

AVANCES EN MEDICINA DERIVADOS DE LOS PROYECTOS ESPACIALES

OVIDIO FERNÁNDEZ MARTÍN *

* Médico especialista en Medicina Deportiva
Especialista en Medicina Legal y Forense
Médico examinador aéreo.

Palabras clave: transferencia de tecnología, investigación espacial, avances en Fisiología y Medicina,

RESUMEN

La incultura de la población general en material espacial es la causa de que la ciudadanía incurra en el tópico de cuestionar los gastos en investigación espacial (“habiendo otros problemas que resolver aquí en La Tierra...” – dicen –). Quienes así piensan ignoran que la Medicina es la segunda ciencia más beneficiada por la carrera espacial (sólo superada por la Electrónica), lo cual ocurre desde los comienzos de los viajes espaciales tripulados.

Este trabajo pretende una aproximación a algunos de dichos progresos médicos y fisiológicos secundarios a la investigación espacial, considerando la perspectiva temporal que comprende desde los logros del pasado, especialmente a partir de 1961, fecha de la primera incursión de un ser humano en el medio espacial, terminado con la consideración de los futuros avances que experimentará la Fisiología y Medicina a partir de la investigación biomédica en el ambiente de ingravidez (en realidad, microgravedad) del espacio, especialmente en la ISS (Estación Espacial Internacional) que, actualmente, es el único laboratorio orbital permanente de que dispone la Humanidad.

HIPÓTESIS DE TRABAJO:

El desarrollo de los proyectos espaciales favorece el progreso de la Fisiología y de la Medicina, tanto de modo directo, como por la transferencia de tecnología desde el ámbito de la

investigación espacial al resto de la Ciencia, lo que rebate la errónea opinión de parte de la Sociedad en relación con la pretendida inadecuación del gasto en materia espacial (todos hemos oído a veces, incluso en los medios de comunicación, el comentario fácil y demagógico sobre los gastos en materia espacial).

OBJETIVOS:

1. Aportar datos e información que confirman la hipótesis de trabajo.

Este estudio no tiene la finalidad de añadir nuevos conocimientos a los ya existentes ni modificar los mismos, sino simplemente reunir dichos conocimientos en un trabajo para solventar la referida carencia colectiva de dicha información, incluso entre gran parte del colectivo médico, por lo que el presente estudio puede ofrecer igualmente una utilidad didáctica.

En definitiva, la finalidad fundamental del estudio es exponer y documentar algunos avances en Fisiología y Medicina derivados de la investigación espacial, en un intento de paliar el vacío de conocimientos existente en la mayor parte de la comunidad de médica acerca de la referida relación entre la investigación espacial y los progresos en Medicina y Fisiología.

2. Analizar el precitado tópico referido al cuestionamiento de la investigación espacial, el cual se debe al desconocimiento generalizado de la importancia de la investigación espacial para el avance de la Fisiología y la Medicina.

3. Breve ensayo sociológico colateral, como añadido al estudio, que pone de manifiesto la importancia de las corrientes de opinión en el pensamiento colectivo para el mayor o menor impulso a la investigación científica. De ahí la gran importancia de sensibilizar a la opinión pública acerca de la importancia de la investigación científica.

En resumen, el presente estudio tiene los siguientes objetivos: realizar una revisión sobre el tema que nos ocupa y aportar reflexiones personales y conocimientos propios.

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO:

En cuanto a la **conceptualización de la pregunta de investigación** (*por qué y para qué?*) es preciso exponer que La referida ignorancia colectiva sobre el tema que nos ocupa,

pese a que los conocimientos ya existen, justifican la necesidad de una revisión que llame la atención sobre la materia objeto de este estudio.

DISEÑO DEL ESTUDIO:

1. Es, en parte, **una revisión** de lo publicado sobre el tema que nos ocupa, así como en un:
2. **Ensayo: reflexiones personales y conclusiones** sobre la cuestión que nos ocupa, las cuales, no obstante, manifiesto también en el resto de los apartados de esta monografía, bien solapada o directamente. Dada la índole de este estudio y su temática, la presentación del mismo requiere un casi omnipresente aporte personal, convirtiéndolo en un trabajo de naturaleza mixta (es una revisión y un ensayo, íntimamente mezclados). Por tanto, se añade una breve aportación del acervo personal de conocimientos en la materia en forma de editorial, aportando críticas reflexiones personales sobre el tema objeto de este estudio, analizando y estudiando, además, las informaciones extraídas de la revisión; todo ello a efectos de contribuir a las conclusiones del trabajo de revisión.

MATERIAL y MÉTODOS:

MATERIAL:

1. Revisiones sobre la transferencia de tecnología en general, a todos los campos de la Ciencia y Tecnología, así como a la vida cotidiana del ser humano.
2. Revisiones sobre la transferencia de tecnología hacia la fisiología y la Medicina.
3. Información resumida en materia espacial y sobre Medicina espacial.
4. Aporte personal: conocimientos personales sobre la materia.

Fuente de las revisiones: Fundamentalmente, lo publicado por la ESA (Agencia Espacial Europea) acerca de la transferencia de tecnología de la investigación espacial a otros órdenes de la vida (en el caso que nos ocupa, a la Fisiología y la Medicina).

METODOLOGÍA:

En prácticamente cualquier estudio es preciso establecer la metodología a emplear para garantizar la validez de los resultados. Sin embargo, hemos de ser críticos con la aplicación de algunos métodos científicos a ciertos estudios, como el que nos ocupa, caracterizado por su gran multidisciplinaridad al concernir tanto a la Fisiología y la Medicina, como al resto de las ciencias, existiendo, además, un componente sociológico (el pensamiento colectivo relacionado con el tema que nos ocupa). Por todo ello y para no empobrecer este trabajo, decidí no reducirle a los estrechos límites de las metodologías.

En consecuencia, la metodología de este estudio es abierta: revisión y ensayo, como ya se ha expuesto.

INTRODUCCIÓN

En la introducción de todo protocolo, artículo o trabajo de investigación debe definirse el problema de investigación, la justificación del proyecto y enunciar el propósito general del mismo.

El desolador panorama de desconocimiento de los beneficios de la investigación espacial protagonizado por la inmensa mayoría de los médicos es común al resto de la población, pese a que nuestra calidad de vida sería muy inferior de no haber existido la carrera espacial; por ejemplo, sin los satélites artificiales nuestro actual modo de vida no existiría; no dispondríamos de GPS, telefonía móvil, generalización de Internet...

El cuerpo humano está diseñado para vivir en la superficie terrestre, no para un ambiente tan tremendamente hostil como lo es el espacio exterior, en el cual moriría de una manera prácticamente instantánea sin la protección que la técnica y la ciencia le han procurado: desde las naves y trajes espaciales que lo protegen del vacío y de las radiaciones cósmicas, hasta el apoyo de la medicina espacial en su intento de resolver los múltiples problemas fisiológicos que se producen en los astronautas, pasando por una multitud de muy variadas cuestiones tecnológicas que no son objeto de este trabajo.

En definitiva, el entorno espacial es radicalmente diferente al terrestre, para el cual estamos diseñados. Los viajes espaciales, por tanto, han creado importantes problemas para la Fisiología y la Biomedicina. La necesidad de resolución de los mismos ha supuesto un inestimable estímulo para el avance de la Medicina, además de un reto sin precedentes al intentar conseguir que el organismo sobreviva en un medio nuevo para la Humanidad y enormemente diferente al medio terrestre para el cual estamos diseñados.

