

# La microgravedad en el espacio

JUAN CABALLERO DE ANDRES, Coronel Ingeniero Aeronáutico

Los días 30 y 31 de enero del pasado año, el Consejo de la Agencia Espacial Europea se reunió en Roma, a nivel de ministros, para definir la política espacial europea entre los años 1985-2000.

Los ministros de 13 países europeos y Canadá manifestaron los buenos resultados obtenidos por la Europa espacial durante los veinte últimos años gracias al impulso proporcionado por la Conferencia Espacial Europea, que también a nivel ministerial, se reunió en Bruselas en julio de 1973. Frutos de esta conferencia han sido el programa ya realizado de satélites científicos y de aplicación, el programa ARIANE que ha proporcionado a Europa capacidad para el lanzamiento de satélites, comercializado a través de la sociedad ARIANESPACE y la construcción y vuelo del Laboratorio espacial que

permitirá el acceso a la tecnología de vuelos habitados.

En la reunión de Roma los ministros han adoptado por unanimidad dos resoluciones, una referente al Plan a largo plazo 1985-1995 de ESA y la otra sobre la participación de Europa en la Estación espacial americana a reserva de un acuerdo satisfactorio con los Estados Unidos.

El plan a largo plazo fija las orientaciones para extender la autonomía de Europa en lanzadores, vehículos pilotados, estaciones habitadas y satélites científicos y de aplicación (meteorología, teledetección, telecomunicaciones y microgravedad). Según ESA el importe económico de estos programas para el período citado es el indicado en el cuadro 1.

Del examen de dicho cuadro se deduce que los gastos realizados por

ESA en el período 75-84 (10 años) se elevaron a 8.585 MUC\* (millones de unidades de cuenta) y en el período 85-95 (11 años) se elevaron a 16.684 MUC, lo que supone un incremento medio del 73%.

Por conceptos el presupuesto del transporte espacial (Airane 5 + HM60) es el más elevado con 3.843 MUC, seguido por la infraestructura orbital (Laboratorio espacial, Eureka y Columbus) con 2.957 MUC, del programa de telecomunicaciones con 2.420 MUC, del programa de microgravedad con 2.087 MUC y de otros de menor volumen económico.

Los lectores de nuestra revista han tenido ocasión de leer en algunos artículos temas relacionados con los conceptos antes señalados si se

\* La Unidad de Cuenta tiene una equivalencia de 148,25 ptas.

CUADRO 1  
REPARTICION, POR PROGRAMAS, DE LOS GASTOS ESPACIALES PREVISTOS POR ESA EN EL PLAN A LARGO PLAZO 1985-95.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL 85-95	TOTAL 75-84
Presupuesto general	96	105	110	117	123	126	126	126	126	126	126	1.307	862
Ciencia	143	144	156	167	178	191	204	210	210	210	210	2.023	1.202
Demostración tecnológica	2	11	16	21	21	21	21	21	21	21	21	197	-
Telecomunicaciones	181	197	195	209	254	234	244	280	267	204	155	2.420	1.821
Microgravedad	151	151	161	148	195	175	187	246	230	228	215	2.087	654
Observación de la Tierra	27	38	35	80	80	80	80	80	-	-	-	500	47
Transporte espacial (Arianes, HM60)	259	320	304	385	447	452	452	400	383	294	147	3.843	2.623
Infraestructura orbital (Lab. Esp. Eureka, Columbus)	100	161	277	319	300	300	350	300	300	300	250	2.957	1.376
Infraestr. orbital futura	-	-	30	40	80	100	100	100	150	300	450	1.350	-
TOTAL en millones UC.	959	1.127	1.284	1.486	1.678	1.679	1.764	1.763	1.687	1.683	1.574	16.684	8.585

