



REVISTA
COMETA

6 El clima más allá de las fronteras de la Tierra

10 La astronomía: un buen comienzo

12 El clima en un joven planeta Tierra

Edición 3. 2022

Cometa

© **Planetario de Bogotá**
Instituto Distrital de las Artes - Idartes

Edición 3

Enero - junio de 2022
ISSN: 2745 - 2514

Alcaldía Mayor de Bogotá

Alcaldesa Mayor de Bogotá
Claudia Nayibe López Hernández

**Secretaria de Cultura,
Recreación y Deporte**
Catalina Valencia Tobón

Instituto Distrital de las Artes - Idartes

**Director del Instituto Distrital de las
Artes - Idartes**
Mauricio Galeano Vargas

**Subdirectora de
Equipamientos Culturales**
Hanna Paola Cuenca Hernández

**Coordinador del
Planetario de Bogotá**
Carlos Augusto Molina Velásquez

**Cometa es una publicación de carácter
divulgativo centrada en el campo de las
ciencias y la astronomía.**

Director
Carlos Augusto Molina Velásquez

Editor conceptual
Camilo Delgado Correal

Coordinadora editorial
Andrea Uribe Yepes

Diseño, diagramación y edición digital

Cristian Camilo Hernández
Johann Tarazona Matiz

Gestores y coordinadores de aliados

Óscar Fabián Montenegro
Yeimi Guerra

Corrección de estilo

Instituto Distrital de las Artes - Idartes

Autores y colaboradores

de este número

Santiago Vargas
Ph. D. en Astrofísica

Wyndy Geraldín Ruiz Bermúdez
Contratista de apoyo de la línea de enfoque diferencial del Planetario de Bogotá

Camilo Andrés Guerrero
Contratista, líder de la línea infantil del Planetario de Bogotá

María Angélica Leal
Contratista, líder del equipo de Educación del Planetario de Bogotá

David Tovar
Investigador del Grupo de Ciencias Planetarias y Astrobiología (GCPA) de la Universidad Nacional de Colombia

Helena Cortés Gómez
Periodista científica

Juan Esteban Grillo
Ilustrador

Adriana Victoria Araújo Salcedo
Ph. D en Física Teórica, São Paulo, Brasil

Juan Pablo Uchima Tamayo
Estudiante de doctorado en Astronomía en la Universidad de La Serena

Contacto:
Planetario de Bogotá
Calle 26 B No. 5 - 93 Bogotá,
Colombia (571) 2814150 - 3795750
informacion.planetariodebogota
@idartes.gov.co

Página web: www.planetariodebogota.gov.co

Fe de erratas

En la segunda edición de la revista *Cometa*, publicada en diciembre del 2021, apareció una reseña de investigación con el título de

“De camino a la Luna”. Inicialmente se indicaba que los autores eran Wyndy Ruiz y Sebastián Corredor, pero este último no participó

en la versión publicada de dicha reseña, por lo que la edición fue corregida retirando su nombre.

Editorial

HUELLAS DE VIDA



Carlos Augusto Molina
Director de la revista *Cometa*

Los ecosistemas están contruidos a partir de las relaciones que los individuos establecen entre sí y con su entorno. Dichas relaciones están intrínsecamente condicionadas por la disponibilidad de recursos de intercambio. Desde un punto de vista simplista, esas relaciones podrían ser descritas en términos de intercambio energético.

Un avión comercial 747 consume en promedio 120 litros de combustible para viajar 1 km*. Como pasajeros nunca pensamos en lo que eso significa. Según los datos de la Asociación Internacional de la Aviación Civil, entre aviones de carga y aviones comerciales se recorren cerca de 46000 millones de kilómetros por año, lo que equivale a diez veces la distancia a Neptuno. Si hacemos un par de cálculos de servilleta, nos damos cuenta de que la escala del uso de combustible a nivel mundial es cercano a 5520 billones de litros por año.

Al analizar una actividad aparentemente cotidiana, como volar en un avión, se nos hace invisible el hecho de que para que la cantidad de rutas comerciales existentes puedan mantenerse no es suficiente la cantidad de combustible para impulsar sus motores: es necesaria la sustentación del aire en el cual se desplazan.

Para que haya una buena sustentación es importante que el aire tenga una densidad y temperatura adecuadas. Por extraño que pueda parecer, las cancelaciones y los retrasos de vuelos comerciales no se deben únicamente a condiciones meteorológicas, como tormentas o mal tiempo atmosférico, sino también a la disminución en la sustentación y el aumento de turbulencias debido a las altas temperaturas del aire**.

Durante el último siglo, el aumento de emisiones a la atmósfera, principalmente de dióxido de carbono y metano, ha elevado la temperatura en cerca de un grado celsius a escala global.

Si bien las variaciones climáticas en la Tierra tienen diversas fuentes, como la actividad solar, las variaciones de la inclinación del eje terrestre en la escala de miles y millones de años, y las concentraciones naturales de dióxido de carbono y metano en la atmósfera, todas ellas debidas a procesos naturales, es claro que el estado actual de las cosas se debe a la carga extra de la actividad humana.

El problema de ese aumento es aún más grave que las afectaciones o retrasos de los vuelos comerciales: extensas sequías, desertificación, aumento de las tormentas tropicales y pérdida de la biodiversidad, entre otros fenómenos. Estas consecuencias de la actividad humana podrían hacer que las

condiciones de habitabilidad de nuestro planeta cambien drásticamente en el próximo siglo, tanto para nosotros como para muchas otras especies.

Los científicos del clima estiman que un límite seguro para el cambio en la temperatura promedio del planeta no debería ser superior a 1,5° hasta el final de siglo; sin embargo, la tasa actual de emisiones a la atmósfera está aumentando, y ese cambio podría llegar hasta los 3°, cifra nunca antes producida por la acción de ningún ser vivo en el planeta, según los registros que se tienen.

Entonces, es necesario entender que las relaciones establecidas entre nuestras formas de consumo de recursos (viajar en avión, por ejemplo) están íntimamente ligadas con la respuesta de nuestro entorno a ese uso de los recursos. Aún estamos a tiempo de cambiar la forma como habitamos este mundo.

En la presente edición de *Cometa* usamos el universo para ilustrar esos escenarios presentes y futuros, y reflexionamos sobre los desafíos que tiene la vida para surgir y sostenerse en este y, quizás, en otros mundos.

