

El Espacio: un reto biomédico en el siglo XXI

JOAQUIN DIAZ MARTINEZ
Teniente Coronel de Aviación

UNA NUEVA ETAPA

LA Estación Espacial Internacional (EEI) es, como se ha dicho, el proyecto científico espacial internacional más grande y complejo de la historia. Representa un cambio sin precedentes en las políticas de los diferentes organismos o agencias espaciales de las principales potencias mundiales. Liderado por la NASA, el proyecto cuenta con la participación de otros 15 países con el propósito de aunar esfuerzos y economizar gastos. El desafío científico y tecnológico pondrá a prueba, por vez primera, hasta qué punto la comunidad espacial internacional es capaz de unir y compatibilizar procedimientos y técnicas. Las naciones participantes y su contribución pueden verse en la tabla nº 1.

Con un peso cercano a las 500 toneladas (1.5 veces el peso máximo de un Boeing 747 Jumbo) y una longitud de aproximada-

mente 100 metros, se posicionará a una altitud de 400 Km, ofreciendo en su vuelo una actitud de inclinación de casi 52 grados. Esta órbita permitirá su

accesibilidad por parte de los participantes gracias a los aviones espaciales (shuttles) y garantizará tanto el suministro de material como el intercambio de tripulaciones y personal científico. De igual forma, la órbita proporcionará una excelente observación del planeta, cubriendo un 85% del globo terrestre y sobrevolando alrededor de un 95% de la población mundial. Por último, ofrecerá la posibilidad de ser un laboratorio único para la realización de determinadas pruebas, ensayos y experimentos de suma utilidad para la conquista del espacio.

El programa conjunto ruso-americano

"Shuttle-MIR" ha constituido la piedra angular de la denominada fase primera de la EEI, de una duración aproximada de dos años (1995-1997). La presencia de astronautas americanos a bordo de la estación MIR arrojó un total de 32 meses de actividad acumulada y de 28 meses de presencia ininterrumpida. También se realizaron nueve misiones de acoplamiento espacial Shuttle-MIR y sirvió para el intercambio de conocimientos, tecnología, operación e investigación científica conjunta. Sirva de contrapunto

comparativo que fueron necesarios doce años y un total de 60 vuelos del "shuttle", por parte de la NASA, para llegar a alcanzar la cifra acumulativa de un año en órbita (365 días).

Estos datos nos orientan sobre la diferencia fundamental que ha existido entre ambas superpotencias en materia de permanencia continuada en el espacio en sus vuelos tripulados. La extinta Unión Soviética y ahora Rusia han apostado, principalmente, por misiones de larga duración y todos recordamos aquellas imágenes a su regreso a la Tierra de cosmonautas como Romanenko, Titov y Manarov, entre otros.

Por el contrario, los americanos, con excepción de algún vuelo, del tipo Skylab, han orientado siempre sus misiones a una presencia orbital mucho menor (vuelos de corta duración). El programa citado ha sido altamente beneficioso para ambas partes y, gracias al mismo, se ha alcanzado una gran experiencia tanto en el entrapamiento de tripulaciones como en todo lo que comporta la operación así en tierra como en vuelo.

LA FUTURA INVESTIGACION EN EL ESPACIO

La explotación pacífica del espacio enmarca, de momento, las futuras actividades que puedan desarrollarse a bordo de la EEI. La investigación que se lleve a cabo en los seis labo-

ratorios de la estación conducirá, sin duda, a avances significativos en áreas como medicina, materiales y ciencias fundamentales que servirán de beneficio a toda la humanidad. También será útil la estación como paso preparatorio para una futura exploración del espacio (planetas cercanos) por el hombre. En la tabla nº 2 se han recogido las principales áreas de experimentación que se vienen desarrollando como líneas de actuación

LA INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA ESPACIAL

La misión STS-95 ha constituido un clá-

espacial en los últimos años. Obsérvese la incidencia del campo biomédico en la citada tabla.

ro ejemplo y nos puede servir de punto de arranque para medir la importancia que actualmente dispensa la NASA a la investigación biomédica en los recientes vuelos espaciales. La experimentación en esta parcela ha ido aumentando, en los últimos años, de forma progresiva y representa en la actualidad el principal volumen de los ensayos embarcados. Los experimentos que se llevaron a cabo en esta misión, tan especial para España, fueron conducidos por Chiaki Mukai y Pedro Duque. La explicación de este incremento obedece a la necesidad de avanzar en el desafío planteado de la habitabilidad del espacio. De un total de tareas de trabajo claramente definidas (32) hubo alrededor de un 75% dedicado, solamente, a esta disciplina.

y que recogemos muy sucintamente en la tabla nº 3.

