

¿Tienen justificación los vuelos espaciales tripulados?

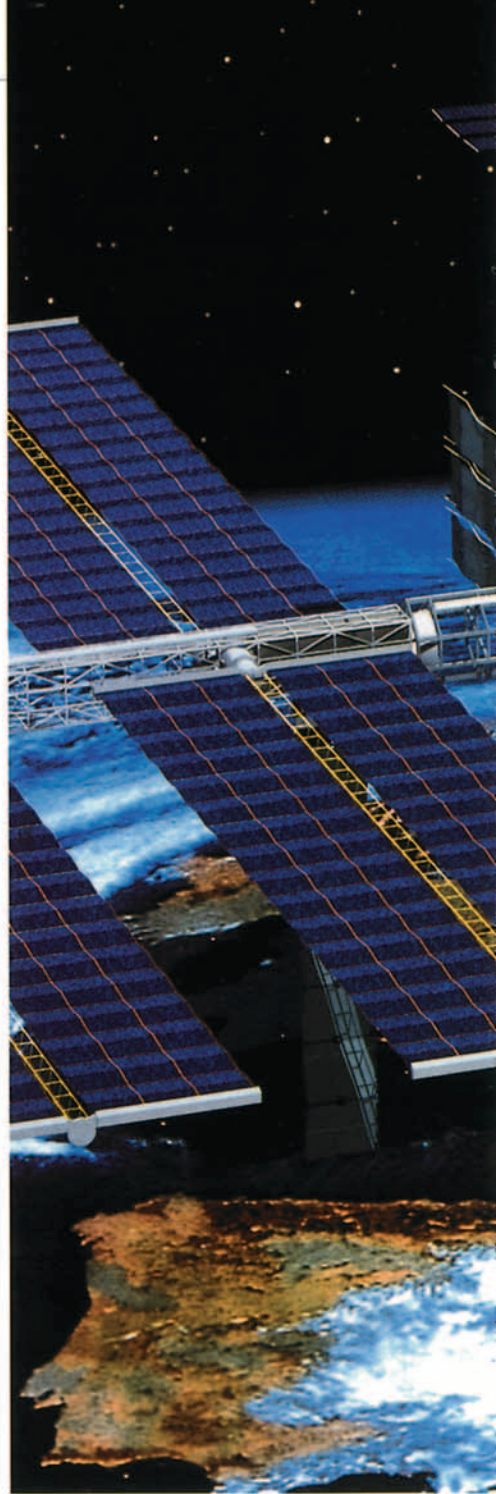
ALFREDO ROSADO BARTOLOMÉ

Si los acontecimientos se desarrollan según lo previsto (1), antes de un año se encontrarán en órbita los primeros componentes de la Estación Espacial Internacional *Alpha*, resultado de la coepración entre los Estados Unidos, la Federación rusa, la Agencia Espacial europea, Japón y Canadá (figura 1). En contra de las apariencias, este ejemplo de buen entendimiento internacional no es tanto un logro de la ciencia como el fruto de acuerdos con un notable componente político. Así, desde que en 1984 la NASA puso en marcha el proyecto de estación orbital permanente, se han acumulado evidencias de que los determinantes primordiales para llevar a cabo tan costoso proyecto no son en absoluto de carácter exclusivamente científico (2). La explicación, al menos parcial, de esta curiosa circunstancia permite analizar algunos componentes de la polémica —hoy poco activa— sobre la justificación de los vuelos espaciales tripulados (3). Cuando los ingentes gastos que generan son criticados como un despilfarro moralmente injustificable ante necesidades humanitarias perentorias, se invocan los beneficios tecnológicos de la investigación espacial (4). Con ser éstos indudables, la mayoría de los beneficios científicos y tecnológicos de la astronáutica no precisan la actuación directa del hombre en el espacio, y menos todavía su presencia permanente. Los satélites de comunicaciones y meteorológicos se sitúan en órbita geoestacionaria a unos 36.000 kilómetros sobre el ecuador, lejos de la órbita terrestre baja, entre 200 y 1.000 kiló-