El organismo, en las condiciones que reinan en el espacio (microgravedad, etc.) tiene un funcionamiento diferente al que presenta en la superficie terrestre. Ello justifica la existencia de la especialidad de Medicina Aeroespacial, más aún, tal vez en un futuro muy lejano sea, incluso, una carrera independiente de la de Medicina al estudiar un organismo de fisiología diferente (más bien de funcionamiento diferente en respuesta a los requerimientos de un medio diferente), al igual que, salvando las distancias y las comparaciones, la Veterinaria es una ciencia independiente de la Medicina al estudiar otras especies, salvo que la Medicina espacial estudia la misma especie que la Medicina "terrestre", pero cuya fisiología se ve alterada por el medio espacial, volviendo de nuevo, al regresar a la Tierra, a las leyes fisiológicas que afectan al organismo en la superficie terrestre, tras un periodo de readaptación que depende de la duración de la estancia en el espacio (por ejemplo, recuperación progresiva de la función de la musculatura esquelética, etc). Asimismo, el ambiente espacial constituye un magnífico laboratorio para investigaciones biomédicas imposibles de realizar bajo la influencia de la gravedad terrestre: no sólo la fisiología humana varía en condiciones de ingravidez; también cambian algunos procesos celulares. Por ejemplo, casi desde los comienzos de la era espacial se descubrió que las células cancerígenas no se multiplican en el estado de microgravedad del espacio exterior. A nadie se le escapan las posibilidades en materia de investigación que el referido fenómeno proporciona, con el consiguiente impulso que ello supone para la lucha contra el cáncer.

La microgravedad de los laboratorios orbitales permite la creación de moléculas de futuros nuevos fármacos imposibles de fabricar en la Tierra, pues la estructura molecular de los mismos no es posible crearla bajo los efectos de la gravedad terrestre, todo lo cual revela evidentes posibilidades de futuro para la farmacología.

En los albores de los vuelos espaciales tripulados fue preciso resolver el problema del mareo espacial que padecían los astronautas. Para ello se inventaron los parches transdérmicos, que

posteriormente adquirieron aplicaciones muy diversas en Medicina: anticoncepción, tratamiento del dolor intenso, nicotina en la deshabituación del tabaquismo, prevención de la angina de pecho, etc.

Valga lo expuesto como exiguo ejemplo la muestra que se expone a lo largo de este estudio de la transferencia de tecnología hacia la Fisiología y la Medicina desde el ámbito de la investigación espacial.

RESEÑA DE LOS AVANCES DE LA MEDICINA SECUNDARIOS A LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA DE LA CARRERA ESPACIAL

Como ya se ha expuesto, la Medicina es la segunda ciencia más beneficiada por la Carrera Espacial, después de la electrónica (Luis Miravittles, década de los años 70. Luis Miravittles, 1930-1995, fue licenciado en Farmacia, académico correspondiente de la Real Academia de Medicina de Barcelona; profesor adjunto de Bioquímica y Geología de la Universidad de Barcelona entre 1952 y 1971; miembro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. En 1968 fue nombrado miembro de la Comisión Especial de Selenología de la NASA. Posteriormente (a partir de 1.969, año a partir del cual (desde 1.969 a 1.972) los vehículos espaciales del Programa Apolo trajeron a la Tierra muestras de rocas lunares) participó en el estudio y análisis de dichas muestras, descubriéndose en la composición de las mismas una proporción diferente en sus componentes a la de las terrestres a causa del bombardeo de millones de años de radiación cósmica, así como unas propiedades microscópicas del polvo lunar diferentes a las existentes en los distintas clases de polvo de la Tierra (entre otras diferencias, las partículas del polvo lunar son especuladas, y las del terrestre, redondeadas a causa de la erosión). En 1972 fue nombrado vicepresidente de la Asociación de Astronáutica Española. Asimismo, fue caballero de las Palmas Académicas de la República Francesa y destacado divulgador científico: autor de libros de divulgación científica, documentales científicos (obteniendo el segundo premio en el II Festival Internacional de Filme Científico de la Universidad Libre de Bruselas). Como divulgador, destacó igualmente con programas de televisión de divulgación científica (premio Ondas 1965 al mejor programa científico (*Visado para el futuro*), etc.

La tecnología espacial, debido a la transferencia de tecnología a otros ámbitos de la vida, es muy importante en nuestras vidas. A dicha transferencia de tecnología los técnicos de la NASA la denominan con la gráfica expresión de "spin-off".

A continuación se muestra una escueta relación de los referidos avances en Medicina, que a lo largo de este estudio se mencionan o comentan más pormenorizadamente:

1. Investigación en osteoporosis: a partir del hecho de que en estado de ingravidez se produce una desmineralización ósea, surgen nuevas líneas de investigación en la materia.
2. Investigación de los efectos de las radiaciones sobre el cuerpo humano: En el Centro de Astrobiología de Madrid, única institución asociada al NASA Astrobiology Institute fuera de Estados Unidos y que pertenece, asimismo, al CSIC y al INTA (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial) se están realizando estudios en microorganismos resistentes a las radiaciones para averiguar como protegen dichos seres vivos su ADN de las radiaciones, lo cual se aplicará en proteger al ser humano de los efectos de éstas. El estímulo para dicho estudio fue el hecho de comprobar un aumento en la incidencia de cáncer y cataratas en astronautas de los viajes espaciales de los años 60 y 70. Especialmente sensibles a esas radiaciones fueron quienes viajaron a la Luna, al viajar más allá de los cinturones de radiación de Van Allen de la magnetosfera terrestre,

Por tanto, las expediciones espaciales tripuladas han planteado la necesidad de investigar en profundidad los efectos de las radiaciones sobre el organismo humano, lo que es especialmente importante para las futuras misiones a Marte en las que los astronautas estarán expuestos durante un tiempo mayor de exposición, y que al mayor tiempo de exposición hay que añadir el hecho de viajar fuera de la protección de la magnetosfera terrestre, por debajo de la cual se encuentra la órbita de la Estación Espacial Internacional.

Huelga añadir que los resultados que arroje dicho estudio presentarán una gran utilidad para algunos sectores profesionales, como los radiólogos, o los pilotos y tripulantes de cabina de los aviones, así como para quienes viajen mucho en avión, por el consabido efecto de la acumulación en el organismo de las radiaciones que llegan a la estratosfera y a las capas altas de

la troposfera, por donde circulan los aviones de línea regular (a dicho personal de cabina, cuando superan el umbral de radiaciones acumuladas permitido, se les impide volar).

3. El cáncer no progresa en ingravidez: desde la década de los años 70 se han realizado experimentos en el espacio que han puesto de manifiesto que las células cancerígenas no se multiplican en estado de ingravidez.
4. Nuevas moléculas de fármacos: en el estado de microgravedad del espacio se pueden sintetizar estructuras moleculares imposibles de conseguir en la gravedad terrestre
5. Parches transdérmicos: los creó la NASA para solucionar el problema del mareo espacial de los astronautas. Posteriormente fueron apareciendo nuevas indicaciones terapéuticas. Cada vez es mayor el número de fármacos que se pueden administrar por dicha vía, y también es mayor el número de indicaciones: para la prevención de la angina de pecho, para el tratamiento del dolor crónico intenso, anticoncepción, nicotina para la deshabituación en el tabaquismo, tratamiento del Parkinson, terapia hormonal sustitutiva en la menopausia, etc. (incluso tienen indicaciones en cosmética, como los parches de isoflavonas).

Otra razón por la que los parches se utilizan cada vez con más frecuencia en Medicina radica en las ventajas y comodidad sobre otras vías de administración de medicamentos,

6. Telemedicina: La telemedicina surgió del programa espacial al precisar los médicos espaciales el control de las funciones vitales del astronauta en sus viajes al espacio, ante el desconocimiento previo a los primeros viajes espaciales de cómo respondería el organismo ante dicho medio hostil. La telemetría no sólo tuvo una finalidad diagnóstica, sino también terapéutica, permitiendo dar instrucciones médicas, incluso quirúrgicas por técnicas de telemetría. A partir de estas técnicas diseñadas para el espacio, se pueden dar instrucciones médicas y quirúrgicas por telemetría en la Tierra a personal no sanitario en situaciones de emergencia y aislamiento en regiones apartadas para tratar una apendicitis, reducir una fractura o una luxación, realizar la extracción de piezas dentales, etc. En la NASA se realizan múltiples experimentos de telemedicina. Se efectúan experimentos en laboratorio sumergidos a unos 20 metros de profundidad en el mar, cuyos ocupantes, además, prueban dichas técnicas de telemedicina desarrolladas inicialmente para el espacio.