La Biomedicina Aeroespacial abarca un gran número de áreas a tener en cuenta: desde conocer y explicar los desajustes y modificaciones más importantes que se producen en la fisiología humana, como consecuencia de la ausencia de gravedad, hasta la necesidad de diseñar sistemas de contramedidas fisiológicas que hagan posible disminuir o evitar tales desórdenes. También se incluyen los efectos de índole psicósomática producidos por permanecer en un ambiente hostil, aislado y confinado. En otro apartado, se incorpora con especial relevancia aquella investigación biomédica dirigida a beneficiar al hombre frente a la patología existente en las condiciones propias de su hábitat. Para ello, se utiliza el espacio como extraordinario laboratorio, y a la vez único, debido sobre todo a sus características intrínsecas de ingravidez. Por último, el concepto de habitabilidad lleva implícito el hacer posible mediante los "Sistemas de Soporte de Vida" la permanencia constante y continua en el espacio. La técnica y la ciencia estrechan sus lazos para incluir los ciclos cerrados biológicos que colaboren a esa estable permanencia en el espacio. El cultivo de plantas se espera que juegue un papel importante en los vuelos y misiones de larga duración. Gracias a experimentos como el ASTROCULTURE se aprende cómo proporcionar a los tripulantes astronautas el oxígeno necesario, alimento, agua y a eliminar el dióxido de carbono de su hábitat.

ACTUACIONES Y LIMITACIONES DEL HOMBRE EN EL ESPACIO

La Respuesta Cardiovascular

La respuesta del volumen intravascular, la presión sanguínea y la capacidad de los propios mecanismos de adaptación

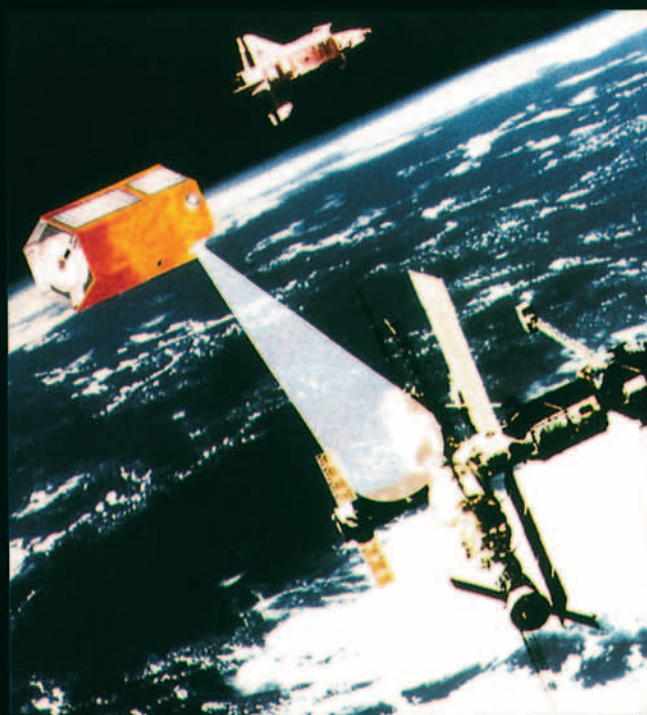
PARTICIPANTES Y CONTRIBUCIÓN A LA ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL

ESTADOS UNIDOS	3 Módulos de conexión (nodos), un módulo laboratorio, segmentos de unión, 4 paneles solares, un módulo de alojamiento, 3 adaptadores de unión, una cúpula, un transporte logístico no presurizado y un módulo centrífuga. También los sistemas asociados siguientes: control térmico; soporte de vida; guía, navegación y control; manejo de datos; sistema de potencia; comunicaciones y seguimiento; instalaciones para la operación en tierra y de proceso en el lugar de lanzamiento.
RUSIA	2 Módulos de investigación, un módulo de servicio con su propio sistema soporte de vida y alojamiento, una plataforma con paneles solares para energía en experimentos científicos (20 kw.); vehículos de transporte logístico y avión espacial Soyuz para el intercambio de tripulaciones.
AGENCIA ESPACIAL EUROPEA (ESA)	Módulo laboratorio presurizado y vehículos de transporte logístico lanzados por el Ariane 5.
JAPÓN	Laboratorio unido a plataforma de exposición al exterior y vehículos de transporte logístico.
CANADÁ	Brazo robótico de 55 ft. de longitud, se usará en el ensamblaje y tareas de mantenimiento.
BRASIL e ITALIA	Equipamiento diverso para la estación.

cardiovascular influyen en gran medida en el diseño de la órbita seleccionada, así como en los futuros viajes extra-orbitales. De igual o mayor importancia es la respuesta de estos factores fisiológicos a su regreso a la Tierra o a un entorno de 1 g (fuerza gravitacional). Los programas rusos en sus misiones tripuladas de larga duración no han conseguido del todo, desde un punto de vista médico, resolver la hipotensión ortóstica (intolerancia a permanecer de pie) post-vuelo. Por tanto, recientemente, se trabaja en averiguar los procesos y reflejos que intervienen a nivel neurohormonal en los mecanismos de control cardiovascular en el espacio.

La comunidad científica vinculada con las actividades espaciales de la NASA ha averiguado en sus trabajos recientes sobre el control neuroendocrino del volumen intravascular, que existe un péptido derivado del gen de la proopiomelanocortina implicado en el control central del sistema cardiovascular. Al igual que ocurre en tierra, existen cambios en la liberación de las sustancias vasoactivas y componentes natriuréticos en el espacio que pueden modificar sensiblemente el volumen intravascular. La

sustancia dopa (precursor de la dopamina) que interviene en la síntesis neuronal de la norepinefrina (neurotransmisor) también posee, por otro lado, un papel adicional como regulador del volumen intravascular mencionado. Las variaciones en el balance sódico así como las aportaciones farmacológicas de sustancias (tiramina, adenosina y cafeína) también intervendrían en el control de la presión arterial por medio de la respuesta simpática a nivel neuroadrenal.

