Salvemos el Futuro de la Tierra:

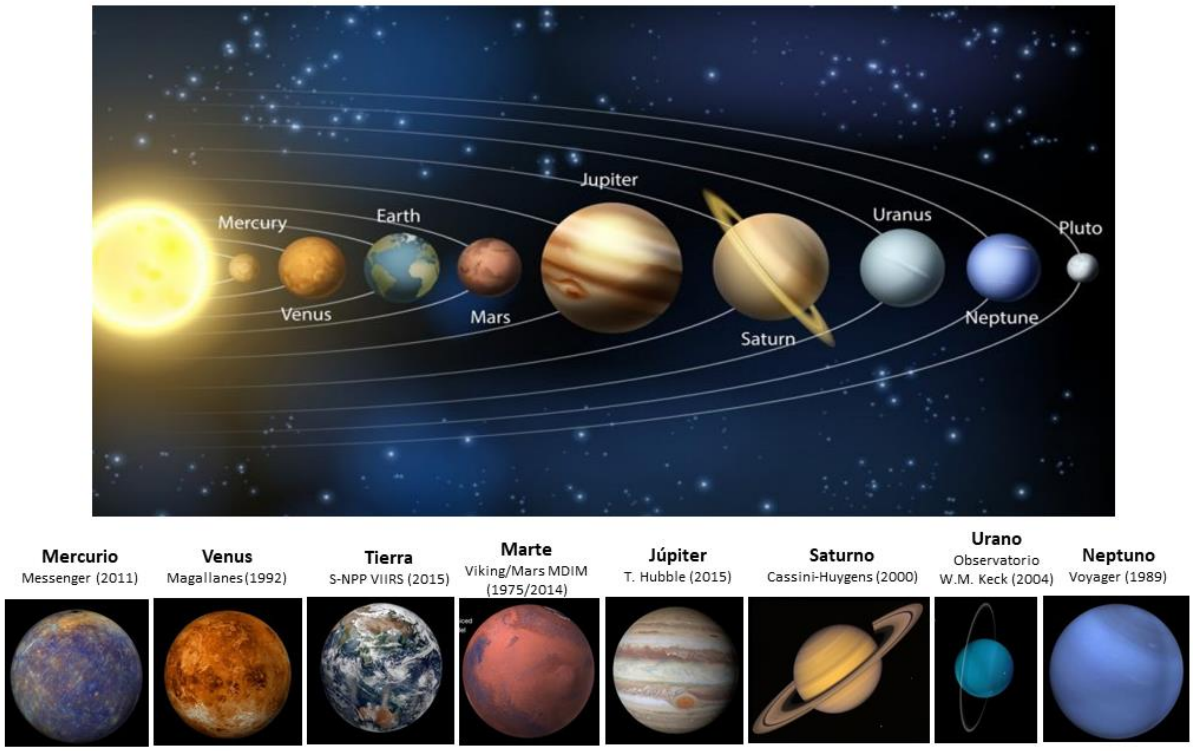
Un Serio Llamado a la Colaboración Global

Dr. Ing. Raúl Delgado Sayán
UNI 1966. CIP 9927
Presidente Directorio CESEL S.A.
Miembro Director Emeritus del External Advisory Board
Civil and Environmental Engineering
Georgia Institute of Technology

La Tierra, nuestro único hogar en el vasto universo, enfrenta desafíos sin precedentes que amenazan su equilibrio y la supervivencia de la humanidad. A lo largo de miles de millones de años, este planeta –un verdadero milagro cósmico–, ha sido moldeado para albergar vida, con una atmósfera rica en oxígeno, agua líquida en abundancia, un campo magnético protector y un delicado balance que permite nuestra existencia. Sin embargo, el cambio climático, el crecimiento poblacional, los conflictos bélicos y el riesgo de proliferación nuclear representan amenazas que podrían alterar irreversiblemente este equilibrio y poner en riesgo nuestra supervivencia como civilización. La responsabilidad de preservar nuestro hogar recae no solo en los ciudadanos, sino, de manera crucial, en los líderes de las principales potencias mundiales, quienes deben priorizar la colaboración global sobre la competencia.

Imagen 1

Sistema Planetario Solar



Nota: El tamaño de cada planeta se encuentra a escala.