7. Neurofisiología y Neurología: en estado de ingravidez se producen alteraciones en la fisiología del sistema nervioso, cuyo estudio tiene utilidad en el estudio general de la neurofisiología y Neurología.
8. Estudio del equilibrio.
9. Estudios de la fisiología ocular: en el estado de ingravidez se produce un aumento de la agudeza visual, que revierte al regresar a la Tierra.
10. Nuevos materiales empleados en prótesis traumatológica: tanto en endoprótesis quirúrgicas como en miembros ortopédicos. Es de destacar el caso de la pierna protésica perfeccionada a partir de la tecnología espacial con la que el atleta alemán Wojtek Czyz estableció un record mundial en los Juegos Paralímpicos de Pekín 2008. El ángulo de conexión, o soporte en "L", entre la articulación de la rodilla y el módulo del pie de dicha prótesis se realizó con los materiales empleados en el espectrómetro magnético Alfa (AMS), un instrumento que se instalará en la Estación Espacial Internacional para estudiar la materia extraterrestre y la antimateria. Este componente de la prótesis se obtuvo a partir de una reunión entre el Programa de Transferencia de Tecnología (TTP) de la ESA (Agencia Espacial Europea) y MST Aerospace con el referido atleta para estudiar cómo mejorar su prótesis, colaborando posteriormente la empresa alemana ISATEC para la fabricación. Como es sabido, gran parte de las endopótesis de traumatología están constituidas de titanio, metal cuya utilización se ha generalizado con el desarrollo de la tecnología espacial al soportar cambios muy extremos de temperatura, y tener una gran resistencia mecánica, siendo mucho más ligero que el acero. Además, es muy resistente a la corrosión.

La gran ventaja de los materiales espaciales es su extraordinaria resistencia y ligereza en relación con los materiales convencionales, pues en el espacio el peso y la resistencia son muy importantes.
11. Las laparoscopias y artroscopias son posibles gracias a las minicámaras que se desarrollaron para el programa espacial.
12. Estudios sobre el envejecimiento: se ha constatado una aceleración reversible del envejecimiento en las estancias de varios meses en el espacio, recuperándose transcurridos unos meses desde el regreso a la Tierra. La investigación sobre este fenómeno puede arrojar más información sobre el proceso del envejecimiento normal.

13. Un estudio de la Universidad de Marquette (Milwaukee, Wisconsin) dirigido por Robert Fitts se basó en los datos obtenidos de las biopsias de los músculos gemelos que su equipo y él realizaron a nueve ocupantes de larga duración norteamericanos y rusos de la Estación Espacial Internacional desde 2002 a 2005. La estancia a bordo fue de seis meses cada uno, y se hicieron biopsias antes del vuelo y al regreso a la Tierra, descubriéndose una pérdida de fuerza de más del 40% en las fibras de contracción lenta, pese al entrenamiento muscular que realizan a bordo del laboratorio espacial. Este resultado está dando pie al estudio de nuevos sistemas de entrenamiento muscular y a nuevas líneas de investigación en la fisiología del músculo.
14. Como consecuencia de los viajes espaciales, las agencias del espacio, como la NASA y la Agencia Espacial Federal Rusa, han acumulado información sobre la supervivencia en condiciones extremas y espacios reducidos. Por tal motivo, la NASA, en el caso de los mineros chilenos atrapados en una mina en el verano de 2010, la NASA, recibió el encargo de asesorar a los mineros en materia de dietas, de ejercicios musculares (especialmente de tipo isométrico) para evitar la atrofia, de convivencia en espacios reducidos, y orientar a los médicos del lugar sobre situaciones de aislamiento.
15. **Avances en alimentos y nutrición**, así como en **conservación y procesado de alimentos**. La liofilización de alimentos se desarrolló para los primeros viajes espaciales tripulados. El horno microondas para calentar y cocinar alimentos se desarrolló por la NASA para que los astronautas pudieran ingerir alimentos calientes en el espacio.

CONCLUSIONES:

PRIMERA.- La transferencia de tecnología desde la investigación espacial hacia el resto de la ciencia y de la tecnología ha hecho avanzar considerablemente la Ciencia y la Tecnología en general, y la Medicina y la fisiología en particular, todo lo cual ha cambiado tremendamente la vida del ser humano hasta el extremo de que, de no haber existido la referida investigación espacial de estas últimas décadas, nuestra vida sería muy diferente, no disfrutando de muchos de los avances tecnológicos y médicos actuales. La investigación espacial ha mejorado la calidad de vida del ser humano. En definitiva, La Fisiología y la Medicina se han visto muy favorecidas por el desarrollo de

los proyectos espaciales, del mismo modo que, en general, éstos han supuesto significativos avances para la Ciencia y la Tecnología, constituyendo un importante impulso para las mismas.

SEGUNDA.- La opinión pública incurre en una grave negligencia al criticar el gasto en investigación espacial, pues dicho error de la opinión pública ha condicionado a lo largo de las últimas décadas una influencia en los políticos para recortar el gasto en materia espacial, privando a la Humanidad de otros previsibles avances en Medicina y en el resto de los órdenes de la vida derivados de las hipotéticas investigaciones que pudieron haberse realizado y no se realizaron a causa de dicho recorte presupuestario (por ejemplo, posiblemente estaríamos más avanzados en el conocimiento del cáncer, del mismo modo que dispondríamos de nuevos fármacos cuya fabricación es sólo posible en la ingravidez del espacio, útiles para múltiples enfermedades, así como de otros avances ya expuestos en este trabajo).

Como complemento a la relación y revisión de avances en Fisiología y en Medicina derivados de la investigación espacial, es conveniente ilustrar, con una breve exposición, la transferencia de tecnología espacial a todo el ámbito científico y tecnológico, especialmente en lo relativo a los progresos tecnológicos secundarios a la Tecnología espacial que inciden en nuestra vida cotidiana, mejorando la calidad de vida del ser humano, y cómo la investigación espacial ha constituido un importante impulso para el avance de la Ciencia y la Tecnología.

Desde el momento en que la Medicina se ocupa del ser humano y de su salud, es decir de su bienestar (Definición de salud según la Organización Mundial de la Salud en su constitución de 1946: estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de infecciones o enfermedades) procede reseñar también lo que incide en dicho bienestar y mejora de la calidad de vida, como por ejemplo los avances técnicos y científicos que los han procurado. Entre ellos se encuentran los siguientes:

AVANCES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DERIVADOS DE LA INVESTIGACIÓN ESPACIAL, ASÍ COMO SU INFLUJO EN LA CALIDAD DE VIDA DEL CIUDADANO MEDIO.