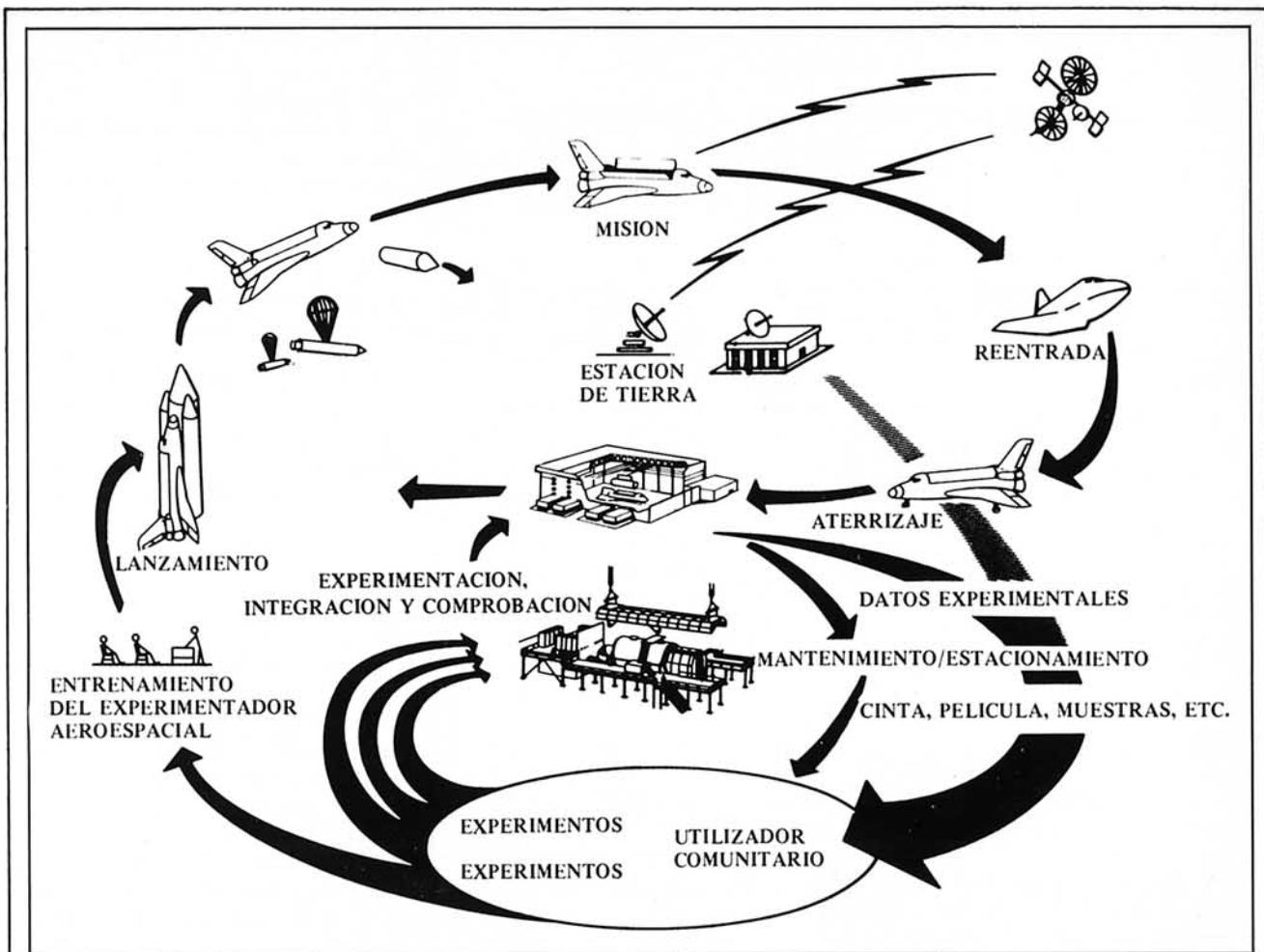


Figura 1

exceptúa el de microgravedad. La importancia de este tema, puesto de manifiesto en el cuadro 1, deriva según la resolución de ESA "del programa de utilización del Laboratorio espacial y del Eureka con miras a la utilización y explotación futura del Columbus y de la Estación orbital internacional". Por todo ello creemos que es de interés facilitar alguna información sobre este tema que está de actualidad.

