

# Medicina Espacial.

## Aspectos Médicos de la Carrera Espacial Norteamericana

FRANCISCO RIOS TEJADA,  
*Capitán Médico del Aire*  
JOSE BENITO DEL VALLE GARRIDO,  
*Capitán Médico del Aire*

**I**niciamos el primero de 2 artículos dedicados a exponer algunos aspectos médicos comprendidos en los programas Espaciales Norteamericano y Soviético. Al final de éstos hemos desarrollado un listado de los principales proyectos implicados, incluyendo el nombre de la tripulación y las observaciones médicas desarrolladas.

### INTRODUCCION

Hasta 1971 en que la Unión Soviética lanzó la primera estación espacial, la Salyut 1, muy escasas habían sido las oportunidades para realizar una auténtica experimentación bio-médica durante el vuelo, debido fundamentalmente a razones de espacio. De ahí que hasta prácticamente 1970 la casi totalidad de los estudios realizados, lo fueron antes y después del vuelo. Ha sido muy recientemente cuando han empezado a aclararse algunas de las preguntas suscitadas desde el comienzo de la carrera espacial, no obstante pensamos es preciso recordar cuales son los objetivos fundamentales de la Biología Espacial.

1) Asegurar la supervivencia del hombre en el espacio. Esto en parte se ha conseguido, ejemplo de ello puede ser el récord de permanencia en el espacio Berezouoi y Lebedev (211 días) en la estación espacial Salyut 7. Este objetivo ha sido posible gracias al desarrollo de los necesarios equipos de soporte biológico utilizados durante el vuelo, desde trajes de presión hasta los mecanismos utilizados para la recogida y reciclaje de productos de deshecho.

2) Búsqueda de formas de vida extraterrestre. Mediante la utilización de sondas espaciales y la radioastronomía quizás algún día se demuestre que la vida no sólo está confinada a nuestro planeta.



Figura 1. Año 1959. Fotografía de los 7 primeros Astronautas seleccionados para el Proyecto Mercury. De izda. a dcha. Carpenter, Cooper, Glenn, Grissom, Schirra, Shepard y Slayton.

3) Aprovechar las oportunidades que un medio como el espacio pone a disposición de la ciencia. Muy pronto seremos partícipes de la producción de sustancias, manufacturadas en el espacio y que industrialmente pueden llegar a ser varios cientos de veces más rentables que en la superficie terrestre o ser imposible su elaboración dentro del campo gravitacional de la tierra.

### RECUERDO HISTORICO

No fue hasta la 2ª Guerra Mundial y coincidiendo con los primeros cohetes alemanes V-2, cuando se consideró seriamente la posibilidad de utilizar uno de estos ingenios para colocar un ser humano en el espacio. En 1950 se lanzaban varias V-2 con un primate a bordo. Estas experiencias fueron pioneras en diseño de los necesarios equipos de

soporte vital indispensables para que el mono volviera vivo del vuelo suborbital. El 4 de octubre de 1957 la Unión Soviética lanzaba el primer Sputnik. Para estas fechas ya habían sido identificados algunos de los presumibles problemas que el futuro astronauta o cosmonauta podría encontrarse, como pérdida de apetito, pérdida de peso, incapacidad para tragar, desorientación, pero quizás el principal problema era la ausencia de gravedad, ello acarrearía una serie de alteraciones sensoriales y hemodinámicas de importante trascendencia durante el vuelo.

La tabla I, señala algunos de los problemas que teóricamente podrían plantearse durante vuelos espaciales tripulados, en relación con la exposición del astronauta a la falta de gravedad.



Figura 2.  
Fotografía  
de Edward White,  
primer norteamericano  
que realizó un Paseo Espacial  
(E.V.A. Extra Vehicular Activity).



Figura 4.  
Imagen  
del Skylab.  
Obsérvese  
la ausencia  
de una  
de las alas  
de la Estación,  
que se desprendió  
durante  
el lanzamiento.