Progreso científico, tecnológico e industrial derivado de la investigación espacial:

1. Electrónica: los ingenios espaciales requerían la construcción de componentes electrónicos de unas dimensiones lo más reducidas posible, lo que desembocó en una auténtica revolución de la Electrónica, especialmente en materia de miniaturización y de optimización. Fue, y reitero de nuevo, la Ciencia más beneficiada por la Astronáutica. Esa miniaturización permitió la aparición de:
 2. los ordenadores personales,
 3. los teléfonos móviles (la tecnología digital de los mismos procede de la las cápsulas Apolo de los años sesenta),
 4. la amplia gama de aparatos y dispositivos electrónicos existentes en la actualidad como, por ejemplo, las ya mencionadas minicámaras empleadas en cirugía laparoscópica y artroscópica, etc.
5. Los circuitos electrónicos de los ingenios espaciales, para poder resistir los elevados niveles de radiación cósmica y solar, tuvieron que ser endurecidos (*hardening*, según el término anglosajón). Dicha tecnología espacial de endurecimiento de los circuitos electrónicos se aplicó posteriormente a los aparatos electrónicos de nuestra vida cotidiana para impedir las interferencias entre el reloj, el teléfono móvil, el ordenador, y otros dispositivos electrónicos. En el futuro, el desarrollo de esta tecnología impedirá las interferencias de, por ejemplo, el teléfono móvil con los equipos electrónicos hospitalarios, y con la aviónica de los aviones, entre otras aplicaciones.
6. Informática: Los proyectos espaciales requirieron un importante desarrollo de la informática para poder llevarlos a cabo.
7. Avances en Telecomunicaciones: El sistema que tienen las antenas del "rover" que se utiliza sobre la superficie del planeta Marte en las últimas misiones no tripuladas que se han enviado a dicho planeta, tienen un sistema mediante el cual pueden comunicar

directamente desde Marte con La Tierra, resistiendo las tremendas condiciones medioambientales del Planeta rojo. Dicho sistema (más simplificado y económico) es el que se ha incorporado en los trenes de alta velocidad para poder instalar antenas en los mismos que permitan disponer de banda ancha de Internet durante todo el trayecto, incluidos los túneles.

No olvidemos las imprescindibles telecomunicaciones por satélite que permiten, la fluidez e inmediatez en las comunicaciones transoceánicas, las emisiones intercontinentales de televisión, el funcionamiento de la Bolsa gracias a la intercomunicación de los valores bursátiles a escala mundial, etc.

8. Otras aplicaciones de los imprescindibles satélites artificiales utilizamos en nuestra vida cotidiana:
9. los sistemas de localización por satélite geoestacionario (GPS),
10. la telefonía móvil por satélite y la convencional, pues la red de antenas repetidoras en último extremos conectan con un satélite,
11. el correo electrónico y la utilización de Internet, cuya implantación a escala global es sólo viable a través de las telecomunicaciones por satélite,
12. el funcionamiento de la Bolsa gracias a la intercomunicación de los valores bursátiles a escala mundial, etc.
13. Otras importantes aplicaciones de los satélites son: el estudio del medio ambiente y de los recursos naturales (tanto terrestres como oceánicos), etc.
14. Avances en Meteorología: Con anterioridad a la era de los satélites meteorológicos era impensable que la Meteorología pudiera llegar a la precisión actual en sus predicciones a corto plazo.
15. El estudio de otros planetas supone un marco de referencia imprescindible para aprender más sobre el nuestro, al constituir la única forma de poder tener un elemento de comparación. Por ejemplo, un magnífico laboratorio para estudiar el clima terrestre, además de los satélites artificiales que orbitan nuestro Planeta, sería el estudio de la espectacular, complicada y gigantesca atmósfera de Júpiter, cuyos procesos no tienen parangón en la Tierra por su magnitud, y que sirven para entender los fenómenos meteorológicos que se producen en nuestra comparativamente pequeña escala terrestre

(en Júpiter se producen ciclones cuyo diámetro es mayor que el de La Tierra). A partir de dichos conocimientos, y una vez extrapolados al modelo de la atmósfera terrestre, se obtendrá la tecnología suficiente como para controlar los ciclones y huracanes evitando sus catastróficos efectos. Entonces, el ser humano podrá empezar a dejar de ser víctima de la tiranía de la Naturaleza, generadora de catástrofes y tragedias humanas (se podrá, en un futuro lejano, mejorar artificial y deliberadamente el clima, para prevenir desastres al actuar sobre la génesis de los fenómenos atmosféricos de forma puntual, y quizá también luchar contra la desertización).

16. Avances en cibernética (por la necesidad de progresar en materia de autómatas programables para la infinidad de sistemas automáticos de los vehículos espaciales).
17. Avances en fotografía: objetivo fotográfico especial usado en el Proyecto Apolo para poder filmar y fotografiar con poca luz. Posteriormente se incorporó a las cámaras convencionales.
18. Helio3: Sólo existen grandes cantidades de Helio3 en la Luna. Una tonelada del mismo producirá la cantidad de energía que consume actualmente Estados Unidos durante un año, cuando se termine de desarrollar la tecnología de la fusión nuclear (que es la forma como el Sol produce su energía, la cual nos llega a la Tierra). Téngase en cuenta que Estados Unidos utiliza el 25% de la energía mundial, con lo que con cuatro toneladas sería suficiente para todo el consumo mundial de energía durante un año al ritmo actual.
19. Avances en Tribología, que es la Ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación de, por ejemplo, los motores. En Astronáutica se han conseguido sistemas de lubricación que mantienen lubricados ininterrumpidamente durante 15 años los componentes mecánicos de los satélites, cuyos elementos tienen un movimiento prácticamente continuo. Dicha tecnología se podrá aplicar a los automóviles y a cualquier otro motor, lo que prolongará la vida útil de los mismos, simplificando, además, el mantenimiento y mejorará el rendimiento.
20. Avances en la escritura manual. Dado que los bolígrafos convencionales no funcionaban en el espacio al no “caer” la tinta hacia la punta del mismo a causa de la ausencia de gravedad, en la NASA se diseñaron bolígrafos en cuya carga se bombea la tinta para poder escribir en el estado de microgravedad espacial. Esos bolígrafos (que

comercializa una conocida marca),y que aquí en la Tierra permiten escribir en papel apoyado en la pared, los utilizamos en nuestra vida cotidiana, siendo muy populares y económicos. También se diseñaron plumas que no derraman la tinta.

21. Estudios del subsuelo terrestre: por ejemplo, mediante el satélite GRACE, de la NASA, que dispone de rádares de gravedad y subsuelo.
22. Satélites de detección de incendios por infrarrojos, gracias a los cuales se ha acortado el tiempo de respuesta desde el inicio del incendio. El único inconveniente es que aún hay muy pocos, con lo que es todavía imposible abarcar todo el territorio en tiempo real.
23. Detección de NEOs (Near Earth Object): asteroides y cometas cuyas trayectorias se acercan a la de la órbita de la Tierra, algunas de cuyas órbitas tienen un punto de intersección con la de ésta.
24. Avances en aeronáutica: es especialmente importante destacar que en el futuro se conseguirá construir aviones no contaminantes, cuyo combustible será el hidrógeno, al igual que en el caso de los cohetes espaciales. El resultado de la combustión es vapor de agua, como las nubes.
25. Paneles solares fotovoltaicos de generación de energía eléctrica. Como es sabido, dichos paneles se diseñaron para los satélites artificiales, los cuales precisan un aporte de energía mantenido en el tiempo, por lo que se ideó este sistema para el autoabastecimiento continuo de energía.
26. Muchas moléculas sólo pueden obtenerse o fabricarse en el estado de la microgravedad del espacio, además de las de nuevos fármacos (lo cual ya se ha comentado) también se pueden construir nuevos materiales como el acero poroso (de menor peso que el acero convencional, pero con la misma resistencia), componentes electrónicos, etc. La investigación espacial ha impulsado el estudio de la resistencia de materiales, cuyos resultados se han empleado en el diseño de las prótesis de Traumatología.
27. El titanio: no olvidemos que si hoy en día se utiliza el titanio en muchos contextos de la vida, es gracias a la investigación espacial, que desarrolló múltiples aplicaciones de este metal (como la ya comentada de las prótesis de Traumatología), el cual es apto para resistir las temperaturas extremas de frío y calor del espacio.

