

Tipo de Documento: DI -
Presentado por: ARGENTINA
Punto de Agenda: CACAT

Título: El uso de la estación antártica argentina Belgrano II como modelo de desincronización biológica y análogo espacial

dvigo1973@gmail.com, wpc@mrecic.gov.ar

Resumen. Argentina es un reconocido colaborador de la comunidad internacional en la investigación de la adaptación a entornos aislados, confinados y extremos (ICE), con especial énfasis en la cronobiología y la psicofisiología. Asimismo, a medida que avanzan los preparativos para las misiones a Marte junto con la investigación análoga terrestre, la participación activa de Argentina representa una importante oportunidad para apoyar y potenciar los esfuerzos de exploración espacial humana. La colaboración continua con las comunidades científicas nacionales e internacionales, sumada a la activa participación pública, promueve la paz en la Antártida y consolida su posición como actor líder en la investigación antártica.

Introducción. El aislamiento y confinamiento extremos y la prolongada ausencia de luz diurna durante varios meses que caracterizan a las bases antárticas más remotas las convierten en un modelo ideal para estudiar la desincronización biológica humana y explorar diversos aspectos de los vuelos espaciales tripulados. Este documento informativo describe las actividades realizadas desde 2014 en la estación antártica argentina Belgrano II, centrándose en el impacto de la noche polar sobre diversas variables psicofisiológicas y su aplicación como análogo espacial.

Un modelo de desincronización biológica. La ausencia de un ciclo claro de luz y oscuridad puede alterar el reloj biológico interno, provocando trastornos del sueño, como dificultades para conciliarlo o para despertarse a la hora deseada. La exposición limitada a la luz natural también puede afectar negativamente el estado de ánimo, generando sentimientos de tristeza o síntomas de depresión estacional. Algunas personas experimentan dificultades para tomar decisiones y completar tareas complejas. Los ritmos circadianos también cumplen un rol fundamental en la regulación del apetito y el metabolismo. Así, durante la noche polar, las personas pueden experimentar cambios en sus hábitos alimenticios y en la forma en que sus cuerpos procesan los alimentos. Además, la falta de luz natural puede dificultar la interacción social, lo que puede tensar las relaciones interpersonales. Para mitigar estos efectos, se suelen emplear estrategias para ayudar a estabilizar los ritmos circadianos, como la exposición a luz artificial brillante. Para estudiar estos fenómenos en las bases antárticas argentinas,

Belgrano II (77°52'26"S, 34°37'40"O) reviste especial interés. Las temperaturas invernales pueden descender a -35 °C, y posee 4 meses de oscuridad casi total, 4 meses de luz diurna continua y 4 meses con alternancia de día y noche.

La base opera todo el año, pero permanece completamente aislada y solo es accesible durante el verano. La tripulación suele estar compuesta por unas 20 personas, incluyendo un médico asistido por una enfermera. En caso de emergencia, las opciones de rescate son extremadamente limitadas. Los programas científicos de la estación incluyen diversos estudios meteorológicos, de física de alta atmósfera y, en el ámbito biomédico, cronobiología en el contexto del aislamiento antártico.

La investigación acerca del efecto del aislamiento sobre el ser humano en las bases antárticas argentinas se remonta al trabajo pionero de la Dra. Barbarito a fines de la década de 1990, cuando describió diversos aspectos de la adaptación psicológica al continente blanco. De la misma época, es un estudio que describe cambios en el metabolismo óseo durante un invierno en la Base Belgrano II.

En 2014 se lanzó el proyecto “Cronobiología del Aislamiento Antártico: Utilizando la Estación Belgrano II como Modelo de Desincronización Biológica y Análogo Espacial”, llevado a cabo en forma conjunta por el Instituto Antártico Argentino (IAA), el Laboratorio de Cronofisiología de la Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA), el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y el Comando Conjunto Antártico, en cooperación con otras instituciones nacionales e internacionales. El objetivo general del proyecto es evaluar el impacto cronobiológico de un año de aislamiento antártico en la dotación de Belgrano II.

Se han publicado varios estudios describiendo el impacto de la noche polar sobre variables psicofisiológicas clave (ver referencias). Era conocido que los invernantes en bases antárticas tienden a experimentar un retraso en sus horarios de sueño durante el invierno. Nuestra investigación confirmó este hallazgo y añadió la observación de que quienes toman siestas tienden a hacerlo durante más tiempo durante estos meses. Estos cambios son consistentes con un cronotipo retrasado (es decir, un cambio en el momento del día en que una persona es más propensa a estar activa), lo que indica que las personas se vuelven más propensas a la noche, como también hemos informado. Además, hemos descrito cambios sutiles en la estimación del tiempo (la capacidad de calcular la duración de un evento). En el ámbito psicosocial, hemos analizado la dinámica emocional e interpersonal, informando que, hacia el final del período de confinamiento, se observa una disminución en el uso de estrategias maduras de resolución de problemas (en comparación con las de evitación), junto con cambios en la percepción del apoyo de compañeros y superiores.