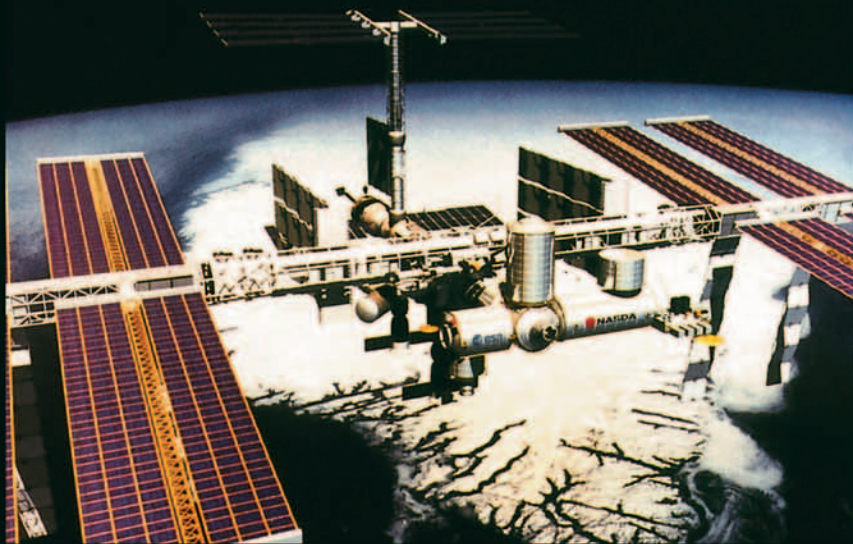


Se ha observado que el tamaño del corazón disminuye en los astronautas tras la exposición a los vuelos espaciales, tanto en los de corta como larga duración, como consecuencia de la adaptación a la ausencia de gravedad. Además de la reducción de sus dimensiones se ha objetivado que el músculo cardíaco bombea, aproximadamente, de un 15% a un 20% menos del volumen de eyección normal por contracción. El aparato circulatorio realiza, entonces, ajustes internos de control hormonal y neurovegetativo para mantener la presión sanguínea y el pulso de los astronautas entre parámetros fisiológicos que no provoquen efectos patológicos graves. Las razones fisiológicas de tales desajustes permanecen todavía no del todo conocidas. El elevado número de experimentos sobre estas modificaciones en los últimos vuelos ha proporcionado un conocimiento más detallado que será de suma utilidad tanto para la construcción de la futura Estación Espacial Internacional como para las misiones futuras en la Luna y Marte.

En condiciones normales el llenado del corazón está influido por las siguientes variables: la velocidad y la presión sanguínea, el grado de rigidez de la pared ventricular y el peso del volumen de sangre dentro del corazón (la ausencia de fuerza gravitacional origina que el peso del fluido sea casi nulo). Las hipótesis científicas apuntan que el menor llenado del corazón (y por tanto su reducción de tamaño) es debido a esa ausencia de peso (en el espacio) de la sangre entrante en el mismo. Los investigadores calcularon que el peso de la sangre contribuye de un 15 a un 20% del total del llenado cardíaco, según cálculo basado en un modelo matemático. Por lo tanto, el corazón debería reducirse en la misma proporción ya que la sangre carece de peso apreciable en el espacio. La evaluación ecocardiográfica en vuelo ratificó estos datos. Los científicos esperan probar que los cambios en el

corazón obedecen a la falta de peso de la sangre que llena el órgano en el espacio y no tanto, como en un principio se juzgó, a las significativas modificaciones en los líquidos corporales. Mediante el uso de un corazón artificial bastante semejante a los usados en la práctica médica y sin influencia de los agentes compensadores habituales (liberación hormonal, vasoconstricción, impulsos neurovegetativos) se logrará obtener una imagen mucho más exacta de las fuerzas físicas que afectan al corazón en el espacio. Normalmente, los astronautas compensan esta disminución en la capacidad del llenado cardíaco con un incremento del pulso y una vasoconstricción generalizada con objeto de mantener constante tanto el flujo como la presión sanguínea. La incidencia de arritmias durante los vuelos espaciales continúa siendo materia de preocupación y permanece todavía no bien explicada.

Una contramedida diseñada para paliar en parte este desacomodamiento que se viene aplicando y perfeccionando es el denominado LBNP (Lower Body Negative Pressure). La creación de una succión en la parte inferior del cuerpo (extremidades inferiores y abdomen) sirve de sustitutivo



parcial a la fuerza gravitacional, además se le añade la ingestión isotónica salina de líquido justo antes de la reentrada. Con esto se consigue disminuir la intolerancia a la posición ortostática como respuesta fisiológica postvuelo del aparato cardiovascular.

El Sistema músculo-esquelético

La importancia de los huesos reside en su función locomotora y postural en el entorno de 1 g (terrestre). El ser

adulto tiene alrededor de 1 a 1.2 kilogramos de calcio y de 400 a 500 gramos de fósforo; prácticamente la mayoría de este calcio se sitúa en el hueso bajo la forma de la hidroxiapatita (99%) y un 85% del fósforo también. Por lo tanto podemos decir que el hueso es el gran almacén o depósito de los elementos bioquímicos de calcio y fósforo. En el espacio (microgravedad) aumenta la pérdida de estos elementos, siendo excretados por orina y heces.