28. El Pyroceram forma parte del revestimiento externo de algunos cohetes y, tras su uso para el espacio, se aplicó a la vida cotidiana al ser el elemento del cual están fabricadas las fuentes transparentes y resistentes a altas temperaturas usadas en la cocina, las ventanas del horno, las de las chimeneas de leña y de las estufas, las de los aparatos de rayos U.V.A., etc. (El Pyrocerám es una especie de cristal cerámico transparente con un coeficiente de dilatación cercano a cero, y por tanto resistente a bruscas oscilaciones térmicas, desde altas temperaturas al frío y viceversa). es. Por otra parte, se idearon igualmente minicámaras para las misiones espaciales; pues bien, las laparoscopias y artroscopias son posibles gracias a esas minicámaras del programa espacial.
29. Utilización en nuestra vida cotidiana de algunos inventos originariamente ajenos a la Carrera Espacial que se empezaron a utilizar para los proyectos espaciales al crearse la necesidad de su uso y que posteriormente se utilizaron en la vida diaria de los ciudadanos. Por ejemplo, el teflón que se utilizó en el revestimiento externo de los cohetes espaciales, después de lo cual se empleó en la fabricación de sartenes antiadherentes,
30. o los cierres tipo Velcro, que el Programa Espacial sacó igualmente del *reino de los inventos inútiles*, al utilizarlo profusamente en el interior de las naves espaciales como medio de sujeción de múltiples objetos en el ambiente de microgravedad del espacio, evitando así que deambulen a la deriva. A partir de dicho uso para el espacio, empezó a emplearse en la indumentaria deportiva, incluso en la ropa urbana, en las bolsas de deporte, correas de todo tipo, etc., etc.
31. Lo más importante: el programa espacial ha generado la colaboración entre científicos e ingenieros de élite de todos los campos nunca vista fuera del ámbito espacial, lo que ha permitido una increíble interacción entre las diferentes áreas de la Ciencia y la Tecnología, en contra del mal endémico que azota a la Ciencia: el asilamiento entre los diferentes campos de la misma. Muchos científicos y tecnólogos no saben qué se está investigando en otros campos. Cada vez saben más de menos, pero menos de todo, ante lo inabarcable del acervo científico global. Por otra parte, hay científicos que, con un sentido más integrador de la Ciencia, “saben más de nada”. Pero en el ámbito espacial se da el fantástico hecho de que el colectivo científico perteneciente al sector espacial,

en su conjunto, sabe TODO DE TODO lo que hasta el momento se conoce en Ciencia y Tecnología, al contar necesariamente con especialistas de élite en todos los campos, como ya se ha expuesto, dada la extrema complejidad de los proyectos.

De ahí el prestigio científico de la NASA, constituyéndose, sin casi lugar a dudas, en la primera organización científica del Mundo (pese a los recortes presupuestarios).

Esta es una muestra extremadamente exigua de las APLICACIONES DE LA ASTRONÁUTICA QUE ACABAN EN LA VIDA DIARIA Y CIVIL DE LOS SERES HUMANOS.

En realidad, vivimos en el espacio: la Tierra es una “burbuja” que viaja por el cosmos, en la cual ha surgido la vida, protegida por la atmósfera. La utilización adecuada del espacio proporcionará un desarrollo sostenible en la Tierra.

Muchas entidades dedicadas al ámbito espacial se ocupan de estudiar nuevas aplicaciones de la tecnología espacial a la vida cotidiana en la superficie de la Tierra por transferencia de tecnología de aquello que se construye para el espacio.

En definitiva, es el consabido y tantas veces comentado en medios científicos: *aprovechamiento del espacio extraterrestre para nuestras condiciones de vida en la Tierra.*

En medios económicos e industriales se afirmaba en los tiempos de máximo apogeo de la investigación espacial que “por cada dólar invertido en el espacio se recuperaban 10 en nuevos materiales” , y en tecnología, añadido yo.

La tecnología espacial, debido a la transferencia de tecnología a otros ámbitos de la vida, es muy importante en nuestras vidas. A dicha transferencia de tecnología los técnicos de la NASA la denominan con la gráfica expresión de “spin-off, como ya se ha comentado.”.

DISCUSIÓN:

Marco y modelo teórico:

Un modelo teórico es una historia que intenta relacionar un fenómeno con sus causas subyacentes (*¿Por qué y cómo?*)

Por qué existe el referido tópico consistente en cuestionar la misma existencia de los proyectos espaciales?:

Por falta de información; y por falta de interés de los investigadores en informar a la opinión pública acerca de la justificación de la investigación.

Hay quien ha llegado a objetar que los cohetes pueden influir en la contaminación medioambiental, lo cual es falso porque el combustible que utilizan generalmente los cohetes es oxígeno líquido (como comburente) e hidrógeno líquido (como propelente), cuya mezcla en las toberas de propulsión produce como resultado final un chorro de vapor de agua, (como, es sabido, la composición de las nubes. Por el contrario, los aviones, los cuales utilizan combustibles fósiles (keroseno), hasta que la tecnología aeronáutica avance lo suficiente como para utilizar, al igual que los cohetes, hidrógeno como combustible a partir de lo ya conseguido en Astronáutica. Hay muy pocos cohetes de combustible sólido. Una curiosa excepción son los dos cohetes auxiliares del transbordador espacial de la NASA (no obstante, las toberas principales son de oxígeno e hidrógeno). De cualquier manera, los lanzamientos del transbordador espacial son esporádicos y, además, sabido es que el programa de los transbordadores es un programa a extinguir en breve.

CONCLUSIÓN DE ESTA APARTADO:

De los datos aportados en este estudio que, como ya se ha expuesto, supone una revisión de lo conocido sobre la materia, se deduce que la investigación en materia espacial ha contribuido de manera muy significativa al progreso de la Ciencia y la Tecnología en general, y a la mejora de la calidad de vida del ciudadano medio, en particular.

EDITORIAL

Este editorial tiene la condición de añadido final a este estudio.

La esencia del mismo es pretendidamente elemental, dada especialmente por su carácter multidisciplinar. Por añadidura, se ha intentado agregar un componente divulgativo, diluido a lo largo de este trabajo. No es fácil combinar el rigor científico con la actitud divulgadora, pero considero que dicho empeño es, o debería ser, inherente a la profesión médica en todas sus especialidades (por supuesto, incluida la actividad investigadora), por el importante papel que el médico representa en la educación sanitaria de la población a través del "día a día" de su labor asistencial. En consecuencia, los médicos quizá debiéramos incidir más en ello.

Asimismo, este editorial representa una síntesis libre de metodología, es decir, no estructurada, del trabajo precedente, por lo que la lectura de este apartado puede dar la impresión de ser aparentemente repetitiva en algún concepto, pero considero que dichas reiteraciones convienen al sentido general del estudio, pues constituyen parte del núcleo de los comentarios que forman parte de este editorial o ensayo.

La opinión pública influye en el avance de la investigación espacial. Una de las medidas más importantes para impulsar la investigación científica es la concienciación de la opinión pública. No hay que subestimar su influencia en la Sociedad. Sabido es que muchas veces ha influido - acertada o equivocadamente - sobre los poderes públicos. El poder del *sentir popular* es de una magnitud considerable.

A efectos de ilustrar el comentario precedente, considero conveniente mencionar, como significativo ejemplo, uno de los casos más curiosos de influjo de la opinión pública sobre una Administración, que demuestra probadamente la importancia y el poder de las corrientes de pensamiento colectivo. Como ocurrió con el influjo de las mismas en la desaceleración de la investigación espacial: la opinión pública influyó sobre los políticos a la hora de reducir los presupuestos a ella destinados, pese al avance científico, tecnológico e industrial que el Programa Espacial supuso para la Humanidad, hasta el extremo de que infinidad de avances y productos utilizados en nuestra vida cotidiana tienen su origen en dicha investigación, lo cual desconoce la mayor parte de la población como consecuencia de la increíble ignorancia científica y tecnológica de nuestra sociedad. Pero, acertada o equivocada, la opinión pública posee un indudable peso específico. En consecuencia, concienciando a la población sobre la importancia de la investigación científica en general, repito, se puede dar un importante impulso a la Ciencia.

