en el espacio, es decir, la gravedad desplaza la materia hacia el centro y la presión hacia fuera, en equilibrio hidrostático que hace que el elemento adquiera una forma esférica.

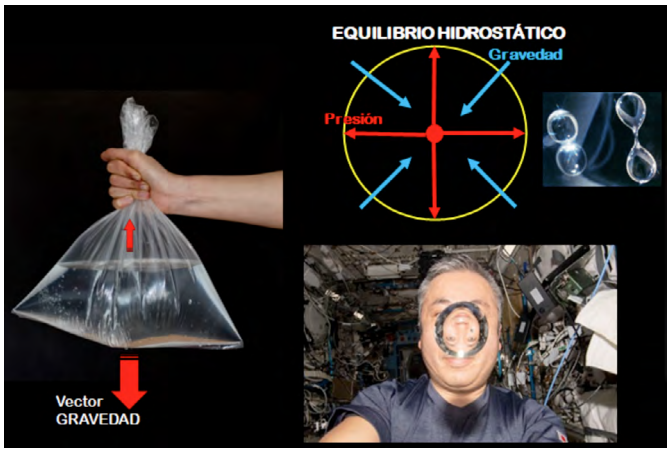


Figura 1: Disposición de líquidos y fluidos bajo la influencia de la gravedad terrestre y sin ésta, asumiendo en el espacio un equilibrio hidrostático que le confiere la forma esférica, como lo demuestra la burbuja de agua frente al astronauta. (Imagen tomada de la Internet-Dibujo y composición del autor)

Este fenómeno, aparentemente simple, tiene inmensas repercusiones en aviónica y astronáutica, debido a que el desplazamiento en masa de fluidos (la sangre) afecta, como veremos, la apariencia inicial de la persona, pero puede causar serias alteraciones fisiológicas que eventualmente conlleva a alterar el bienestar del navegante. El ejemplo típico es el vuelo con una gran aceleración angular a altas velocidades, generalmente 2 o más fuerzas G. En el vuelo hiperbólico (o su extremo en bucle que los aviadores experimentados denominan "loop"), entre más aceleración el desplazamiento vectorial de la sangre es hacia abajo, hacia los pies, lo que hace que se reduzca transitoriamente el retorno al corazón y, en consecuencia, la deficiencia de bombeo de sangre al cerebro y otros órganos vitales. En el vuelo parabólico sucede lo contrario; el desplazamiento gravitacional es hacia arriba, hacia la cabeza y el cerebro (Figura 2).

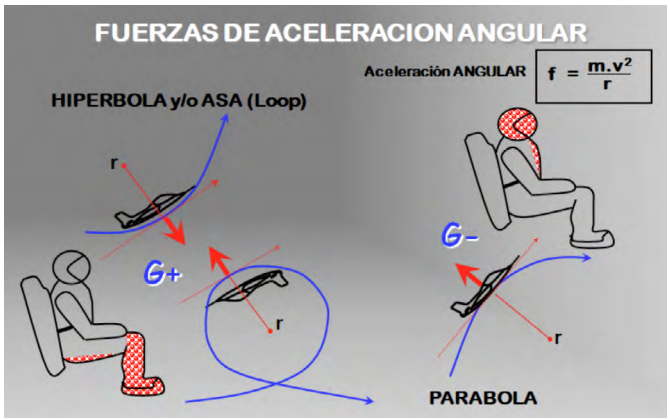


Figura 2: Desplazamiento de líquidos (sangre) en las fuerzas de aceleración angular en un vuelo hiperbólico (G positiva) y parabólico (G negativa). (Dibujo del autor)

En tales circunstancias de desplazamiento gravitacional extremo, la presión arterial media (PAM), que es la que determina el flujo sanguíneo continuo y eficiente a los órganos y tejidos, varía de manera drástica, que puede poner en peligro la integridad del tripulante (Figura 3). Durante una aceleración hiperbólica, en que el desplazamiento sanguíneo es hacia las piernas, el bombeo del corazón (o "gasto cardíaco") reduce la distribución de sangre a la cabeza y el cerebro, lo que puede ocasionar una pérdida transitoria de la conciencia, con el peligro que eso conlleva a altas velocidades (a esto le llaman comúnmente los pilotos como "grey-out" o "blackout"). Para contrarrestar este fenómeno se emplean brazaletes o pantalones de presión positiva que al comprimir las piernas retornan mecánicamente la sangre al corazón, evitando la caída del gasto y manteniendo la perfusión del cerebro. Algo similar, veremos, se emplea en los vuelos espaciales tripulados de larga estancia. Y en la aceleración parabólica hay un masivo desplazamiento de sangre hacia la cabeza, produciendo una elevación brusca de la PAM que puede ocasionar microhemorragias o daños vasculares cerebrales severos (a veces irreversibles) que no suelen ser transitorios, que ponen en grave peligro la vida del tripulante. En este caso, la hipertensión intracraneal puede producir daños inmediatos e irreparables, por cuanto no hay medidas preventivas diferentes a evitar la maniobra o a hacer mínimo el tiempo de duración de esa condición de aceleración extrema. El vuelo parabólico de los aviones para simular la condición de gravedad mínima para entrenamiento de tripulaciones (comúnmente llamados "Vomit Comet"), usualmente no alcanza aceleraciones G tan grandes para producir elevaciones severas de la PAM y sus daños consecuentes, y el tiempo de duración es muy corto (e intermitente) para inducir los cambios.

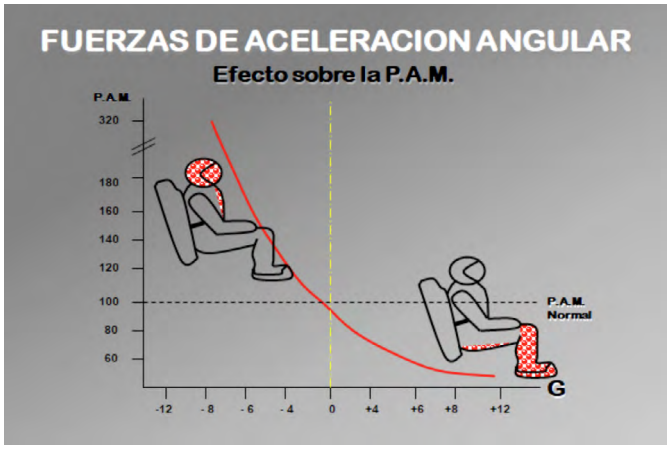


Figura 3: Efecto de la presión arterial media (PAM) en una trayectoria parabólica (G negativa) e hiperbólica (G positiva). (Dibujo del autor)

En el desplazamiento lineal que genera un cohete, que debe alcanzar aceleraciones G positivas muy intensas en pocos minutos para alcanzar la velocidad de escape gravitacional de la Tierra de 11 Km/segundo (Mach 10), el empuje sobre el cuerpo se hace frontal, con el tripulante acostado de espalda, por lo que no hay ese movimiento en masa de sangre hacia arriba o abajo que ocasiona las alteraciones descritas de las aceleraciones angulares (Figura 4). Para la reentrada la posición es la misma, de espaldas, y por tanto no hay ninguna variación de desplazamiento de fluidos.

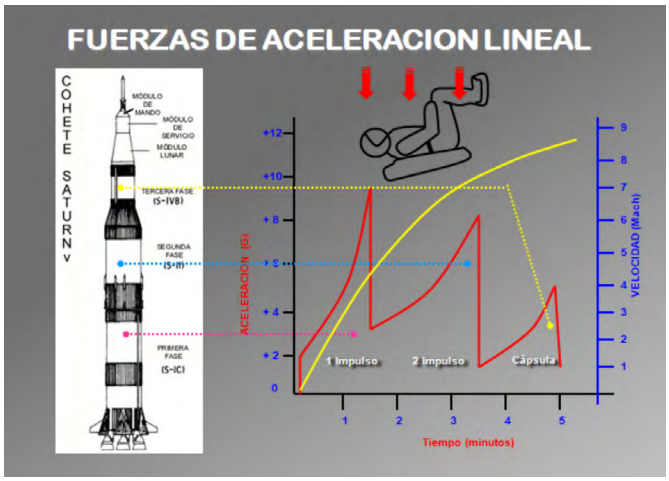


Figura 4: Aceleración lineal vertical de un cohete y posición frontal del tripulante (Dibujo y composición del autor).

Una vez en el espacio, libre de la influencia gravitacional de la Tierra, sobreviene el primer cambio corporal que suele asombrar (y a veces "divertir", aunque no siempre es así) a los astronautas. La movilización masiva de fluidos y la distribución uniforme del agua (sangre) desde las piernas y la pelvis hacia el tórax, el cuello y la cabeza, se hace evidente en las primeras horas del vuelo y es más dramático durante los tres primeros días, aunque perdura todo el tiempo que el tripulante permanece fuera del efecto gravitatorio terrestre. Esto causa cambios evidentes de la figura corporal, consistente en un abotagamiento facial ("cara en luna llena"), labios y ojos prominente aparentemente "hinchados", y adelgazamiento consecuente de las piernas que los mismos astronautas llaman "patas de pollo" (Figura 5).

El desplazamiento superior de sangre causa el aspecto hinchado de la cara que ha sido bien descrito y ampliamente difundido en la internet con las fotografías del cosmonauta Yuri Onufrienko (en la figura), tripulante de la MIR y luego de la EEI, cambio que se presenta invariablemente en

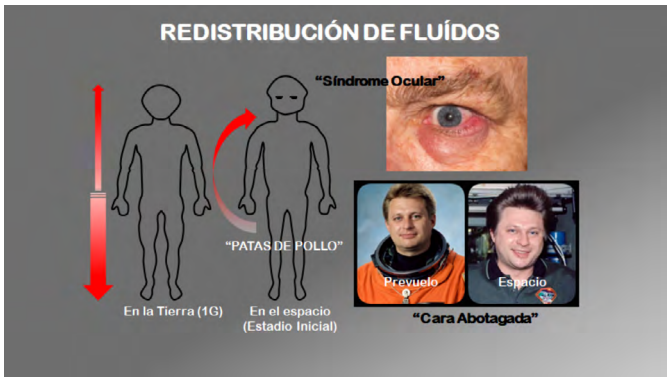


Figura 5: Redistribución craneofacial de fluidos (Imágenes tomadas de la Internet-Dibujo y composición del autor)

todos los viajeros casi inmediatamente al llegar, y perdura notoriamente los tres primeros días. El aumento de fluidos en el cráneo y sus estructuras produce con frecuencia cefalea, congestión y obstrucción nasal permanente con pérdida del olfato (que dicen, es ventajosa ante la "variedad" de olores desagradables que suelen rondar los entornos de los habitáculos espaciales), la disminución del sentido del gusto y los sabores (por lo que suelen agregarse saborizantes extra como el ají-chile, las salsas y la soja a los alimentos rutinarios), y las alteraciones visuales debidas a un aumento del líquido intraocular con aumento de la presión interna de los ojos, el achatamiento de la cámara posterior del ojo, causando edema de la papila, visión borrosa e hipermetropía que suele ser más tardía. Estos cambios visuales obedecen exclusivamente a la congestión craneofacial, y son tempranos y autolimitados, pero hay otros, sobre todo de la coordinación motora visual relativas a las alteraciones neuro vestibulares, posturales y de propiocepción que veremos más adelante, y se especula que podría haber propensión a cataratas -tardías- relacionadas con la radiación, lo que no ha sido demostrado plenamente.

Se han tejido bromas al respecto en las mujeres astronautas, porque por la redistribución de agua en la parte superior del cuerpo, la piel facial se estira y desaparecen las "arrugas", y los senos se tornan grandes, tensos y erectos. Por eso mencionaba inicialmente que, en cuanto a estos cambios de dinámica de fluidos, suelen hacerse "bromas divertidas".

Los cambios que acabamos de describir obedecen simplemente al traslado de la masa sanguínea a la región torácica y craneofacial (8). Pero hay otros que no dependen necesariamente del volumen y la hipertensión vascular subsecuente, sino de mecanismos neurológicos y hormonales compensatorios que son más complejos de entender que trataré de explicar de la manera más sencilla posible.

El cerebro, que es el gran "ordenador" de todas nuestras funciones vitales por excelencia, presenta alteraciones debidas a la redistribución ya descrita, pero además en respuesta a estímulos neurohormonales que provienen de los distintos órganos y tejidos del cuerpo, muchos con fines compensatorios. En la mitad de la base del cerebro se encuentra un área de una importancia fisiológica fundamental, denominada el Hipotálamo. Es, por decirlo así, la central estratégica del cerebro, porque coordina la secuencia del estímulo hormonal del cuerpo en asocio con su vecina la glándula Hipófisis, y además porque es donde reside el centro de control del Sistema Nervioso Autónomo (SNA), que gobierna todas las actividades neurológicas de nuestro organismo que no podemos controlar a voluntad, como los latidos cardíacos, la respiración espontánea, la sudoración y erección capilar, el movimiento intestinal, el tamaño pupilar del ojo, la temperatura corporal y muchas otras funciones involuntarias. Esto lo hace a través de dos sistemas que interactúan de manera coordinada y equilibrada: el Sistema Simpático y el Sistema Parasimpático, los dos con funciones claramente definidas; el primero básicamente estimulante y excitatorio y el segundo con acción más que todo inhibitoria de la actividad orgánica y hormonal, si se me permite simplificar y generalizar de esa manera.

La redistribución de fluidos en sentido craneal produce un aumento del retorno de la sangre venosa al corazón, que aumenta las presiones centrales de la aurícula derecha y estimulan la liberación de una hormona, el péptido natriurético auricular, que estimula la excreción renal de sodio y la diuresis, con el bloqueo simultáneo simpático del Sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona (SRAA) y la modificación del flujo en las arterias renales, lo que causa caída en la resistencia arterial periférica, hipotensión y mayor disminución aún del volumen sanguíneo. A pesar de esto, el corazón mejora su rendimiento y eficiencia por cada latido (volumen sistólico y gasto cardíaco eficiente) y la frecuencia cardíaca baja, por acción del parasimpático (bradicardia), que entre otras, puede conducir a arritmias en las primeras horas del viaje espacial, habitualmente sin consecuencias graves. La respuesta compensatoria se presenta mediante la activación en el hipotálamo del sistema simpático y las vías neurohormonales dependientes como la liberación de renina y de hormona antidiurética (vasopresina) que actúan

produciendo constricción arteriolar, y retención de sodio (sal) y agua por el riñón.

Estos cambios suelen ser tempranos, en las primeras 72 horas, y aunque la apariencia abotagada desaparece, la redistribución sanguínea perdura con el tiempo mientras la persona permanezca en microgravedad, lo que puede conducir a atrofia cardíaca y a disminución de la masa de células sanguíneas y anemización progresiva. Hay además estudios que indican que ese aumento de la permeabilidad de los vasos sanguíneos puede conducir muy tardíamente a la disfunción del endotelio que tapiza el interior de las arterias que, se especula, podría favorecer el avance prematuro de la arteriosclerosis y el envejecimiento. Los cambios se esquematizan de manera muy simplificada en la Figura 6.

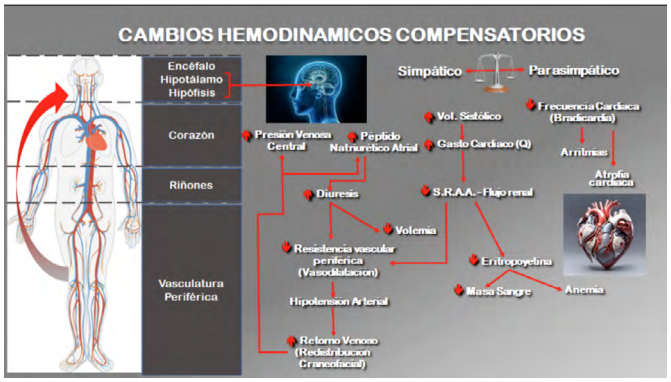


Figura 6: Cambios hemodinámicos que se presentan en microgravedad. (Imágenes de Pixabay tomadas de la Internet-composición del autor)

Es de anotar que cuando la permanencia en microgravedad es más prolongada, especialmente más de 6 semanas, los cambios tardíos como la atrofia cardíaca, la bradicardia y la pérdida de los reflejos barorreceptores y hormonales del hipotálamo y del sistema simpático para producir vasoconstricción y controlar la presión vascular, hacen que al reingreso a la Tierra, otra vez bajo el influjo de la gravedad en que de nuevo la masa total de agua se desplaza de la cintura hacia abajo, los mecanismos compensatorios son insuficientes para mantener una presión arterial adecuada para la función de los órganos vitales, y el viajero recién llegado es incapaz de sostenerse de pie, presenta serias dificultades de estabilidad y lipotimia severa o síncope al levantarse, además de palidez, sudoración y palpitaciones (taquicardia) que se conoce como Síndrome de Intolerancia Ortostática, bastante frecuente especialmente en mujeres (20% de los que reingresan) y alarmante en nuestros recién llegados a casa. Algo así como lo que la gente del común llama “la pálida”, pero muy intensa.

2. Cambios neurosensoriales y vestibulares (del equilibrio)

Al igual que los anteriores aparecen también tempranamente en las primeras 72 horas del viaje espacial, y son los que causan la mayor crisis de ansiedad en los tripulantes por su presentación abrupta, ruda, dramática y que genera el mayor sentimiento de desconcierto, angustia y a veces pánico entre los viajeros. Pueden ser eventualmente un problema médico real y muy grave en un recinto cerrado especialmente, como una nave espacial (9).