Tabla nº 2

PRINCIPALES ÁREAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ESPACIAL

CRISTALIZACIÓN DE PROTEINAS

Los cristales de proteínas, en el espacio, crecen en estado más puro, y permiten un mejor estudio de su naturaleza y estructura aplicable a las proteínas, enzimas y virus; favoreciendo el empleo de nuevos fármacos para el tratamiento del cáncer, diabetes, enfisemas y sistema inmune.

CULTIVO DE TEJIDO

El crecimiento celular se consigue en ausencia de gravedad de forma distinta. El tejido cultivado podría ser empleado en nuevos tratamientos sustitutivos de tejido canceroso.

FISIOLOGÍA EN MICROGRAVEDAD

Los efectos que produce la microgravedad en la fisiología humana tras una exposición prolongada, de forma resumida son los siguientes:

1. Atrofia y debilidad muscular.
2. Cambios en la dinámica cardiocirculatoria y corazón.
3. Osteoporosis (pérdida de densidad ósea/descalcificación).
4. Alteraciones vestibulares o del equilibrio.
5. Radiación
6. Pérdida de líquidos y electrolitos
7. Alteraciones en sistema inmunológico.

Estos cambios, que son directamente proporcionales al tiempo de exposición, obligan a incluir en la estación algunos equipos de contramedidas fisiológicas que tienen por objeto paliar los deterioros fisiológicos que se producen. Con esta intención se incluye en la EEI un módulo centrífugo que genera una gravedad artificial que incluye valores desde casi cero a dos veces la gravedad de la Tierra. De igual forma, será necesario desarrollar los sistemas necesarios que contribuyen al soporte de vida tanto dentro de las instalaciones como en las actividades extravehiculares (EVA).

COMBUSTIÓN, FLUIDOS Y METALES

La combustión es diferente en ausencia de la gravedad, reduciendo las corrientes convectivas y alterando la forma de la llama. La ausencia de convección nos permite fundir metales u otros materiales mezclándolos en mayor grado. La creación de compuestos materiales mejores nos servirá de ayuda en la fabricación de ciertos elementos y componentes del tipo chip.

OBSERVACION DE LA TIERRA

Los programas de observación de la Tierra vienen ocupando asiduamente gran parte de la carga de pago de los últimos satélites enviados al espacio. El uso más directo es el estudio de imágenes para su aplicación en las ciencias medioambientales. Los cambios producidos por los volcanes, la capa de ozono, contaminación, accidentes naturales, deforestación, hidrología, plagas, climatología, etc, son observados desde el espacio con una perspectiva más global y mediante el uso de diferentes sensores remotos.

EL ESPACIO Y SU NATURALEZA

Muchos de los experimentos van a acontecer en el exterior de la estación y tienen por objeto avanzar en el conocimiento del entorno espacial y lo que se denomina "Fundamental Physics". También son objeto de estudio: el origen del universo, el enfriamiento de átomos mediante el uso del láser próximo al cero absoluto de temperatura, relojes miles de veces más exactos que los atómicos actuales, mejores previsiones meteorológicas, materiales más resistentes, observar los efectos producidos en los materiales tras larga exposición al espacio, al vacío y a los desechos.

COMERCIALIZACION

La puesta en escena de nuevos productos y servicios por la industria y generando, por tanto, nuevos puestos de trabajo.

Los estudios hasta ahora realizados han puesto de manifiesto que después de una misión de 10 días la disminución oscila alrededor del 3 al 4%. Los riesgos más directos serían la formación de cálculos renales y la potencialidad de fracturas óseas debidas a la osteoporosis (disminución de la densidad ósea) producida. En misiones de larga duración o viajes extraplanetarios podrían producirse daños irreversibles en el esqueleto.

Una contramedida que se realizará en la EEI para prevenir esta pérdida ósea será la inclusión a bordo de aparatos de ejercicio físico (tapiz rodante o bicicleta ergómetro) que sirvan para realizar programas de entrenamiento de la tripulación añadiendo aportes suplementarios de calcio y fósforo. La investigación que se realice en el tratamiento de la osteoporosis podrá beneficiar tanto a la medicina aeroespacial como a la convencional en tierra. Los últimos avances médicos en microgravedad muestran que existe una dismi-

nución en el número de osteoblastos diferenciados y al contrario un aumento en las células precursoras no diferenciadas, esto sugiere la existencia de un factor de impedimento en el proceso fisiológico madurativo a nivel celular óseo. La regulación a nivel molecular la ejerce la creatin-kinasa-B (isoenzima) y su conducta en microgravedad debería clarificar los cambios en los mecanismos de diferenciación.

Los músculos sufren una rápida atrofia como consecuencia de su falta de utilización si lo comparamos con las condiciones terrestres. En microgravedad se flota y por tanto el traslado de una parte a otra de la estación se hace de forma distinta a la habitual. Los músculos que clasificamos como anti-gravitatorios soportan el peso y están compuestos de fibras de contracción lenta. Los cambios se producen rápidamente y se transforman en músculos de fibras de contracción rápida (músculos usados para el movimiento). Este cambio produce a la vuelta de

la misión ciertas dificultades que son expuestas por parte de los astronautas. En la EEI y misiones de larga duración tendrán que realizarse ejercicios isométricos e isotónicos de entrenamiento para prevenir esta atrofia muscular.