Desafortunadamente, en el referido hecho la influencia de ese sentir popular fue tristemente negativa a causa de la desinformación de la opinión pública. Considero justificada la aparentemente extensa exposición del caso y de las razones que justifican la importancia del mismo, porque esa amplitud en el tratamiento de la cuestión es imprescindible para que pueda ser más fácilmente apreciada la magnitud de ese hecho pues, de lo contrario, el mismo sería infravalorado por el público no experto en materia espacial.

En definitiva, la cuestión es la siguiente:

La desaceleración en la investigación espacial a causa del influjo de la opinión pública en la clase política.

Sorprendentemente hay quien, dentro de su ignorancia científica -reitero- y, sobre todo, incultura en materia económica, además de una pobre estrechez de miras, crítica las (relativamente) ingentes sumas de dinero que se gastan en los proyectos espaciales.

Pues bien, en primer lugar, el gasto en investigación espacial es de magnitudes infinitesimales en comparación con el gasto mundial en transacciones deportivas (agravio comparativo) y con otros gastos megalomaniacos del Deporte, sin olvidar las astronómicas cifras, de auténtico vértigo y escándalo, que mueve el cine en un Mundo con tantos problemas, muchos de los cuales nos afectan también a los países del denominado primer mundo, como por ejemplo el cáncer y otras enfermedades, a cuya investigación se dedica menos dinero que lo que gasta la Humanidad en frivolidades como las apuestas u otras.

Y en segundo lugar, los beneficios de la investigación espacial supusieron una aceleración espectacular y sin precedentes en el progreso científico y tecnológico de la Humanidad, alcanzándose un avance tecnológico de tal entidad, que incluso ha llegado a salpicar todos los órdenes de la vida cotidiana, aumentando enormemente nuestra calidad de vida hasta llegar al extremo de que ininidad de avances y productos utilizados en nuestra existencia diaria, tienen su origen en dicha investigación. Esta circunstancia la desconoce la mayor parte de la población, como consecuencia de la increíble ignorancia de nuestra sociedad en materia científica y tecnológica.

En este orden de cosas, contaré que desde los comienzos de los vuelos espaciales tripulados hasta nuestros días, la segunda ciencia más beneficiada por la Carrera Espacial ha sido la Medicina (hecho que presumo desconocen incluso muchos médicos, salvo los que se dedican a la investigación biomédica de alto nivel y los que tenemos ciertas inquietudes científicas).

Del mismo modo, la investigación espacial produjo un espectacular desarrollo de la informática (por ejemplo, a raíz de la necesidad de programación de las complejas trayectorias de navegación espacial) y de la cibernética (por la necesidad de progresar en materia de autómatas programables para la infinidad de sistemas automáticos de los vehículos espaciales).

Y no olvidemos los importantes logros tecnológicos que ha aportado la investigación espacial, muchos de los cuales empleamos en nuestra vida cotidiana, desconociendo el ciudadano que el origen de los mismos está en dicha investigación espacial. Son miles los productos, materiales y aparatos derivados de la investigación espacial utilizados en nuestras vidas como, por ejemplo, el horno microondas, sin olvidar la asombrosa miniaturización de los componentes electrónicos que surgió del Programa Espacial, por la necesidad de incluir el mayor número posible de sistemas electrónicos dentro de las limitadas dimensiones de los ingenios espaciales, lo que dio un impulso espectacular y sin precedentes a la electrónica. Esa miniaturización ha hecho posible desde los ordenadores personales a los teléfonos móviles (la tecnología digital de los mismos procede de la las cápsulas Apolo de los años sesenta), pasando por la amplia gama de aparatos electrónicos existentes en la actualidad como, por ejemplo, las minicámaras empleadas en cirugía laparoscópica y artroscópica.

La lista de beneficios para la Medicina producidos por la investigación espacial es interminable. Desde los parches transdérmicos (inventados en la NASA), que en un principio se usaron para solucionar el problema de la sensación de mareo de los astronautas, y que hoy en día se utilizan cada vez con más frecuencia en Medicina, y con mayor número de fármacos, por sus ventajas sobre otras vías de administración de medicamentos, hasta los importantes avances en Medicina producidos por el magnífico laboratorio de experimentación y estudio médico-fisiológico que supone la ingravidez (más bien microgravedad) del espacio, pudiéndose así acometer la investigación de las funciones del organismo en nuevas condiciones imposibles de reproducir en la Tierra (salvo en un avión en trayectoria parabólica descendente (en realidad no es propiamente parabólica, sino de arco de elipse), donde se puede conseguir dicho estado durante unos segundos lo cual, obviamente, no permite una investigación

de sus efectos prolongados en el tiempo). Como anécdota importante, es preciso destacar que las células cancerosas no se multiplican en ingravidez. Esto se conoce desde hace décadas. No es casualidad la importancia mundial de Houston en Medicina, ciudad en la que precisamente se encuentra el Centro de Medicina Espacial de la NASA, así como el Centro de Control Espacial de Vuelos Tripulados y el centro directriz de entrenamiento de astronautas. Tal es el liderato mundial de la ciudad de Houston en Medicina que, como es sabido, pacientes desahuciados de todo el Mundo acuden allí buscando la solución de sus graves problemas de salud. Las punteras investigaciones de medicina espacial en Houston han contribuido al citado nivel médico, convirtiendo a dicha ciudad en una de las líderes mundiales en Medicina.

Muchas moléculas sólo pueden obtenerse o fabricarse en el estado de la microgravedad del espacio, como las de nuevos fármacos que podrían salvar millones de vidas... o nuevos materiales como el acero poroso (de menor peso que el acero convencional, pero con la misma resistencia), componentes electrónicos, etc. La investigación espacial ha impulsado el estudio de la resistencia de materiales, cuyos resultados se han empleado en el diseño de las prótesis de Traumatología.

Las expediciones espaciales tripuladas plantearon la necesidad de investigar en profundidad los efectos de las radiaciones sobre el organismo, dada la mayor exposición a las mismas en el espacio. A tal efecto se están realizando estudios (especialmente en el Laboratorio de Astrobiología de Madrid) en microorganismos resistentes a las radiaciones, para averiguar como protegen dichos seres vivos su ADN de las radiaciones, cuyos resultados se aplicarán en aumentar la capacidad de radioprotección en el ser humano e, indirectamente, se podrá aumentar la protección frente al cáncer. Estos estudios pueden ser útiles también para quienes viajan mucho en avión (pilotos, tripulantes de cabina, etc.) pues, como es sabido, a la altura en la que vuelan los aviones comerciales (prácticamente en el límite de la troposfera) la dosis de radiación es mayor que en la superficie terrestre. El estímulo para realizar dicha investigación fue el hecho de comprobar un aumento en la incidencia de cáncer y cataratas en astronautas de los viajes espaciales de los años 60 y 70. Quienes con mayor intensidad por unidad de tiempo padecieron esas radiaciones fueron, obviamente, los que viajaron a la Luna, al transitar más allá de la zona de los cinturones de Van Allen de la magnetosfera, por lo que recibieron dosis de radiación considerablemente superiores a las ya de por sí elevadas de los vuelos orbitales. Si bien, en estos últimos la duración de las misiones es muy superior (las estancias de las tripulaciones de la Estación Espacial Internacional se miden en meses, mientras que la duración de las misiones lunares osciló, incluyendo el viaje de ida, el

de regreso, y la permanencia en la superficie lunar, desde los 8 días en total del Apolo 11, a los 10 días del Apolo 17 (permaneció dos días más que el primero sobre el suelo selenita) pese a todo lo cual, la radiación total que recibieron quienes viajaron a la Luna fue superior a la de sus compañeros de los vuelos orbitales, generalmente de una duración superior, debido a la referida mayor intensidad de radiación en los viajes a la Luna, con respecto a la de los vuelos orbitales.