Fuente: NASA, Elaboración propia

La Tierra en Transformación: Desafíos Inminentes

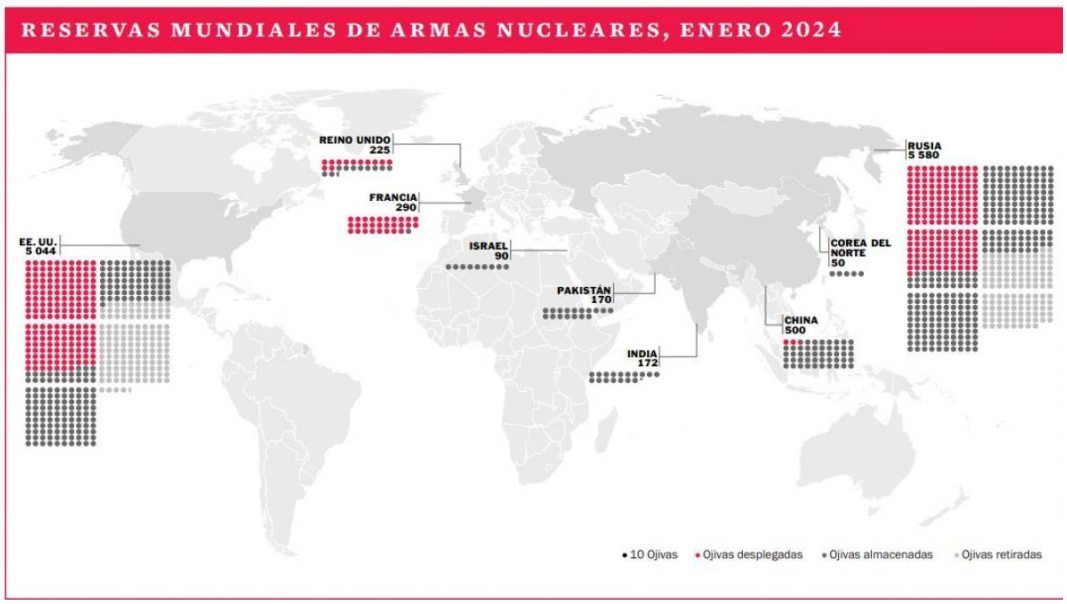
El libro El Futuro de la Tierra de Alfredo Dammert ofrece un panorama detallado de las catástrofes que han marcado la historia del planeta, desde desastres naturales como tsunamis y terremotos hasta eventos provocados por el hombre, como las emisiones de CO2 desatadas por la Revolución Industrial y accidentes nucleares como Chernóbyl. Entre los desafíos futuros, el efecto invernadero destaca como el más probable y devastador en los próximos 30 años. Se estima que para 2050, las temperaturas globales podrían aumentar en 2.5°C, exacerbando la escasez de agua y alimentos. La agricultura, que consume el 70% del agua mundial, enfrentará una demanda 50% mayor, mientras que la población creciente requerirá duplicar la producción de alimentos ([1]).

Además, fenómenos naturales extremos, como huracanes e inundaciones, generan pérdidas económicas anuales promedio de 330 mil millones de dólares (2015-2023), con picos de hasta 380 mil millones en 2023 ([2]). Aunque los sistemas de alerta temprana han reducido la mortalidad, eventos como el tsunami del Océano Índico de 2004 (230,000 víctimas) o el terremoto de Turquía-Siria de 2023 (59,000 muertes) muestran su devastador impacto. Sin embargo, los conflictos bélicos modernos, como la guerra entre Ucrania y Rusia o el conflicto en Gaza, superan en daños económicos y humanos a estos desastres naturales. Por ejemplo, la reconstrucción de Ucrania podría costar 524 mil millones de dólares, casi tres veces su PIB ([3]), mientras que el conflicto en Gaza ha destruido el 70% de las viviendas, con un costo estimado de 50 mil millones ([4])

La Amenaza Nuclear: Un Peligro Mayor que los Desastres Naturales

A diferencia de los desastres naturales producto de fenómenos naturales extremos, que suelen ser localizados, salvo el cambio climático, las armas nucleares representan una amenaza global. El arsenal nuclear mundial, según datos a 2024, suma cerca de 12,200 ojivas, Rusia (5,580) y EE.UU. (5,044) controlan el 90%. Otros países que poseen arsenal nuclear incluyen: Reino Unido, Francia, China, India, Pakistán, Corea del Norte e Israel ([5]). Ver detalle en el siguiente gráfico.