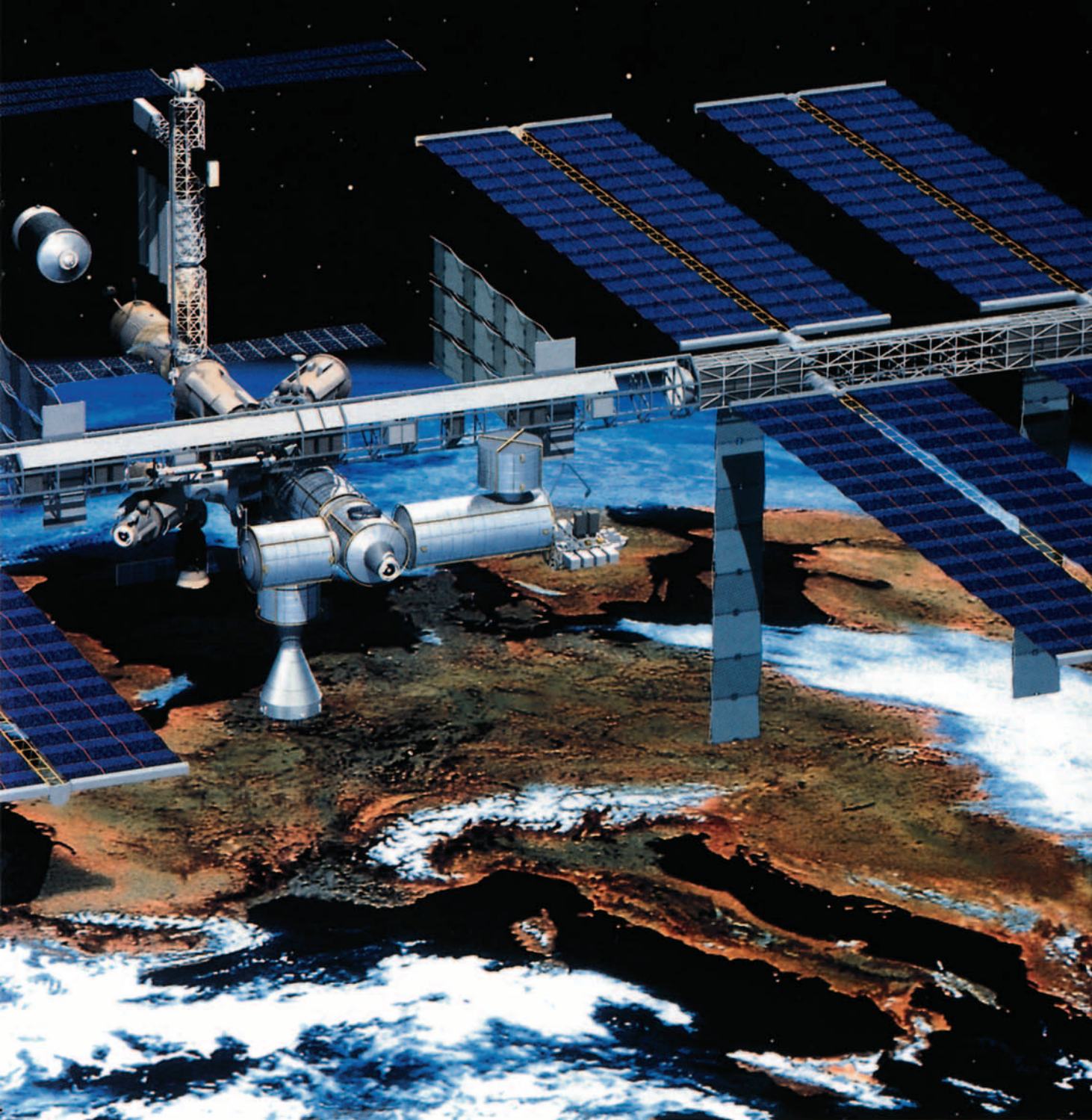
Figura 1
Representación artística de la Estación Espacial Internacional Alpha una vez concluida, según los proyectos actuales. Quizá esta infraestructura orbital permita al fin efectuar las investigaciones biomédicas en microgravedad de forma sistemática y estandarizada, lo que hasta ahora no ha sido posible.
(Foto: ESA/D. Ducros).

metros de altura, donde orbitan las naves habitadas.