En otro orden de cosas, no olvidemos que si hoy en día se utiliza el titanio en muchos contextos de la vida, es gracias a la investigación espacial, que desarrolló múltiples aplicaciones de este metal, el cual es apto para resistir las temperaturas extremas de frío y calor del espacio.

Otra importante cuestión es el Helio3: sólo existen grandes cantidades de Helio3 en la Luna. Una tonelada del mismo, producirá la cantidad de energía que consume actualmente Estados Unidos durante un año, cuando se termine de desarrollar la tecnología de la fusión nuclear (que, como todos sabemos, es la forma como el Sol produce su energía, parte de la cual nos llega a la Tierra). Téngase en cuenta que Estados Unidos utiliza el 25% de la energía mundial, con lo que con cuatro toneladas sería suficiente para todo el consumo mundial de energía durante un año al ritmo actual.

Actualmente, aún seguimos obteniendo beneficios nuevos del proyecto Apolo de los años sesenta: la inversión en materia espacial rinde beneficios tanto a corto como a medio y largo plazo.

¿A quién habría que pedir responsabilidades por el descenso en la investigación espacial, privándonos de nuevos avances médicos y de cualquier otro tipo?. Polémica pregunta, pues evidentemente el culpable es la opinión pública y la Sociedad en general, amén de algunos articulistas desinformados que hablan de lo que no conocen y, por tanto, es lógico que “metan la pata”. Lo más sorprendente es que hasta cobran por opinar de lo que ignoran (la ignorancia premiada, el malhacer retribuido...) rozan el delito de intrusismo profesional al ejercer como comentaristas de algo que no dominan profesionalmente. Sería como si un arquitecto operara de apendicitis, o un médico diseñara un rascacielos, ¡demencial!...Posiblemente llegue el día en que se pidan responsabilidades por daños y perjuicios ocasionados a la Humanidad (los daños y perjuicios que suponen la privación de esos remedios y avances cuya investigación fue torpedeada por lenguas irresponsables e ignorantes).

Algunos materiales de *alta tecnología*, como el Pyroceram, utilizado en el ángulo de ataque aerodinámico de algunos cohetes, ha llegado a convertirse en algo muy cotidiano, al ser el elemento del cual están fabricadas las fuentes transparentes y resistentes a altas temperaturas usadas en la cocina,

las ventanas del horno, las de las chimeneas de leña y de las estufas, las de los aparatos de rayos U.V.A., etc. (El Pyrocerám es una especie de cristal cerámico transparente con un coeficiente de dilatación cercano a cero, y por tanto resistente a bruscas oscilaciones térmicas, desde altas temperaturas al frío y viceversa). Una anécdota (entre miles que se podrían citar): los bolígrafos con sistema bombeo de tinta que permiten escribir en vertical, propios de una conocida marca, se inventaron en la NASA para poder escribir en la microgravedad del espacio, lo cual es imposible con los bolígrafos convencionales al no “caer” la tinta hacia la punta dentro de la carga, por la práctica ausencia de gravedad. Avances en fotografía: para el Proyecto Apolo se desarrolló un objetivo fotográfico especial usado para poder filmar y fotografiar con poca luz, que posteriormente se incorporó a las cámaras convencionales. Por otra parte, se idearon igualmente minicámaras para las misiones espaciales; pues bien, las laparoscopias y artroscopias son posibles gracias a esas minicámaras del programa espacial.

El estudio de otros planetas supone un marco de referencia imprescindible para aprender más sobre el nuestro, al constituir la única forma de poder tener un elemento de comparación. Por ejemplo, un magnífico laboratorio para estudiar el clima terrestre, además de los satélites artificiales que orbitan nuestro Planeta, sería el estudio de la espectacular, complicada y gigantesca atmósfera de Júpiter, cuyos procesos no tienen parangón en la Tierra por su magnitud, y que sirven para entender los fenómenos meteorológicos que se producen en nuestra comparativamente pequeña escala terrestre (en Júpiter se producen ciclones cuyo diámetro es mayor que el de La Tierra). A partir de dichos conocimientos, y una vez extrapolados al modelo de la atmósfera terrestre, se obtendrá la tecnología suficiente como para controlar los ciclones y huracanes evitando sus catastróficos efectos. Entonces, el ser humano podrá empezar a dejar de ser víctima de la tiranía de la cruel Naturaleza, generadora de catástrofes y tragedias humanas (se podrá cambiar artificial y deliberadamente el clima, pero para bien (esperamos), previniendo desastres al actuar sobre la génesis de los fenómenos atmosféricos). Los mayores peligros que amenazan al Hombre provienen de la Naturaleza, con abismal y abrumadora diferencia sobre cualquier otra clase de peligro. Se podrán controlar los cambios climáticos propios de los ciclos normales de la Naturaleza desde hace millones de años, que alternan trágicas inundaciones causadas por lluvias torrenciales, con periodos de desoladora sequía (no olvidemos que, según estudios de Paleobotánica, hace unos 10.000 años (ayer, en términos de Historia Natural) todo el desierto del Sahara, desde el Atlántico al mar Rojo, fue una húmeda, espesa y exuberante selva atravesada por

varios ríos ya desaparecidos, alguno del tamaño del Amazonas o el Nilo, único gran río que sobrevivió; y retrocediendo mucho más aún en el tiempo, a una de las eras interglaciares, llegamos a la época en la cual la Antártida fue una selva tropical, donde vivía una abundante y variada flora y fauna, hoy fosilizada y enterrada bajo millones de toneladas de hielo.

Muchos biólogos insisten en la importancia de estudiar otros planetas en los que pudiera haber vida, porque hasta ahora sólo conocemos un modelo de ésta, el de la Tierra, y se necesita estudiar otros modelos para entender qué es la vida. En cualquier estudio científico no es suficiente con un único estudio o con un único modelo...

La lista de beneficios de la investigación espacial es de tal magnitud, que el mero hecho de limitarnos sólo a enumerarlos todos requeriría miles de folios. Obviamente, y a causa de esa enorme extensión, ni siquiera los aficionados a los temas espaciales podemos conocer la totalidad de dichos beneficios, con lo cual es inevitable la omisión de unos cuantos en cualquier relación que hagamos sobre esas ventajas.

En consecuencia, concluyo fugazmente añadiendo algunos basados en los ya imprescindibles satélites, y que utilizamos muy frecuentemente en nuestras actividades diarias personales, de los cuales el ciudadano medio igualmente parece desconocer que el origen de los mismos está en los satélites artificiales como, por ejemplo, los sistemas de localización por satélite geoestacionario (GPS), la telefonía móvil, el correo electrónico, la utilización de Internet, cuya implantación a escala global es sólo viable a través de las imprescindibles telecomunicaciones por satélite, la ingente transmisión de datos entre empresas, organismos, personas, de todo el Mundo, la fluidez en las comunicaciones transoceánicas, las emisiones intercontinentales de televisión, el funcionamiento de la Bolsa gracias a la intercomunicación de los valores bursátiles a escala mundial, la precisión de las previsiones climatológicas basadas en las imágenes enviadas por los satélites meteorológicos, la telemetría aplicada a la Medicina, y un interminable etcétera que no puedo seguir reseñando por motivos obvios de espacio. Todas esas aplicaciones serían imposibles sin la logística de los satélites artificiales, principalmente los de telecomunicaciones. De hecho, el funcionamiento de nuestra Sociedad ya no sería viable sin satélites artificiales, sin los cuales nos sumiríamos en un caos desolador. Dependemos de ellos para muchas cosas, no sólo para las ya comentadas, repito, de las comunicaciones, la transmisión de datos, telemetría, la meteorología (que sin los satélites perdería fiabilidad), etc., sino también para infinidad de

otros usos, como el estudio del medio ambiente y de los recursos naturales (tanto terrestres como oceánicos), incluso podrían tener utilidad en la prevención de incendios por detección (esto último aún no muy utilizado) pues, como es sabido, los satélites con tecnología militar pueden descubrir, por detección de radiación infrarroja, incluso el calor del motor de un carro de combate, con lo que con mayor facilidad aún se podría detectar una fogata incipiente que, apagada a tiempo, nunca llegaría a crecer hasta convertirse en un incendio forestal. Se podrían enumerar muchos miles de usos, pero no es el lugar adecuado para ello. En fin, nuestra civilización ya no podría sostenerse sin los satélites artificiales.