### MEDIOS PARA CREAR SITUACIONES DE MICROGRAVEDAD

En los últimos años ha crecido el interés científico-comercial para utilizar las cualidades especiales que presenta el espacio en los procesos metalúrgicos, biológicos y en la investigación de fluidos. Las ventajas de la utilización del espacio, para estos trabajos derivan de las conse-

cuencias e incentivos indicados en el cuadro 2.

De todas las ventajas indicadas la más importante, con mucho, es la gravedad reducida (microgravedad,  $\mu\text{g}$ ). En la Tierra todos los procesos están sometidos a la acción de la gravedad que la expresamos diciendo que sobre la superficie terrestre vale 1 g ( $9,81 \text{ m/seg.}^2$ ). Esta acción sabemos que disminuye con el cuadrado de la distancia al centro de la Tierra y por tanto tendríamos que ascender a una altura igual a un radio terrestre para que su valor se redujera a  $1/4 \text{ g}$ .

Según se indica en el cuadro 3 se pueden obtener situaciones de microgravedad tanto en tierra como en el espacio por varios procedimientos. En el espacio los períodos de microgravedad son mucho más largos que en tierra y los niveles, aunque pueden ser más elevados no

pueden llegar a la gravedad nula por que en todo sistema espacial se producen movimientos relativos alrededor del centro de masa que producen aceleraciones asociadas con la trayectoria ( $10^{-7} \text{ g}$ ), con la resistencia atmosférica ( $10^{-6} - 10^{-7} \text{ g}$ ), y con los movimientos de los astronautas ( $10^{-2} - 10^{-4} \text{ g}$ ).

Como complemento del cuadro 3, a continuación damos algunas aclaraciones sobre los medios para obtener situaciones de microgravedad.

- **Tubos para caída libre.**—Son instalaciones con un diámetro pequeño (15-30 cm.) y altura hasta 110 m. en los que durante la caída en el vacío pueden solidificarse gotas de aleaciones líquidas. La caída dura unos segundos y se alcanzan niveles de microgravedad entre  $10^{-6} - 10^{-7} \text{ g}$ . En Estados Unidos, por este sistema, se han hecho

**CUADRO 2**  
**CONSECUENCIAS E INCENTIVOS DE LAS CUALIDADES DEL ESPACIO**

CUALIDADES DEL ESPACIO	CONSECUENCIAS	INCENTIVOS
● Gravedad reducida.	Ausencia natural de fenómenos de convección en los fluidos.	Mejor control de la temperatura y de la distribución de concentración en los fluidos.
	Ausencia de empuje y sedimentación.	Estabilidad de la distribución de partículas en la matriz fluida.
	Posibilidad de procesos sin contenedor.	Eliminación de contaminaciones o reacciones con las paredes del contenedor.
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Vacío.</li> <li>● Baja temperatura.</li> <li>● Radiación.</li> <li>● Extensión ilimitada.</li> </ul>		

estudios muy interesantes de fases metaestables.

● **Torres de caída libre.**—Tienen mayor diámetro (80-150 cm) y permiten ensayar equipos completos.

● **Aviones en vuelo balístico.**—Permiten obtener niveles de mi-

crogravedad de  $10^{-2}$  g en trayectorias parabólicas realizadas, generalmente, a alta cota para reducir la resistencia atmosférica. Con vuelos balísticos se han ensayado equipos y astronautas. En Estados Unidos, la NASA ha utilizado el caza F-104

( $10^{-2}$  g durante 30 segundos) y el cuatrirreactor KC-135 ( $10^{-2}$  g durante 15 segundos).

● **Cohetes sondas en vuelo balístico.**—Permiten buenos niveles de microgravedad ( $10^{-4}$  -  $10^{-5}$  g) durante 5-7 minutos según el tipo de cohete y la carga útil. En Estados Unidos se han hecho, con regularidad, experiencias dentro del programa SPAR y en Europa con el programa TEXUS.

● **Estaciones orbitales.**—Utilizadas por los Estados Unidos (Apolo y Skylab) y por la URSS (Saliout) han permitido embarcar equipos mayores (hornos, cámaras, etc.) desde 8 días hasta 6 meses con niveles de microgravedad variable ( $10^{-2}$  -  $10^{-4}$  g) según la actividad de la tripulación responsable de aceleraciones parásitas. En preparación programas mencionados anteriormente.