Las actuales investigaciones van dirigidas a la histología (estudio del tejido) tanto de las fibras musculares de acción rápida y lenta como de sus tipos de fibras, distribución y tamaño. También, a nivel molecular, se investigan los niveles de actividad de los nucleótidos de alta energía como el ATP (adenosín trifosfato), la fosfato-creatina y algunos otros enzimas proteolíticos. Al nivel de la unión neuromuscular podrían, igualmente, producirse cambios significativos en la liberación y recepción de acetilcolina (neurotransmisor) y acetilcolinesterasa (enzima) bien a nivel pre como post-sináptico. La resonancia magnética y el electromiograma integrado son herramientas útiles en la investigación del comportamiento del músculo en el espacio.

LA INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA ACTUAL. EXPERIMENTOS MISIÓN STS-95 (SPACEHAB)

ADVANCED GRADIENT HEATING FACILITY (AGHF)

El AGFH es un horno/estufa diseñado para la solidificación direccional y crecimiento cristalográfico.

ADVANCED ORGANIC SEPARATIONS (ADSEP)

El ADSEP es un equipo que proporciona la capacidad de separar y purificar material biológico en microgravedad con un mínimo de actuación de la tripulación.

ADVANCED PROTEIN CRYSTALLIZATION FACILITY (APCF)

El APCF proporciona un volumen de aire caliente y frío que permite el crecimiento de proteínas cristalizando en microgravedad y que posteriormente al vuelo se analizan las muestras. Estas unidades han sido puestas en órbita tanto en misiones SPACEHAB como SPACELAB.

ADVANCED SEPARATION PAYLOAD

Este equipo de separación y bio-procesado se utiliza como apoyo de tres investigaciones comerciales importantes (microcapsulación, separación de hemoglobina y el separador de fases).

Hemoglobina: Esta investigación permitirá evaluar una tecnología avanzada de separación y recombinación por ingeniería genética de los componentes de la hemoglobina.

La microcapsulación: permitirá en el futuro complementar medicamentos (antitumorales y de estimulación inmunológica) de liberación masiva a determinado nivel orgánico.

Partición/separación de fases: Conocer mejor los métodos para aislar poblaciones de células específicas haciendo más efectivo el procedimiento para aislar células de un tipo determinado, aplicable a la corrección de la diabetes mediante la producción de células productoras de insulina.

AEROGEL

Producción de aerogel de baja densidad; el aerogel transmite la luz y aísla frente al sonido y electricidad. Los experimentos previos realizados en microgravedad muestran casi una reducción del 50% en el tamaño del poro comparado con los resultados en tierra; resultante de esto es un producto más transparente y de mayor resistencia eléctrica.

ASTROCULTURE

Este equipo proporciona un entorno controlado en el que las plantas crecen próximas a la ingravidez del espacio. Se trata de evidenciar que los cultivos de plantas son posibles en el espacio y observar qué clases de cambios estructurales y de composición acontece en las mismas. Cómo afecta la microgravedad a las sustancias oleaginosas volátiles que intervienen en su aroma. También se

determina si pueden ser transferidos con más eficacia genes desde una bacteria a una semilla de soja.

BIOBOX

Es una incubadora/refrigeradora que alberga diferentes grupos de muestras relacionadas con tejido óseo y el crecimiento celular.

BIOLOGICAL RESEARCH IN CANISTERS

Este experimento también se relaciona muy directamente con el crecimiento y desarrollo de las plantas más grandes y sus células de soporte de pared de una planta. Se estudian los cambios mecánicos, enzimáticos y estructurales producidos en el arroz, entre otras.

CLINICAL TRIAL OF MELATONIN AS HYPNOTIC FOR SPACE CREW (SLEEP-2)

Se trata de un ensayo clínico con Melatonina como agente hipnótico (inductor de sueño) para uso de la tripulación de vuelo. Además de estudiar los patrones de sueño de antes, durante y postvuelo se analiza qué efectos hipnóticos (de producción de sueño compensatorio) puede originar el uso de esta hormona que se produce a nivel pineal.

COMMERCIAL BIODYN PAYLOAD

El bioreactor biodinámico automático combina un recipiente de cultivo rotatorio con la capacidad de recoger hasta 6 muestras durante la operación; es de aplicación a las proteínas recombinantes o de ingeniería genética y, por lo tanto, ofrece posibilidades de reducir o eliminar en el futuro los rechazos de los trasplantes. Se relaciona también este equipo con otras áreas de experimentación como son la microcapsulación, implantes óseos, tejido sustitutivo de lesiones a nivel del músculo cardíaco y producción de productos anticancerosos obtenidos desde células vegetales.