Los satélites de teledetección circunvalan la Tierra en órbitas polares heliosincrónicas, aproximadamente a 1.000 kilómetros de altura, diferentes a las de los vehículos habitados. Otro tanto puede decirse de los satélites de ayuda a la navegación (5). Obviamente, los vehículos tripulados no son la plataforma idónea para estas aplicaciones. Y como medio de lanzamiento de satélites o sondas planetarias resultan igualmente inapropiados: baste recordar el objetivo principal de la infortunada misión que el *Challenger* iniciaba el 28 de enero de 1986 era situar en órbita un satélite de comunicaciones, algo que se había venido haciendo con éxito mediante cohetes convencionales durante los veinte años precedentes, y práctica a la que se ha vuelto desde entonces. Respecto a la explotación de las condiciones de microgravedad con fines industriales, las expectativas sobre la rentabilidad inmediata de la elaboración en el espacio de sustancias y materiales de pureza o propiedades excepcionales (6), parecen carecer por ahora de fundamento. Así, el *Microgravity Advisory Committee* de la



Agencia Espacial europea (ESA), creado para definir los objetivos del Programa de Microgravedad de la Agencia en lo relativo a las actividades industriales en el espacio, considera que, en base a investigaciones científicas de carácter fundamental, ..., si bien (gracias a la investigación en el espacio) han aparecido aplicaciones en numerosos campos para la



industria en tierra, hasta ahora no han sido identificadas perspectivas a corto plazo para la producción económica en el espacio dentro de la actual situación de costes del transporte espacial (7). Y aunque no fuese así, las aceleraciones residuales propias de un vehículo tripulado (impulsores de control de orientación, actividad física de los tripulantes, venti-

ladores, bombas, etc.) distorsionan el entorno de microgravedad óptimo para este tipo de actividades, de modo que la presencia humana y sus requerimientos resultarían inconvenientes.

No pocas veces se ha argumentado que el hombre en órbita resulta imprescindible para estudiar la respuesta del organismo a la microgravedad, con vistas a la preparación de vuelos

más prolongados. Curioso argumento, que implícitamente supone que los vuelos tripulados constituyen un fin en sí mismos, a la vez que ignora el papel decisivo de la utilización de animales de experimentación en las investigaciones biomédicas. Por otra parte, la dilatada experiencia de la antigua Unión Soviética en materia de vuelos espaciales tripulados de-

muestra que las estancias en órbita superiores a seis meses, aunque factibles con los medios actuales, no son adecuadas desde el punto de vista de la productividad y el bienestar de los cosmonautas (8). En cuanto a los viajes a la Luna o Marte —la otra posible justificación de los vuelos de larga duración—, está obviamente muy lejano el momento en que los hombres deban relevar a las sondas espaciales por haberse agotado las posibilidades de investigación mediante ingenios automáticos. Pese a todo, no parece que los vuelos tripulados tengan los días contados.

UTILIDAD DEL HOMBRE EN EL ESPACIO

¿Por qué se realizan, pues, tan onerosos esfuerzos para poner hombres en órbita? Dejando aparte considera-

la estación *Salyut 7* en junio de 1985 o las espectaculares operaciones de reparación y mantenimiento del telescopio espacial *Hubble* en diciembre de 1993 (figura 2). En palabras de un célebre piloto estadounidense, *¿En dónde podría encontrarse un computador no lineal de un peso inferior a 75 kg. que posea un billón de elementos de decisión binarios y que pueda producirse en serie por obreros no especializados?* (9). Efectivamente, la versatilidad humana ha resuelto numerosos contratiempos y salvado a veces situaciones críticas. Sin lugar a dudas, el astronauta es el más valioso y útil componente de una nave tripulada. Pero también el más frágil: además de las necesidades mínimas de oxígeno, alimentos y agua, eliminación de residuos y depuración del aire (Tabla I) (10), ya de por sí costosas de garantizar, las tripulaciones espa-