Imagen 2



Fuente: SIPRI Yearbook 2024. https://www.sipri.org/yearbook/2024

Una sola ojiva moderna de 1 megatón, con una potencia equivalente a 66 bombas de Hiroshima, podría aniquilar una megalópolis como Nueva York, causando millones de muertes. La detonación de tan solo el 1% de los arsenales nucleares de Rusia y Estados Unidos desataría una catástrofe a nivel mundial, perturbando el clima global, provocando hambrunas masivas y un colapso social que amenazaría con la muerte por inanición a largo plazo de hasta dos mil millones de personas en una hambruna nuclear ([6]). Un escenario aún más extremo, con el uso del 30 al 50% de estos arsenales, desencadenaría un invierno nuclear, que destruiría nuestro frágil ecosistema, oscureciendo el planeta durante décadas y colapsando las cadenas alimentarias, un evento similar al impacto del asteroide que extinguió a los dinosaurios hace 66 millones de años ([7]). Esta tecnología, cuyos efectos son capaces de marcar un cambio de era geológica –y con un poder destructivo mayor que cualquier otro artefacto humano–, exige una reflexión política y ética que trascienda meros cálculos de megavatios o emisiones.

El poder destructivo de la humanidad deja pequeño cualquier fenómeno natural. Un huracán o un terremoto puede devastar regiones puntuales, pero una guerra nuclear tendría un impacto global: arrasaría la capa de ozono, liberaría radiación mortal y volvería inhabitable gran parte del planeta. La Tierra, como planeta físico, sobreviviría, pero la biosfera sufriría daños irreversibles, la vida tal como la conocemos quedaría destrozada, y la civilización humana podría colapsar por completo. El panorama es aterrador, pero no inevitable. Las consecuencias serían devastadoras. Podemos —y debemos— actuar con urgencia y hacer mucho más para reducir el riesgo de que la humanidad se enfrente a una catástrofe de tal magnitud.

La Ingeniería y la Colaboración Global como Soluciones

La ingeniería nos da soluciones reales para enfrentar los fenómenos naturales extremos. En nuestro país, por ejemplo, he compartido en múltiples publicaciones planes concretos para mitigar los estragos del Fenómeno El Niño, ese calentamiento cíclico del océano que, aunque se repite como reloj, siempre nos encuentra desprevenidos y deja un rastro de destrucción en nuestras poblaciones por no estar preparadas. Lo mismo pasa con el megasismo de 8.8 Mw que los expertos han advertido para Lima y Callao. ¿Por qué seguimos de brazos cruzados?

En Perú, la gestión de riesgos para prevenir desastres es prácticamente inexistente. Por eso he insistido una y otra vez en la creación de una Autoridad Nacional de Obras de Prevención (ANOP), un organismo dedicado exclusivamente a reducir riesgos, con presupuesto propio y autonomía para actuar sin trabas. Los recursos están ahí: cada año se dejan de usar unos 8,000 millones de soles del Presupuesto de la República que podrían destinarse a prevención. Lo que falta es voluntad política. Además, es clave separar las fases de diseño y supervisión de la ejecución de obras, poniendo la calidad técnica por encima de los costos ([8, 9, 10, 11]).

En mi artículo “El Inevitable Mega Terremoto de Lima” (Lampadia, 2019) y en diversas publicaciones sobre los riesgos sísmicos que amenazan a la capital, advertí que un terremoto de gran magnitud podría destruir entre el 10% y el 20% de nuestra infraestructura vital. Las consecuencias serían catastróficas: hospitales destruidos, puertos y aeropuertos inoperables, cortes prolongados de agua y energía, y un colapso generalizado de los servicios básicos. Lima quedaría paralizada, y el costo no se mediría solo en pérdidas económicas, sino en miles de vidas en peligro ([12, 13, 14]).

Ante este escenario, planteé tres medidas urgentes:

- **Capacitar a la población para reaccionar en los primeros 20 segundos del sismo**, cruciales para sobrevivir. Propuse que estudiantes de los últimos años de ingeniería civil, debidamente entrenados, instruyeran a los sectores más vulnerables visitando a los pobladores conforme se realizó en los censos de población.
- **Fortalecer la infraestructura crítica** (pública y privada) mediante evaluaciones de vulnerabilidad, inspecciones técnicas y reforzamiento antisísmico, garantizando su operatividad tras el desastre.
- **Intervenir de inmediato en zonas de alto riesgo**, como los **Acantilados de la Costa Verde** y los cerros con suelos inestables, donde un sismo causaría devastación masiva y una tragedia humanitaria.