Figura 3.  
Apolo 11  
Edwin Aldrin  
desciende a la  
superficie lunar  
el 21 de julio  
de 1969.

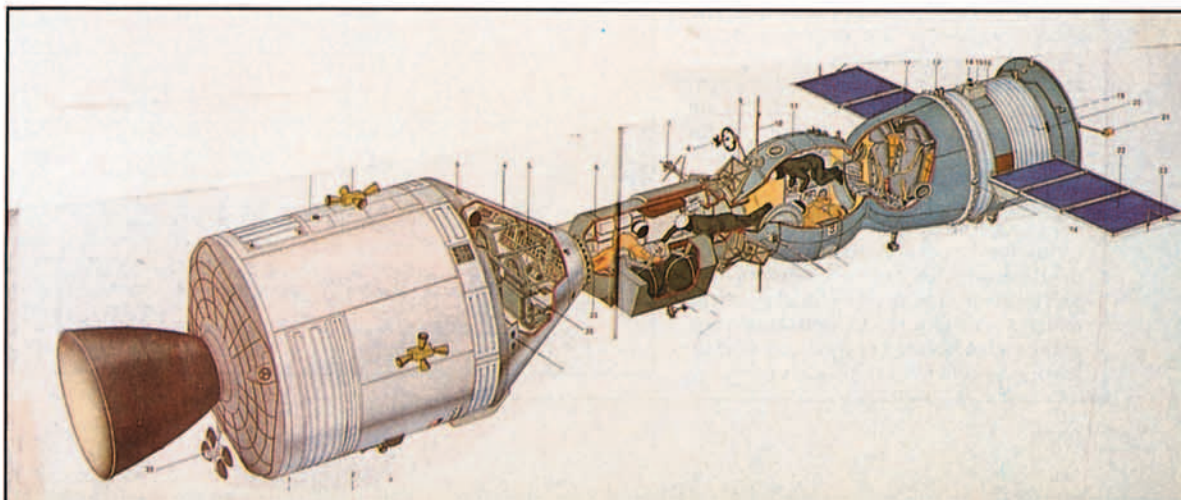


Figura 5.  
Configuración  
del Proyecto  
Apolo-Soyuz  
(ASTP).

**Tabla I. Algunos de los efectos esperados por causa de la falta de gravedad.**

Anorexia (falta de apetito).  
 Náusea.  
 Desorientación.  
 Falta de sueño.  
 Cansancio.  
 Euforia.  
 Alucinaciones.  
 Disminución tolerancia a las aceleraciones.  
 Incoordinación muscular.  
 Atrofia muscular.  
 Desmineralización.  
 Cálculos renales.  
 Cinetosis.  
 Atelectasias Pulmonares.  
 Hipertensión.  
 Disminución del Volumen Sanguíneo.  
 Pérdida de peso.

(Tomado de Dietlein 1977)

Desde finales de los años 50 hemos asistido a lo que ha venido a llamarse "carrera espacial" en la que han participado fundamentalmente las 2 grandes superpotencias y de una manera hasta ahora poco atrevida Europa a través de la Agencia Espacial Europea.

Sin duda han sido soviéticos y norteamericanos quienes han llevado el pulso de la "carrera" independientemente de los éxitos conseguidos: americanos poniendo un nombre en la luna y en la actualidad mediante el proyecto de Lanzadera Espacial y soviéticos adelantados sin duda en su permanencia en el Espacio y consecución de una Estación Espacial (proyecto MIR).

Para atender la situación actual de la Medicina Espacial, muy próxima a convertirse en su eslabón bioquímico en Medicina Industrial del Espacio, creemos es útil repasar los problemas médicos con los que se han enfrentado rusos y americanos en sus diferentes proyectos.

## PROGRAMA ESPACIAL NORTEAMERICANO

### Proyecto Mercury

El primer problema planteado fue el de establecer los criterios mínimos para seleccionar a los candidatos a astronauta todos ellos procedentes de la vida militar y pilotos de prueba; habían de cumplir una serie de requisitos físicos y psicológicos que incluían un severo reconocimiento médico (véase figura 1).