festado una larga serie de alteraciones psicológicas en vuelo, con varios grados de severidad y en diferentes momentos, incluyendo fatiga, trastornos del sueño, irritabilidad, depresión, ansiedad, fluctuaciones de humor, hostilidad, retracción social, vacilaciones de motivación, aburrimiento, tensiones y descenso de la eficiencia (11). La mera convivencia con otros individuos en circunstancias tan peculiares como las que impone el vuelo espacial representa una dura prueba, pese a los esfuerzos por garantizar la compatibilidad psicológica entre los tripulantes con apoyo continuo desde tierra (12). Por supuesto, los astronautas también enferman y ya en dos ocasiones ha sido necesaria la evacuación de cosmonautas por razones de salud, obligando a concluir la misión antes de tiempo o a modificar el programa previsto (13). Potencialmente, y de mayor trascendencia, podrían ser los efectos de la exposición prolongada a la microgravedad, mal conocidos y, presumiblemente, no todos inofensivos (14).

MEDICINA ESPACIAL

Si, como todo parece indicar, la presencia del hombre en el espacio, justificada o no, va a continuar, queda por ver en qué condiciones es previsible que se lleve a cabo, a juzgar por la experiencia disponible. Aunque hasta la fecha no se han identificado alteraciones patológicas irreversibles al regreso de los vuelos espaciales, sigue ignorándose si la adaptación a la microgravedad es totalmente reversible, tras un periodo de readaptación al regreso, o si los cambios operados en el organismo pueden ser permanentes, afectando incluso a la duración de la vida de los cosmonautas (15). Al cabo de treinta y cinco años de vuelos espaciales tripulados, habiéndose completado misiones superiores a un año de duración y llevando a cabo rutinariamente vuelos de varios meses, este desconocimiento podría resultar chocante, de no ser por las precarias condiciones en que se ha efectuado hasta ahora la investigación biomédica en el espacio. Después de los primeros vuelos tripulados, y una vez compro-

Tabla I

MASA ESTIMADA PROMEDIO DE LAS NECESIDADES MATERIALES DE SUBSISTENCIA POR PERSONA Y DIA (Adaptado de ref. 10)

CONSUMO	KG.	RESIDUOS	KG.
Oxígeno	0.83	dióxido de carbono	1.00
Alimento (seco)	0.62		
Agua:			
- Rehidratación de alimentos	1.15	- Preparación de alimentos	0.04
- Preparación de alimentos	0.79	- Perspiración y respiración	2.28
- Bebida	1.62	- Orina	1.50
- Lavado vajilla	5.46	- Heces	0.09
- Lavado manos y cara	1.82	- lavado vajilla:	
- ducha	5.45	* no latente	5.43
- Ducha	5.45	* latente	0.03
- Colada	12.50	- Higiene personal:	
- Inodoro	0.50	* no latente	6.68
		* latente	0.59
		- colada:	
		* no latente	11.90
		* latente	0.60
		- Inodoro	0.50
Sólidos:			
		- Sudor	0.02
		- Orina	0.03
		- Heces	0.06
Embalajes	0.89	Embalajes	0.89
Total	13.00	Total	13.00

ciones políticas o de prestigio nacional, como las que motivaron la "carrera a la Luna" en los años sesenta, la presencia humana en el espacio es también una valiosa baza para el éxito de las misiones. Los ejemplos abundan: recuperación del laboratorio *Sky-lab* en mayo de 1973, reparaciones de

ciales exigen también —especialmente en vuelos de larga duración— unas ciertas condiciones de habitabilidad que permitan mantener la salud física y el equilibrio psíquico. Tanto los astronautas americanos como soviéticos han echado a perder datos, arruinado experimentos, perdido equipo y mani-