* Dato extraído de International Aviation Services (Lasca), consultado en <https://iasca.aero/cuanto-combustible-gasta-un-avion-comercial/>

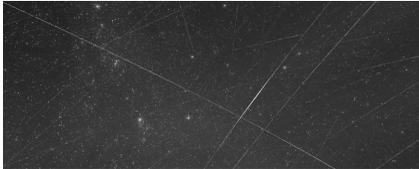
** Climate change: Its impact on aviation. The time to plan is now, consultado en <https://centreforaviation.com/analysis/reports/climate-change-its-impact-on-aviation-the-time-to-plan-is-now-454475>

ÍNDICE

PÁG.

5

Astrofotografía local



PÁG.

6

El clima más allá de las fronteras de la Tierra



PÁG.

10

La astronomía: Un buen comienzo



PÁG.

12

El clima de un joven planeta Tierra



PÁG.

16

Almanaque Bristol: Un diario del cielo colombiano



PÁG.

18

Infografía: Bennu al descubierto por OSIRIS-REX



PÁG.

20

Ilustración científica



PÁG.

21

Columna de opinión. Por un cielo prístino





ASTRO- FOTOGRA- FÍA LOCAL

*Información tomada de la
Unión Astronómica Internacional.

Tantos son los satélites en el cielo que ya es posible hablar de constelaciones de satélites. Gran parte de ellos se encuentran en órbitas terrestres bajas, y su tarea es prestar servicios de comunicación en áreas "remotas" y observar el territorio. Por el carácter reflectante de los materiales usados para construir los satélites, y por las señales de radio que emiten, el incremento del número de estos dispositivos en el espacio significa un peligro para la investigación en radioastronomía, para el uso preciso de grandes telescopios terrestres, la obtención de catálogos de objetos celestes, e incluso para la vida de los animales nocturnos. Esta imagen se compuso a partir de trescientas capturas fotográficas, con exposición de trece segundos, tomadas en setenta minutos desde

Waldenburg, Alemania, por el astrofotógrafo Eckhard Slawik. Fue el 12 de agosto del 2018, una noche en la que podían verse las lluvias de meteoros conocidos como *Perseidas*. Según la descripción de la foto, gran parte de las líneas son satélites que reflejan la luz del Sol, que está por debajo del horizonte. La Unión Astronómica Internacional ha pedido que estas imágenes no se vuelvan, de repente, más cargadas de rastros de luz distinta de la de los astros, y que, mediante la cooperación y la conversación, se siga preservando, en lo posible, el cielo oscuro y silencioso, para así, según escribe en su declaración, avanzar en nuestra comprensión de este universo, que es también nuestro.

EL CLIMA MÁS ALLÁ DE LAS FRONTE- RAS DE LA TIERRA

Santiago Vargas
Ph. D. en Astrofísica
Universidad Nacional de Colombia

¿Qué tiene que ver el Sol con el clima en el espacio? ¿Por qué deberían interesarnos las tormentas solares?

Desde hace milenios, los seres humanos nos adaptamos, como especie, a las condiciones del planeta, y mucho antes de que existiéramos, la vida en general se abría camino encarando las transformaciones del entorno. Los procesos climáticos han sido cruciales: sequías, precipitaciones y

temperaturas extremas han causado estragos que han llevado incluso al colapso de civilizaciones (Diamond, 2006).

Las preocupaciones en torno al clima no son cosa del pasado. Afrontar el cambio climático actual es uno de los mayores desafíos a los que nos enfrentamos como humanidad, y no porque la Tierra vaya a desaparecer, sino por nuestra propia supervivencia. A diferencia de épocas anteriores, hoy tenemos herramientas tecnológicas, como los satélites artificiales, fundamentales para obtener evidencias claves para entender el clima y sus variaciones. Los sistemas de observación de la Tierra desde el espacio han registrado niveles sin precedentes de gases invernadero o la reducción de la criósfera, entre otros fenómenos (Yang *et al.*, 2013).

La conquista del espacio, a partir del lanzamiento del Sputnik 1 en 1957, no solo permitió registrar cambios en las condiciones del planeta, sino también el estudio *in situ* del entorno espacial y de otros cuerpos en nuestro vecindario cósmico. Esos primeros años de la carrera espacial traían grandes cambios en la manera como entendemos el espacio. En 1962, la misión Mariner 2, primera sonda en explorar exitosamente otro planeta (Venus), descubrió un flujo continuo de partículas presentes en el medio interplanetario: el viento solar (Snyder y Neugebauer, 1965). En realidad, este descubrimiento lo había hecho en 1958 el físico Eugene Parker, quien le había dado el nombre de *viento solar* a la materia —principalmente electrones y protones— que, como resultado de la expansión de la corona solar debido

a su elevada temperatura de millones de grados, logra permear el espacio interplanetario, y viaja a velocidades de cientos de kilómetros por segundo.

Con el nuevo ingrediente se empezaron a entender fenómenos que sucedían en la Tierra, como las vistosas auroras boreales, cuyo origen muchos habían asociado a situaciones locales. Hoy sabemos que las partículas provenientes del Sol, después de viajar 150 millones de kilómetros, interactúan con el campo magnético terrestre y son conducidas principalmente hacia las zonas polares, para depositarse en la atmósfera, excitando los átomos allí presentes, que seguidamente liberan la energía acumulada en llamativas ráfagas de coloridas luces fluorescentes.

Sesenta años después del revolucionario trabajo de Parker, una sonda espacial partió de Cabo Cañaveral, en agosto del 2018, rumbo al Sol, para llegar a la distancia más cercana a nuestra estrella que jamás hubiera alcanzado una misión espacial. Entre los asistentes al lanzamiento, con cara de fascinación al presenciar el despegue de la nave Parker Solar Probe, se encontraba el científico que había dado uno de los mayores impulsos a la heliofísica, a quien se honraba bautizando con su nombre esta misión de la NASA.

El contexto en el que ahora se enmarca la acción del viento solar, junto a otros fenómenos de actividad solar, se denomina *clima espacial*. El Sol es el principal protagonista del clima espacial, pues en este influyen las tormentas solares, eventos de gran liberación de energía y materia

de nuestra estrella, denominados formalmente *fulguraciones* y *eyecciones de masa coronal*, respectivamente. El Sol tiene un ciclo de unos once años, en los que pasa por periodos en que la fenomenología descrita es más o menos intensa.