El segundo problema fue resolver todos los requerimientos necesarios desde trajes de presión, control técnico, aceleración de salida, reentrada y control de la aeronave. Los principales hallazgos médicos encontrados se reflejan en la tabla II.

## VUELOS ESPACIALES NORTEAMERICANOS

PROYECTO	FECHA	NAVE	TRIPULANTES	OBSERVACIONES
Mercury	5-5-61	Freedom-7	Alan B. Shepard	1 <sup>er</sup> vuelo Suborbital
	21-7-61	Liberty bell-7	Virgil I. Grissom	2 <sup>o</sup> vuelo Suborbital
	29-2-62	Friendship-7	John H. Glenn	1 <sup>er</sup> vuelo Orbital
	24-5-62	Aurora-7	Scott Carpenter	3 Orbits
	3-10-62	Sigma-7	Walter M. Achirra	6 Orbits
	15/16-5-63	Faith-7	Gordon Cooper	22 Orbits
Gemini	23-3-65	Gemini-3	Virgil I. Grissom John W. Young	3 Orbits
	3/7-6-65	Gemini-4	James A. Mcdivitt Edward H. White 3	62 Orbits. Paseo Espacial (White).
	21/29-9-65	Gemini-5	Gordon Cooper Charles Conrad	120 Orbits
	15/17-12-65	Gemini-6	Walter M. Schirra Thomas P. Stafford	16 Orbits
	4/18-12-65	Gemini-7	Frank Borman James A. Lowell	206 Orbits
	16-3-66	Gemini-8	Neil A. Armstrong David R. Scott	7 Orbits Atrache con satélite.
	3/6-6-66	Gemini-9A	Thomas P. Stafford Eugene A. Cernan	44 Orbits. Paseo Espacial.
	18/21-7-66	Gemini-10	John W. Young Michael Collins	43 Orbits. Paseo Espacial.
	12/15-9-66	Gemini-11	Charles Conrad Richard F. Gordon	44 Orbits. Paseo Espacial.
	11/15-11-66	Gemini-12	James A. Lowell Edwin A. Aldrid	50 Orbits. Paseo Espacial.
Apolo	11/12-10-68	Apolo-7	Walter M. Schirra Donn Eisele Walter Cunningham	163 Orbits alrededor respiratoria viral en vuelo.
	21/27-12-68	Apolo-8	Frank Borman James A. Lovell Jr. William Anders	10 Orbits alrededor de la luna. Síntomas de cinetosis.
	3/13-3-69	Apolo-9	James A. Mcdivitt David R. Scott Russell L. Schweickar	151 Orbits. Prueba Módulo lunar en órbita terrestre.
	18/26-5-69	Apolo-10	Thomas P. Stafford John W. Young Eugene E. Cernan	31 Orbits lunares. Prueba Módulo lunar en órbita lunar. Dermatitis de contacto. Cuarentena post-vuelo.
	16/24-7-69	Apolo-11	Nail Armstrong Michael Collins Edwin E. Aldrin	Primer alunizaje y paseo lunar. Presencia de "Bends" Cuarentena post-vuelo.
	14/24-11-69	Apolo-12	Charles Conrad Jr. Richard F. Gordon Jr. Alan L. Bean	Segundo alunizaje y pase. Dermatitis de contacto. Cuarentena post-vuelo.
	11/17-4-71	Apolo-13	James A. Lovell Jr. Fred W. Haise John L. Swigert Jr.	Vuelo abortado después de orbitar la luna por explosión en módulo de servicio. Infección urinaria.
	31-1-71 9-2-71	Apolo-14	Alan B. Shepard Stuart A. Roosa Edgar D. Mitchell	Tercer alunizaje y paseo.
	26-7-71 7-8-71	Apolo-15	David R. Scott James B. Irwin Alfred M. Worden Jr.	Cuarto alunizaje y paseo lunar. Utilización de vehículo lunar. Arritmias y extrasístoles.
	16/27-4-72 7/19-12-72	Apolo-16	John W. Young Thomas K. Mattingly Charles M. Duke Jr.	Quinto alunizaje y paseo lunar. Utilización de vehículo lunar.
	Apolo-17	Eugene A. Cernan Ronald E. Evans Harrison H. Schmitt	Sexto alunizaje y paseo lunar. 75 horas en la luna. 34 Km. en vehículo lunar.	