Cuando se está en la Tierra todos nuestros sentidos, conscientes e inconscientes, nos permiten tener la sensación clara de estar en reposo (sentido estático) o en movimiento (sentido cinético), y además de percibir lo que es arriba y abajo, derecha e izquierda, o adelante y atrás. Estas propiedades son gobernadas por el Sistema Vestibular que veremos más adelante, y por el Sistema de Propiocepción o Propioceptivo. Este último nos da el sentido de posición de nuestro cuerpo con respecto a nuestras coordenadas espaciales, de saber en qué posición estamos, incluso de realizar movimientos aún sin estarnos ayudando de la vista o de la percepción visual de nuestro entorno; por lo que por ejemplo podemos subir o bajar escaleras sin estar viendo el suelo, o sentir que estamos siendo acelerados en un vehículo y en qué magnitud aproximada con los ojos cerrados. La propiocepción es registrada por receptores mecanosensoriales localizados en todos los tejidos musculares y de sostén del organismo (“propioceptores") que transmiten sus señales al cerebro y al cerebelo, al sistema visual y el vestibular (del equilibrio), que en conjunto nos dan una imagen general, tridimensional y sensorial de nuestra postura corporal. La propiocepción es, además, responsable del tono muscular, y en conjunción con la sensibilidad protopática (“profunda” o burda) nos permite, por ejemplo, atrapar con precisión una pelota cuando se nos lanza, sin tener que calcular su tamaño, peso, masa, velocidad y aceleración, etcétera.

Estás propiedades dependen necesariamente del efecto gravitatorio de nuestro planeta, pero cuando se está en el espacio, éstas se pierden. Contrario a lo que se piensa, el tacto superficial (fino o “epicrítico”) no se deteriora, pero el profundo (protopático) se hace torpe, y la propiocepción se bloquea por la carencia del efecto gravitatorio, por lo que el tripulante experimenta una sensación de desorientación corporal espacial, que es máxima e intensa en las primeras horas del viaje, luego se atenúa, pero

perdura mientras permanezca en el espacio.

Como puede verse en la Figura 7, los astronautas se ubican alrededor de toda la circunferencia de su habitáculo espacial. Podríamos preguntarnos: ¿Cuál está ubicado al derecho? ¡Pues todos! Cada uno "está al derecho", respecto de sí mismo.

Si uno observa desprevenidamente la imagen y eventualmente se encuentra en esa situación, lo más probable es que experimente una sensación de desconcierto y una angustiosa desorientación. Y debido a que esa circunstancia es permanente, la única solución que se ha optado es que de manera artificial y previamente acordada, los técnicos y los astronautas definan en el habitáculo qué es arriba, qué es abajo, la derecha (estribor) y la izquierda (babor), por lo que es común fijar avisos en pasillos y paredes de los recintos para que todos los tripulantes se pongan de acuerdo acerca de en qué condición de ubicación se encuentran comúnmente compartiendo el espacio, como se muestra en la fotografía de la EEI de la NASA.

Figura 7: Tripulación de la Mir y del Transbordador Espacial Endeavour de la STS-089 de enero de 1998 a la izquierda. La ISS a la derecha. Siglas: STBD de Starboard (Estribor-derecha) y Port (Babor-izquierda) Fotografías de www.nasa.gov/history/SP-4225/sts89-photo-31.htm y Flickr.com -composición del autor)

Junto con el sistema propioceptivo, nuestro organismo controla el sentido de posición gracias al Sistema Vestibular, que es el órgano del equilibrio por excelencia (Figura 8). Se encuentra localizado en el oído interno compartiendo vecindario con el aparato Coclear que nos proporciona el sentido del oído, que no se ve afectado por la microgravedad.

El Sistema Neuro Vestibular está compuesto por dos estructuras llamadas Sáculo y Utrículo que detectan el sentido lineal del movimiento como la aceleración y la posición espacial de la cabeza, y están unidos a los 3 Canales Semicirculares, que

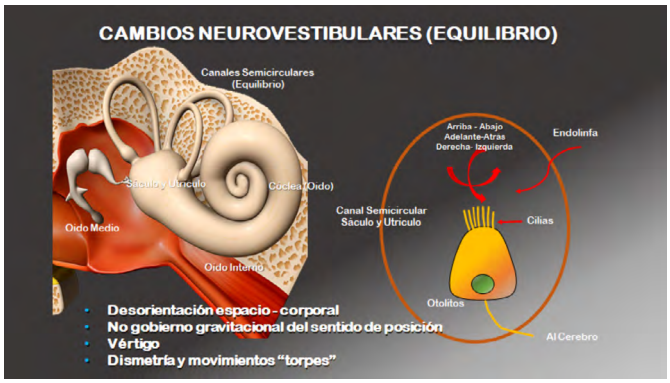


Figura 8: Sistema Neuro Vestibular del equilibrio (Imagen de Pixabay-Dibujo y composición del autor)

son los que detectan los movimientos de giro de la cabeza y las aceleraciones angulares hacia los costados, arriba-abajo y atrás-adelante. Esto sucede porque en su interior se encuentran las células nerviosas de transmisión cerebral del estímulo llamadas Otolitos, que tienen unas vellosidades (Cilias) que "nadan", si se me permite la expresión, dentro de un líquido interno (Endolinfa), y transmiten la señal de postura de acuerdo al sentido de empuje de sus vellosidades por el líquido. Como en el espacio no hay gravedad, el movimiento de la endolinfa es errático y causa que los otolitos detecten señales anómalas del movimiento, por lo que se produce en el astronauta una intensa desorientación espacial, pérdida de la sensación de gobierno postural, vértigo ("cinetosis"), náuseas, dismetría y movimientos torpes. Esa capacidad de evaluar el movimiento de los objetos que flotan se altera, no se tiene percepción adecuada de su velocidad, masa y aceleración, y se pierde la agilidad para asir los elementos flotantes por el entorno.

Esto es relativamente común, se conoce como el "Síndrome de Adaptación Espacial", y suele suceder en cerca del 30% (3 de cada 10) astronautas desde los primeros instantes de iniciar su estancia en microgravedad y puede durar los 2 o 3 primeros días de manera moderada, auto limitándose. Pero en uno de cada 10, el fenómeno se torna agudamente crítico y estrambótico con intensificación abrupta de la cefalea, vértigo, náuseas y vómito incoercible (que flota por ingravidez), desorientación temporoespacial extrema, alucinaciones visuales y crisis de pánico, y agitación psicomotora como si se tratase de una crisis psicótica aguda. Téngase en cuenta que todo esto sucede en un espacio cerrado, muy estrecho y compartiendo con unos cuantos aterrados compañeros, habitualmente impotentes y no entrenados para lidiar con estas emergencias;

afortunadamente cede espontáneamente en unas pocas horas. A este fenómeno extremo le han llamado Space Sickness.

3. Cambios osteomusculares

A diferencia de los cambios cardiovasculares (de fluidos) y neuro vestibulares, que suelen ser de aparición temprana y tienden a desaparecer prontamente, el sistema osteomuscular comienza a presentar alteraciones generalmente postreras, es decir más allá de la sexta semana de permanecer en el espacio de manera continua, algunas de ellas progresivas y eventualmente irreversibles si no se toman medidas para contrarrestarlas.

Cuando vimos el importante papel del sistema propioceptivo, es que además de todo lo descrito es el responsable del tono muscular que mantiene una contractura mínima permanente e imperceptible de toda la musculatura, conocida como “estrés de tracción", confiriendo a las estructuras musculares, los huesos y tendones articulares, la resistencia, estructura y armonía imprescindibles para hacer la contrarresistencia que la gravedad terrestre le exige al cuerpo. Podría decirse que es gracias a la fuerza de gravedad de la Tierra que permanecemos “en forma", aún sin ir al gimnasio y sin percatarnos.

Todos los cambios osteomusculares son debidos en esencia a la pérdida del tono muscular y al estrés de tracción por la falta de la acción gravitatoria sobre las estructuras corporales.

Quizá la primera observación llamativa de los cambios del esqueleto óseo, relativamente tempranos con respecto a los demás de su grupo, son los de la columna vertebral. Ante la falta de la tracción gravitatoria de la columna, los discos intervertebrales, compuestos en su mayoría por cartílago y agua, se dilatan aumentando el espacio entre los cuerpos vertebrales y por lo tanto alargando la columna vertebral. De ese modo se observa que el

Figura 9: Dilatación de los discos intervertebrales (Imágenes de Pixabay-composición del autor)

astronauta aumenta su estatura, que puede variar entre 5 y 15 centímetros (Figura 9); otro motivo para hacer “bromas divertidas”.

De otro lado, hay que decir que los huesos no son ladrillos o estructuras inmutables como tiende a pensarse, y como cualquier otro órgano están en permanente recambio y remodelación. Esto se debe a una acción conjunta y coordinada entre unas células llamadas Osteoclastos que remueven el hueso envejecido e inservible, y los Osteoblastos que simultáneamente van depositando matriz ósea y renuevan el hueso tomando como materia prima el calcio, acción estimulada por el estrés de tracción gravitatorio (Figura 10).

Figura 10: Recambio y remodelación de los Huesos. Osteoporosis y cálculos renales (Imágenes de Pixabay-composición del autor)

Para empeorar la condición de envejecimiento progresivo, se ha observado que la pérdida del estrés de tracción en el espacio también degenera el músculo estriado de las extremidades (Figura 11)

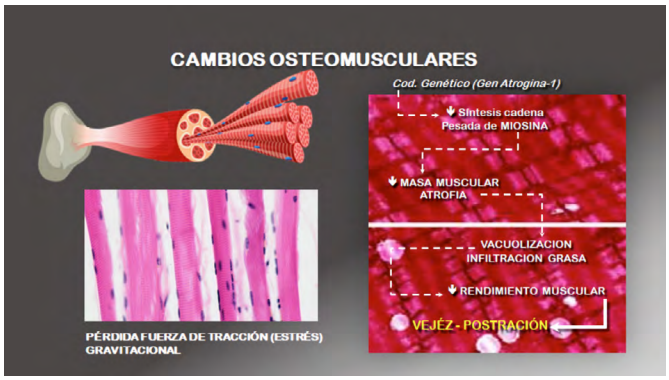


Figura 11: Alteraciones del músculo estriado, vacuolización y atrofia por alteración genética, que conduce a postración y vejez prematura (Imágenes de la internet- composición del autor)

El músculo estriado, que es el que conforma nuestras extremidades y el tronco (distinto al músculo liso y cardíaco de otros órganos del cuerpo),

está formado por múltiples fibrillas de proteínas de actina, miosina y troponina que se engranan mutuamente a manera de cremallera para generar esa propiedad de alargar o acortar el músculo, como puede verse en las dos imágenes de la izquierda del recuadro. Los estudios en voluntarios que han permanecido en postración prolongada o en microgravedad han mostrado que existe una inhibición de un gen Atrogin-1 que reduce la síntesis de estas cadenas proteicas, produciendo inicialmente vacuolización (acumulación de grasa en forma de burbujas) y posteriormente atrofia del músculo, por lo que la NSBRI ha sugerido que el vuelo espacial llevaría a una postración inducida y un envejecimiento prematuro (11-12).

Por eso cuando se viaja al espacio y se padecen las alteraciones cardiovasculares, de fluidos, las crisis de torpeza espacial, vértigo y desorden neurovestibular, la osteoporosis, las eventuales fracturas patológicas, la atrofia muscular y el envejecimiento prematuro, además de muchos otros inconvenientes, los astronautas suelen contestar a sus fanáticos que ansían ir al espacio respondiendo al unísono: ¡"It's not so fun!" (definitivamente no es así de divertido como lo pintan). El espacio siempre termina pasándote factura.

4. Cambios pulmonares y respiratorios

Después de analizar los prominentes cambios que causa la falta de gravedad sobre los órganos y sistemas que hemos descrito, podríamos imaginar que los cambios pulmonares, y por lo tanto de eficiencia respiratoria, son igualmente pronunciados. Y curiosamente no es así, aunque claro está, se dan (13). Ciertamente el pulmón, por ser un órgano de muy baja densidad y gran distensibilidad es muy tolerante a la ausencia de gravedad, sus cambios funcionales no son muy marcados y sus efectos compensatorios son muy tempranos, incluso teniendo en cuenta que el diafragma, el músculo inspiratorio por excelencia que aprovecha la fuerza de gravedad cuando estamos de pie, pierde esa capacidad funcional en el espacio.

En todo caso, en microgravedad hay cambios (aunque sutiles) en las conocidas zonas de ventilación/perfusión (Zonas de West) que son distribuciones fisiológicas normales de esa relación cuando estamos de pie en la Tierra, de modo que normalmente en la base del pulmón hay más sangre (perfusión) que aire (ventilación para el intercambio), mientras que en los vértices es al contrario, más aire que perfusión. Aun así el pulmón se encarga de que en todas las áreas funcionales haya un intercambio eficiente de gases a nivel alveolar, oxigenando la sangre, eliminando el CO_2 y los demás productos de desecho. En microgravedad la contribución del diafragma para la inspiración se reduce y la variabilidad de las zonas funcionales desaparece, pero la eficiencia ventilatoria final no cambia, aunque, como lo muestra la gráfica (Figura 12), las respiraciones por minuto aumentan, el volumen corriente, el residual y la capacidad funcional se ven ligeramente reducidas. El tripulante normalmente no se percata.

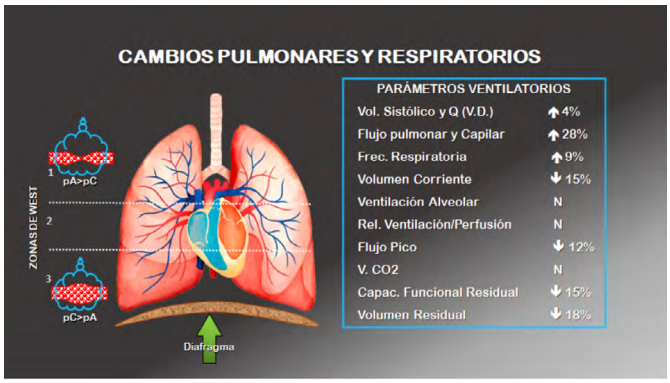


Figura 12: Cambios pulmonares y ventilatorios en microgravedad. (pA: presión alveolar. pC: presión capilar) (Imágenes de la Internet-Pixabay. Dibujo y composición del autor)

La eficiencia funcional respiratoria se conserva en general gracias a las propiedades elásticas y adaptativas del pulmón, a que la espiración sigue dependiendo del retroceso elástico del tejido pulmonar y las características mismas de la reja costal y del tórax (como si fuera un fuelle), y de manera especial, porque en los habitáculos espaciales las condiciones ambientales se manipulan artificialmente de modo que se imitan las propiedades atmosféricas del aire, como sucede en la cabina presurizada de los aviones a grandes alturas, es decir, se mantiene la misma presión barométrica que a nivel del mar (760 mmHg), la misma concentración de oxígeno (21%) y demás gases que componen nuestro aire respirable en la Tierra y aproximadamente la misma humedad relativa, de modo que el pulmón no se ve obligado a hacer un esfuerzo extraordinario.

5. Cambios hematológicos e inmunológicos

Los cambios inmunohematológicos suelen ser relativamente tardíos, y tienen que ver con la redistribución de fluidos que se presenta a lo largo de todo el viaje desde su inicio, y no necesariamente son consecuencia de la exposición prolongada y

postrera a la radiación, como podría pensarse. La radiación causa daños hematológicos, como veremos, más tardíamente por daño estructural del ADN y de la estructura celular. Pero estos cambios intrínsecos del viaje espacial obedecen a mecanismos autorreguladores del organismo, fundamentalmente hormonales, que tienen relación con la destrucción prematura de los glóbulos rojos (hemólisis) y además por la disminución de Eritropoyetina -que normalmente se produce en el riñón- como respuesta al bajo flujo sanguíneo renal debido a la redistribución de fluidos (14). Esta hormona se encarga de estimular la médula ósea para la producción de células sanguíneas de todas las líneas, que no solo intervienen en el transporte de oxígeno y CO_2 (eritrocitos), sino en las líneas de defensa inmunitaria y producción de anticuerpos (leucocitos).

Con el tiempo se debilita la renovación de glóbulos rojos y blancos produciéndose anemia y reducción en las defensas inmunitarias. La línea plaquetaria y de coagulación no suele sufrir alteraciones (Figura 13). La parte inmunológica es importante porque afecta la inmunidad celular al reducir y/o modificar la actividad de los leucocitos que son la primera línea de defensa mediante fagocitosis y tardíamente, mediante producción de proteínas citolíticas como interleucinas, el interferón y los anticuerpos, lo que puede reducir las defensas de los tripulantes y favorecer el contagio microbiano e infecciones cruzadas en el medio cerrado de la nave donde hay recirculación de aire y agua, y además se comparte íntimamente con otras personas con el natural intercambio de fluidos por contacto directo o por aerosol.

Está ampliamente demostrado, y aún es motivo de estudio científico en desarrollo, que en las estaciones espaciales orbitales donde hay personas

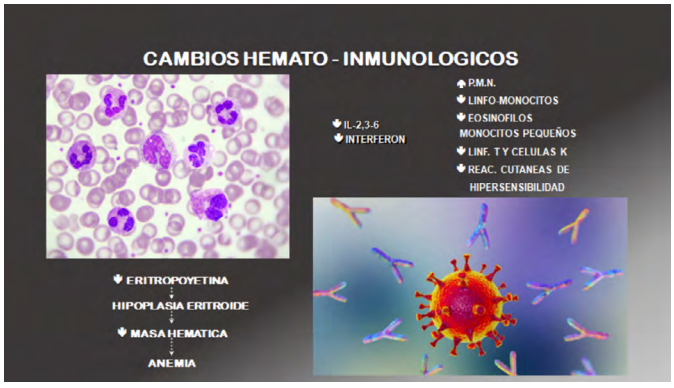


Figura 13: Cambios hemato-inmunológicos (Imágenes de la Internet-Pixabay. Composición del autor)

habitando permanentemente se ha venido gestando con los años una "flora" propia y particular de microorganismos que se han convertido, con el tiempo, en poblaciones microbianas endémicas habituales de las naves orbitales que pueden eventualmente causar infecciones cruzadas a los astronautas y poner en peligro misiones enteras.

Hasta aquí hemos explorado los cinco grupos principales de alteraciones de la fisiología del cuerpo humano como tal, producidos como consecuencia de la pérdida del efecto gravitatorio de la Tierra sobre el organismo humano. Como se mencionó previamente, unos tempranos de aparición inmediata y muy incipiente durante el viaje, desde el momento mismo de abandonar la atmósfera terrestre hasta las primeras 72 horas; otros tardíos que se presentan desde el inicio hasta la semana 6 del viaje espacial, momento que los investigadores de la NASA y el NSBRI han denominado "Punto Medio de Adaptación", en que todos los mecanismos fisiológicos de contrarregulación pueden compensar adecuadamente los cambios, que pueden hacerse auto reversibles si hay un pronto y oportuno regreso a la Tierra. Y finalmente los postreros, que se presentan luego de ese punto de tolerabilidad, en que, si persiste el efecto de carencia gravitatoria y de exposición al ambiente espacial y no se toman contramedidas físicas o fisiológicas, los daños se hacen evidentes, permanentes y/o progresivos. Esto se ilustra claramente en la Figura 14.