Aparte de lo que sucede en el Sol, el clima espacial involucra también las propiedades físicas del medio interplanetario, la magnetósfera, la atmósfera y la superficie de la Tierra, que reciben influencia directa

o indirecta de la actividad solar. Más allá de la curiosidad y el interés científico que tiene medir los cambios en las condiciones físicas del Sol, el entorno planetario y nuestra propia Tierra, entender el clima espacial tiene serias motivaciones, relacionadas con los efectos adversos que puede generar sobre la forma de vida de los seres humanos. En realidad, tales efectos del clima espacial afectan particularmente la tecnología que la humanidad ha desarrollado en la historia reciente; eso, y nuestra

actual dependencia tecnológica, hace que seamos cada día más vulnerables a los fallos que puedan darse en múltiples sistemas que consideramos vitales.

Las tormentas solares pueden inducir corrientes geomagnéticas que finalmente sobrecargan transformadores y redes de distribución eléctrica, generando apagones. Las pérdidas por una potencial interrupción generalizada del suministro eléctrico ascenderían a dos trillones de



Ilustración artística de la misión Parker Solar Probe. NASA/PSP

dólares, y el tiempo de recuperación sería de hasta una década (Lloyd Report, 2013). Otros efectos incluyen la interferencia o interrupción total de las comunicaciones en radio por la variabilidad en las condiciones ionosféricas, con consecuencias también sobre la fuerza de arrastre, que puede forzar la caída orbital de satélites, y pérdida de precisión en sistemas GPS. Pero las implicaciones van incluso hasta problemas de salud: los altos niveles de radiación afectarían a pasajeros en vuelos y a astronautas en misiones espaciales, con efectos en órganos y tejidos (Unger, 2019).

Afortunadamente, ya se están estructurando redes de monitoreo de actividad solar, y algunos gobiernos trabajan en implementar estrategias de mitigación para proteger infraestructuras vulnerables a los impactos del clima espacial. Este es un

fenómeno global que ya está catalogado como un asunto de seguridad nacional en varios países. Estados Unidos, Gran Bretaña y Corea del Sur son algunos de los que cuentan con planes de acción para mitigar sus efectos en los próximos años, porque saben perfectamente que la pregunta no es si uno de los efectos extremos asociado al clima espacial afectará a la Tierra, sino cuándo sucederá.

Referencias

Baker, D. N., Daly, E., Daglis, I., Kappenman, J. G. y Panasyuk, M. (2004). Effects of space weather on technology infrastructure. *Space Weather*, 2(2).

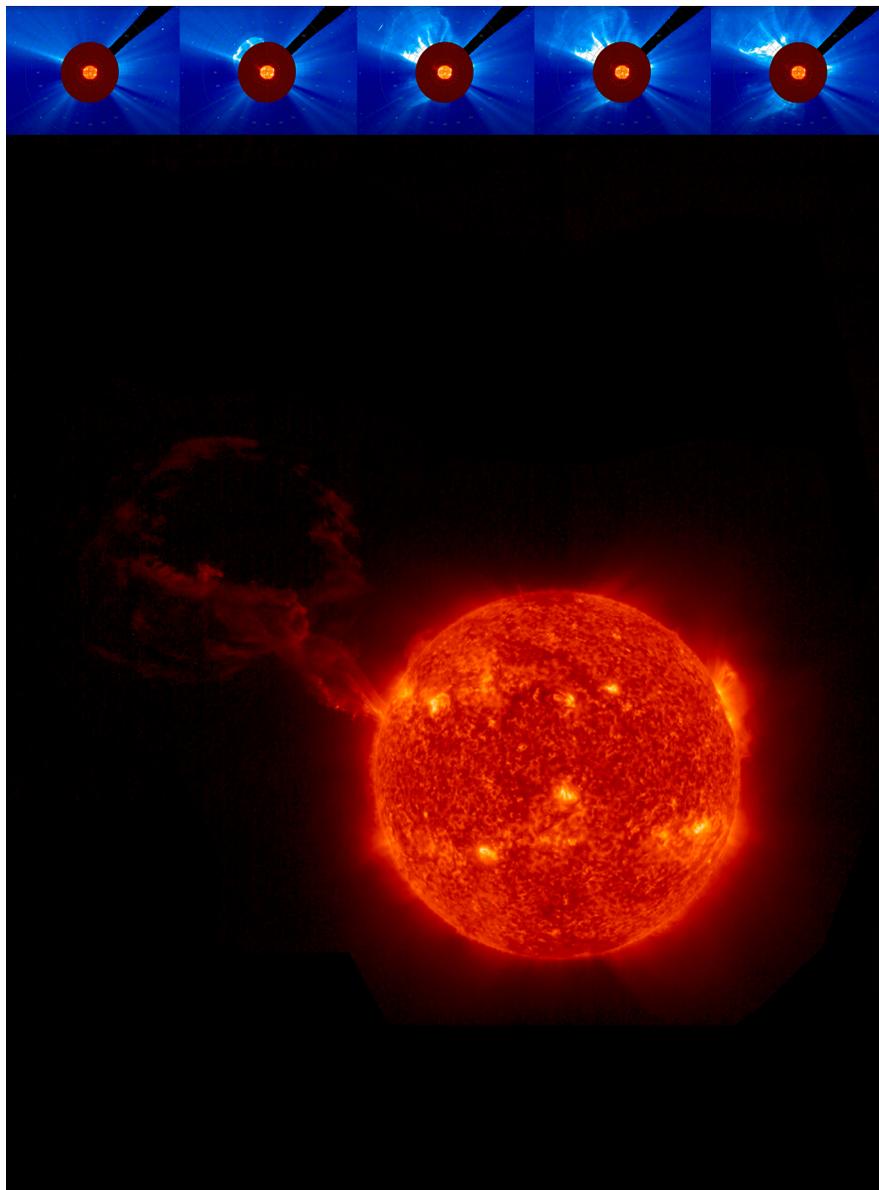
Diamond, J., (2006). Colapso: Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen. Random House Mondadori.

Lloyd Report, (2013). Solar storm risk to the North American electric grid. <https://www.lloyds.com/news-and-risk-insight/risk-reports/library/natural-environment/solar-storm>

Snyder, C. W. y Neugebauer, M. (1965). Interplanetary Solar: Wind measurements by Mariner II. En *Proceedings of the Plasma Space Science Symposium*, vol. 3 (pp. 67-90).

Unger, S. (2019). The impact of space weather on human health. *Biomedical Journal of Scientific and Technical Research*, 22(1), 16442-16443.

Yang, J. Gong, P., Fu, R., Zhang, M., Chen, J., Liang, S., Xu, B., Shi J. y Dickinson, R. (2013). The role of satellite remote sensing in climate change studies. *Nature Climate Change* (3), 875-883.