¿Y qué hemos logrado en todos estos años?

Prácticamente nada. La inacción nos deja cada vez más expuestos a una catástrofe anunciada.

Existen igualmente distintas tecnologías y estrategias para mitigar los efectos del cambio climático y otros desafíos. Tecnologías para capturar dióxido de carbono, mejorar la eficiencia agrícola y para desviar asteroides están en desarrollo. Sin embargo, estas innovaciones requieren un esfuerzo conjunto de las potencias mundiales, que poseen los recursos tecnológicos y económicos para liderar el cambio. La competencia entre naciones, como las guerras comerciales o las tensiones por el desarrollo de inteligencia artificial, debe dar paso a esfuerzos de colaboración. Las instituciones como la ONU tienen un límite en su accionar; la responsabilidad recae directamente en los líderes de países como Estados Unidos, China, Rusia y la Unión Europea.

Proteger la Tierra no solo implica combatir el cambio climático o garantizar la seguridad alimentaria, sino también ser conscientes del lenguaje que empleamos y reflexionar sobre el uso del término “guerra”. Según la Real Academia Española, la palabra guerra se define como: «Desavenencia y rompimiento de la paz entre dos o más potencias» o «lucha armada entre dos o más naciones o entre bandos de una misma nación». Por ello, no debemos usar este término indiscriminadamente para referirnos a diferencias comerciales (guerra comercial), disputas mediáticas (guerra de información) o tácticas de influencia (guerra psicológica), entre otros; ya que tal uso puede trivializar su gravedad, normalizar la violencia y escalar conflictos reales. Debemos más bien **eliminar la palabra “guerra de nuestro vocabulario**.

Los enfrentamientos modernos, como hemos visto en Ucrania y Gaza, no solo causan pérdidas humanas y económicas devastadoras, sino también daños ambientales irreversibles, comparables a desastres como Chernóbil. La destrucción de la presa de Kajovka en 2023 —un acto vinculado al conflicto bélico— liberó 18 km^3 de agua contaminada al río Dniéper, envenenando ecosistemas y comprometiendo recursos vitales para generaciones futuras ([15, 16]). Estos casos demuestran que los conflictos armados ya no son eventos locales: sus efectos trascienden lo local, dejando huellas globales y amenazando la estabilidad ecológica y social del planeta.

El riesgo de uso de armas nucleares es mayor que nunca

Incluso antes del estallido del conflicto en Ucrania, la ONU alertaba que «la probabilidad de un ataque nuclear es más alta ahora que en cualquier otro momento desde los ejercicios de protección y los refugios antiaéreos de la Guerra Fría». Expertos del Boletín de Científicos

Atómicos estimaron que “es poco probable que un niño nacido en la actualidad pueda vivir su vida completa sin enfrentar las consecuencias catastróficas de un evento nuclear” ([17]).

Este sombrío pronóstico se basa en la creciente tensión geopolítica, la modernización de arsenales nucleares por parte de potencias mundiales, y la proliferación de tecnologías que podrían facilitar el acceso a armas nucleares por actores no estatales. La combinación de conflictos regionales, retórica beligerante y la falta de avances significativos en tratados de desarme global, agrava esta amenaza.

Imagen 3

El riesgo nuclear es real y creciente, pero no inevitable. La combinación de diplomacia, reducción de arsenales y mecanismos de prevención de errores es crucial. Como advirtió Robert Oppenheimer, conocido como el «padre de la bomba atómica»:

"Ahora me he convertido en la Muerte, destructora de mundos".