bado que el hombre podía sobrevivir en el espacio, a menudo sólo se obtuvieron datos biomédicos antes y después del vuelo, de manera que únicamente era posible conjeturar sobre la naturaleza y evolución temporal de los fenómenos fisiológicos ocurridos en órbita. Las oportunidades de experimentación en condiciones reales de microgravedad incluso hoy siguen siendo escasas, entorpeciendo la continuidad de las investigaciones, que a menudo necesitan años tan sólo para confirmar un resultado. El número de individuos experimentales es muy limitado, obteniéndose resultados experimentales con escasa representatividad estadística. Tampoco ha existido normalización de los procedimientos de experimentación. Y dado que no es posible privar a ningún tripulante de medidas preventivas que, de omitirse, pudieran poner en peligro su salud o su vida, se hace difícil abordar cuestiones fisiológicas fundamentales sin introducir sesgos experimentales. Así, los espectaculares vuelos tripulados lunares del programa *Apollo* aportaron poco al conocimiento de la fisiología humana en el espacio en comparación con las misiones *Skylab*, que tan escaso interés público despertaron. Sólo con el advenimiento de las misiones

Spacelab ha sido posible iniciar el estudio de ciertos campos, y profundizar en otros, con una metodología aceptable.

Además, frecuentemente se confunde la investigación básica con la medicina espacial operacional: mientras ésta se ocupa de garantizar la supervivencia, la salud y la capacidad de trabajo de las dotaciones espaciales, aquella se centra en los

fenómenos biológicos fundamentales ocasionados por el entorno espacial. La medicina operacional demuestra sus logros cada vez que los astronautas regresan sanos y salvos. La investigación básica, por contra, no sólo tiene dificultades para presentar sus progresos al público — factor éste de suma importancia a la hora de financiar tan costosas actividades—, sino que incluso se ve co-

artada por las restricciones que impone la medicina operacional (16): en misiones superiores a quince días es necesaria la aplicación sistemática de protocolos de entrenamiento fisiológico que eviten el acostumbramiento a la microgravedad de los sistemas cardiovascular y locomotor, pues, de lo contrario, se presume que podrían verse dañadas la salud y la capacidad de trabajo de los astro-