COMMERCIAL GENERIC BIOPROCESSING APPARATUS

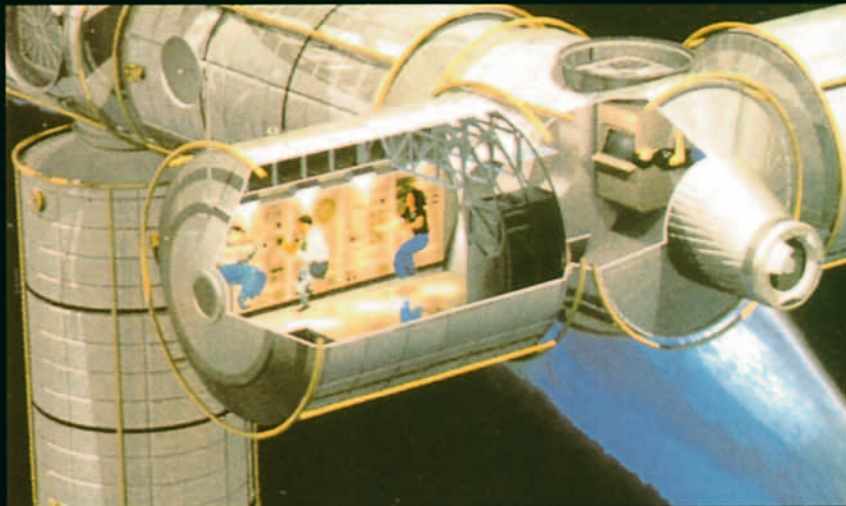
Equipo de apoyo y soporte a la experimentación (control térmico y automatización) en las áreas de crecimiento cristalográfico de proteínas, producción farmacológica de antibióticos, crecimiento vegetal, purificación del agua, sistema inmune y desarrollo de huevas de pez, observándose en estas últimas un aumento en su actividad metabólica.

COMMERCIAL ITA BIOMEDICAL EXPERIMENT (CIBX)

Compuesto de módulos de refrigeración e incubación con diversos aparatos para líquidos y materiales con mantenimiento constante de la temperatura. El centro de la experimentación se realiza sobre el crecimiento de cristales de la proteína uroquinasa, implicada como enzima clave en las metástasis de cerebro, pulmón, próstata y cáncer pulmonar.

Efectos hematológicos e inmunológicos

Los hematíes (glóbulos rojos y principal componente de la sangre) sufren una transformación morfológica (esfera o mórula). Sin embargo, estos cambios son reversibles, aún incluso de largos períodos. La disminución en el número de células rojas (hematíes) es apreciable a partir del cuarto día de permanencia en el espacio y llega a ser del 15% después de tres meses, con escasa sintomatología y recuperándose a la vuelta a la Tierra. La causa podría estar motivada por la disminución de eritropoyetina (factor estimulador a nivel medular en la producción de hematíes). Como medida correctora se ha estudiado la posibilidad de estimulación del sistema nervioso autónomo a través de la activación simpática. La actividad de los linfocitos (células del sistema inmune que intervienen en la respuesta a los microorganismos) se observa ligeramente reducida.



Efectos vestibulares

Al poco de permanecer en microgravedad algunos astronautas (60 a 70%) experimentan lo que se denomina "space motion sickness". El síndrome de mareo espacial se caracteriza por dolor de cabeza, malestar, náuseas y hasta vómitos. El proceso es recurrente

en los primeros días y progresivamente va desapareciendo. Las causas son varias y no del todo bien conocidas. Hay una reorganización entre las aferencias vestibulares (informaciones) procedentes de todos los órganos participantes en la función vestibular o del equilibrio (oído interno, visión, piel, artícu-

COMMERCIAL PROTEIN CRYSTAL GROWTH

Sirve para determinar la estructura de las proteínas y con ello aumentar el conocimiento para desarrollar proteínas que intervienen directamente en el desarrollo de enfermedades, como la fabricación de insulina humana.

ENHANCED ORBITER REFRIGERATOR-FREEZER (EORF)

Se destina al depósito en frío de las muestras tomadas en vuelo.

FACILITY FOR ADSORPTION AND SURFACE TENSION (FAST)

Investiga fenómenos de interface entre fases de líquido a líquido y líquido a gas. Incluye estudios dinámicos de tensión superficial de soluciones acuosas, propiedades de dilatación de las superficies por medio del estudio de adsorción cinética, así como interfaces entre líquidos no coalescentes.

GETAWAY SPECIALS

Destacan como más importantes: el circuito de bombeo capilar (CPL) y estudios sobre el corazón.

El CPL trata de demostrar los principios de trabajo que rigen en el espacio para un circuito de bombeo capilar de dos fases que incluyen dos avanzados evaporadores, un sensor de vapor de dos fases con dos condensadores en paralelo y un recipiente de control. Un sistema basado en un ciclo de flujo de dos fases permite transferir calor sin movimiento de partículas y requiere una mínima potencia.

El propósito de este estudio es averiguar por qué el corazón de los astronautas se hace más pequeño cuando viven en el espacio. La disminución del índice de volumen ventricular como compensación a la ingravidez, llegando a bombear un 15-20% menos sangre por latido cardíaco. El cuerpo humano hace los ajustes necesarios, de forma automática, vía hormonal y de control nervioso que obligan a mantener la presión arterial y el pulso dentro de parámetros.