Secuencia de imágenes solares de Solar Orbiter y soho (ESA/NASA) de un evento de actividad solar (imágenes superiores) durante la erupción ocurrida el 15 de febrero de 2022 (imagen inferior).

LA ASTRO- NOMÍA: UN BUEN CO- MIENZO

Wyndy Geraldín Ruiz Bermúdez
Contratista de apoyo de la línea de enfoque diferencial del Planetario de Bogotá, Idartes.

Camilo Andrés Guerrero
Contratista, líder de la línea infantil del Planetario de Bogotá, Idartes.

María Angélica Leal
Contratista, líder del equipo de Educación del Planetario de Bogotá, Idartes.

El Planetario de Bogotá es un escenario cultural y de divulgación científica del Instituto Distrital de las Artes - Idartes, entidad adscrita a la Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte de la Alcaldía Mayor de Bogotá. Como espacio educativo no convencional, se interesa por fomentar la construcción de comprensiones en el público, por medio de experiencias sobre arte, ciencia y tecnología que giren alrededor de la astronomía y las ciencias del espacio. Específicamente, la línea infantil y de enfoque diferencial del equipo de Educación del Planetario de Bogotá se centra en pensar la necesidad de reconocer la diferencia, siendo esta la razón por la cual se han realizado acciones enmarcadas en la atención de las diferencias de género, identidad sexual, etnia, edad y discapacidad, entre otras categorías.

Esta iniciativa se ha puesto en marcha por medio de experiencias basadas en los principios del diseño universal de aprendizaje (DUA) y enfoque diferencial, de acuerdo con los postulados de Morin*, que potencia los

procesos de inclusión en los que todos los participantes tienen un rol activo en los ambientes de aprendizaje, para que puedan disfrutar de cada una de las experiencias en igualdad de condiciones.

Así, entre las diferentes experiencias diseñadas, se destacan algunas que han permitido generar procesos significativos de inclusión. Estas experiencias son **Viajemos con la imaginación**, una actividad en la que se reconocen objetos del sistema solar por medio de los sentidos, y que fue diseñada para ser realizada con personas sordociegas, con la posibilidad de ser desarrollada con otros públicos, de acuerdo con los postulados del DUA.

Cuentos de hadas para robots es una experiencia multisensorial e inmersiva en la que la ciencia ficción se apodera de la imaginación de los niños, y que promueve la resolución de problemas haciendo uso de varios sentidos que conducen a descubrir un místico dragón escondido en los rincones de la imaginación. Esta experiencia permite la integración entre niños y adultos, y su diseño tiene en cuenta las características puntuales de estos grupos etarios. Estas acciones promueven la construcción de espacios educativos donde se reconoce que la diversidad es territorio fértil para la apropiación del conocimiento científico.

* E. Morin (2007). *La cabeza bien puesta* (trad.: Paula Mahler). Ediciones Buena Visión.



Escenografía de la experiencia **Cuentos de hadas para robots.**



Niños en la actividad **Cuentos de hadas para robots.**

EL CLIMA EN UN JOVEN PLANETA TIERRA

Por David Tovar.

Investigador del Grupo de Ciencias Planetarias y Astrobiología (GCPA) de la Universidad Nacional de Colombia, Programa Antártico Colombiano.

Docente de la Universidad de La Sabana, Facultad de Educación, y de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Ciencias y Educación.

El clima de la Tierra no es algo estable e inalterable; al contrario: ha cambiado históricamente y por razones diversas. Aquí un poco de ese pasado.

El clima de la Tierra no siempre ha sido el mismo. A lo largo del tiempo geológico ha sufrido cambios drásticos que se remontan a los primeros millones de años, cuando el planeta todavía era una inmensa bola de roca fundida orbitando alrededor del Sol. Por un lado, la Tierra estuvo cubierta más de una vez por espesas capas de hielo que llegaban hasta latitudes cercanas al ecuador, en periodos de tiempo que pueden haber durado millones de años. Por otro, los climas eran tan cálidos que el Ártico canadiense estaba densamente arbolado y grandes dinosaurios vivían en lo que hoy conocemos como Antártida, la masa continental cubierta de hielo más extensa del planeta.

Para comprender estos cambios climáticos en el planeta Tierra es necesario explicar tres factores clave que han jugado un papel muy importante a lo largo de la historia terrestre: 1) los cambios considerables en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera; 2) los cambios en el albedo, es decir, la cantidad de radiación solar reflejada directamente hacia el espacio, y 3) los cambios en el brillo del Sol. Este último factor es tal vez uno de los más intrigantes en lo que a la incidencia del clima en la Tierra primitiva se refiere.

Hace mucho, mucho tiempo

Si pudiésemos viajar en el tiempo y retroceder hasta hace 4600 millones de años, veríamos que el planeta que hoy conocemos como Tierra era completamente desconocido. Este eón es conocido como Hádico, el cuál duró unos seiscientos millones de años y fue el inicio de un largo camino evolutivo que la Tierra ha recorrido para llegar a ser el planeta que es hoy día.

En el Hádico, extensas regiones cubiertas de magma eran los paisajes más comunes. En este caótico segmento de tiempo geológico, la Tierra sufrió incesantes impactos de cometas y asteroides que contribuyeron significativamente al aumento de temperatura del planeta. Definitivamente, no sería el mejor lugar ni el mejor momento para el surgimiento de la vida tal como la conocemos.

Sin embargo, la radiación solar que llegaba a la superficie de la Tierra era otra historia. Durante el Hádico, la producción de energía del Sol era aproximadamente un 30% menor que en la actualidad. Como consecuencia de esta menor cantidad de radiación emitida por el Sol, se estima

Si pudiésemos viajar en el tiempo y retroceder hasta hace 4600 millones de años, veríamos que el planeta que hoy conocemos como Tierra sería completamente desconocido.

que la temperatura de la Tierra habría sido más baja que la actual en aproximadamente un 8,5 %, llegando a unos -9°C . En esta condición, la Tierra se habría congelado por completo; sin embargo, existe gran cantidad de evidencia que sustenta la idea de presencia de agua líquida en la superficie de la Tierra en ese tiempo, a pesar de estas bajas temperaturas. La solución a este problema está asociada a la presencia de CO_2 atmosférico, el cual aumentó a tal nivel que la temperatura de la Tierra también se incrementó.