Un análogo espacial. Las condiciones descritas anteriormente en este reporte convierten a las bases antárticas en entornos excelentes para estudiar el aislamiento y confinamiento extremos inherentes a las misiones espaciales, por lo que son ampliamente reconocidas como análogos espaciales. En cuanto a las consecuencias de la desincronización biológica, tanto para misiones en órbita terrestre baja como para futuras misiones a la Luna y Marte, existe un riesgo moderado pero significativo de disminución del rendimiento y alteraciones de la salud como resultado de la pérdida de sueño, la desalineación circadiana y la sobrecarga de trabajo; todo lo cual requiere estrategias de mitigación. Si bien estos factores pueden estudiarse en las tripulaciones a bordo de la Estación Espacial Internacional (EEI), donde el realismo ambiental alcanza su máximo nivel, los altos costos, la compleja logística y la presencia de otras variables, como la exposición a la radiación y la microgravedad, limitan la generalización de los hallazgos. En el otro extremo, los estudios de laboratorio ofrecen un sólido control experimental, pero una validez ecológica mínima. En este contexto, las bases científicas antárticas representan un valioso punto intermedio, por lo cual a menudo se utilizan como sitios de prueba para tecnologías y equipos destinados a la exploración espacial, incluidos trajes espaciales, sistemas de soporte vital y otras herramientas críticas.

Desde 2019 se han alcanzado varios acuerdos entre la Agencia Espacial Europea (ESA), la Dirección Nacional del Antártico (DNA) de Argentina, la UCA y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) para llevar a cabo el proyecto conjunto “Tempus Pro Antártida”. Esta iniciativa implica una serie de ensayos para validar el sistema avanzado de telemedicina TEMPUS PRO de la ESA, el cual permite la monitorización de constantes vitales como frecuencia cardíaca, presión arterial, frecuencia respiratoria y temperatura corporal, e incluye funciones de ecografía, laringoscopia y electrocardiografía. La comunicación puede establecerse mediante una conexión satelital segura o una red de internet. La primera validación operativa del sistema se realizó mediante una serie de ensayos en las bases antárticas argentinas Belgrano II y Carlini durante la campaña de invierno de 2020. En 2022 se inició una nueva fase del proyecto, que amplió el enfoque inicial para incluir el monitoreo de la actividad física de los miembros de la dotación invernante, las pruebas operativas de un dispositivo de imágenes oculares basado en tabletas y teléfonos inteligentes, y la evaluación de reacciones alérgicas como posibles marcadores de estrés. En 2023, las actividades científicas también incluyeron estudios sobre la percepción del tiempo y las interacciones sociales.

Conclusiones. Los estudios descritos posicionan a Argentina como una nación reconocida dentro del grupo de países que investigan la adaptación humana a entornos ICE, particularmente en las áreas de cronobiología y psicofisiología. En relación con la exploración espacial humana, se entiende que la preparación para una misión a Marte avanza en paralelo a la investigación científica y los avances tecnológicos realizados en sitios análogos terrestres. Este contexto presenta una valiosa oportunidad

para que Argentina contribuya significativamente a este esfuerzo global. Finalmente, la estrecha colaboración con las comunidades científicas nacionales e internacionales, así como con el público en general, permite a Argentina apoyar sus intereses estratégicos, promover la paz en la región antártica y consolidar su posición como actor clave en los asuntos antárticos internacionales.

Referencias

1. Barbarito M., Baldanza S., Peri A. Evolution of the coping strategies in an isolated group in an Antarctic base. Vol. 37, Polar Record. 2001. p. 111–20. <https://doi.org/10.1017/S0032247400026930>
2. European Space Agency. Terra Nova 2030+ strategy roadmap. 2022. Retrieved from: https://esamultimedia.esa.int/docs/HRE/Terra_Novae_2030+strategy_roadmap.pdf
3. Folgueira A., Simonelli G., Plano S., Tortello C., Cuiuli J. M., Blanchard A., Patagua A., Brager A. J., Capaldi V. F., Aubert A. E., Barbarito M., Golombek D. A., Vigo D. E. Sleep, napping and alertness during an overwintering mission at Belgrano II Argentine Antarctic station. Sci Rep. 2019 Jul 26;9(1):10875. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46900-7>
4. From Antarctica to space: telemedicine at the limit. https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/From_Antarctica_to_space_telemedicine_at_the_limit
5. Oliveri B., Zeni S., Lorenzetti M. P., Aguilar G., Mautalen C. Effect of one year residence in Antarctica on bone mineral metabolism and body composition. Eur J Clin Nutr. 1999;53(2):88–91. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1600681>
6. Peri A., Scarlata C., Barbarito M. Preliminary studies on the psychological adjustment in the Italian Antarctic summer campaigns. Environ Behav. 2000;32(1):72–83. <https://doi.org/10.1177/00139160021972432>
7. The council of managers of national Antarctic programs (COMNAP). Antarctic Station Catalogue. COMNAP Secretariat. Christchurch, New Zealand, 2017. Retrieved from: https://www.comnap.aq/s/COMNAP_Antarctic_Station_Catalogue.pdf
8. Tortello C., Agostino P. V., Folgueira A., Barbarito M., Cuiuli J. M., Coll M., Golombek D., Plano S. A.*, Vigo D. E. Subjective time estimation in Antarctica: The impact of extreme environments and isolation on a time production task. Neuroscience Letters 2020: 725 (23), 134893. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2020.134893>
9. Tortello C., Folgueira A., Lopez J. M., Didier Garnham F., Sala Lozano E., Rivero M. S., Simonelli G., Vigo D. E., Plano S. A. Chronotype delay and sleep disturbances shaped by the Antarctic polar night. Sci Rep. 2023 Sep 24;13(1):15957. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43102-0>
10. Tortello C., Folgueira A., Nicolas M., Cuiuli J. M., Cairolí G., Crippa V., Barbarito M., Abulafia C., Golombek D., Vigo D. E.*, Plano S. A. Coping with Antarctic demands: Psychological implications of isolation and confinement. Stress and Health 2020. <https://doi.org/10.1002/smi.3006>