PROYECTO	FECHA	NAVE	TRIPULANTES	OBSERVACIONES
Skylab	25-5-73 22-6-73	Skylab-2	Charles Conrad Paul J. Weitz Joseph Kerwin	Estudios Metabólicos 1 <sup>er</sup> Médico tripulante. 404 Orbits: 28 días.
	28-7-73 25-9-73	Skylab-3	Alan L. Bean Jack R. Lousma Owen Garriott	Disminución masa celular. 858 Orbits. 59 días.
	16-10-73	Skylab-4	Gerald P. Carr Williams R. Poque Edward G. Gibson	Efectos beneficiosos. Ejercicio en desajuste cardiovascular. Determinación parámetros respiratorios. 1214 Orbits. 84 días.
	8-2-74			
Apolo-Soyuz	15-7-75 23-7-75	Apolo-Soyuz 19	Thomas P. Stafford Vance Brand Donald K. Slayton Kubasov Leonov	Primera misión conjunta USA-URSS. Tripulantes USA expuestos a tetroxido de nitrógeno accidentalmente.
STS	12-4-81	STS-1 "Columbia"	Crippen Young	Primer vuelo hipersónico. Primera experiencia con fuerzas + Gz en la reentrada.
	12-11-81	STS-2 "Columbia"	Engle Truly	Vuelo de test. 54 H.
	22-3-82	STS-3 "Columbia"	Foullerton Lousma	Vuelo de test. 8 días.
	27-6-82	STS-4 "Columbia"	Mattingly Hartsfield	Electroforesis. Experimentos militares.
	11-11-82	STS-5 "Columbia"	Brand Overmyer Lenoir Allen	Primer lanzamiento de 4 tripulantes puesta en órbita de dos satélites desde el STS-5.
	4-4-83	STS-6 "Challenger"	Peterson Bobko Musgrave Weitz	Puesta en órbita de otro satélite. Prueba nuevos equipos extravehiculares.
	18-6-83	STS-7 "Challenger"	Crippen Hauck Fabian Thagard (médico) Sally Ride	Puesta en órbita satélite canadiense. Puesta en órbita satélite indonesio. Estudios síndrome de adaptación en el espacio.
	30-8-83	STS-8 "Challenger"	Truly Brandenstein Thornton Bluford Gardner	Puesta en órbita satélite indio. Despegue durante la noche. Estudios síndrome de adaptación en el espacio.
	28-11-83	STS-9 "Columbia"	Parker Garriott Lichtenberg Merbold	Estudios Fisiología Espacial.
	3-2-84	STS 41B "Challenger"	Brand McNair McCandles II Stewart Gibson	Pusieron 2 satélites en órbita.
	6-4-84	STS-41C	Crippen Scobee Hart Nelson Hofen	Reparar: "Solar Maximum Mission (Solar Max). Lanzamiento de la Long Duration Exposure Facility.
	30-8-84	STS-41D	Hartsfield Coats Hawley Mullane Walker Judith Resnik	Satélites: Telstar. Leasat.

**Tabla II. Problemas médicos más significativos del Proyecto Mercury.**

**Pérdida de peso.  
Deshidratación.  
Deterioro mantenimiento Gasto Cardíaco.  
Intolerancia Ortostática.  
Mareo.  
Hemoconcentración.**

### Proyecto Gemini

Aprovechando la experiencia adquirida con el proyecto "Mercury" con el "Gemini" se pretendían unos objetivos específicos, utilizando una cápsula mayor con capacidad para 2 astronautas y con una aviónica más avanzada. El proyecto empieza en 1961 y completa hasta 10 misiones tripuladas. Sus objetivos fueron:

- Demostrar la capacidad de un vuelo de larga duración.
- Perfeccionar la técnica para acoplamiento de 2 naves en el espacio.
- Perfeccionar la "reentrada".
- Actividad Extravehicular (Paseo Espacial).