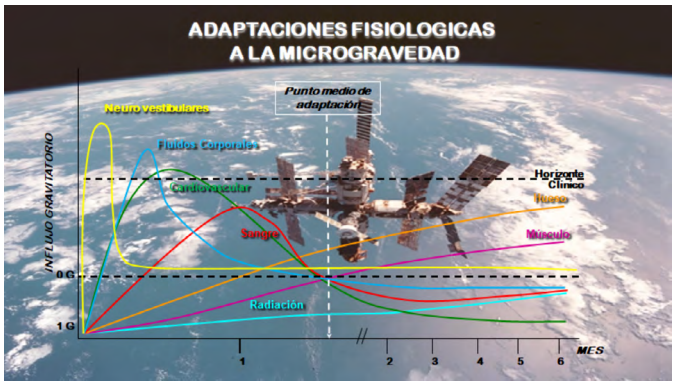


Figura 14: Cambios Fisiológicos del Cuerpo Humano a la microgravedad en la línea del tiempo del viaje espacial (Imagen de fondo de la EEI tomada de https://www.nasa.gov/ - Dibujo y composición del autor)

Hemos insistido a lo largo de esta revisión en el término "microgravedad" y no "gravedad cero", como suele decirse ligeramente al hecho de salir del influjo de la atracción terrestre (que es de 9.81 m/s2), y que algunos equiparan erróneamente a salir fuera de la atmósfera, lo cual no es cierto. En

realidad, la gravedad cero no existe. Siempre hay un efecto gravitatorio cuando hay relacionamiento de masas, pero en las órbitas bajas (alrededor de los 500 kilómetros de altura) como las de nuestras estaciones espaciales orbitales, la gravedad que se conserva equivale a un 85% de la Tierra (8.7 m/s2); no desaparece, aunque claramente todo flota y el gran influjo terrestre disminuye considerablemente como para causar los cambios corporales a que nos hemos referido. Aún en los viajes más lejanos que hemos alcanzado con seres humanos, nuestra Luna, su efecto gravitatorio (el suyo propio) sigue siendo del 17% (1.62 m/s2) de la terrestre.

A grandes rasgos puede verse cómo al alcanzarse la microgravedad (señalada como el nivel oG de la figura), solamente los cambios neuro vestibulares, de fluidos y cardiovasculares superan el horizonte clínico, es decir, son visibles o claramente evidentes en su apreciación y detección, y lo hacen en las primeras horas o días del viaje espacial. Alcanzan un punto de adaptación y dejan de ser notorios en apariencia o fisiológicamente, pero persisten a lo largo de la estancia en microgravedad y algunos como los hematológicos no suelen detectarse. Los musculoesqueléticos, así como los efectos de la radiación son muy tardíos o postreros, generalmente subclínicos, son progresivos mientras persista esa condición y suelen ser evidentes sólo al regresar a la Tierra, como la atrofia cardíaca y muscular, el envejecimiento prematuro, las fracturas patológicas o el cáncer, por ejemplo. El inconveniente de la mayoría de estos cambios es que se hacen notorios y problemáticos solamente con el reingreso a casa, por lo que se dice que ir al espacio no es realmente tan divertido. Pero ¿quién no quisiera hacerlo y vivir esa maravillosa experiencia?

Contramedidas

Veíamos en la introducción que después de tantos años de experiencia y de haber detectado los cambios en la fisiología humana, las agencias espaciales se vieron obligadas a crear prontamente diversos programas e instituciones científicas con proyectos cooperativos y multidisciplinarios para evaluar la fisiopatología de cada cambio y establecer mecanismos para su prevención, su control oportuno, o su reversión si es el caso. Así fue como nació la Medicina Aeroespacial.

Y para eso se han estudiado y establecido gran cantidad de medidas que buscan contrarrestar los efectos deletéreos que tiene la carencia del efecto gravitatorio, que se denominan genéricamente como “contramedidas”. De hecho son innumerables, muchas ya son una realidad y se emplean rutinariamente en las estaciones espaciales, algunas se encuentran en desarrollo y otras forman parte de la ciencia ficción aún, por así decirlo, pero que son prometedoras para mejorar el bienestar del ser humano en el espacio. Probablemente por ser tan prolífica la investigación en la materia, no podemos abarcarlas a todas y seguramente muchas se nos escapan al conocimiento, pero vamos a resumir las contramedidas más comúnmente aplicadas en la actualidad.

Para los cambios de redistribución de fluidos, hemodinámicos y cardiovasculares existen muchas contramedidas. Basándose en que la redistribución de agua genera una relativa baja volemia en los vasos sanguíneos y por tanto, un bajo aporte de sangre a órganos y tejidos, resulta obvio aumentar el volumen de plasma circulante, por lo que la primera medida que optan los tripulantes es la sobrehidratación hidrosalina a bordo durante las primeras horas del vuelo -aunque no pueden hacerlo durante todo el tiempo-, pero especialmente unas horas antes del reingreso para reducir el síndrome de intolerancia ortostática que ya describimos. La idea es aterrizar con el cuerpo relativamente hipervolémico. Para prevenirlo también se ha propuesto en estudios clínicos el uso de medicamentos mineralocorticoides como la fludrocortisona que incrementan la reabsorción renal de sodio y agua, aunque los resultados de su eficacia real son contradictorios y no tienen evidencia probada, porque se sabe que corrigen el volumen, pero no la intolerancia gravitatoria (15) en que además influyen la bradicardia refleja, la “atrofia” cardíaca, la readaptación de los reflejos barorreceptores del sistema nervioso autónomo y los desórdenes vestibulares residuales. Tampoco han mostrado eficacia satisfactoria los vasoconstrictores arteriales que estimulan en sistema adrenérgico del sistema simpático, como la midodrina.

Otros dos mecanismos para contrarrestar la redistribución de fluidos, es producir una presión negativa externa a la pelvis y las piernas para hacer que haya mayor capacitancia vascular y la sangre retorne a los vasos inferiores del cuerpo, o bien, inducir una presión positiva de la parte alta de las extremidades superiores e inferiores mediante brazaletes para bloquear mecánicamente -a la fuerza- el retorno venoso de la sangre a las partes altas.

El primer mecanismo descrito es la “Cámara de Baja Presión (de presión negativa) del bajo cuerpo”

o LBNP (Lower Body Negative Pressure), quizá uno de los más habitualmente empleados, que consiste en meter al astronauta dentro de una cámara (antes rígida que hoy en día es una especie de funda o de pantalón) a la cual se genera una presión negativa moderada (10 a 40 mmHg) que hace que la pelvis y las piernas "succionen" por así decirlo la sangre y la desplacen a la parte inferior del cuerpo (Figura 15). Esta es la contramedida más estudiada y empleada.

Figura 15: Cámaras LBNP. Imagen de la izquierda: Luca Parmitano expedición 36/37 de la EEI. Imagen tomada de https://phys.org/news/2015-03-pressure-vision-space.html (cámaras elásticas en tubo o en pantalón actuales). Imagen de la derecha: Owen K. Garriott, piloto de la misión Skylab 3 en 1973. Imagen tomada de http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/skylab/skylab3/html/sl3-108-1278.htm (cámara rígida metálica antigua) (Composición del autor)

Otro mecanismo empleado, con menor frecuencia, es el de los brazaletes de compresión que son bandas o manguitos neumáticos ajustables que se colocan en las partes más proximales de los brazos y los muslos, con el objeto ejercer una presión ligera que cause una oclusión venosa parcial que restrinja el retorno venoso al tórax y al corazón, pero sin impedir el flujo arterial, lo que atrapa mecánicamente la sangre en la parte distal de las extremidades durante el tiempo de permanencia en microgravedad. Para prevenir el ortostatismo del reingreso aparte de la sobrehidratación hidrosalina, se emplean otros mecanismos de compresión mediante el uso de pantalones de compresión positiva (50 mmHg) llamadas prendas de compresión de gradiente (GCG de la sigla en inglés), que buscan, al contrario del anterior, impulsar la sangre desde las piernas hacia el tórax con lo que se pretende mejorar la taquicardia refleja y la presión arterial media (16) del ortostatismo una vez en tierra el cuerpo sea sometido nuevamente a la fuerza de gravedad.

No existen contramedidas eficaces probadas en el espacio para la disfunción neuro vestibular. Aunque son quizá las más angustiantes y estrambóticas en su fase aguda, se auto limitan en las primeras 72 horas, y durante el tiempo restante del viaje dependen del acostumbramiento del tripulante y en fijarse, como autodisciplina, unos puntos de referencia visual y espacial dentro del habitáculo, apoyado en las señalizaciones pre establecidas que ya describimos. Quizá lo más importante que se ha recomendado es el entrenamiento intenso y supervisado del astronauta previo al vuelo, lo que se hacía con mucha vehemencia hace décadas en los primeros viajes con las famosas máquinas centrífugas y de estimulación G, o los cardán multiejes (Aerotrim) de estimulación posicional que ahora se frecuentan más que todo en los parques de diversiones (Figura 16), pero ese entrenamiento ha venido cayendo en desuso (no abolido totalmente, claro está, en astronautas profesionales) ahora más con el auge del "turismo espacial" en que prácticamente montan al individuo en la nave sin mayor preparación. Se están haciendo estudios de estimulación galvánica vestibular y dispositivos de corrección de la orientación espacial todavía en fase de investigación experimental aún muy incipiente.

Figura 16: Entrenamiento y preacondicionamiento de los astronautas antes del viaje espacial (Izquierda: centrífugas para simular y condicionar fuerzas G artificialmente. Derecha: dispositivos de estimulación posicional - cardán multiejes (Aerotrim o Multi-Axis Trainer/MAT) Imágenes Fuente: Nasa (Centro de Investigación Ames, Moffett Field-California/Base Aérea Wright-Patterson-Ohio) y ESA (Aerotrim Ekopool Celje-Eslovenia/Euro Space Center)

Tal vez en lo que más se ha desarrollado la investigación y hay más avances prácticos, es en la implementación de medidas para contrarrestar los cambios osteomusculares de la estancia prolongada en microgravedad, que como hemos visto

suficientemente, son más prominentes después del punto medio de adaptación a las seis semanas continuas de permanencia: la osteoporosis y la atrofia muscular. A este respecto vimos cómo la pérdida del tono muscular y de la fuerza de estrés de tracción gravitatoria son la causa fundamental del desencadenamiento, progresión y perpetuación de estas relevantes alteraciones. Pues en gran medida las acciones están encaminadas a proveer al organismo de la materia prima para la fabricación de hueso renovado en reposición del que se pierde, y especialmente con el propósito de restablecer el estrés de tracción y el tono muscular, para reducir y revertir la atrofia muscular y reordenar el proceso de remodelación ósea.

Una de las situaciones más graves en el espacio es ver que, por el proceso continuo de remoción ósea después de las primeras seis semanas de estancia en microgravedad, se pierde entre el 1 y el 2% de la masa esquelética, de modo que una persona que pasa más de 6 meses puede perder hasta un 20% de su estructura ósea y presentar un alto riesgo de fracturas patológicas. Al igual que sucede con la atrofia muscular, esto se debe a la activación intensa de los osteoclastos que remueven la matriz ósea en respuesta a la falta de estrés de tracción gravitatoria. Por supuesto una de las principales metas entonces es devolver un tono muscular suficiente que genere un estrés de tracción que estimule la renovación permanente del hueso; es decir, el ejercicio muscular es fundamental para inhibir la desmineralización ósea.

Pero simultáneamente se han llevado a cabo estudios farmacológicos de intervención con la aplicación subcutánea de un análogo recombinante de la Osteoprotegerina (OPG), una proteína producida por los osteoblastos que inhibe la actividad de remoción osteoclástica y que experimentalmente, en ratas en condición de microgravedad durante misiones de los transbordadores espaciales, mostró regresión eficaz de la descalcificación (17-18). Hoy se comercializa para uso en el tratamiento de osteoporosis postmenopáusica en humanos como Denosumab, un análogo funcional de la OPG, que hemos heredado de la experimentación espacial y que promete ser de mucha utilidad para viajes espaciales prolongados, a Marte por ejemplo (19), cuya ventaja radica en que es de dosis única subcutánea semestral.

Se han realizado otros estudios recientes en astronautas de la EEI empleando fármacos de la familia de los bifosfonatos indicados para tratar la osteoporosis como el Alendronato o el Zolendronato con buenos resultados, que pueden ser prometedores como prevención en estancias prolongadas en microgravedad, e incluso se sugiere que pueden prevenir la aparición de cálculos renales porque reducen la excreción urinaria de calcio (20).

Lo realmente más difundido de las contramedidas en el espacio, definitivamente, son los multidispositivos para ejercicios físicos, destinados para prevenir los cambios osteomusculares de la ingravidez.

Polyakov hacía en promedio unas 8 horas diarias de ejercicio en la MIR en 1994, con lo que previno satisfactoriamente la aparición de cambios osteomusculares durante más de un año de permanencia continua en el espacio, empleando un cicloergómetro, una cinta caminadora elemental y el famoso "traje pingüino", un traje elástico de carga que aplicaba una resistencia constante mediante bandas de goma para simular los efectos de la gravedad terrestre sobre sus sistemas muscular y óseo. Además, introdujo un dispositivo de estimulación eléctrica neuromuscular aplicando pulsos de corriente alterna por grupos musculares para evitar su atrofia.

Para tal efecto, los tripulantes deben ejercitarse diariamente de manera obligatoria al menos dos horas diarias; hoy se sabe que con ese tiempo es suficiente. Anteriormente lo hacían empleando un dispositivo multipropósito que denominaban "IRED" de Interim Resistive Exercise Device en inglés (o Dispositivo Provisional de Ejercicio Resistivo) que fue empleado en la EEI entre los años 2001 y 2011. Era un conjunto de 18 elementos que permitían la ejercitación por grupos musculares mediante bandas elásticas y barras con una resistencia de hasta unos 140 kg. (300 libras), cuya fuerza ergonómica el astronauta imprimía a voluntad, elemento gimnástico que después fue reemplazado por el "ARED" de Advanced Resistive Exercise Device en inglés (o Dispositivo Avanzado de Ejercicio Resistivo) que actualmente emplea aparatos con cilindros de vacío y pistones controlados electrónicamente que permiten una exigencia de hasta 270 kg. (600 libras), consistentes en barras simuladoras de levantamiento de pesas y de contrarresistencia, que los astronautas alternan con bicicleta ergométrica (denominada CEVIS de "cycle ergometer with vibration isolation and stabilization system" o cicloergómetro con sistema de aislamiento de vibraciones y estabilización) y con la cinta trotadora ("T2") con los mismos sistemas de

Figura 17: ARED (Dispositivo Avanzado de Ejercicio Resistivo), Cinta Trotadora ("T2") y Cicloergómetro ("CEVIS"). Descripción en el texto. (Imágenes Fuente: www.nasa.gov)

enganche del cuerpo al aparato mediante bandas de elásticas (Figura 17).

Algo similar a la estimulación eléctrica neuromuscular empleada por Polyakov, la NASA ha implementado un "Plato Vibratorio" (plataforma que emite vibraciones mecánicas de baja magnitud) en el que permanece incorporado el astronauta (sentado o de pie), con el propósito de generar una contractura muscular sostenida e involuntaria, produciendo un efecto contráctil mínimo pero persistente que emula la actividad basal del tono muscular y por tanto, causa una especie de estrés de tracción sobre algunos grupos musculares, especialmente de muslos y pelvis, que previene la desmineralización ósea y la atrofia muscular. Estos dispositivos vibratorios son similares a los que se emplean en los gimnasios habitualmente o los que tienen algunas personas en casa.