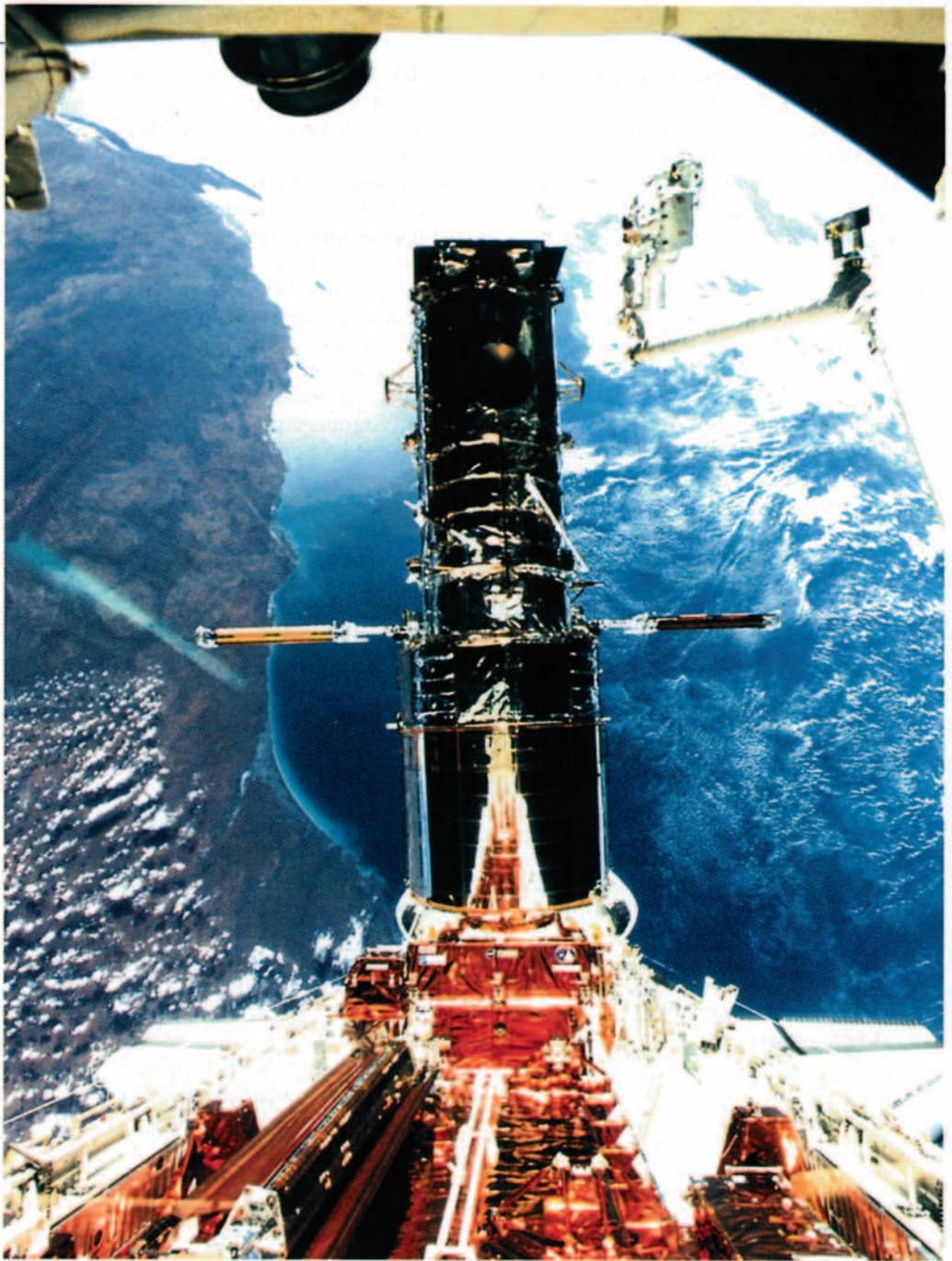


Figura 2. Reparación y mantenimiento en órbita del telescopio espacial Hubble (diciembre 1993). A pesar de actuaciones tan efectivas y espectaculares como ésta, resulta difícil justificar la presencia del hombre en el espacio por motivos exclusivamente prácticos. (Foto: ESA/NASA).

nautas. Así, los cosmonautas de la antigua URSS, en misiones de varios meses, realizan ejercicio físico pautado entre dos y cuatro horas al día, seis días en semana, aplican métodos de condicionamiento cardiovascular y, al final del vuelo, ingieren suplementos de agua y sal para facilitar la recuperación una vez en tierra (17). Los astronautas estadounidenses, en misiones no superiores a quince días, también toman suplementos de agua y sal para mejorar su seguridad en la reentrada (18). Aunque eficaces, éstas y otras medidas se apoyan en criterios *empíricos* más que en un conocimiento preciso de los cambios sufridos por la fisiología humana en microgravedad (19). De hecho, tales medidas preventivas, impuestas por las prioritarias exigencias operativas y de seguridad, *dificultan* el estudio de la adaptación del organismo humano a la microgravedad.

CONCLUSIONES

Los limitados resultados experimentales obtenidos en estas condiciones, a veces con un valor poco más que anecdótico, podrían hacer pensar que el interés de la investigación biomédica espacial es, si acaso, meramente académico o que tan sólo persigue la finalidad utilitaria de hacer posibles los vuelos tripulados, cuya justificación, por otra parte, es muy discutible. Nada más lejos de la realidad. Gracias a estas investigaciones, ya se han empezado a obtener nuevos conocimientos fisiológicos (20), sirviéndose de la microgravedad como de un parámetro experimental más, difícil o imposible de obtener en tierra, y muy valioso para contrastar hipótesis que la ubicuidad del peso hacía igualmente difícil o imposible confirmar o rebatir en condiciones convencionales. Y la experiencia ha demostrado que to-