La evidencia más temprana de agua líquida proviene de estudios realizados a un tipo de mineral denominado circón (ZrSiO_4). Los circones analizados provienen de un tipo de roca ígnea conocida como *granito*. Dichos compuestos se encuentran en Australia y tienen una edad de aproximadamente 3800 millones de años, con circo-

nes que datan de 4280 millones de años. Dichos circones, en efecto, incorporaron agua de la superficie terrestre a su estructura cristalina. Esto es posible saberlo gracias al estudio de isótopos del oxígeno presentes en los minerales. Estos isótopos sirven como insumo para determinar las temperaturas globales del pasado terrestre.

Durante el Arcaico (3500 millones de años) se formaron rocas que se originaron a partir de sedimentos que estaban ampliamente distribuidos por el planeta, al igual que depósitos glaciares. Estos depósitos se destacan entre los demás tipos de sedimentos, ya que al ser tan antiguos (2500 millones de años, finales del Arcaico), estarían indicando que un clima similar al actual, o más cálido, era común incluso cuando la Tierra era joven.

Este escenario es asombroso, ya que el Sol brillaba menos de lo que lo hace ahora.

En las primeras etapas de su formación, la protoestrella que luego se convertiría en el Sol estaba compuesta principalmente por un 75 % de hidrógeno y un 25 % de helio, aproximadamente. Una vez esta protoestrella alcanzó el equilibrio hidrostático, producto del equilibrio entre el colapso gravitacional y la presión por radiación debido a la fusión nuclear, comenzó a brillar. Paradójicamente, la fusión se acelera a medida que se agota el hidrógeno en el núcleo del Sol, lo que hace que la luminosidad aumente con el tiempo, hasta que en el núcleo se comience a formar el elemento químico conocido como *hierro*. Se estima que esto ocurrirá dentro de unos 10 000 millones de años.

Tierra “bola de nieve”

Ahora pasaremos a ver cómo era el clima en la Tierra millones de años después de lo acontecido en el Hádico y Arcaico. Centraremos nuestra atención en el Proterozoico, el cual se caracteriza por abundantes sedimentos asociados a ambientes marinos. Sin embargo, hay evidencia de periodos de glaciación en varios momentos durante finales del Proterozoico, incluidos varios eventos espectaculares en los que la extensión de los glaciares fue mucho mayor que en tiempos más recientes.

La glaciación más antigua de la que se tenga conocimiento data de 2900 millones de años, y está registrada en sedimentos localizados en el este de Sudáfrica. La evidencia incluye la presencia de un tipo de depósito asociado a la dinámica de los glaciares: las diamictitas. Estos son depósitos que incluyen una amplia gama de tipos de rocas, rocas angulares (no redondeadas, como las de los lechos de los ríos) y una gran variedad de tamaños de clastos.

Estudios realizados en rocas con amplia distribución geográfica evidencian que la Tierra se congeló casi por completo, hasta tal punto que se formaron gruesas capas de hielo en el mar, alcanzado latitudes cercanas al Ecuador. Estos eventos están

fechados en 2400, 1900, 700 y 630 millones de años, respectivamente. En cada momento, sedimentos y rocas sedimentarias presentan características particulares que reflejan un origen glacial. También hay rocas sedimentarias o volcánicas con propiedades magnéticas, que mediante mediciones de la orientación magnética de algunos minerales (por ejemplo, magnetita) con alto contenido de óxido de hierro (paleomagnetismo), sugieren que se formaron en latitudes bajas.

Con los continentes cubiertos de hielo casi hasta el ecuador, gran parte o la totalidad de los océanos también se congelarían, dando lugar al término “Tierra bola de nieve”. La Tierra se mantendría en esta condición debido al alto albedo, que habría contribuido a la estabilización de la capa de hielo. Sin embargo, los volcanes continuarían emitiendo CO₂ a los océanos y la atmósfera. Finalmente, el CO₂ aumentaría a un nivel lo suficientemente alto como para derretir el hielo en el océano tropical. El derretimiento local conduciría a un albedo más bajo, calentamiento local, más derretimiento, un albedo aún más bajo, y así sucesivamente. Es decir, las interacciones entre diferentes partes del sistema climático empujarían todas en la misma dirección. En estas condiciones, la Tierra se desglaciaría rápidamente.

Si bien tenemos pistas que nos llevan a comprender mejor qué ha ocurrido con el clima terrestre en el pasado, es aún muy incierto lo que ocurrirá con el clima en la Tierra en unos cientos o miles de años. De lo que sí se tiene certeza es que, con o sin humanos, la Tierra seguirá existiendo. El cuidado del medio ambiente y preservación de sus recursos hídricos tiene como objetivo, no salvar al planeta Tierra, sino a nosotros mismos.