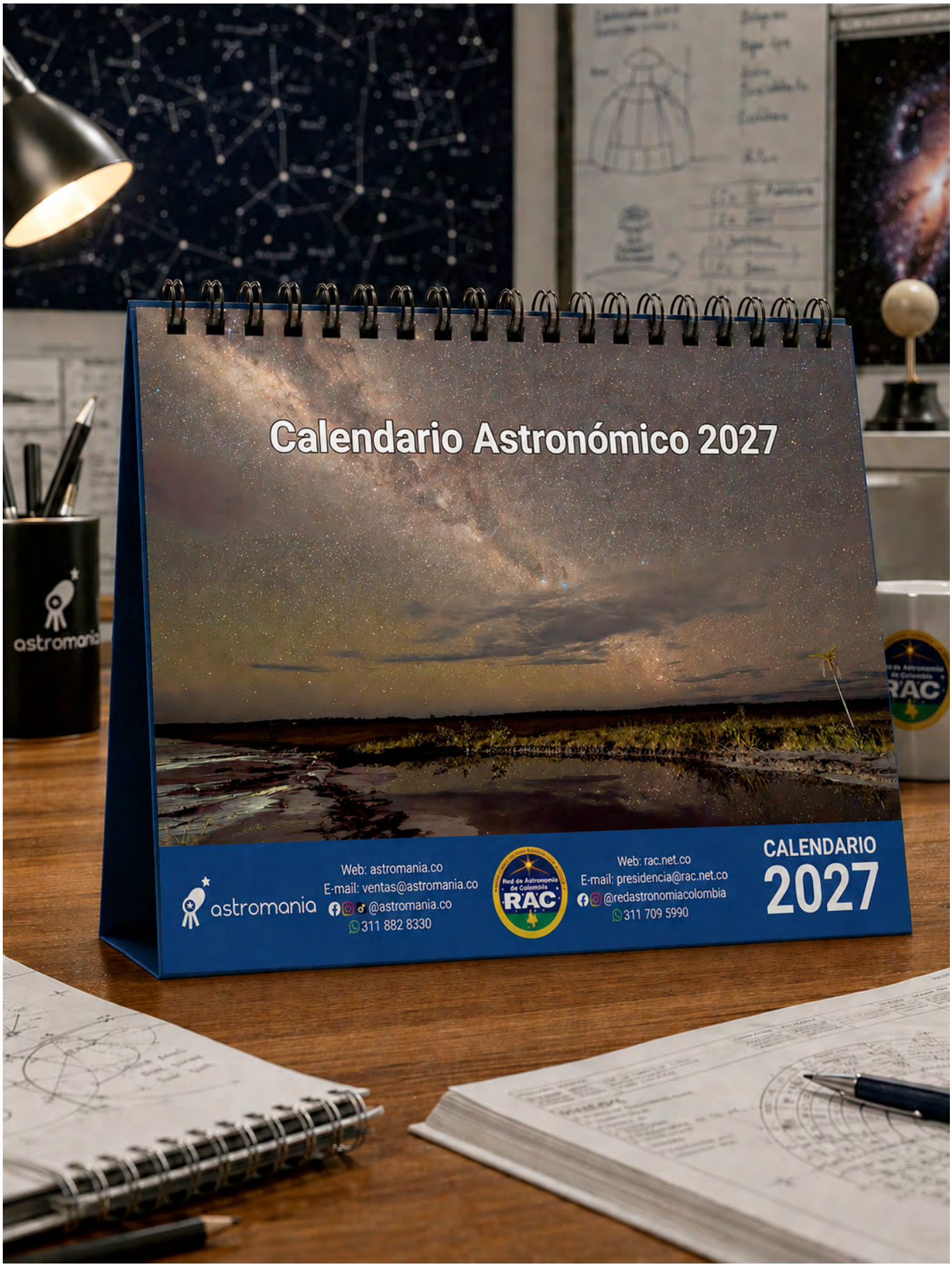
Finalmente hay que decir que para la anemia de viaje prolongado y las deficiencias inmunológicas que podrían propiciar infecciones en los astronautas no hay contramedidas satisfactorias, diferente al ejercicio físico y el control del estado de postración y "vejez prematura" que induce la condición de microgravedad. Durante el viaje la mal llamada "anemia espacial" no suele ser un problema, a menos que se retorne a la Tierra o a una fuerza gravitatoria similar. Se han propuesto estimuladores de la médula ósea para la fabricación de los componentes sanguíneos, y algunos medicamentos para tal fin sin resultados conclusivos en las investigaciones, e incluso se especula del uso en un futuro de "polimerosomas" que son una especie de membranas celulares artificiales que, repuestas en el espacio, pudieran reemplazar las funciones de transporte de oxígeno de los eritrocitos ¡Pura ciencia ficción!, por ahora.

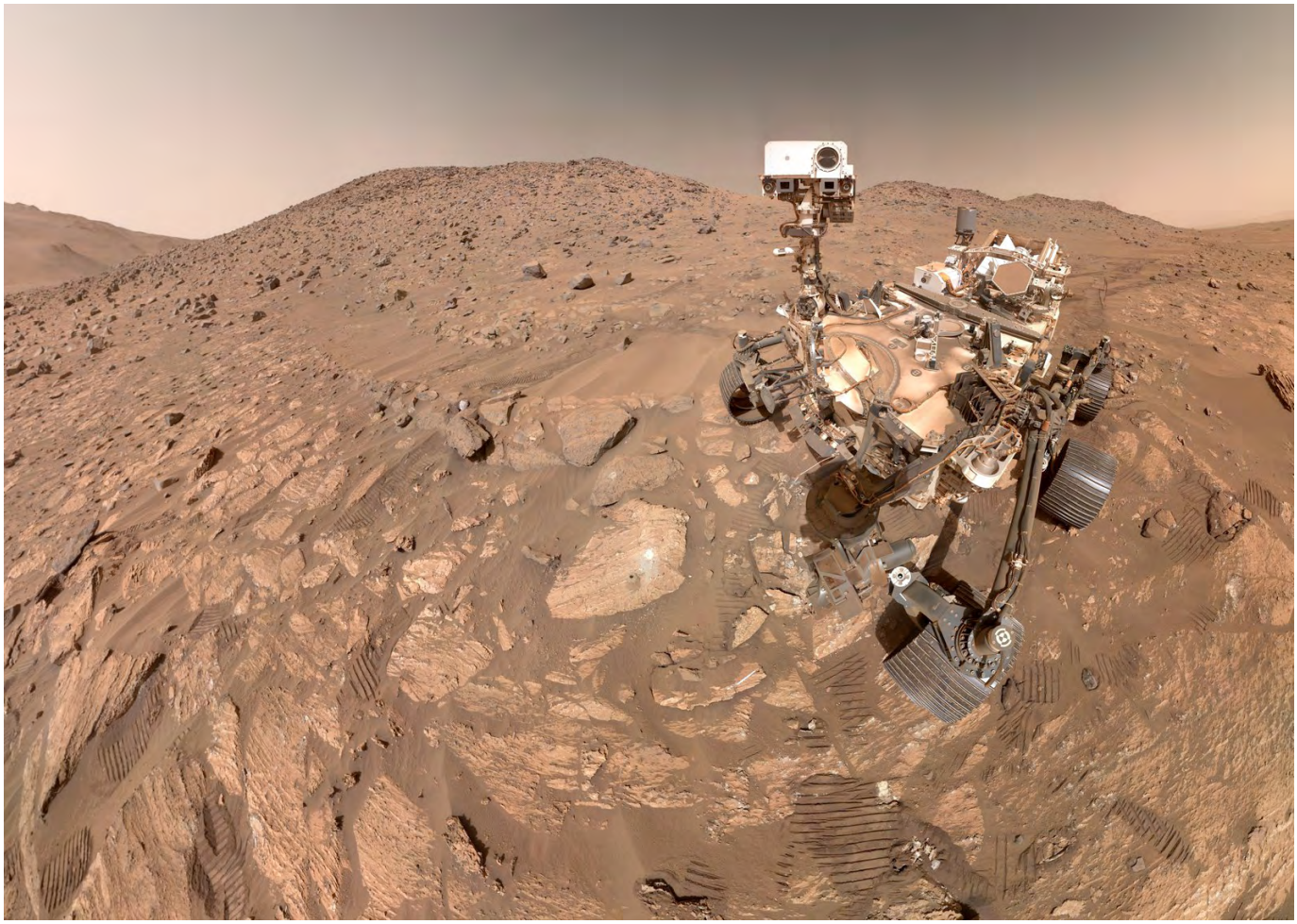
Hasta aquí hemos visto los principales y más relevantes cambios fisiológicos que ocurren al cuerpo humano, no todos por la brevedad de este espacio, como consecuencia de la drástica disminución de la fuerza de estrés gravitatoria sobre la estructura corporal durante el viaje espacial, y cuáles son las medidas para contrarrestar los más conocidos y determinantes. En una segunda parte vamos a describir cuáles son las situaciones que pueden afectar la salud, el bienestar y la habitabilidad del ser humano fuera de su entorno propio en la Tierra, no solo por la carencia del efecto gravitatorio sino por el simple hecho de estar fuera de la protección atmosférica, de su entorno habitual y su natural desenvolvimiento social.

LECTURAS RECOMENDADAS

1. Científicos colombianos que han contribuído con el desarrollo de proyectos espaciales
2. https://colombiaspaceschool.org/colombianos-en-la-nasa/
3. Biological and Physical Sciences (BPS) Nasa-División de Ciencias Biológicas y Físicas de la NASA (Antes OBPR)
4. https://science.nasa.gov/biological-physical/
5. The National Space Biomedical Research Institute (NSBRI) Nasa-Instituto Nacional de Investigación Biomédica Espacial
6. https://www.nasa.gov/stem-content/national-space-biomedical-research-institute-student-resources/
7. Postgrado de Especialización en Medicina Aeroespacial-Universidad Nacional de Colombia https://medicina.bogota.unal.edu.co/formacion/especialidades-medicas/medicina-aeroespacial/plan-estudios
8. Carrillo R., Diaz-Ponce J., Peña Calos A., Flores I., Ortiz A.: Efectos fisiológicos en un ambiente de microgravedad (Artículo de Revisión). Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM.Vol. 58, N.o 3 (13-25). Mayo-Junio 2015
9. Carrillo R., Diaz-Ponce J., Padrón L.: Medicina Espacial. Agencia Espacial Mexicana, Academia Nacional de Medicina. México. Ed. Intersistemas S.A de C.V. 1ª. Edición. 2016
10. Iwase S., Nishimura N., Tanaka K., Mano T.: Effects of Microgravity on Human Physiology. Department of Physiology, Aichi Medical University, Japan. Ed. IntechOpen. 2020
11. Cohen R.: Cardiovascular Alterations Team Strategic Plan. Nasa, Harvard & MIT Division of Health Sciences and Technology. Publicación de NSBRI
12. Walter W. Sullivan, W. et al: The Brain in Space. Nasa-Neurolab Education Program. https://ntrs.nasa.gov/citations/19980237942
13. Hullander, D., Patrick L. Barry, P.: Space Bones. NSBRI-Nasa. https://www.nasa.gov
14. Descubrimiento de un gen relacionado con la atrofia muscular en numerosas afecciones. SpaceNews. Instituto Nacional de Investigación Biomédica Espacial NSBRI. Marzo-2002 en: https://spacenews.com/gene-discovery-linked-to-muscle-atrophy-in-numerous-conditions
15. Fitts RH. et al.: Prolonged space flight-induced alterations in the structure and function of human skeletal muscle fibres. J Physiol. 2010 Sep 15 (3567-92)
16. Prisk GK. Microgravity and the respiratory system. Eur Respir J. 2014;43:1459-71
17. Trudel, G., Shahin, N., Ramsay, T. et al. Hemolysis contributes to anemia during long-duration space flight. Nat Med 28, 59–62 (2022)
18. Shi Shang-Jin, Sur D., Meck J.: Fludrocortisone does not prevent orthostatic hypotension in astronauts after spaceflight. En PubMed. Aviat Espacio Environ Med. 2004 Mar;75 (3):235-9.
19. Lee, S. et al: Efficacy of gradient compression garments in the hours following long-duration spaceflight. Frontiers in Physiology. July 2020, vol. 11
20. Lloyd Sh. et al: Osteoprotegerin is an effective countermeasure for spaceflight-induced bone loss in mice. Bone. Vol 81, 2015 (562-572)
21. Ferrer C., Tovar I., Martinez P.: Osteoprotegerina y Sistema RANKL/RANK: ¿el futuro del metabolismo óseo?. An. Med. Interna (Madrid) 2002. Vol 19 No.8
22. Rengel A. el al: Denosumab as a Pharmacological Countermeasure Against Osteopenia in Long Duration Spaceflight. Aerosp Med Hum Perform. 2023b94(5) (389-395)
23. Rosenthal R. et al: The Case for Bisphosphonate Use in Astronauts Flying Long-Duration Missions. Cells. 2024 Aug 13;13(16):1337

ESTE DOCUMENTO SE PUBLICA EN LA VERSIÓN ENTREGADA POR SU AUTOR


Calendario Astronómico 2027
astromania
Web: astromania.co
E-mail: ventas@astromania.co
@astromania.co
311 882 8330
Red de Astronomía de Colombia
RAC
Web: rac.net.co
E-mail: presidencia@rac.net.co
@redastronomiacolombia
311 709 5990
CALENDARIO
2027



Selfie de Perseverance con las cataratas de Cheyava. Crédito NASA/JPL-Caltech/MSSS

Más allá de Marte

EUROPA Y ENCÉLADO COMO LAS NUEVAS FRONTERAS EN LA BÚSQUEDA DE VIDA EXTRATERRESTRE.

Susan Gisel Franco Acosta
Estudiante de Licenciatura en Farmacia
Vocal de la Junta Directiva del grupo Sirius SAAC. Provincia de Coclé,
República de Panamá

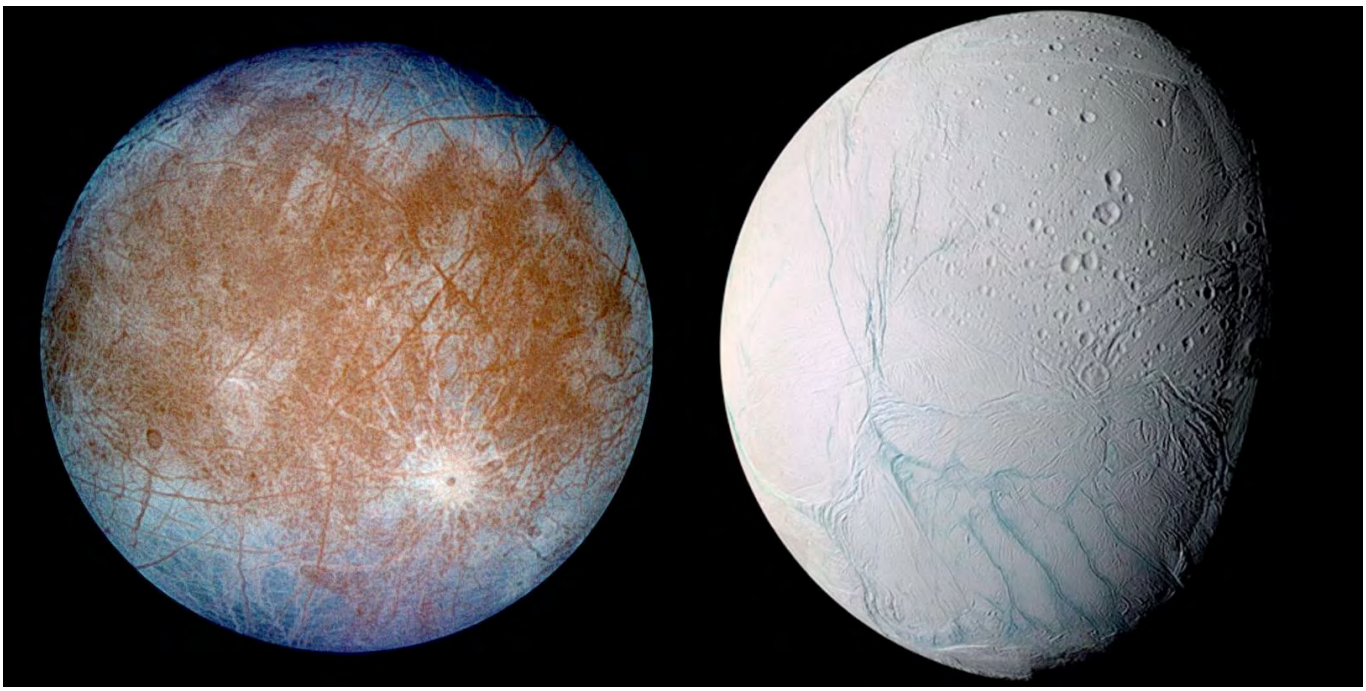
¿Es posible que hayamos estado buscando vida extraterrestre en el lugar equivocado?
Durante décadas, la atención de la humanidad y de agencias espaciales como la NASA se ha concentrado en el desierto rojo de Marte. Sin embargo, la astronomía moderna está cambiando de rumbo. Mientras que Marte es hoy un mundo seco y hostil, lunas heladas como Europa (de Júpiter) y Encélado

(de Saturno) albergan indicios de océanos globales de agua líquida bajo sus cortezas de hielo. Este artículo analiza por qué estos mundos oceánicos están despertando un interés creciente como posibles nuevas fronteras en la exploración astrobiológica.

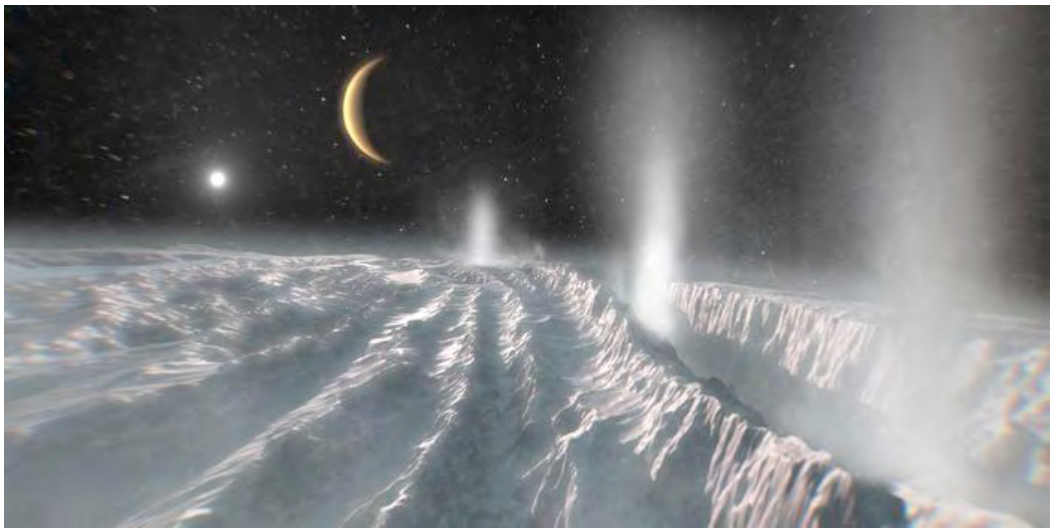
Del desierto marciano a las profundidades heladas: La exploración de Marte nos ha enseñado a buscar los rastros fósiles de una habitabilidad pasada, consolidando al planeta rojo como un valioso modelo de estudio para comprender la evolución climática y geológica de los mundos rocosos. Sin embargo, la astrobiología moderna no se detiene allí; misiones emblemáticas de la NASA y la ESA como Cassini o la actual Europa Clipper demuestran que la investigación marciana forma parte de un panorama mucho más amplio. El rompecabezas cósmico se completa al mirar hacia lunas heladas como Europa y Encélado. Bajo sus cortezas de hielo, estos mundos poseen océanos subsuperficiales y presentan condiciones que podrían ser compatibles con la habitabilidad. Así, mientras Marte nos ayuda a examinar procesos geológicos en superficies secas, estas lunas ofrecen la oportunidad de investigar entornos acuosos activos en el presente, integrando ambas líneas de investigación en el esfuerzo por dilucidar si existen otros rincones con vida en el universo.