do avance conceptual en medicina o biología representa, además de su valor intrínseco, y casi de forma inevitable, aplicaciones diagnósticas o terapéuticas. La constatación de que la mayoría de los usos del espacio no requieren la intervención directa del hombre lleva a pensar que su papel es el de supervisar y, fundamentalmente, experimentar, con vistas, no tanto a obtener beneficios económicos directos, sino sobre todo al logro de progresos científicos conceptuales, dejando la exploración espacial para los ingenios automáticos. Quizá la proyectada Estación Espacial Internacional *Alpha* ofrezca, por vez primera, las condiciones imprescindibles de continuidad, condiciones experimentales y estandarización metodológica necesarias para comprobar, definitivamente, si el espacio es en efecto un laboratorio privilegiado para obtener nuevos conocimientos biomédicos. ■

REFERENCIAS

(1) *International Space Station*, "NASA Facts". FS-004-95(08)-HQ. Public Affairs Office, Washington D.C. (1995).

(2) Bell R. *Las cuentas crueles de la estación espacial*. "Mundo Científico" 1995; 162:942-50.

(3) Van Allen JA. *Myths and realities of space flight*. "Science" 1986; 232:1075-76.

(4) Garshnek V, Nicogossian AE, Griffiths L. *Earth benefits from space life sciences*. "Acta Astronáutica" 1990; 21(9):673-6.

(5) Villeveille A y otros. *La utilización en los satélites*. En "Descubrir el espacio". Salvat Editores, S.A., Barcelona, 1993: 217-36.

(6) Anónimo. *New cosmonaut crew on Mir plans extensive materials processing work*. "Aviation Week & Space Technology". February 19, 1990:26.

(7) ESA/C(94) Paris, 3 October 1994. *European Space Agency Council. Report on the Microgravity Programme*.

(8) Covault C. *Record Soviet manned space flight raises human endurance questions*. "Aviation Week &

Space Technology". January 4, 1988:25.

(9) Scott Crossfield, piloto de pruebas del *Douglas D-558 Mark 2* y del *North American X-15*. Citado en: Hilton, "WF. Satélites artificiales". Editorial Labor, SA, Barcelona, 1973:113-22.

(10) Tamponnet C y otros. *Implementation of biological elements in life support systems*. "ESA Bulletin". No. 74, May 1993: 71-82.

(11) Bluth BJ. *The benefits and dilemmas of an international space station*. "Acta Astronáutica" 1984; 11(2): 149-53.

(12) Kanas N. *Psychosocial support for cosmonauts*. "Aviat. Space Environ. Med." 1991; 62: 353-5.

(13) Nicogossian A, Pool SM, Uri JJ. Historical perspectives. En" Nicogossian AE, Huntoon CI, Pool SL (editores). "Space Physiology and Medicine". Lea & Febiger, Philadelphia (USA), 1994; 3-49.

(14) Leach CS y otros. *Medical considerations for extending human presence in space*. "Acta Astronáutica" 1990; 21 (9): 659-66.

(15) Güell A, Tallarida G, Wegmann

H. *Physiological changes in microgravity*. En: C. Barron (editor). "Physical countermeasures to be applied during long-term manned space flight". ESA SP-1160. ESA Publications Division, Noordwijk 1993: 17-25.

(16) Essfeld D. *The strategic role of exercise devices in manned spaceflight*. "Microgravity Sci. Technol." 1990; III: 180-183.

(17) Garshnek V. *Soviet space flight: the human element*. "Aviat Space Environ. Med." 1989; 60: 695-705.

(18) Bungo MW y otros. *Cardiovascular deconditioning during space flight and the use of saline as a countermeasure to orthostatic intolerance*. "Aviat. Space Environ. Med." 1985; 56: 985-90.

(19) Fortney SM. *Development of lower body negative pressure as a countermeasure for orthostatic intolerance*. "J. Clin. Pharmacol". 1991; 31: 888092.

(20) Linnarson D. *Human physiology - Lessons learned from space research in general, and from Spacelab D-2 in particular*. "Microgravity news from ESA". 1994; 7(2): 11-13.