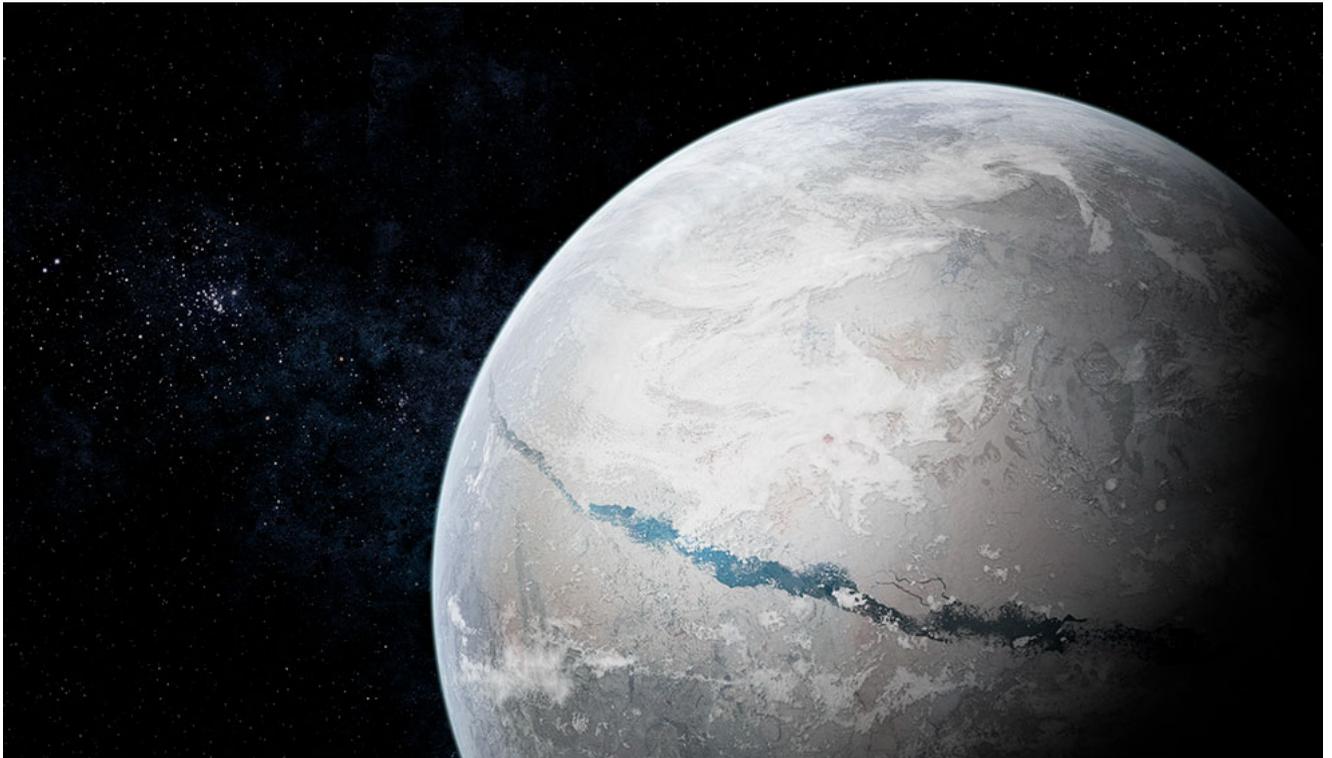
Lecturas recomendadas

Canfield, D. E. (2015). Oxígeno: Una historia de cuatro mil millones de años. Grupo Planeta.

Knoll, A. (2003). La vida en un joven planeta. Crítica.

Broecker, W. S., y Denton, G. H. (1990). ¿Qué mecanismo gobierna los ciclos glaciares? Investigación y Ciencia (162), 48-57.

Sánchez Santillán, N., Sánchez Trejo, R., De la Lanza Espino, G., y Garduño, R. (2014). Evolución del clima a través de la historia de la Tierra. Reflexiones, 93(1), 121-132.



Representación artística de la Tierra "bola de nieve". Crédito: Julio Lacerda.

ALMANAQUE BRISTOL: UN DIARIO DEL CIELO COLOMBIANO

Helena Cortés Gómez
Periodista científica, contratista del Planetario de Bogotá, Idartes

Antes de que el *Almanaque pintoresco de Bristol* llegara a Colombia, a finales del siglo XIX, por el puerto de Cartagena, Francisco José de Caldas publicó cálculos científicos y datos históricos en el *Almanaque de las provincias unidas del Nuevo Reino de Granada*, en 1812. Sin embargo, el cuaderillo de portada color naranja se ganó la confianza del campesinado y la población rural desde el momento en que comenzó a publicarse. En la actualidad se usa como herramienta de consulta, e incluso como estrategia de divulgación de la astronomía.

Una herramienta publicitaria que se acerca a los doscientos años ha incentivado conversaciones sobre el cielo, las estrellas y el clima por varias generaciones en el país.

Este ícono impreso, que ha tenido gran relevancia en el imaginario popular, reúne cálculos astronómicos precisos, como la posición de los planetas durante el año, el calendario lunar, predicciones climáticas, notas sobre las mareas, e incluso el calendario santoral, que dio lugar a que se bautizara a muchas personas con nombres de santos, según el día de su nacimiento, aunque su intención inicial era otra.

El legendario *Almanaque* en un principio fue editado en Nueva Jersey, Estados Unidos. Desde aquella época ha cambiado muy poco. Aunque ya tiene unas páginas en color, aún conserva el mismo diseño y presentación adoptados en 1832.

Este folleto de 32 páginas es distribuido anualmente, y siempre en su portada tiene a Cyrenius Charles Bristol, creador del almanaque. Dedicado a la medicina natural, Bristol, fue un estadounidense que hizo del librito naranja una especie de manual con el que instruía a quienes compraban sus preparaciones químicas respecto a la forma correcta de tomar los medicamentos. Con la intención de hacerlo más ameno, poco a poco fue introduciendo el santoral, los cuentos y los chistes. Fue tal su popularidad, que en 1856 la firma Lanman & Kemp-Barclay compró la empresa y adquirió los derechos exclusivos del ma-

nual, al que le agregaron las efemérides astronómicas que provee el Observatorio Naval de Estados Unidos desde sus inicios. Con la exportación de sus jabones, colónias, aguas, tónicos para el cabello y esencias a algunos países latinoamericanos, el *Almanaque pintoresco de Bristol* se hizo tan habitual como el Agua de Florida, la misma que se aplicaba José Arcadio Buendía en *Cien años de soledad*.

Es tal el arraigo que tiene el *Bristol* en el país, que se solía pensar que este folleto se imprimía en alguna editorial local. Pero hasta hace dos años no era así. Actualmente su contenido es editado por Primko S. A. S., la compañía encargada también de



su comercialización en Colombia, Ecuador y Honduras. Anualmente se imprimen unas 500 000 copias, y el 40% de sus ventas en Colombia se concentran en Bogotá, según Julián Romero, director comercial de Primko.

Desde San Victorino, los comerciantes se encargan de distribuir el tiraje hacia regiones alejadas de la capital. Su popularidad se atribuye a que contiene cálculos astronómicos para cada país en que se distribuye, además de permitir algo que las revistas o periódicos no pueden brindar: publicidad para los pequeños comerciantes de los barrios y municipios a los que llega. Incluye también cómputos eclesiásticos, como la Semana Santa, que se establece en la primera luna llena, luego del equinoccio de primavera, según nos contó Álvaro Cano, licenciado en matemáticas y divulgador científico especializado en didáctica de la astronomía.

Para entender y encontrar patrones en el movimiento de los astros es necesario registrar su comportamiento durante mucho tiempo. En este almanaque se consiguen muchas de estas observaciones, lo que evidencia uno de los usos de las matemáticas, según explica Álvaro, quien también es fundador de Astrofanáticos y embajador del Galileo Teacher Training Project (GTTP) y Network for Astronomy School Education (NASE).

Cano usó este almanaque en un ejercicio que lideró con profesores de Medellín, como parte del programa Maestros Ami-

gos de Explora (MAE), del Parque Explora. Comenzaron revisando las fases de la Luna y su utilidad para cualquiera que considere provechoso saber cuándo habrá luz lunar por las noches. Para los profesores de MAE, el *Bristol* funcionó como un elemento activador de preguntas.