Bajo la gruesa corteza helada de Europa, la luna de Júpiter, se oculta un océano subterráneo cuyo calentamiento, impulsado por fuerzas de marea, plantea escenarios teóricamente favorables para la química prebiótica si concurren agua líquida, energía y elementos esenciales. Aunque la superficie de esta luna carece de una protección atmosférica significativa y está expuesta a una intensa radiación procedente del espacio y del campo magnético joviano, ciertos modelos sugieren que moléculas orgánicas complejas podrían ascender desde las capas inferiores a través de fracturas o penachos de hielo. Un estudio respaldado por la NASA, liderado por Alexander Pavlov, indicó mediante experimentos a -196 °C que la búsqueda de biomoléculas no requeriría necesariamente perforaciones profundas en todas partes: en ciertas latitudes altas del hemisferio posterior, una sonda podría hallar aminoácidos a una profundidad moderada resguardados de la degradación radiolítica. Asimismo, las pruebas mostraron que, mientras algunos minerales aceleran la descomposición de estas moléculas -por lo que las futuras misiones deberán seleccionar cuidadosamente sus zonas de descenso-, las estructuras de origen microbiano podrían mostrar una mayor resistencia relativa, un factor alentador para el diseño de futuras estrategias de exploración en el lugar.

Bajo la gélida y más fina corteza de Encélado, la luna de Saturno, se extiende un océano global asociado a actividad hidrotermal en su lecho marino, desde el cual emergen penachos de vapor, agua y compuestos orgánicos hacia el espacio a través de



Comparativa de las lunas heladas Europa (a la izquierda) y Encélado (a la derecha), mostrando sus característicos relieves de hielo y grietas en la superficie. Fuente: ESA



Representación artística de la superficie y los géiseres de Encélado.Fuente: ESA.

fisuras polares. Este entorno reúne de manera accesible varios de los factores físico-químicos de interés astrobiológico: agua líquida en contacto con un núcleo rocoso y fuentes potenciales de energía química. Investigaciones experimentales sugieren que, a diferencia de Europa, en la superficie de Encélado ciertas moléculas orgánicas podrían resistir la radiación ambiental a profundidades muy superficiales, lo que facilitaría la recolección de muestras sin complejas excavaciones. Por esta razón, agencias como la ESA valoran a Encélado como un candidato sumamente atractivo dentro de la planificación a largo plazo, con propuestas conceptuales orientadas a sobrevolar sus géiseres o estudiar su superficie en misiones de futura generación.

El futuro de la búsqueda: ¿Estamos cerca de una respuesta? La exploración de los mundos oceánicos representa una de las líneas más dinámicas de la ciencia planetaria actual. Con los datos aportados por misiones como Cassini y Juice, las agencias espaciales continúan evaluando los próximos pasos en la hoja de ruta de la astrobiología. Iniciativas de planificación a largo plazo, como el programa Voyage 2050 de la ESA, contemplan misiones dedicadas al estudio de lunas como Encélado, para las décadas venideras, con el propósito de analizar muestras de sus océanos internos mediante instrumentos avanzados. Aunque el camino por recorrer es riguroso y exige cautela metodológica, cada hallazgo nos acerca un poco más a contextualizar nuestro lugar en el cosmos.

BIBLIOGRAFÍA

BBC Mundo. (2017). Europa, la luna helada de Júpiter en la que la NASA busca vida. BBC News Mundo. https://www.bbc.com/mundo/noticias-39406392

European Space Agency (ESA). (2010). Europa and Enceladus. ESA Multimedia. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2010/01/Europa_and_Enceladus

European Space Agency (ESA). (2024a). Report of the Expert Committee for the Large-class mission in ESA's Voyage 2050 plan covering the science theme "Moons of the Giant Planets". ESA Cosmos. https://www.cosmos.esa.int/documents/1866264/1866292/ESA_L4_Expert_Committee_report_Moons_of_the_Giant_Planets.pdf

European Space Agency (ESA). (2024b). Saturn's moon Enceladus top target for ESA. ESA Science & Technology / CDF. https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/CDF/Saturn_s_moon_Enceladus_top_target_for_ESA

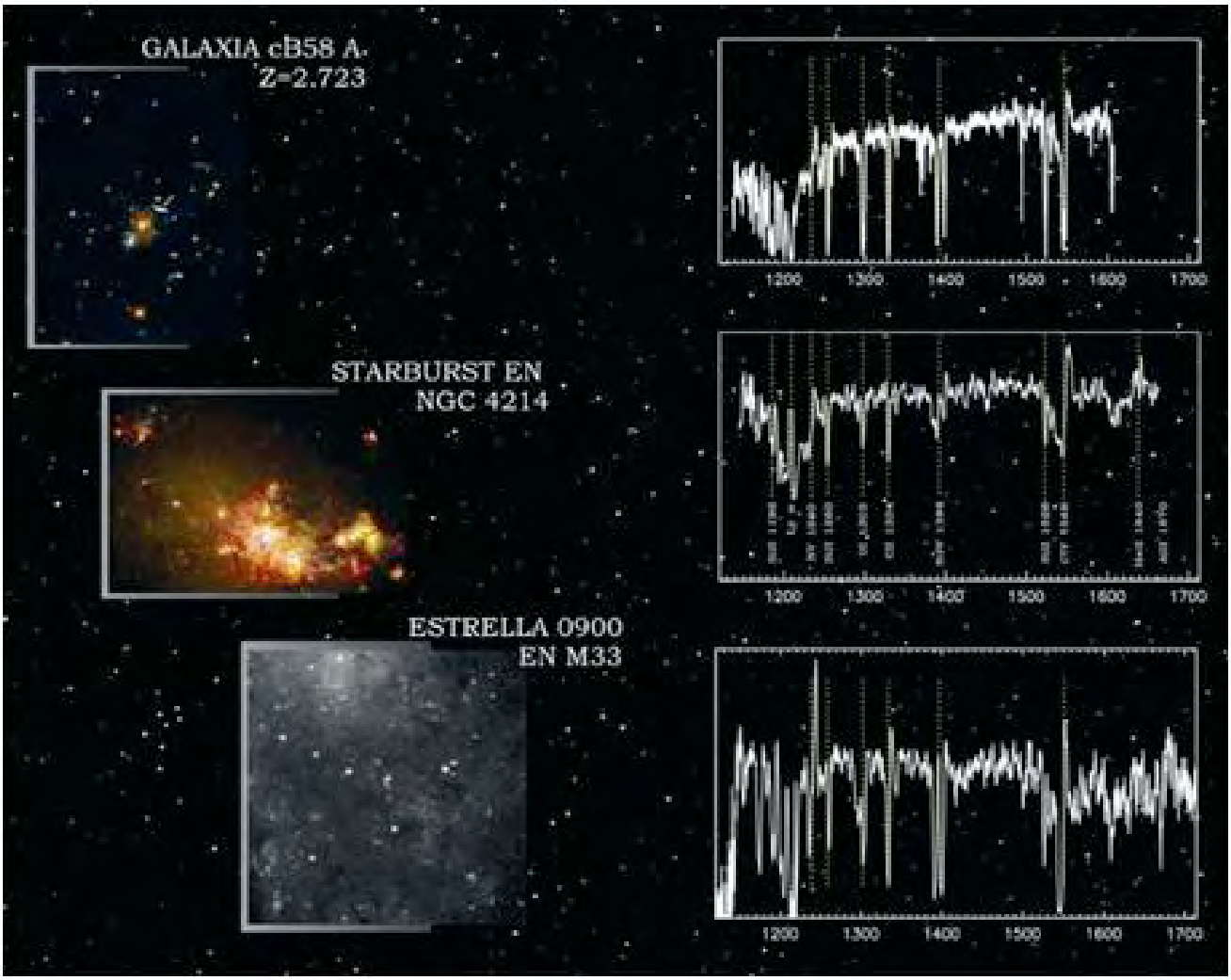
European Space Agency (ESA). (2025). L4 to Enceladus - ESA Science Programme. ESA Science & Technology. https://www.science.esa.int/web/cm25/l4-to-enceladus

National Geographic España. (2017). Encélado y Europa reúnen varios de los ingredientes necesarios para la vida. National Geographic. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/encelado-europa-reunen-varios-los-ingredientes-necesarios-para-vida_11401

Nature Communications. (2024). Europa Clipper mission and the search for habitability. Nature Communications, 15, Article 59094. https://www.nature.com/articles/s41467-025-59094-6

Pavlov, A. A., McLain, H. L., Glavin, D. P., Dworkin, J. P., Parker, E. T., Elsila, J. E., & Hudson, R. L. (2024). Radiolytic Effects on Biological and Abiotic Amino Acids in Shallow Subsurface Ices on Europa and Enceladus. Astrobiology, 24(7), 683–699. https://doi.org/10.1089/ast.2023.0120

NASA Ciencia. (2024). Estudio de la NASA sobre por qué Marte es rojo respalda la teoría de un posible pasado habitable. Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio. https://ciencia.nasa.gov/sistema-solar/nasa-estudio-sobre-por-que-marte-es-rojo-respalda-la-teoria-de-un-posible-pasado-habitable/



Algunos objetos astronómicos y sus espectros. (Galaxia lejana, galaxia cercana y estrella en cúmulo M33). https://josevicentediaz.com/astronomia-practica/espectroscopia/

La espectroscopía astronómica

Jorge A. Suárez R.
Tecnólogo de costos y presupuestos del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín.
Divulgador y astrónomo aficionado
Integrante del Semillero de Astronomía y ciencias espaciales del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín.

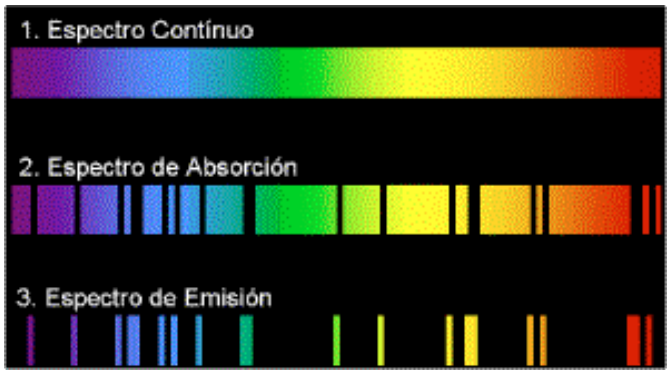
La espectroscopía astronómica es una técnica esencial en el campo de la astronomía y la astrofísica, que se centra en estudiar la luz emitida por los objetos celestes al descomponerla en un espectro. Mediante este enfoque, es posible examinar la composición, la temperatura, la densidad y el movimiento de las estrellas, galaxias, nebulosas y otros cuerpos astronómicos.

Esto se realiza analizando las propiedades de la

luz que estos objetos emiten, absorben o reflejan. Para descomponer la luz, se utiliza un prisma o una rejilla de difracción, lo que permite dividirla en sus distintos colores o longitudes de onda, creando así un espectro. El espectro resultante revela líneas brillantes de emisión o líneas oscuras de absorción en ciertas longitudes de onda, indicativas de los elementos químicos presentes en el objeto de estudio.

Tipos de espectros

- Continuo: Contiene todas las frecuencias de forma ininterrumpida y es característico de cuerpos densos y calientes, como las zonas internas de las estrellas.
- De emisión: Muestra líneas brillantes sobre un fondo oscuro, debido a gases calientes.
- De absorción: Presenta líneas oscuras donde un gas frío absorbe ciertas frecuencias de luz provenientes de una fuente situada detrás.



Crédito: https://www.ugr.es/~amaro/radiactividad/tema2/node4

El perfil de una línea espectral

Se refiere a la forma y al ancho de una línea de emisión o de absorción en un espectro. Este ofrece información detallada sobre las condiciones físicas y dinámicas del gas o del plasma emitido por estrellas, galaxias, nebulosas y otros cuerpos astronómicos. Así, la forma de la línea puede ser simétrica o asimétrica, dependiendo de la distribución de las velocidades del gas emisor o absorbente, así como de las interacciones entre fotones, átomos o moléculas en el medio.

Por otro lado, el ancho de la línea se ve afectado por varios mecanismos de ensanchamiento, como el Doppler térmico, por presión debido a colisiones y el no térmico, como el causado por la turbulencia.

En este contexto, la información obtenida del perfil de línea incluye lo siguiente:

- Composición química: Las longitudes de onda específicas de las líneas espectrales permiten identificar los elementos y las moléculas presentes en la fuente.
- Temperatura: las líneas dan estimaciones de la temperatura del gas emisor.
- Densidad: El ensanchamiento por presión es sensible a la densidad del gas, facilitando la medición de la densidad electrónica o de partículas.
- Campo magnético: El análisis del efecto Zeeman, que implica el desdoblamiento de las líneas espectrales en presencia de un campo magnético, puede determinar la intensidad y la dirección del campo.
- Velocidad: El desplazamiento Doppler de las líneas espectrales revela el movimiento radial de la fuente, mientras que el perfil de la línea puede indicar rotación, expansión o flujos de gas.

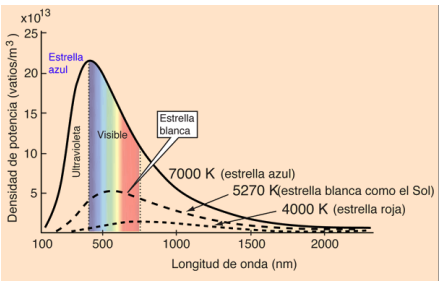
A continuación, se muestran algunas fórmulas clave, junto con ejemplos prácticos de su aplicación.

Ley De Desplazamiento De Wien

La Ley de Desplazamiento de Wien propone que la longitud de onda a la que un objeto emite la mayor cantidad de radiación es inversamente proporcional a su temperatura absoluta.

Esto implica que:

- Al aumentar la temperatura de un cuerpo, el pico de su radiación se desplaza hacia longitudes de onda más cortas, indicando una relación inversa.
- Los objetos que emiten energía en longitudes de onda largas, como el infrarrojo (invisible al ojo humano), suelen ser más fríos.
- Los objetos que emiten energía en longitudes de onda más cortas, alcanzando el espectro visible como azul o incluso ultravioleta, están más calientes.



Se determina mediante la siguiente fórmula:

$\lambda_{max} * T = b$

λ_{max} = longitud de onda del pico de emisión (en metros m)
T = temperatura absoluta (en Kelvin, K)
b = constante de Wien ($2.897 * 10^{-3}$ m * K)

Ejemplo:
Sirio A tiene su pico de emisión de longitud de onda de aproximadamente 291.5 nanómetros (nm). ¿Cuál es su temperatura?

λ máx.: 295.5 nanómetros, pasamos a notación científica: 2.955×10^{-7} metros
b: $2,898 \times 10^{-3}$ m · K (metros por kelvin).
T:?
Sustituimos y reemplazamos:
$T= (2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}) / (2.955 \times 10^{-7})$
$T \approx 9.807$ K
La temperatura aproximada de Sirio A es de 9.870 K

Efecto Doppler Clásico

El efecto Doppler se refiere al cambio en la frecuencia o longitud de onda ocasionado por el movimiento relativo entre la fuente emisora y el observador. Este fenómeno se conoce como corrimiento al rojo o redshift.

El corrimiento al rojo cosmológico y su relación matemática se derivan de la teoría de la relatividad general de Albert Einstein, así como de los modelos de un universo en expansión propuestos por el físico y sacerdote Georges Lemaître y el astrónomo Edwin Hubble. Así, se proporcionó la primera evidencia observacional de que las nubes de polvo, consideradas antes como "nebulosas", eran en realidad galaxias independientes. Además, se descubrió que estas galaxias no solo estaban mucho más lejos de la Vía Láctea, sino que también se alejaban de nosotros.

$$\Delta\lambda \ / \ \lambda_0 = \lambda_{obs} - \lambda_0 \ / \lambda_0 = v / c$$

λ_{obs} = longitud de onda observada
λ_0 = longitud de onda en reposo (laboratorio)
v = velocidad radial del objeto
c = velocidad de la luz 300.000 Km /seg

Nota: si Δ λ es mayor a o, el objeto se aleja (dezplazamiento al rojo o redshift). Si Δ λ es es menor se acerca (desplazamiento al azul).

Esto significa que el estiramiento de la longitud de onda de la luz es directamente proporcional a la expansión del factor de escala del universo entre el momento de emisión y el de observación.

Ejemplo
Una línea de hidrógeno tiene una longitud de reposo λ_0 de 456.2 nm y el espectro observado de una galaxia lejana λ_{obs} es de 459.6 nm. ¿Cuál es la velocidad de desplazamiento?
Se despeja y se reemplaza:
$\Delta\lambda = 459.6 - 456.2 = 3.4$
$3.4 \ / \ 459.6 = 0.0073$
$= 0.0073 \times 300.000$ km/s = ≈ 2.190 km/s
La velocidad de desplazamiento es aproximadamente 2.190 km/s

El evento de reionización

El Evento de Reionización, o la Época de Reionización, es un período importante de la historia cósmica, cuando el gas de hidrógeno dejó su estado neutro para quedar completamente ionizado; es decir, dividido en protones y electrones. Esta transformación fue provocada por la radiación emitida por las primeras estrellas y galaxias.

Este proceso se llevó a cabo, aproximadamente, entre 150 y 1.000 millones de años después del Big Bang y, es considerado como la última gran transición global del universo. Es considerado como el resultado de un intenso período de actividad de supernovas en millones de galaxias de todo el universo, generando cantidades significativas de radiación ultravioleta.

La reionización y el redshift (corrimiento al rojo) están estrechamente ligados en la cosmología, ya que el redshift es la herramienta esencial para medir cuándo y cómo ocurrió la reionización del universo. En un universo en expansión, la luz proveniente de objetos distantes se desplaza hacia longitudes de onda más largas (más rojas) mientras viaja hacia nosotros.

Debido a que la luz toma tiempo en viajar, observar un redshift más alto equivale a mirar atrás en el tiempo. Así, los astrónomos emplean el redshift para situar cronológicamente los eventos de la historia del universo. La reionización marca la época en la que aparecieron las primeras estrellas y galaxias. Su intensa radiación ultravioleta ionizó

el gas de hidrógeno neutro presente en el espacio interestelar.