● **Satélites y plataformas automáticas.**—Existen proyectos en preparación en Estados Unidos para finales de esta década en Estados Unidos (IML e ISF) y en Europa (Eureca). Serán plataformas reutilizables que permitirán buenos niveles de microgravedad ( $10^{-5}$  g) durante largos períodos de tiempo (6 meses).

### CAMPOS DE INVESTIGACION PREVISTOS DE MICROGRAVEDAD

Los más importantes son:

- Fluidos:
  - Superfluidos.
  - Cristales líquidos.
  - Estudios de composición.
  - Estudios de interfase.
- Metalurgia-cristalografía:
  - Semiconductores.
  - Aleaciones.
  - Eutécticas.
  - Crecimiento de cristales.
- Biología:
  - Experimentos humanos:
    - Estudios cardiovasculares.
    - Cambios neurosensoriales.
    - Pérdidas de calcio.
    - Atrofia muscular.
  - Experimentos orgánicos.
    - Electroforesis.

**CUADRO 3**  
**MEDIOS PARA CREAR SITUACIONES DE MICROGRAVEDAD**

MEDIOS	MICROGRAVEDAD	
	nivel (g)	duración
TERRESTRES Tubos y torres de caída libre.	$10^{-6}$ - $10^{-7}$	3 a 6 seg.
VUELOS BALISTICOS - Aviones. - Cohetes.	$10^{-2}$ $10^{-4}$ - $10^{-5}$	20 a 25 seg. 5 a 7 min.
VUELOS ORBITALES HUMANOS Shuttle-Lab. espacial.	$5.10^{-3}$ - $10^{-4}$ $3.10^{-2}$	8 H (trip en reposo) 7-10 días (trip activa).
ESTACIONES HABITADAS	$3.10^{-2}$ - $5.10^{-4}$	meses
SATELITES AUTOMATICOS	$10^{-5}$ - $10^{-8}$	meses

- Crecimiento de bacterias.
- Crecimiento de cristales proteicos.
- Experimentos en plantas.
  - Geotropismo.
- Materiales:
  - Metalurgia: (fig. 1)
    - Aleaciones homogéneas.
    - Aleaciones isotrópicas.
    - Aleaciones no miscibles en tierra.
  - Cristalografía:
    - Semiconductores dopados.
    - Cristales isotrópicos.
- Productos farmacéuticos.

### CONCLUSIONES

Según se desprende del cuadro 1 los programas de investigación de microgravedad en Europa tienen importancia y están entre los que tendrán mayor expansión. De momento está previsto:

a) La utilización de equipos existentes (SLED, Ciorack, Anthorack, módulo de física de fluidos, hornos, etc.) en vuelos del Laboratorio espacial; b) el empleo de este laboratorio con nuevas instalaciones para usos múltiples (cristalización en soluciones, crecimiento de cristales en fase líquida, física de fluidos, separación por electroforesis, metalurgia experimental y biología animal) y c) utilización de la plataforma Eureka con un invernadero botánico, instalaciones de solidificación dirigida, etc.

Con el fin de preparar estas experiencias la ESA ha lanzado este verano numerosas peticiones de oferta, entre las últimas están:

- Estudio preliminar de un equipo de biotecnología en microgravedad.
- Estudio para análisis de las posibilidades de equipos para vuelos de corta duración en microgravedad.
- 4 estudios preliminares para utilización del Columbus sobre:
  - laboratorio de metalurgia.
  - de ciencias de fluidos.
  - equipo experimental en biología gravitacional.
  - equipo de tratamiento en levitación (electromagnético, acústico, electrostático, etc.).