Una de las inquietudes que se plantearon fue cómo se hacían esos cálculos cuando no existían los recursos electrónicos. También se reflexionó sobre la astronomía como una fuerte aliada de la religión, tal vez, según el historiador John D. North, a causa de que ambas están interesadas en los mismos objetos. En un principio, los extremos de salidas y puestas de la Luna fueron registradas en forma monumental por las tribus nómadas que se asentaron en el norte de África, más por razones religiosas y rituales que con el propósito de crear un calendario complejo.

Conocieron el término *epacta lunar*, que es el número de días que la Luna de diciembre tiene al día uno de enero, contados desde la última luna nueva. Sabiendo la epacta de cada año se obtiene un método para conocer en qué ciclo está la Luna. En 2022, anuncia el *Bristol*, la epacta es 27, es decir, el primero de enero de este año era el día 27 luego de la luna nueva.

El posicionamiento del *Bristol* en el país ha suscitado análisis que plantean que el interés en él es un rasgo popular de nuestra cultura, y algunos de los principales

diarios que lo han reseñado resaltan su antigüedad y larga tradición. Se destaca, pues, su contenido ameno, ligero y variado, derivado de una estrategia efectiva de divulgación de información meteorológica que sigue despertando el interés de un amplio público.

Referencias

Almanaque pintoresco de Bristol para el año 2022.

Castiblanco, A. F. (2010), El Bristol: Rasgos e imágenes de lo popular. *Cuadernos de Literatura del Caribe e Hispanoamérica* (12), 191-210.

North, J. (2001). *Historia Fontana de la astronomía y cosmología*. Fondo de Cultura Económica.

BENNU AL DESCUBIER- TO POR OSIRIS REX

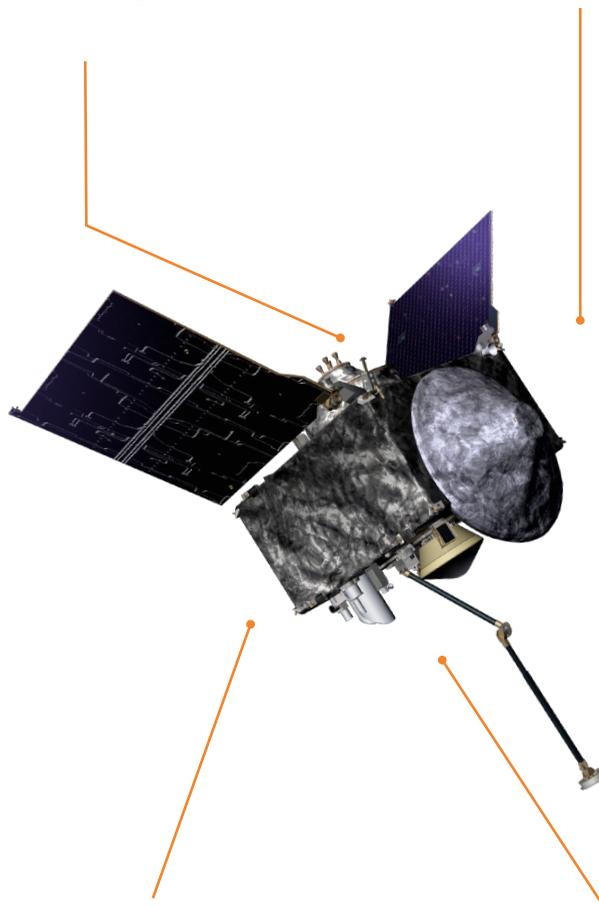
Adriana Victoria Araújo Salcedo

Ph. D. en Física Teórica, São Paulo, Brasil. Profesora del Departamento de Matemáticas de la Universidad Sergio Arboleda. Investigadora del grupo de Relatividad y Gravitación de la Universidad Industrial de Santander (UIS) e investigadora de cuerpos menores del sistema solar. Directora del semillero de investigación Saros en Matemática y Astronomía, de la Universidad Sergio Arboleda.

La misión OSIRIS-REX (Origin Spectral Interception Resource Identification Security Regolith Explorer), de la NASA, tuvo su despegue en septiembre del 2016, y tiene como objetivo tomar imágenes y muestras, así como explorar la cantidad de regolito existente sobre la superficie del asteroide Bennu (1999RQ36). El estudio de la composición química de este material da información sobre los elementos de que está formado dicho asteroide (Lauretta *et al.*, 2017, pp. 925-984).

La sonda consta de una cámara de reconocimiento de larga distancia equipada con instrumentos de espectrografía para el reconocimiento de compuestos orgánicos.

La sonda hizo su última toma de imágenes el 7 de abril de 2021, a una distancia de aproximadamente 3.7 kilómetros de Bennu.



La misión consiguió la muestra del asteroide por medio de un brazo mecánico (Tagsam) mediante una inyección a alta presión de nitrógeno (Lauretta *et al.*, 2017, pp. 925-984).

Se espera que las muestras recolectadas por la sonda lleguen a la Tierra el último trimestre del 2023. Estas muestras serán analizadas para buscar porcentajes de cada uno de los compuestos que conforman la muestra. Con ello se determinaría el posible origen del asteroide.

El asteroide Bennu, cuyo nombre se debe a una deidad antigua egipcia vinculada al Sol, la creación y el renacimiento, se encuentra en el grupo de los potencialmente peligrosos para la Tierra, es decir, un objeto que logre estar a una distancia mínima de intersección con la órbita de la Tierra menor o igual a 0.05 unidades astronómicas (Michel *et al.*, 2015).



La misión osiris-rex concluyó que la superficie de este asteroide carece del material de grano fino llamado regolito, en contraste con lo que las observaciones desde la Tierra decían al respecto. Este hallazgo es crucial a la hora de fijar los objetivos de futuras misiones, pero sobre todo puede constituirse en un referente para el diseño de los instrumentos para reconocer el material que se podría encontrar.

Bennu es un asteroide de tipo espectral C, es decir, carbonáceo, lo que significa que su composición química es abundante en compuestos orgánicos. Se mantiene la hipótesis de que muchos de ellos surgieron debido al impacto de asteroides en la edad temprana de la Tierra (Oba *et al.*, 2022, pp. 1-10), lo que significa que lo que surgió en la Tierra fue traído por este tipo de cuerpos. Por eso se investiga.