Gracias a las mediciones del redshift, se puede determinar con precisión cuándo tuvo lugar este proceso:

- Inicio de la reionización: Comenzó con un redshift aproximado de z ≈ 12 a 15. Es decir, entre 300 y 400 millones de años después del Big Bang.
- Final de la reionización: Se completó casi totalmente a un redshift de z ≈ 5 a 6, alrededor de 1.000 millones de años después del Big Bang.

Ley de Hubble-Lemaître

Esta ley describe la relación entre el corrimiento al rojo en el espectro de galaxias distantes y su distancia en el universo observable. Esta ley indica que el espacio entre las galaxias se está expandiendo, alejando los objetos lejanos de nosotros, aunque la Tierra no sea vista como el centro del universo.

El fenómeno conocido como corrimiento al rojo se refiere al estiramiento de la luz emitida por galaxias distantes, debido a su movimiento de alejamiento, lo que se utiliza para medir su velocidad.

Esta ley fue inicialmente propuesta en 1927 por el sacerdote y astrónomo Lemaître, basado en las ecuaciones de la relatividad general. Más tarde, en 1929, el astrónomo estadounidense Edwin Hubble confirmó esta teoría al medir las distancias a las galaxias.

$$d = v / Ho$$

v = velocidad de recesión de la galaxia (obtenida mediante el Efecto Doppler)

Ho = constante de Hubble (70 km/s/Mpc)

d = distancia a la galaxia en Megaparsecs (Mpc)

Ejemplo

El espectro de una galaxia lejana indica que se aleja de nosotros a una velocidad de 1.852 km/s. Calcular la distancia a la que se encuentra.

d = (1.852 km/s) / (70 km/s/Mpc)

d= 26.457 Mpc

La galaxia se encuentra aproximadamente a 26.45 Mpc

Para finalizar, la espectroscopia astronómica actúa como una herramienta esencial para interpretar la luz del universo. Esto permite a los astrofísicos desentrañar los misterios de los objetos celestes sin tener que explorarlos físicamente.

CIBERGRAFÍA

https://science.nasa.gov/mission/hubble/science/science-behind-the-discoveries/hubble-cosmological-redshift/

https://science.nasa.gov/mission/hubble/science/science-behind-the-discoveries/hubble-cosmological-redshift/

https://ciencia.nasa.gov/universo/el-universo-primitivo/

BIBLIOGRAFÍA

Alonso Sepúlveda Soto, 2014, Bases de Astrofísica, editorial Universidad de Antioquia.

¡Conoce más del Triásico,
del Jurásico y del Cretácico!

Pteros & Saurios Marinos

Cartas divertidas

Juegos y Modelos
Aprendizaje Divertido

Reptiles voladores y marinos, ¿era otro planeta?

Mujeres en la ciencia

Ada Lovelace

DICIEMBRE 1815 – NOVIEMBRE 1852

Ada Lovelace, su nombre de soltera era Augusta Ada Byron, luego condesa de Lovelace. Nació en Londres el 10 de diciembre de 1815. Su padre Lord Byron, era un poeta famoso, que las abandonó un mes después de haber nacido Ada. Su madre Ana Isabelle Milbanke, fue quien influyó en su hija por el amor a las matemáticas. Desde su juventud empezó con problemas de salud, que la mantuvieron postrada en cama durante un largo tiempo, pero gracias a las técnicas medicinales de la época y a su fuerza de voluntad logró salir adelante, pero desafortunadamente su salud se vería afectada mas tarde por el asma y otras dolencias más.

En 1835 se casó con el octavo Lord King, nombrado conde de Lovelace en 1838, por lo que Ada pasó a ser la condesa de Lovelace. Tuvieron una hija Anna Isabella, y dos hijos Byron Noel y Ralph Gordon.

Su esposo le dio la posibilidad de acceder a los fondos bibliográficos de la Royal Society de Londres, de la que él era miembro. Pero ella como mujer no tenía acceso ni a la biblioteca ni a la de ninguna otra institución.

Ada tuvo la suerte de tener como mentora a Mary Somerville, que era una de las científicas más reconocidas de su país. Somerville fue un modelo para Ada de cómo una mujer podía sobresalir en las ciencias sin dejar de ser respetada. Con el tiempo se convirtieron en amigas y confidentes.

Su trabajo más celebre fue acerca de la computadora mecánica: describió un lenguaje de programación de uso general interpretando las ideas de Charles Babbage. Publicó una serie de notas sobre el ordenador de Babbage, que firmó con sus iniciales AAL (Augusta Ada Lovelace), para que no fueran censuradas por ser mujer. Fue la primera que reconoció que la computadora tenía muchas más aplicaciones que el cálculo y lo más destacado fue la publicación de lo que hoy conocemos como "algoritmo informático".

Ada murió muy joven, a la edad de 36 años el 27 de noviembre de 1852, ocho años antes de que la primera universidad europea, La Suiza; admitiera en sus aulas a una mujer.

Daguerrotipo de Ada Lovelace hecho por Antoine Claudet en 1843

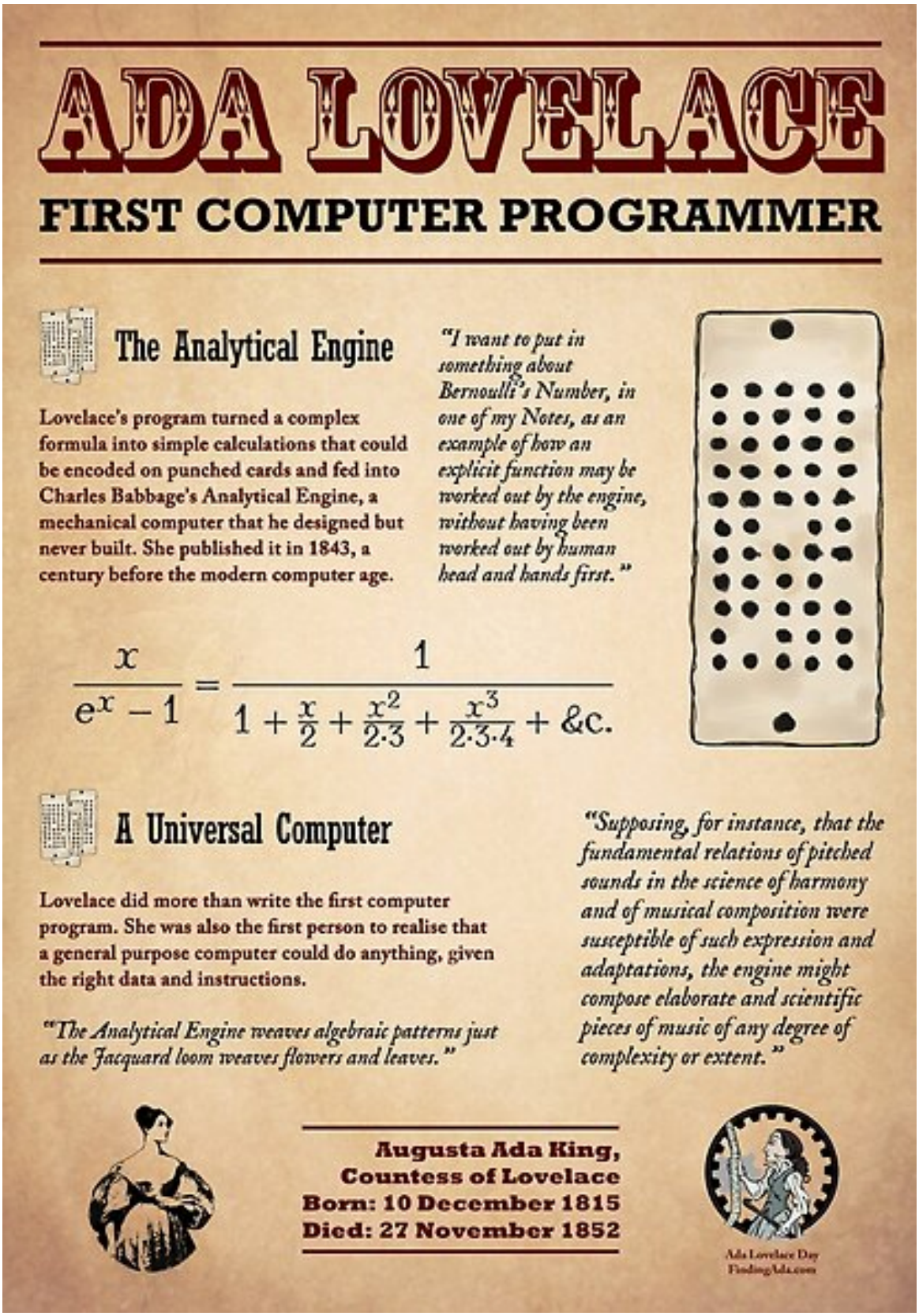
Algunos de sus reconocimientos:

El lenguaje informático Ada, creado en nombre del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, recibió su nombre. El manual de referencia del lenguaje fue aprobado el 10 de diciembre de 1980

El edificio del departamento de Matemáticas de la Ingeniería en la Universidad de Bristol se llama Edificio Ada Lovelace.

Daguerrotipo de Ada Lovelace hecho por Antoine Claudet en 1843

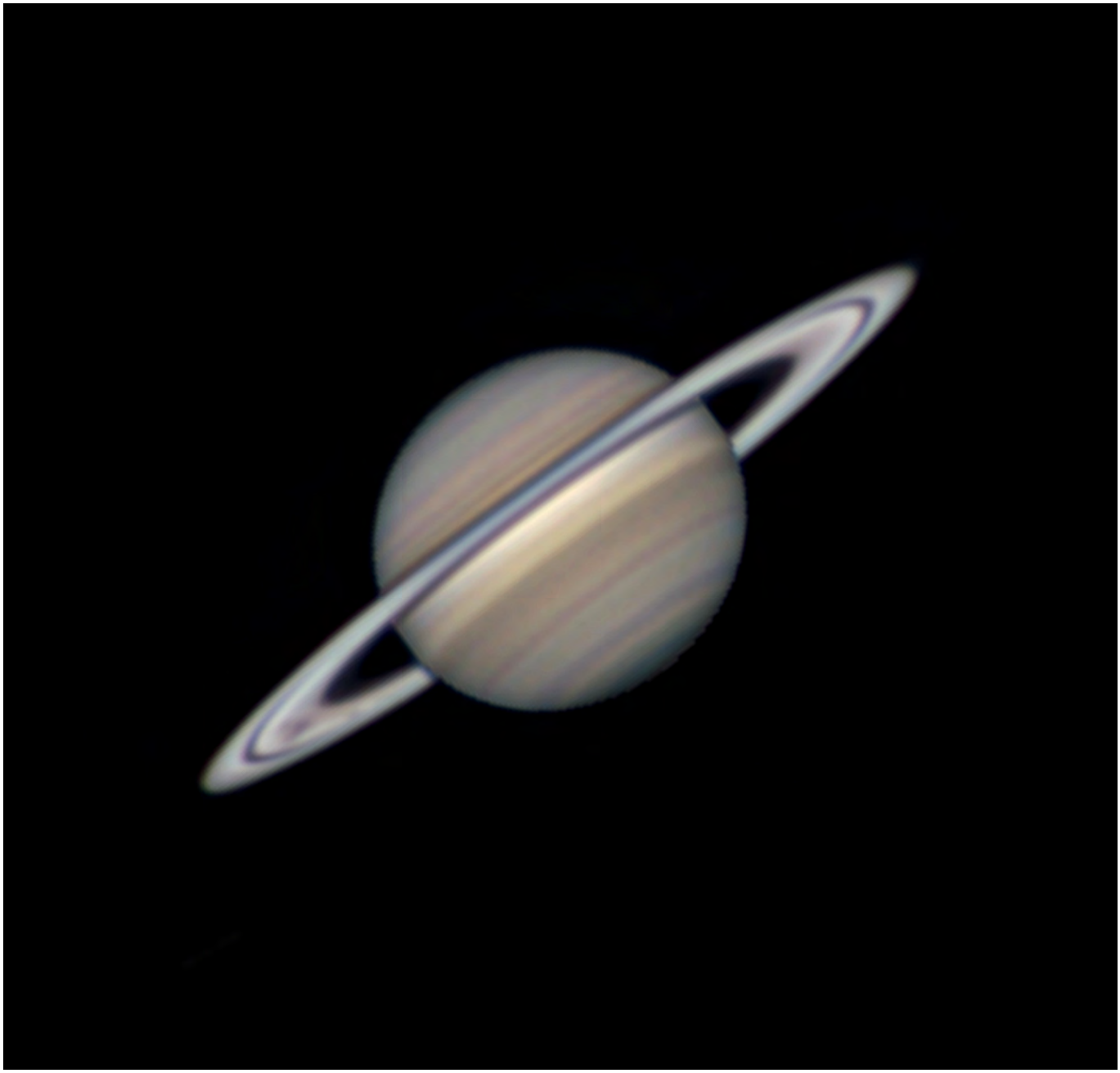
Ángela María Tamayo Cadavid
Socióloga vinculada al Observatorio Fabra desde hace más de 15 años.



CARTEL DONDE SE RECONOCE A ADA LOVELACE COMO LA PRIMERA PROGRAMADORA INFORMÁTICA. FUENTE: HTTPS://WWW.REDBUBBLE.COM/ES/SHOP/AP/15017169

Astrofotos del mes

Miguel Duarte



SATURNO EN OPOSICIÓN - FOTO DE PORTADA

Miguel Duarte

San Vicente Ferrer

Telescopio 12 pulgadas fabricado en casa, óptica de Andrés Arboleda

Montura Takahashi NJP.

Cámara Player One Saturno C

Procesado en PixInsight, Lightroom Mobile

Redes del autor el_observador_del_cielo

Diego Yonathan Moreno Ramírez

NEBULOSA DEL VELO

Diego Yonathan Moreno Ramírez

Bucaramanga - Santander (Parcela en el Barrio Miradores de la UIS) (Bortle 7)

Fecha de la toma: 9 de Junio de 2026 a las 11 PM.

Datos de la captura:

Apertura: 80 mm

Relación focal: f/5

Ganancia: máxima: 325

Distancia Focal: 400 mm

Tiempo Exposición: se hicieron 160 tomas de 10 segundos de exposición, para un total de 27 minutos.

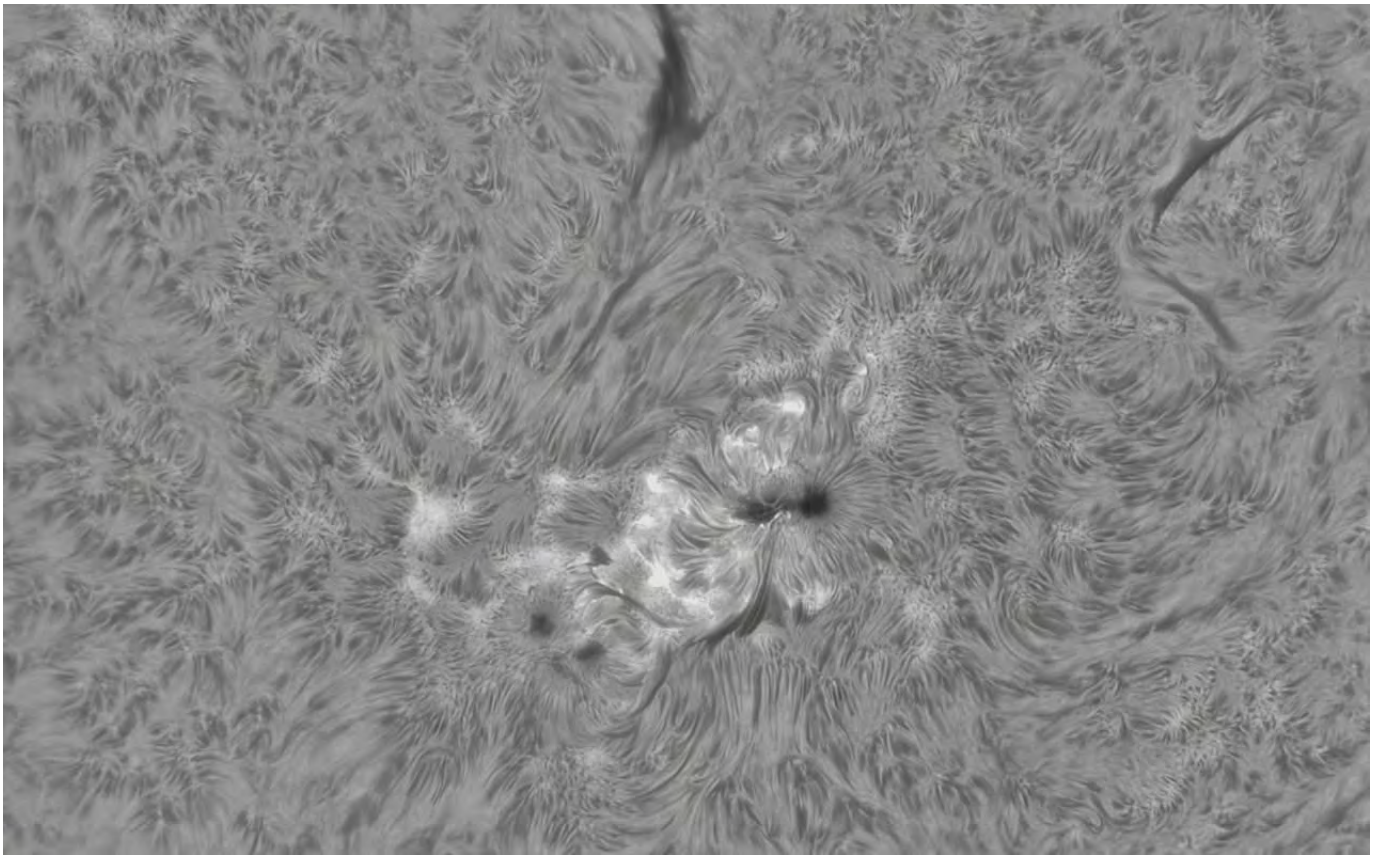
Cámara: Svbony 705c conectada a una Raspberry pi 5 usando Ekos y kstars para capturar Telescopio: Celestron Travel Scope 80 en montura SkyWatcher AZ GTI en modo Altazimutal sobre trípode fotográfico estándar sin guiado