Los principales hallazgos biomédicos como consecuencia del Proyecto Gemini se reflejan en la tabla III.

**Tabla III. Hallazgos más significativos del proyecto Gemini.**

- Pérdida de una masa celular (eritrocitos): entre 5-20%.
- Intolerancia ortostática post-vuelo: 100% de los tripulantes.
- Pérdida de calcio.
- Pérdida de Nitrógeno muscular.
- Alto costo metabólico de EVA (Extravehicular Activity).

La figura 2 nos muestra al primer norteamericano que realizó un "paseo espacial", durante la misión Gemini 4, tres meses antes lo habían hecho por primera vez el ruso Leonov en el Voskhod 1.

### Proyecto Apollo

Un total de 29 astronautas participaron en el proyecto "Apollo" de los cuales 12 pusieron su pie en la luna (figura 3).

Varios fueron los objetivos biomédicos del proyecto:

1. Asegurar la salud y seguridad de los tripulantes en caso de enfermedad, accidente o emergencia a bordo, para ello se dotó a la aeronave de un soporte médico adicional, así como entrenamiento paramédico de los astronautas.

2. Prevenir cualquier tipo de contaminación proveniente de potenciales microorganismos. Para ello se estableció una estricta cuarentena tanto para los astronautas como el material recogido.

3. Efectos específicos de la exposición del espacio. Fundamentalmente a nivel cardiovascular y desmineralización ósea, estudios microbiológicos y efectos de las radiaciones.

Cabe destacar que durante la misión Apollo se observaron por vez primera en tripulantes americanos alteraciones a nivel vestibular, los cosmonautas soviéticos habían experimentado fenómenos de cinetosis desde el año 1961 (Titov en el Vostok 2).

La intensidad de los síntomas fueron tales durante el Apollo 8 y 9 que hubo de ser pospuesto algunas partes del plan de vuelo.

La tabla IV. señala alguno de los hallazgos más importantes recogidos durante el programa Apollo.

**Tabla IV. Alteraciones más importantes encontradas como consecuencia de las expediciones Apollo.**

Alteraciones Vestibulares.  
Deshidratación postvuelo y pérdida de peso.  
Disminución postvuelo de tolerancia ortostática.  
Disminución tolerancia al ejercicio.  
Arritmias.  
Disminución del volumen plasmático.

(Tomado de Dietlein 1977)

### Proyecto Skylab

El Skylab (fig. 4) más que un vehículo espacial, fue una estación habitada hasta un periodo de 84 días y un auténtico laboratorio espacial. A partir del Skylab pudo ser establecido el curso real de la adaptación fisiológica a un ambiente no sometido a la fuerza de la gravedad. Se demostró que un espacio como este de 294 m<sup>3</sup> era perfectamente habitable por un periodo aproximado de 3 meses. A pesar de que la monitorización realizada para prevenir la cinetosis fue exhaustiva siguieron apareciendo síntomas y su curso no totalmente predecible.

Otros experimentos llevados a cabo lo fueron en relación a las pérdidas de fósforo y nitrógeno.

Se detectó atrofia parcial de miembros inferiores debido a la falta de gravedad y al déficit de fluidos.