MICROENCAPSULATION ELECTROSTATIC PROCESSING SYSTEM (MEPS)

Estudia la formación de cápsulas antitumorales que contengan varias clases de medicamento. Los datos que se obtienen evaluarán el rendimiento de este sistema avanzado en la producción de microcápsulas multicapa. Una cápsula multicapa no sólo mantiene una dosis elegida de un medicamento antitumoral sino que puede ser seguido su trazado mediante observación radiológica. Esto permite al médico monitorizar la distribución y acumulación de medicamento en el tumor asegurando que todas las regiones cancerosas reciban un óptimo tratamiento. En el futuro la técnica de microcapsulación en multicapa mejorará la distribución de medicamentos, de máxima utilidad en la quimioterapia.

CELL CULTURE MODULE

Es un equipo diseñado específicamente para ayuda en el estudio de los efectos de la microgravedad a nivel celular, proporcionando una estructura básica de soporte celular que permite controlar su mantenimiento fisiológico, manipulación y ensayos a nivel celular.

OCEANEERING SPACEHAB REFRIGERATOR FREEZER (OSRF)

Es un refrigerador/congelador termoeléctrico de tecnología avanzada y bajo

mantenimiento (volumen de 1.85 pies/cúbicos) y capaz de proporcionar lo requerido en los distintos experimentos biomédicos.

ORGANIC CRYSTAL GROWTH (OCC)

El objetivo del OCC es investigar las propiedades no isotrópicas de material orgánico ferromagnético.

OSTEOPOROSIS EXPERIMENT IN ORBIT (OSTEO)

Conduce una evaluación in-vitro de tejido celular óseo en condiciones de microgravedad. Se ha observado que el espacio origina en los astronautas una descalcificación ósea unida también a la pérdida aumentada de calcio por vía renal.

PROTEIN CRYSTALLIZATION APPARATUS FOR MICROGRAVITY (PCAM)

El PCAM es un equipo usado en la cristalización de proteínas, por medio de la difusión de vapor. Un proceso en el cual el líquido de una solución proteica se evapora y por lo tanto se incrementa la concentración y se provoca la cristalización. Entre las proteínas utilizadas se hallan las del virus sincitial respiratorio, la parva-albúmina, el complejo DNA endonucleasa y en el futuro se incluirán, entre otras, las siguientes: lisozima, albúmina, E. Coli, micobacteria, ferritina/apoferritina, RNA polimerasa, vasopresina, hemoglobina, polen alérgico. Los cristales crecen en este entorno mucho más grandes y más perfectos y por tanto es más fácil examinar su estructura tridimensional y localizar con exactitud el emplazamiento de las moléculas. Esta información es de utilidad a la farmacología en el diseño de medicamentos de cara a su interacción y cambios en su función.

PROTEIN TURNOVER EXPERIMENT (PTO)

El PTO estudia los cambios en el metabolismo proteico a nivel corporal y músculo-esquelético mediante el análisis de muestras de sangre y orina.

SECOND-GENERATION VAPOR DIFFUSION APPARATUS

Interviene en la cristalización de ocho diferentes proteínas y ácidos nucleicos de aplicación a diabetes, alergias, infecciones virales y bacterianas. Se trata también en este caso de observar cristalográficamente la estructura tridimensional de las grandes moléculas.

SPACE ACCELERATIONS MEASUREMENT SYSTEM

Las pequeñas vibraciones y aceleraciones a bordo del shuttle pueden afectar a los ensayos experimentales. En muchos casos suelen ser de tan pequeña magnitud que son imperceptibles para la tripulación pero no para los equipos de medidas de alta sensibilidad. Los acelerómetros tienen por función registrar con sus sensores la perturbación y determinar por tanto su influencia en los resultados de los experimentos.

VESTIBULAR FUNCTION EXPERIMENT UNIT (VFEU)

El sistema vestibular o del equilibrio es uno de los más afectados en el espacio a consecuencia de la ausencia de gravedad. El sujeto del estudio es el pez-sapo que se monitoriza electrónicamente para determinar los cambios que a nivel del oído interno produce la microgravedad. Midiendo respuestas eléctricas aferentes y eferentes al nivel de los otolitos y a través de un electrodo especialmente diseñado multiporo. Todo ello antes, durante y después del vuelo.

laciones, receptores musculares) en microgravedad. También se ha propuesto que habría relación con los cambios en los líquidos corporales y electrolitos (equilibrio iónico). Entre las medidas paliativas se cuentan los dispositivos de realidad virtual como entrenamiento y adaptación y las farmacológicas que incluyen la prometazina y escopolamina. Entre los efectos negativos que produce cabe mencionar: disminución en la eficacia del trabajo, interferencia con la alimentación y pérdida de orientación.