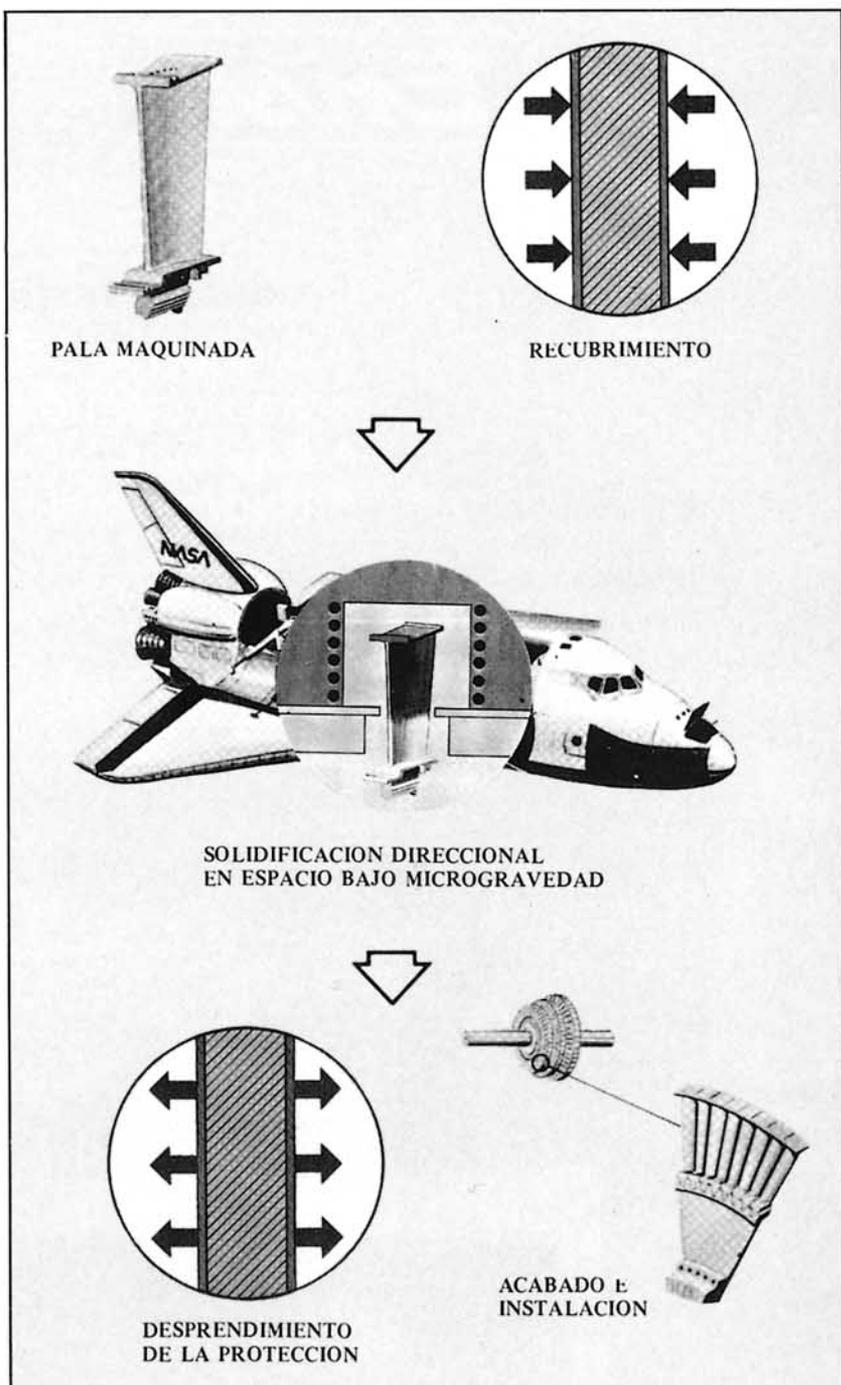


Figura 2

La ESA con estas experiencias espera conseguir información suficiente para interesar a la industria privada en la inversión en este campo de actividades como ya ha sucedido en los Estados Unidos. En este país McDonnell-Douglas y Johnson and Jhonson han colaborado en una experiencia comercial para la separación en células vivas por electrofo-

resis con vistas a la producción de vacunas (fig. 2), 3M ha comenzado un programa, conjuntamente con NASA para instalar un laboratorio químico en el espacio y varias compañías farmacéuticas desean invertir en proyectos para el estudio del crecimiento de cristales de proteínas en el espacio.