Asimismo se evaluaron numerosas variables cardiorespiratorias y

PROYECTO	FECHA	NAVE	TRIPULANTES	OBSERVACIONES
STS (continúa)	5-10-84	"Challenger"	Crippen McBride Leestma Scully-Power Sally Ride Kathryn Sullivan Garrean (Canadá)	1 <sup>era</sup> mujer que realiza un E.V.A. 1 <sup>er</sup> canadiense. Satélite en órbita.
	8-11-84	STS-51A	Hanck Walker Gardner Allen Fisher	Recogida de 2 satélites con el brazo mecánico y reparación de éstos en la tierra.
	24-1-85	"Discovery"	Mattingly Shriver Onizuke Buchli Payton	Experimento evaluación. Sistema coagulación (Australia).
	12-4-85	STS-51D "Discovery"	Bobko Williams Griggs Hoffman Seddon Garn Walker	Electroforesis. Garn fue el sujeto experimental.
	29-4-85	STS-51B	Overmyer Gregory Lind Thagard Thornton Wang Van der Berg	1 <sup>er</sup> Spacelab. operacional.
	17-6-85	"Discovery"	Brandenstein Creighton Fabian Nagel Lucid Salman as-Saud Baudry (Francia)	Se lanzaron 3 satélites.
	29-7-85	STS-51F	Fullerton Bridges Musgrave England Henize Bartoe Acton	Spacelab 2
	27-8-85	"Discovery"	Engle Covey Hoffen Lounge Fisher	Captura y reparación de un satélite.
	3-10-85	"Atlantis"	Bobko Grabe Hilmers Stewart Pailes	Misión Militar.
	30-10-85	"Challenger"	Hartsfield Nagel Buchli Bluford Dumbar Messerschmid (Alem.) Furrer (Alemania) Ockels (Holanda)	Experimentos de Fisiología Humana.
	26-11-85	Atlantis	Shaw Jr. O'Connor Ross Spring Cleave Walker Nerivela (Méjico)	E.V.A. ensamblaje de piezas de aluminio.

metabólicas de inestimable valor para sucesivos proyectos espaciales.

La tabla V muestra algunos de los experimentos astronómicos realizados en el Skylab.

**Tabla V. Algunos de los experimentos astronómicos desarrollados durante el proyecto Skylab.**

- Medición del flujo de rayos cósmicos.
- Espectro U.V. de estrellas jóvenes.
- Fotografía de Rayos X y U.V. solares para localizar átomos altamente ionizados.
- Análisis de la corona solar entre 1,5 y 6 radios solares.
- Masa, velocidad y composición química del polvo interplanetario.
- Estructura del cometa Kohoutek.
- Detección de fuentes débiles de Rayos X.

(Tomado de Enciclopedia Ilustrada de la Exploración del Espacio).

### Proyecto Apollo-Soyuz

Además de los objetivos políticos de este proyecto, la promoción de un indudable espíritu de colaboración internacional sin duda fue conseguido, aunque luego ello no se reflejara en otros proyectos conjuntos de similar entidad.

El principal objetivo técnico fue la cita y acoplamiento en el espacio de dos aeronaves lanzadas desde lugares distintos y provistas de diferente tecnología (figura 5).

Ambas naves estuvieron acopladas dos días. El único incidente fue la exposición por parte de la tripulación norteamericana a una mezcla de gases tóxicos (Tretóxido de nitrógeno) lo que originó una neumonitis química, que tuvo varios días hospitalizados a los tripulantes.

La investigación biomédica estuvo orientada hacia el estudio del sistema musculoesquelético comprobando que exposiciones cortas pueden ocasionar mayor fatigabilidad muscular, quizás por falta de puesta