Por medio del análisis termofísico basado en los datos de la misión se obtuvo información de un ligero cambio en el semieje mayor de la órbita de Bennu, consecuencia del efecto Yarkovsky (pequeños impulsos debidos a la radiación solar sobre la superficie). El estudio de los posibles efectos que ciertos mecanismos, como el que el efecto Yarkovsky (Farnocchia *et al.*, 2021), tengan sobre el asteroide, y específicamente sobre su órbita, permite hacerle un seguimiento a la evolución de dicha órbita en el tiempo, con lo cual se tendrá información más precisa sobre un posible impacto con la Tierra en el futuro.

Referencias

Farnocchia, D., Chesley, S., Takahashi, Y. y Rozitis, B. (2021). Ephemeris and hazard assessment for near-Earth asteroid (101955) Bennu based on OSIRIS-REX data. *Icarus*, 369(1), 114594.

Lauretta, D. S., Balram-Knutson, S. S. y Beshore, E. (2017). OSIRIS-REX: Sample return from asteroid (101955) Bennu. *Space Science Reviews*, 212(1-2), 925-984. <https://doi.org/10.1007/s11214-017-0405-1>

Michel, P., De Meo, F. E. y Bottke, W. F. (eds.) (2015). *Asteroids IV*. University of Arizona Press. <https://www.bibliovault.org/BV.book.epI?ISBN=9780816532131>

Oba, Y., Takano, Y., Koga, T., Glavin, D., Dworkin, J. y Naraoka, H. (2022). Identifying the wide diversity of extraterrestrial purine and pyrimidine nucleobases in carbonaceous meteorites. *Nature Communications*, (13), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29612-x>

ILUSTRACIÓN CIENTÍFICA

Leopardo de las nieves

Los leopardos de las nieves tienen un cuerpo resistente, y además son feroces. Pueden vivir en lugares altísimos y helados, como las partes altas de las montañas de Asia Central, específicamente, de China, Bután, Nepal, India, Pakistán, Afganistán, Rusia y Mongolia. Tienen el pelo blanco y gris con manchas negras, y si no se mira con detenimiento, pueden confundirse con las rocas que suele haber en los lugares que habitan. Estos leopardos saltan, escalan y tienen un pelaje y una cola que los protege hasta del frío más gélido. Es un animal realmente poderoso, un depredador superior. Gracias a sus saltos, son capaces de cazar animales hasta tres veces más pesados que ellos. Sin embargo, el hombre los caza y les roba con violencia el espacio que legítimamente les pertenece; además, se ven amenazados

por el cambio climático. Según la World Wide Fund for Nature (WWF), el cambio climático quizá represente la mayor amenaza a largo plazo para el leopardo de las nieves, “los impactos del cambio climático podrían provocar la pérdida de hasta el 30 % del hábitat del leopardo de las nieves tan solo en el Himalaya”. Son buenos

camuflándose, matando para alimentarse y delimitando su territorio. Sin embargo, ninguno de los 4000 ejemplares de esta especie que hoy viven en libertad está realmente a salvo.*

* Datos tomados de la *World Wide Fund for Nature* (WWF)



Ilustración de Juan Esteban Grillo.

POR UN CIELO PRÍSTINO

Juan Pablo Uchima Tamayo

Estudiante de doctorado en Astronomía en la Universidad de La Serena. Investigador del Grupo de Astronomía y Astrofísica Macondo (GAAM).



Durante miles de años, la humanidad ha estado fascinada por las estrellas. En todas las culturas, a lo largo de la historia, el cielo nocturno ha contribuido a nuestra percepción del mundo natural y ha desempeñado un papel destacado en el desarrollo de la ciencia, la tecnología aplicada y las humanidades. El uso de la iluminación eléctrica artificial ha aumentado rápidamente en los últimos cien años, lo que ha permitido al ser humano desarrollar en la noche actividades que antes, por la oscuridad, eran imposibles. Sin embargo, el incremento en la iluminación exterior durante la noche ha producido una degradación del cielo conocida como *contaminación lumínica*.

Este término se utiliza para referirse a la poca visibilidad de las estrellas debido a la luz artificial nocturna (ALAN, por sus siglas en inglés), es decir, la alteración de la oscuridad natural de la noche causada por luz desaprovechada, innecesaria o inadecuada, generada por el alumbrado de exteriores, tanto en espacios públicos como privados. El físico John Bortle empleó la percepción que tenemos de las estrellas para medir la contaminación lumínica*,

para lo cual creó una escala de nueve niveles. El primer nivel corresponde a un cielo prístino, como el que se encuentra en el norte de Chile o en las islas Canarias, mientras que el último nivel corresponde a un cielo observado desde el centro de una ciudad, tan brillante que solo se pueden observar la Luna, los planetas y el cúmulo de las Pléyades.**

El fenómeno ALAN ha sido considerado por mucho tiempo un problema cuyo estudio corresponde exclusivamente a las investigaciones astronómicas, pues se suponía que no tenía ningún efecto significativo en otros campos del conocimiento. No obstante, durante la última década, el ALAN ha tenido un rol protagónico en estudios de fauna, flora, salud humana, economía y política. Por ejemplo, Chile cuenta con normas ambientales cuyo objetivo es prevenir la pérdida de los cielos oscuros en la zona norte, y además, cuenta con la única reserva *starlight**** de Latinoamérica.

Al igual que cualquier otra forma de contaminación, todos podemos poner nuestro granito de arena para disminuir el impacto que genera. Si nos concientizamos de

la importancia de alumbrar de modo correcto, veremos que la mayoría de nuestras luces son inadecuadas o no cumplen a cabalidad su función. Las ampollitas o luminarias deben tener una dirección, intensidad y un tipo espectral acorde con la actividad que vamos a desarrollar. El cielo es un patrimonio natural que debemos cuidar y conservar para disfrutar de toda su belleza.

* J. E. Bortle (2001). The Bortle Dark-Sky Scale. *Sky and Telescope*.

** Las Pléyades son un cúmulo abierto formado principalmente por estrellas jóvenes de color blanco azulado.

Este cúmulo es el más fácil de observar a simple vista, debido a su brillo (magnitud aparente: 1.6).

*** Una reserva *starlight* es un espacio natural protegido en donde se establece un compromiso por la defensa de la calidad del cielo nocturno y el acceso a la luz de las estrellas.



La **BOGOTÁ**
que estamos construyendo



PLANETARIO
DE BOGOTÁ



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

INSTITUTO
DISTRITAL DE LAS ARTES
IDARTES

BOGOTÁ 