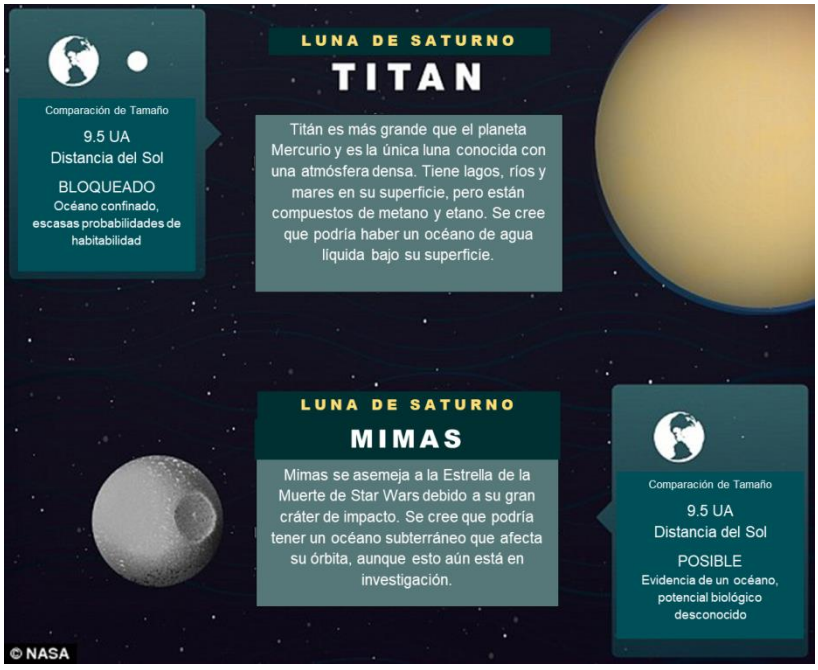
La humanidad debe decidir si repite los horrores de 1945 o aprende a convivir con esta amenaza sin activarla.

La Tierra: Un Hogar Único

La Tierra es una joya en el universo, con condiciones únicas que han permitido el florecimiento de la vida: agua líquida, oxígeno abundante y un campo magnético protector. Aunque lunas como Europa, Ganímedes y Titán pueden llegar a contener vastos océanos subterráneos, su enorme distancia del sol por ser lunas de Júpiter y Saturno las lleva a tener temperaturas frías extremas inadmisibles para la vida, y ningún otro cuerpo celeste en nuestro sistema solar es apto para la vida humana sin modificaciones colosales. Incluso Marte, el candidato más prometedor,

carece de oxígeno suficiente (0.13% en su atmósfera) y requeriría siglos de terraformación, vale decir el proceso de modificar su atmósfera, temperatura, topografía y ecología para que sean similares a las condiciones terrestres ([18, 19]). **La Tierra sigue siendo nuestro único hogar confirmado, y preservarla es una prioridad absoluta.**

Infografía Mundo Oceánicos de la NASA



Fuente:
Infografía “Ocean Worlds”. NASA(20).

UA = Unidad Astronómica, equivalente a la distancia promedio entre la Tierra y el Sol, que es de 150 millones de kilómetros

Un Llamado a la Acción

El destino de más de 8,200 millones de personas está en manos de los líderes mundiales. Su responsabilidad no se limita a proteger los intereses de sus propios ciudadanos, sino que trasciende las fronteras nacionales; su compromiso es con la humanidad en su conjunto. La colaboración entre potencias debe centrarse en encontrar soluciones a los riesgos globales: mitigar el cambio climático, garantizar la seguridad alimentaria y prevenir conflictos nucleares. El legado de esta generación debe ser la garantía de que la civilización sobrevivirá, preservando la Tierra para las futuras generaciones.

No basta con maravillarnos con los avances tecnológicos, como las misiones a la Luna o Marte, o la capacidad de desviar asteroides que amenazan con impactar la Tierra. Debemos enfrentar la realidad de que la mayor amenaza para la humanidad no proviene del espacio, sino de nosotros mismos. No estamos preparados para hacer frente a las consecuencias de una guerra nuclear. La palabra "guerra" debe desaparecer, y la cooperación debe prevalecer. **Solo así aseguraremos que la Tierra, nuestro hogar único, siga siendo un refugio para la vida.**