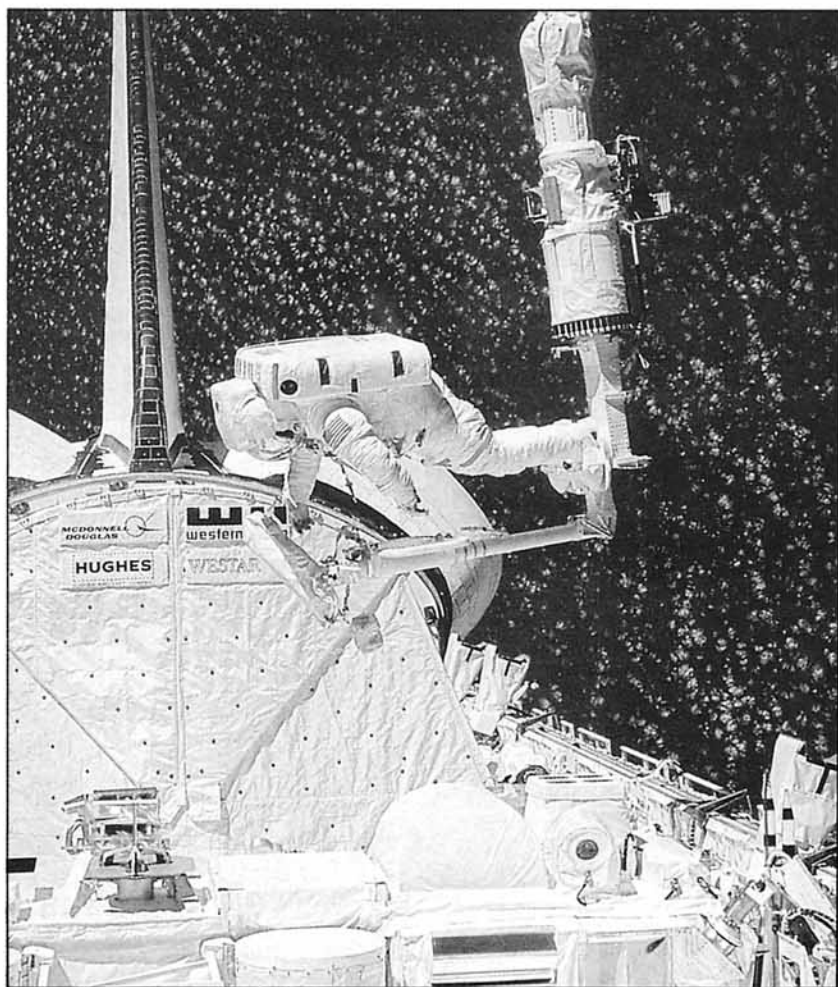


Figura 6. Trabajos en la Bodega de la Lanzadera Espacial.

en marcha de mecanismos de adaptación. Se observó una marcada hiperreflexia, demostrada una vez finalizados los vuelos.

### Proyecto de Lanzadera Espacial

El Transbordador Espacial (fig. 6) constituye el principal componente del STS (Space Transportation System). Sus características más relevantes son su capacidad de reutilización y la posibilidad de transportar un laboratorio modular (Space-lab.). Numerosos han sido los experimentos conducidos por los diferentes STS puestos en órbita, fundamentalmente han estado orientados

al estudio de intolerancia ortostática, pérdidas intravasculares de fluidos y a la incidencia de cinetosis. Se han puesto en marcha diversos estudios encaminados a la elaboración de hormonas mediante electroforesis de flujo continuo de una rentabilidad mucho mayor al realizarse en un medio de gravedad nula. ■

### AGRADECIMIENTOS

Queremos hacer mención del Sbtte. D. Manuel Taboada Docabo y del Bgda. D. José Manuel Moreno Corpa que han realizado el trabajo fotográfico de este artículo.

### BIBLIOGRAFIA

1. Arnauld E. Nicogossian. Biomedical Challenge of Space flight Ch. 29. Fundamentals of Aerospace Medicine. Lea & Febiger 1985.
2. Arnauld E. Nicogossian. Space Physiology and Medicine. NASA SP-447. 1982.
3. Engle E; Arnold S. Lott. Man in flight. Biomedical Achievements in Aerospace. Leeward Pub. INC. 1979.
4. Kenneth. Gatland. Enciclopedia Ilustrada de la Exploración del Espacio. Ed. Quarto 1984.
5. Bondurant S. Contributions of Aerospace Medicine to Clinical Medicine. Aviat. Space Environ. Med. 1986 (10, Suppl): A 54-A 57.
6. Enciclopedia Britanica. World Data Annual 1980-1987.
7. H. Planel; H. Oser. A Survey of Space Biology and Space Medicine. ESA BR-17. Feb. 1984. European Space Agency.