Accesorios adicionales si aplica: filtros, reductores, etcétera: se uso un filtro de de banda estrecha SV 220 de Sbvony para contrarrestar la contaminación lumínica

Herramientas de procesado o apilado: , GraXpert 3.0.2 y Seti Astro Suite Pro, Photoshop 2020, ekos y Kstars

Descripción: Esta es una de las Nebulosas más hermosas de la constelación del Cisne Redes Sociales: Canal De YouTube A lo Marciano

Andrés Fernando Arboleda



PRIMER PLANO SOLAR MANCHA 4551 EN HIDRÓGENO ALPHA

Primer plano solar mancha 4551 en hidrógeno alpha.
15 de ocutbre 2026
Cali valle.
Andrés Fernando Arboleda
Telescopio refractor 127mm acondicionado a medida con filtro Ethalon 0.55A, relación focal f/26
cámara 174mm
captura en sharpcap
enfoque en AstroSurface

PRIMER PLANO SOLAR MANCHA 4551 EN SOLAR-CONTINUM

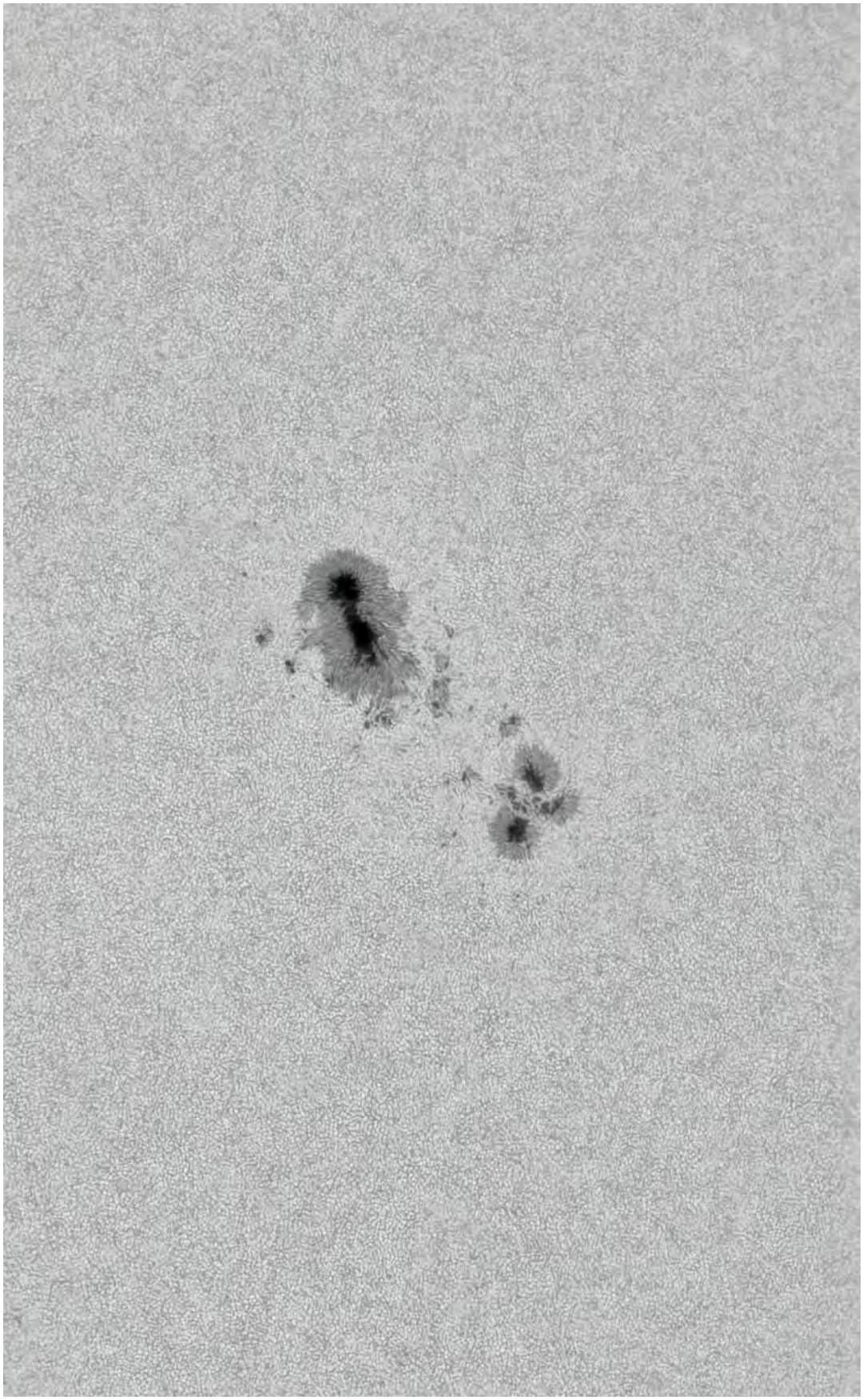
Telescopio refractor 127mm a f/26

Filtro primario película baader ND3, filtro secundario solarcontinum 7.5nm

cámara 174mm

captura en sharpcap

procesado en AstroSurface.



Andrés González Hernández

M17 LA NEBULOSA OMEGA

AUTOR: Andrés González Hernández

Instagram: andres_16205

Telescopio: SVBONY SV550 80 mm APO

Cámara: ZWO ASI533MC Pro

Cámara guía: ZWO ASI120MM Mini

Tubo guía: SVBONY 30 mm

Filtro: SVBONY SV220 de banda estrecha

Captura

48 × 300 s

4 horas de integración total

Flats y darks de calibración

Procesado en PixInsight en paleta

HOO

Pablo Luis Rodríguez Abril

NGC 6188 LOS DRAGONES DE ARA

Lente/Telescopio: Seestar S30 pro en modo equatorial (Refractor (APO) de 4 elementos con vidrio ED , Apertura 30 mm, Distancia Focal 160 mm, f/5.3.

Cámara: principal sensor Sony IMX 585 (1/1.2")

Filtro: integrado Duo-Band optimizado para OIII a 30nm y Hα a 20nm

Tiempos de captura: 66ox6os para un total de 11 horas.

Fecha de la captura: julio y agosto de 2026.

Lugar de la captura: Observatorio Cielos del Norte - Sativanorte – Boyacá

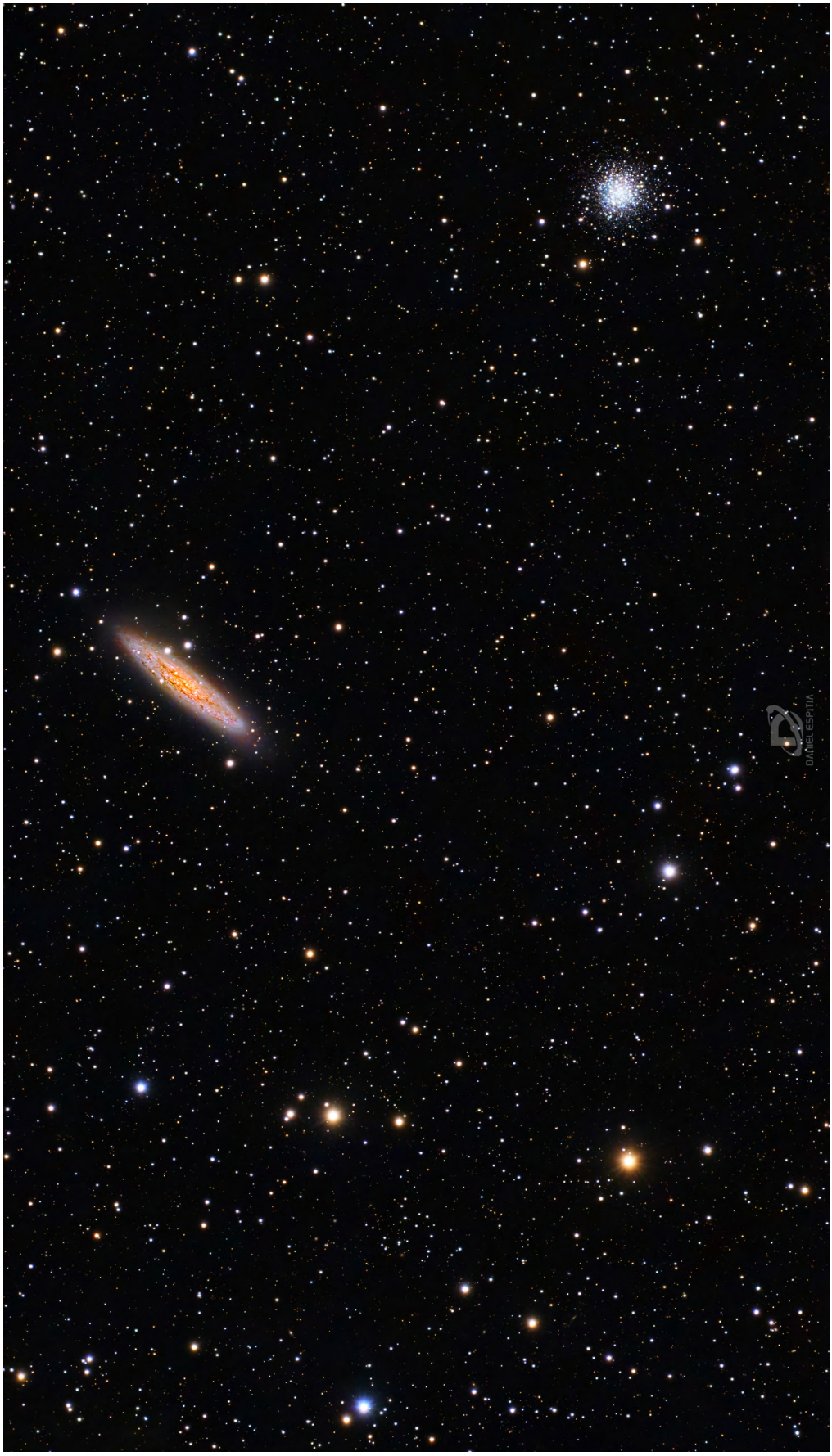
Procesado: Paleta de Color HOS, apilada y procesada en PixInsight + Photoshop

Carlos Enrique Ortiz Rangel

COMPLEJO MOLECULAR DE ORION (CAMPO AMPLIO)

Equipo usado: Lente Samyang 135
Red: https://telescopius.com/spa/profile/carlos-e-ortiz-r-
Autor: Carlos Enrique Ortiz Rangel
Lugar: Bogotá, Zona Norte (Usaquen) Bortle 8
Periodo de captura: Una sola noche 25/09/2026
Tiempo de apilado: 2.52 Horas
Setup: Cámara ZWO 533MC P - Montura AM3 - Filtro SV220
Procesado: Pixinsight

Daniel Espitia



NGC 253 Y NGC 288

Nombre del autor: Daniel Espitia

Lente/Telescopio: Seestar S30 Pro

Filtros: UV/IR Cut y LP

Tiempos de captura: 27h 50m (UV/IR cut) 13h16m (LP). Total 41h 6m

Fecha de la captura: 5,6,7,8,9,10,11,12,13 y 14 de Octubre de 2026

Lugar de la captura: Yass, Australia

Juan David Rengifo Peña

NGC 6302 NEBULOSA DEL INSECTO

Nombre del autor: Juan David Rengifo Peña
Lente/Telescopio: Celestron Powerseeker 114Eq
Camara :Svbony 705C
Filtros: Ninguno
Tiempos de captura: 10s por 5 tomas.
Fecha de la captura: 8/09/2026
Lugar de captura: Cali, Valle del Cauca
Procesado: Sharcap - LIVE STACK, Apilado - pixlnsight, Lightroom

Aves, lluvia y montaña

NUESTRO OCTOBER BIG DAY 2026

Mauricio Chacón Pachón y Níkolas Chacón Aragón
Semillero de BioAstronomía Shaulitos
Grupo de BioAstronomía Shaula
Asociación Urania Scorpius

Después de nuestra participación en el Global Big Day de mayo, que compartimos en esta Circular a través del relato Aves, montañas y estrellas, volvimos a aceptar el reto de registrar aves durante una de las jornadas mundiales dedicadas a su observación: el October Big Day 2026

Esta vez la experiencia fue diferente. Participamos únicamente Níkolas y yo, y escogimos como escenario el Jardín Botánico San Jorge, en Ibagué, Tolima. Allí recorrimos 4,45 kilómetros durante 4 horas, siguiendo los senderos hasta llegar al mirador más alto del lugar.

La lluvia nos acompañó durante buena parte de la jornada. La humedad del bosque y los sonidos del entorno hicieron parte de una experiencia que nos exigió mantener la atención en cada movimiento, cada canto y cada silueta entre la vegetación. Observar aves implica aprender a mirar con paciencia, pero también a escuchar aquello que muchas veces no alcanzamos a ver.

Empidonax virescens, Vireo olivaceus, Catharus ustulatus, Setophaga aestiva y Cardellina canadensis. Su presencia nos recuerda que los espacios naturales de nuestro territorio no son importantes únicamente para las aves residentes; también ofrecen lugares de paso, alimentación y descanso a especies que recorren grandes distancias durante sus migraciones.

Más allá de los registros, esta jornada también tuvo un significado especial para el Semillero de BioAstronomía Shaulitos. Como el October Big Day se realiza el segundo sábado de octubre, coincidió con la fecha prevista para nuestro segundo Encuentro Virtual Shaulitos. Por esta razón, ese día no realizamos reunión ni transmisión; en su lugar, invitamos a los participantes del semillero a realizar sus propias observaciones de aves, para compartirlas y conversar sobre sus experiencias en las siguientes sesiones.

De esta manera, la participación en una jornada mundial de ciencia ciudadana se convirtió también en una oportunidad pedagógica: salir a observar, registrar, despertar preguntas y llevar los descubrimientos a nuestros espacios de encuentro. Porque el aprendizaje no ocurre únicamente frente a una pantalla; también sucede cuando nos detenemos a escuchar, mirar y reconocer la vida que nos rodea.

Mosquerito verdoso (Empidonax virescens). Tecnica Digiscoping. Foto del autor

Níkolas fotografiando un barranquero (Momotus aequatorialis)

SOPA DE LETRAS

Esta sopa de letras no busca únicamente entretener: propone reconocer y familiarizarse con palabras y conceptos científicos presentes en esta Circular, como una invitación a la curiosidad y a seguir explorando.

NOVIEMBRE: entre la vida y la ciencia

...más BioAstronomía

Q	C	E	S	T	U	D	I	A	N	T	E	S	B	E
X	I	X	A	D	N	A	T	U	R	A	L	E	Z	A
G	B	H	G	X	E	F	J	K	Y	R	T	F	P	C
E	I	O	R	E	J	S	R	A	R	H	W	U	Y	O
O	O	R	O	J	C	Q	A	T	G	V	E	P	N	N
G	S	M	Q	B	B	O	A	R	J	U	C	Y	B	S
R	F	I	U	X	R	V	L	V	R	D	A	D	G	E
A	E	G	I	G	X	O	E	O	U	O	F	R	B	R
F	R	U	M	T	Z	T	N	F	G	Z	L	B	K	V
I	A	E	I	X	C	I	E	N	C	I	A	L	T	A
A	N	R	C	O	W	O	X	G	M	A	A	U	O	C
G	W	O	O	Q	P	I	W	O	M	U	B	H	T	I
F	R	W	S	A	M	B	I	E	N	T	E	R	Z	O
P	B	I	O	D	I	V	E	R	S	I	D	A	D	N
I	V	X	E	C	O	S	I	S	T	E	M	A	S	U

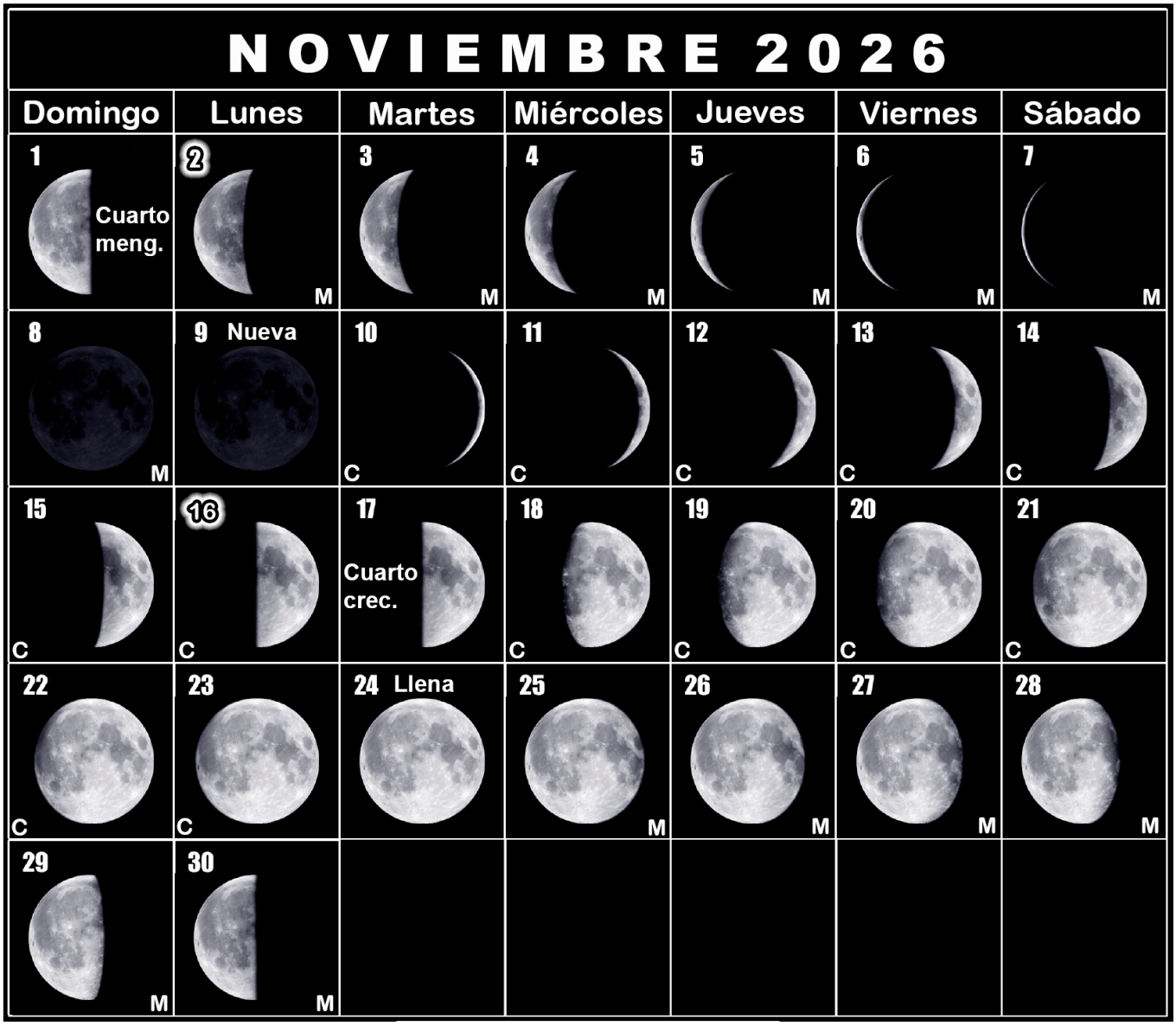
Las palabras pueden estar ocultas horizontalmente, verticalmente o diagonalmente.