Bibliografía

1. Dammert A. 2024. El Futuro de la Tierra. Fondo Editorial PUCP. https://www.fondoeditorial.pucp.edu.pe/categorias/1643-el-futuro-de-la-tierra.html
2. AON 2024 Climate and Catastrophe Insight Report. https://assets.aon.com/-/media/files/aon/reports/2024/climate-and-catastrophe-insights-report.pdf
3. World Bank; Government of Ukraine; European Union; United Nations. 2025. Ukraine Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4), February 2022 – December 2024. https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/0f04dfe0-41ea-410f-bdd9-4d2bc9d40569
4. University Network for Human Rights. 15 Mayo 2024. Genocide in Gaza: Analysis of International Law and its Application to Israel's Military Actions since October 7, 2023. https://www.humanrightsnetwork.org/publications/genocide-in-gaza
5. SIPRI Yearbook 2024 Armaments, Disarmament and International Security. https://www.sipri.org/yearbook/2024
6. Robock, A., & Toon, O. B. (2012). "Self-assured destruction: The climate impacts of nuclear war." Bulletin of the Atomic Scientists, 68(5), 66-74. https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0096340212459127
7. Xia, L., Robock, A., Scherrer, K., Harrison, C. S., Bodirsky, B. L., Weindl, I., & Heneghan, R. (2022). "Global food insecurity and famine from reduced crop, marine fishery and livestock production due to climate disruption from nuclear war soot injection." Nature Food, 3, 586-596. https://www.nature.com/articles/s43016-022-00573-0
8. Delgado R. Entrevista Diario El Comercio. 30.09.2023. "Yaku nos demostró cuán débiles somos y El Niño que viene será peor" https://elcomercio.pe/mundo/actualidad/fenomeno-de-el-nino-raul-delgado-sayan-yaku-nos-demostro-cuan-debiles-somos-y-el-nino-que-viene-sera-peor-eventos-climatologicos-fukushima-noticia/

9. Delgado R. De Niños y Sismos. Autoridad Nacional para Obras de Prevención. 12.04.2023. https://www.lampadia.com/analisis/institucionalidad/autoridad-nacional-para-obras-de-prevencion/
10. Delgado R. Tragedia en Libia y Marruecos: Seria llamada de atención al Perú por parte de la naturaleza extrema. Revista Constructivo. 09.10.2023. https://constructivo.com/actualidad/tragedia-en-libia-y-marruecos-seria-llamada-de-atencion-al-peru-por-parte-de-la-naturaleza-extrema-1696866291
11. Delgado R. Reconstrucción: Pasar del "Qué hay que hacer" al "Cómo". Lampadia. 07.04.2017. https://www.lampadia.com/opiniones/ral-delgado-sayn/reconstruccion-pasar-del-que-hay-que-hacer-al-como/
12. Delgado R. (2019) Ingeniería para No Ingenieros (VI) El Inevitable Mega Terremoto de Lima. Lampadia. https://www.lampadia.com/analisis/infraestructuras/el-inevitable-mega-terremoto-de-lima/
13. Delgado R. ¿Cuánto Vale el Perú? El patrimonio nacional. Lampadia. 19.03.2025. https://www.lampadia.com/analisis/infraestructuras/el-patrimonio-nacional/
14. Delgado R. (2022) Proyecto de defensa de la Ciudad y de los Acantilados de Lima y Callao espera aprobación del ejecutivo. Revista Digital Constructivo. https://constructivo.com/noticia/proyecto-de-defensa-de-la-ciudad-y-de-los-acantilados-de-lima-y-callao-espera-aprobacion-del-ejecutivo-1627896583
15. Vyshnevskyi, V., Shevchuk, S., Komorin, V., Oleynik, Y., & Gleick, P. (2023). "The destruction of the Kakhovka dam and its consequences." Water International, 48(5), 631–647. https://doi.org/10.1080/02508060.2023.2247679
16. Shumilova, O., et al. (2025). "Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine." Science. Citado en The Guardian: "Destruction of Ukraine dam caused 'toxic timebomb' of heavy metals, study finds." https://www.theguardian.com
17. Hellman M. When the risk is highly uncertain, how do you determine who's right? Bulletin of the Atomic Scientists. 18 Marzo 2021. https://thebulletin.org/2021/03/an-existential-discussion-what-is-the-probability-of-nuclear-war/
18. Carr, M. H., et al. (1998). "Evidence for a subsurface ocean on Europa". Nature, 391, 363-365. https://doi.org/10.1038/34857
19. Jakosky, B. M., & Edwards, C. S. (2018). "Inventory of CO_2 available on Mars for terraforming and constraints on its use". Nature Astronomy, 2, 634-639. https://doi.org/10.1038/s41550-018-0529-6
20. NASA. Infografía Ocean Worlds (2017). https://science.nasa.gov/resource/ocean-worlds-infographic/