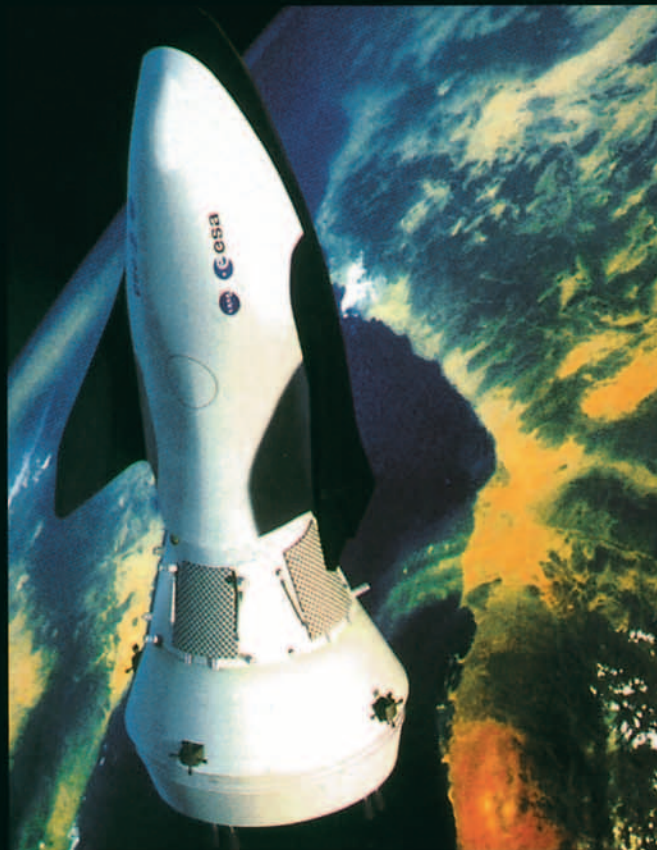
Efectos producidos por la radiación

En la Tierra la atmósfera y el campo magnético proporcionan un escudo para el ser humano. En el espacio la ausencia de esta protección hace que existan mayores cantidades de radiación espacial en comparación con el entorno habitual. Las radiaciones recibidas podemos agruparlas en tres grandes grupos: el primero sería las radiaciones cósmicas (galácticas) que provienen de más allá del sistema solar; en segundo lugar, las radiaciones de partículas solares y en último lugar, la radiación alrededor de la Tierra, que queda atrapada geomagnéticamente en el plano del ecuador. La intensidad de esta tercera clase de radiación es variable de acuerdo con la actividad solar. Los protones de alta energía que provienen del sol y los iones pesados que se emiten

de forma esporádica durante las llamaradas solares representan un peligro importante para los vuelos tripulados. Las medidas de protección dentro del vehículo o estación espacial se tienen que complementar con las que se refieren a la exposición del astronauta durante las actividades extravehiculares, labor ésta, que será muy intensa durante las tareas de ensamblaje de la futura estación espacial, siendo de vital importancia registrar el tipo de radiación y la intensidad mediante los oportunos dosímetros personales.

Efectos del entorno

La incidencia del entorno hostil, el aislamiento y el confinamiento en la esfera psicosomática del astronauta es notoria. Hay que aprender a trabajar y vivir en unas condiciones muy distintas de las habituales. La mayoría de las funciones fisiológicas varían de forma rítmica a lo largo del día. Estos ritmos que se denominan con el término de circadianos son generados por medio de "relojes biológicos" que se localizan en el hipotálamo (parte del cerebro). El correcto y sincronizado funcionamien-



to permite adaptarse a cada momento del día. Los cambios en el entorno o la disfunción de sistema de control circadiano puede conducir, entre otras cosas, a una disrupción en el ciclo vigilia-sueño y por lo tanto, una disminución en el rendimiento de la actividad. El espacio produce un acortamiento de la amplitud de los ritmos biológicos mencionados y disminuye la capacidad de adaptación para alcanzar una sincronización con el nuevo entorno.

En la EEI van a convivir y trabajar astronautas de diferentes culturas, en un

espacio confinado y por períodos de 3 a 6 meses. La situación futura que se nos presenta obligará a seleccionar a aquellos candidatos que sean más adecuados y ofrezcan un menor grado de posibilidad de conflicto o de depresión. Se habla, desde un punto de vista psicológico, de aplicar un criterio de "select in" escogiendo aquéllos que ofrecen las mayores garantías "a priori". Las tendencias a desórdenes emocionales en situaciones de estrés deben ser examinadas y objetivadas para su eliminación como factor de riesgo que pondría en

compromiso la labor del grupo. En este caso nos referimos a un criterio de exclusión o rechazo de "select out". La compatibilidad psicológica, el liderazgo y la capacidad de trabajar en grupo con gran rendimiento son algunos de las metas propuestas a cubrir. La experiencia demuestra que en misiones de más de 30 días han aparecido conflictos a bordo y también con los equipos de seguimiento en tierra. El apoyo psicológico, tanto a bordo como en tierra, la video-comunicación, las áreas de privacidad y el tiempo libre son algunas de las contramedidas para superar los efectos adversos del entorno.

El ensamblaje de la futura estación contempla, durante cinco a seis años, múltiples tareas de actividad extravehicular (EVA). La previsión inicial se eleva a unas 1000 horas por año de misiones EVA. Durante la ejecución de estos trabajos se tiene que

garantizar un sistema de apoyo que minimice los riesgos. El traje espacial diseñado permite trabajar con seguridad hasta siete horas, para lo cual, se le provee de oxígeno al 100% a una presión de 0.29 atmósferas. Durante los trabajos el astronauta está constantemente monitoreado, recibiendo sus datos vitales en tierra. La atención médica que reciben los astronautas en la actualidad tanto en el pre-vuelo como en vuelo y post-vuelo deberá incrementarse sensiblemente de cara a la EEI ■