ECOLOGÍA
AMBIENTE
NATURALEZA
DESARROLLO
ECOSISTEMAS
HORMIGUERO
ESTUDIANTES
BIÓSFERA
CONSERVACIÓN
CIENCIA
GEOGRAFÍA
JAGUAR
BIODIVERSIDAD
AGROQUÍMICOS

Eventos celestes

Fases de la Luna noviembre de 2026

Raúl García | Divulgador de astronomía.



Principales efemérides históricas de noviembre 2026

Germán Puerta| astropuerta@gmail.com

DOMINGO 1 (2000)

Primeros habitantes de la Estación Espacial Internacional, los cosmonautas rusos Yuri Gidzenko y Serguéi Krikaliov, y el astronauta estadounidense William Shepherd.

MARTES 3 (1957)

El Sputnik 2 transporta la perrita Laika, primer ser vivo en el espacio.

Domingo 8 (1656): Nace Edmund Halley, astrónomo inglés, calculó la órbita del cometa que lleva su nombre.

LUNES 9 (1934)

Nace Carl Sagan, astrónomo estadounidense.

JUEVES 12 (1980)

La nave Voyager 1 cruza la órbita de Saturno.

JUEVES 12 (2014)

La sonda Philae desciende en el cometa Churyumov–Gerasimenko, primer artefacto en el núcleo de un cometa.

LUNES 16 (1974)

Envío de un mensaje desde el radiotelescopio de Arecibo hacia el cúmulo M13 en Hércules.

MARTES 17 (1970)

Descenso en la Luna de la sonda Lunik 17 con el primer vehículo automático en otro mundo, el Lunokhod.

VIERNES 20 (1998)

Puesta en órbita del primer módulo de la Estación Espacial Internacional.

SÁBADO 21 (1783)

Pilâtre de Rozier efectúa el primer vuelo libre en globo.

Domingo 22 (1682)

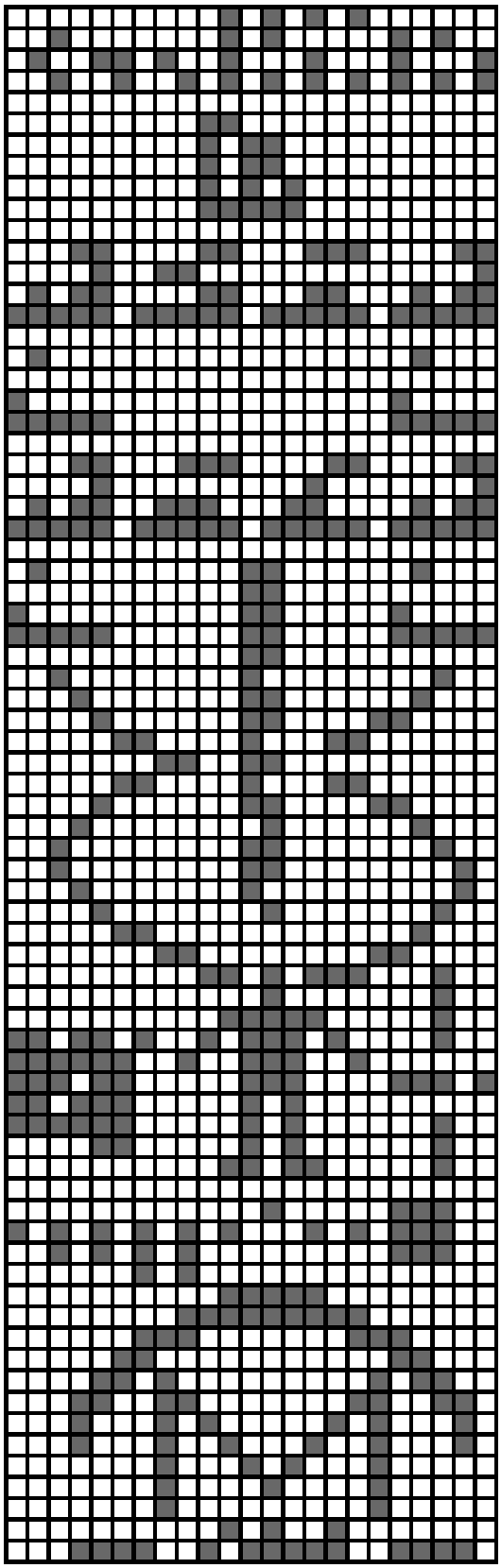
Edmund Halley observa el cometa que llevaría su nombre.

LUNES 23 (1885)

Primera fotografía de una estrella fugaz.

VIERNES 27 (1971)

La sonda soviética Mars 2, primera en impactar Marte.



El mensaje de Arecibo hacia M13: https://www.societyofcontrol.com/seti/msg_simple.htm

Fenómenos celestes - noviembre de 2026

Raúl García, patrocinado por el Planetario de Medellín

Día	Hora	Fenómeno
1	13	Luna 0.45° al noreste del cúmulo abierto el Pesebre en Cáncer (acercamiento). No visible desde Medellín, por estar de día
1	15:29	Luna en cuarto menguante
2	5:00	Luna 1° 48´al suroccidente de Marte (acercamiento)
2	18	Luna, Marte y Júpiter dentro de un círculo de diámetro 5.05°
2	19	Luna 0.63° al sureste de Júpiter (acercamiento). No visible desde Medellín
2	22:02	Luna en el nodo descendente
3	3	La ecuación del tiempo alcanza su valor máximo de 16.49 minutos
3	4	Luna 0.77° al sureste de la estrella Régulo, en Leo
4	9	Mercurio en conjunción inferior con el Sol (no visible)
5	5	Pico máximo lluvia de meteoros “Táuridas del Sur”. Se esperan 7 meteoros por hora en el cenit.
7	5:21	Luna 0° 58’ al suroccidente de Venus (acercamiento)
7	7	Luna, Venus y Spica dentro de un círculo de diámetro 2.19°
7	7	Luna 2.19° al suroccidente de la estrella Spica, en Virgo
8	8	Luna 5.7° a suroccidente de Mercurio
9	2:01	Luna nueva; comienza lunación 1285
9	8	Venus 1.16° al suroccidente de Spica, en Virgo
10	3	Mercurio en el perihelio (mínima distancia del Sol)
11	0	Luna 0.32° al sureste de la estrella Antares, en el Escorpión
11	10	Venus estacionario en ascensión recta; reanuda movimiento directo hacia el oriente
12	4	Pico máximo lluvia de meteoros “Táuridas del Sur”. Se esperan 5 meteoros por hora en el cenit.
13	11	Mercurio estacionario en ascensión recta; reanuda movimiento directo hacia el oriente.
13	13	Luna en apogeo (máxima distancia de la Tierra)
13	19	Venus estacionario en longitud; reanuda movimiento directo hacia el oriente
15	1:00	Marte 1° 11´ al noreste de Júpiter (acercamiento)
17	6:47	Luna en cuarto creciente
17	6:50	Luna en el nodo ascendente
17	10	Pico máximo lluvia de meteoros “Leónidas”; se esperan 15 meteoros por hora en el cenit.
18	5	Júpiter en cuadratura occidental, 90° al occidente del Sol
19	13	Marte en cuadratura occidental, 90° al occidente del Sol
20	4	Luna 4.4° al noroccidente de Neptuno
20	21	Luna 6° 25´ al noroccidente de Saturno
20	18	Mercurio en la máxima elongación occidental
23	8	El Sol entra a la constelación del Escorpión
24	8	Luna 1.03° al noreste del cúmulo abierto las Pléyades, en Tauro (acercamiento)
24	19	Luna llena
24	10	Luna, Urano, y el cúmulo abierto las Pléyades, dentro de un círculo de diámetro 5.46°
24	13	Luna 5.1° al norte del planeta Urano
24	19	Marte, Júpiter, y la estrella Régulo, de Leo, dentro de un círculo de diámetro 3.72°
25	16:15	Luna en perigeo (mínima distancia de la Tierra)

25	17	Urano en oposición
26	0	Marte 1.72° al noreste de la estrella Régulo, en Leo
26	11	Luna 3.1° al norte del cúmulo abierto M35, en Géminis
27	14	Venus alcanza el máximo brillo
27	15	Luna 7.3° al suroccidente de la estrella Cástor, en Géminis
27	20	Luna 4.2° al sur de la estrella Pólux, en Géminis
28	23	Luna 3° 27´al este del cúmulo abierto el Pesebre, en Cáncer
29	9	Venus muestra su máxima extensión iluminada
29	23:33	Luna en el nodo ascendente
30	3	El Sol entra a la constelación de Ofiuco
30	4	Luna 1.1° al sur de Júpiter (acercamiento)
30	5	Luna, Marte y Júpiter dentro de un círculo de diámetro 5.17°
30	8	Luna, Júpiter y Régulo dentro de un círculo de diámetro 3.44°
30	10	Luna 1.08° al sur de la estrella Régulo en Leo
30	12	Luna, Marte y Régulo dentro de un círculo de diámetro de 3°
30	1	Luna 5° 53’ al sur occidente de Marte (acercamiento)

EFEMÉRIDES BIOASTRONÓMICAS

Mauricio Chacón Pachón

Presidente de la Asociación Urania Scorpius

1 DE NOVIEMBRE

Día Mundial de la Ecología.

3 de noviembre

Día Internacional de las Reservas de la Biósfera.

6 DE NOVIEMBRE

Día para prevenir la explotación del Medio Ambiente en la guerra y los conflictos armados.

9 DE NOVIEMBRE

Día Internacional del Inventor.

10 de noviembre

Día Mundial de la Ciencia para la Paz y el Desarrollo.

17 DE NOVIEMBRE

Día Internacional de los Estudiantes.

18 de noviembre

Día Mundial de los Sistemas de Información Geográfica.

19 DE NOVIEMBRE

Día Mundial del Oso Hormiguero.

20 de noviembre

Día Mundial de la infancia.

Día Mundial de las Tablas de multiplicar.

21 DE NOVIEMBRE

Día Mundial del Saludo.

Día Mundial de la pesca.

22 DE NOVIEMBRE

Día Internacional del Músico o Día de la Música.

23 DE NOVIEMBRE

Día Internacional de la Palabra.

Día Mundial de Fibonacci.

24 DE NOVIEMBRE

Día Mundial de la Evolución.

25 DE NOVIEMBRE

Día Internacional para la Eliminación de la Violencia contra la Mujer.

26 DE NOVIEMBRE

Día Mundial del Olivo.

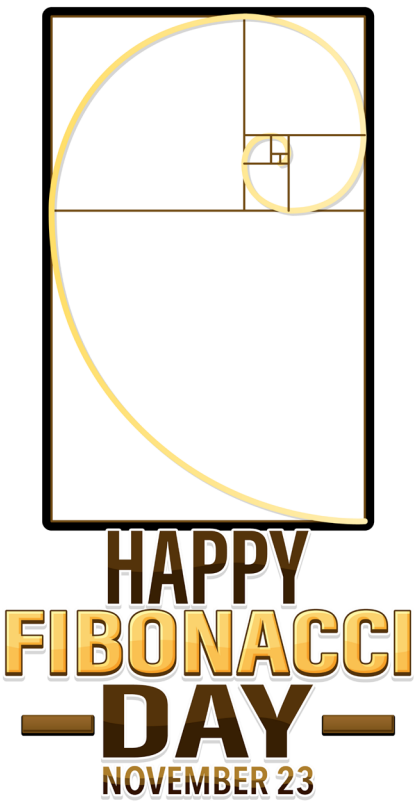
Día Mundial contra el uso indiscriminado de Agroquímicos

29 DE NOVIEMBRE

Día Mundial de la Conservación del Jaguar.

Día Internacional de la Solidaridad con el Pueblo Palestino

Día Internacional de las Defensoras de los derechos humanos.



Programación del mes

CLICK EN LA IMAGEN

Institución Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad
Conoce la programación
ofertada por el MuseoCNS y el Observatorio Astronómico del ITM
MUSEOITM
#UnMuseoConCiencia

¿Sabías que Cúmulo Bogotá tiene un libro completamente gratuito sobre el universo?

¿Quieres unirte a Cúmulo o descargar este libro?

taplink.cc/cumulo

Astronomía al viento ofrece una breve mirada al universo, desde sus objetos más pequeños hasta los más fascinantes. Descubre los misterios del cosmos y déjate atrapar por sus enigmas.

Cúmulo

ASTRONOMÍA CON GERMÁN PUERTA
carta celeste
occidente
norte
oriente
astropuerta
Aventuras en la Vía Láctea
Germán Puerta Restrepo
GERMÁN PUERTA RESTREPO
25 HISTORIAS ASOMBROSAS DE LA ASTRONOMÍA
CURIOSIDADES, MARAVILLAS Y HECHOS REALES
EL ARTE EN LA HISTORIA DE LA ASTRONOMÍA
GERMÁN PUERTA RESTREPO
CALENDARIO LUNAR 2027
315 347 38 59
astropuerta@gmail.com
@ astropuerta
Librerías y a domicilio

UNIANDINOS
Argonautas
ESTRELLAS
y alas
Ciclos celestes y ciclos de vida de los insectos
Una invitación a descubrir las sorprendentes conexiones entre la Tierra y el universo.
Conferencista:
Luz Alejandra Santamaría López
Licenciada en Biología, Especialista en Educación y Gestión Ambiental y Magíster en Educación en Tecnología, con más de 10 años de experiencia en educación científica, apropiación social de la ciencia, divulgación científica, innovación educativa y formación docente.
Miércoles 4 de noviembre | 6:30 p. m. | Evento híbrido
Apoya:
BIOANDES
Capítulo Ciencias Biológicas

SIMPÓSIO
LUNAR
LATINO-AMERICANO
DEZ. 7-11, 2026
UNIVERSIDADE NACIONAL DA COLÔMBIA - BOGOTÁ
INSCRIÇÃO
O site contém instruções para pagamento e cadastro.
Custo da inscrição e isenções de taxas
Alunos de graduação e de pós-graduação. Gratis
Professores, pesquisadores e funcionários da Universidade Nacional da Colômbia. Gratis
Externo. 200.000 COP (50 USD)
PÚBLICO-ALVO
Estudantes, pesquisadores, professores e pessoas interessadas em ciência lunar e exploração espacial.
MODALIDALE
Hibrida
Presencial e online
LOCAL
"Aulas - Gloria Amparo Galeano Garces." Edificio Auditorium 1
sll2026.com
Síganos en CienciasUNALBog @CienciasUNALBog CienciasUNALBog CienciasUNALBog Facultad de Ciencias UNAL
Observatorio Astronómico Nacional
Facultad de Ciencias
Sede Bogotá
europlanet Regional Hub COLOMBIA
SPACE FOR GOOD
RED LATINOAMERICANA DE CIENCIAS PLANETARIAS Y EXPLORACIÓN ESPACIAL
ENCISO SYSTEMS
CYDONIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Enlazando Estrellas
FESTIVAL DE ASTRONOMÍA DE LOS LLANOS
21 de noviembre
de 2:00 p.m. a 8:00 p.m.
Parque Los Fundadores
de Villavicencio
ENTRADA LIBRE
¡Para todo tipo de público!
Formulario de inscripción:
https://forms.gle/k5EcwgpuHvuUMX4n8
CHARLAS
por expertos
TALLERES
para explorar y aprender
MUESTRAS PERMANENTES
de colegios y universidades
PLANETARIOS MÓVILES
para una experiencia inmersiva
OBSERVACIÓN POR TELESCOPIO
del Sol, la Luna y mucho más
La ciencia también es nuestra cultura, nuestro territorio y nuestro futuro.
ORGANIZA:

PRIMER FESTIVAL DE ASTRONOMÍA
DEL DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO
UN EVENTO HISTÓRICO EN SABANALARGA
19 DE DICIEMBRE
TOTALMENTE GRATUITO
¡Miremos juntos al cielo!
Planetarios Móviles
Telescopios Solares y Gafas Certificadas (para observar el Sol)
Telescopios Nocturnos (Saturno, Luna, Calaxias)
Stands de Ciencia y Actividades Lúdicas
Robótica para Niños y Experimentos
Lanzamiento de Cohetes Propulsados por Agua
Red de Astronomia del Atlántico
RAC
ÓSCAR CAVIEDES MORENO
PLANETARIO de Barranquilla
IMACENJA
JCMP

90 Años 1936 - 2026

Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

>> NUEVO NÚMERO DE LA REVISTA
de investigación en Astronomía, Astrofísica, Cosmología y Ciencias Afines
Disponible a partir del:
1 de agosto de 2026
OBSERVATORIO ASTRONÓMICO NACIONAL DE COLOMBIA
eSPECTRA
LA REVISTA DE INVESTIGACIÓN EN ASTRONOMÍA, ASTROFÍSICA, COSMOLOGÍA Y CIENCIAS AFINES
2026

CONTINUAMOS DIVULGANDO Y ENSEÑANDO ASTRONOMÍA EN TODOS LOS RINCONES DEL PAÍS

ISSN 2805 - 9077

CC BY NC SA