En otro orden de cosas, incluso nos hemos beneficiado de algunos inventos originariamente ajenos a la Carrera Espacial, los cuales estaban condenados al olvido y al ostracismo de las curiosidades inútiles, que nunca hubieran llegado a ver la luz de no haber sido rescatadas por el Programa Espacial. Hasta entonces no parecía justificado su empleo. De ahí que su utilización en la práctica naciera a raíz de la carrera espacial. Por citar sólo una mínima muestra de los muchos miles de ejemplos posibles, mencionaremos por ejemplo el caso del teflón, componente de las sartenes antiadherentes, tras utilizarse en el revestimiento de los cohetes espaciales; o los difundidos cierres tipo Velcro, algo tan cotidiano hoy en día, y que el Programa Espacial sacó igualmente del *reino de los inventos inútiles*, al utilizarlo profusamente en el interior de las naves espaciales como medio de sujeción de múltiples objetos en ese ambiente ingrávido (más exactamente de microgravedad), evitando así que deambulen a la deriva por el interior de dichos habitáculos cósmicos. También se usan en las capas exteriores (no en las interiores, absolutamente herméticas) de los complicados trajes de astronauta y en sus accesorios (bolsillos, etcétera). Pues bien, todos vemos que hoy se emplean muy frecuentemente tanto en la indumentaria para los deportes de montaña, como en la ropa urbana, en las bolsas de deporte, correas de todo tipo, etc., etc... En definitiva, *el velcro* nunca hubiera salido del *limbo de los inventos curiosos*, de no haberse creado la necesidad de usarlo con ocasión del programa espacial.

Sin olvidar el beneficio económico e industrial de la investigación espacial pues, por poner un único ejemplo, sólo en el Proyecto Apolo, que puso al primer hombre en la Luna, colaboraron 60.000 empresas en proyectos y contratos para la NASA. Y esas 60.000 empresas suman una gigantesca cifra de empleos de todos los niveles, teniendo que incrementar enormemente el personal para poder afrontar la nueva carga de trabajo derivada de los proyectos que las fueron encargados. Además, entre esas corporaciones se encontraban las más punteras en tecnología, con lo que ésta recibió un impulso nunca

visto hasta entonces. Y las retribuciones de los técnicos y científicos, pese a su alta cualificación y trascendencia de su trabajo, ni por asomo llegan a las astronómicas cifras que perciben los futbolistas o los actores, siendo las de estos dos últimos colectivos muchas veces consideradas por la opinión pública como una auténtica inmoralidad, lo que escandaliza a la Sociedad. En el fútbol se gastan miles de millones en emolumentos de los jugadores. En la investigación espacial no existe ese derroche en estipendios. Por cierto, en los albores de la investigación espacial ya se comentaba en medios económicos, que cada dólar invertido en la misma, proporcionaba un beneficio de 4 dólares... En fin, un negocio que rinde el 400%, no está nada mal... Más aún, estudios económicos actuales apuntan a un beneficio para las empresas contratistas de 10 dólares por cada dólar invertido en investigación espacial (es difícil imaginar otro negocio que aporte un beneficio del 1000%), gracias a la transferencia de tecnología, lo cual es fácil de entender: pensemos, por ejemplo, en los astronómicos beneficios de la fabricación de teléfonos móviles, ampliamente difundidos, los cuales llevan incorporada, como ya se ha expuesto, la tecnología digital de las cápsulas Apolo (y el beneficio no es sólo para el fabricante, también la distribución comercial y la masa de puestos laborales que todo ello genera se benefician).

Esta importante participación industrial, con la fuerte competitividad empresarial que generó, no sólo motivó la amplia supremacía espacial de Estados Unidos sobre la extinta Unión Soviética, sino que disparó aún más el crecimiento industrial norteamericano, constituyendo uno de los múltiples factores por los que la gigantesca economía de ese país mantiene su hegemonía mundial, con el 22% de todo el producto interior bruto del Planeta. Quizá, de haber mantenido los niveles iniciales de investigación espacial, ahora sería aún mayor, y ese progreso, indirectamente, beneficiaría al resto de la Humanidad a través de los hipotéticos nuevos productos obtenidos que salpicarían nuestras vidas, como ya viene ocurriendo con otros beneficios de la investigación espacial (generalización de internet, telefonía móvil, GPS, avances médicos, en fin, lo ya comentado)...

Además del indudable beneficio científico, tecnológico, económico, etc., es preciso considerar otra cuestión mucho más importante aún: La ampliación del conocimiento y de los horizontes de la exploración humana satisfaciendo la curiosidad intelectual y el espíritu explorador de Nuestra Especie, el cual se materializa en los nuevos pioneros de la era actual. Ese espíritu explorador del ser humano ha sido una constante a lo largo de los tiempos y es el origen de nuestra civilización.

La conquista del espacio, en esencia, constituye un fiel reflejo del espíritu descubridor y sediento de conocimiento del ser humano, del cual ya fue consecuencia la actitud de nuestros remotos antepasados, al *conquistar el espacio* de la casi totalidad de nuestro propio planeta, convirtiéndonos en especie dominante del mismo: desde la sabana y las selvas africanas a los helados parajes boreales.

Por encima de todo, la conquista del espacio hará que la Humanidad entre por fin en su etapa de madurez pues, como no en vano dijo Tsiolkovski, uno de los padres de la Astronáutica: "La Tierra es la cuna de la Humanidad, pero nadie se pasa toda su vida en la cuna"...

La exploración espacial es fiel reflejo del conocido hecho de que los sueños son el motor del progreso y del origen de la Civilización.

El idealismo imperante en la investigación espacial sólo es comparable al comentado pragmatismo de la misma, que desemboca en una infinidad de aplicaciones prácticas de esa investigación.

Pues bien, sorprendentemente, y fruto de la falta de información y sobre todo de la ignorancia popular, siempre se oyen voces detractoras hacia el gasto en el Programa Espacial que, por cierto, es progresivamente decreciente, reitero, debido precisamente a dichas críticas, las cuales, desafortunadamente, influyen finalmente en los políticos encargados de aprobar los presupuestos destinados a investigación científica en tecnología espacial, como ya se ha comentado, reduciendo los presupuestos destinados a la misma, pese al referido avance científico, tecnológico e industrial que el Programa Espacial supuso para la Humanidad y a pesar de que, como hemos visto, infinidad de avances y productos utilizados en nuestra vida cotidiana tienen su origen en dicha investigación, lo cual desconoce la mayor parte de la población.

Nadie criticaría los gastos que generan, por ejemplo, las exploraciones arqueológicas, aunque éstas no nos procuren beneficios materiales como se le pide al programa espacial (que encima los da en demasía, según lo expuesto). Ciertamente que la Arqueología nos proporciona la satisfacción y el placer intelectual del conocimiento (al igual que la investigación espacial). Del mismo modo, tampoco se critican los desorbitantes y casi inmorales gastos en arte y subastas que se producen en todo el Mundo, lo cual se puede aceptar por el beneficio cultural que procuran (igualmente que el conocimiento en otras materias, como por ejemplo las relacionadas con el espacio, repito, también lo producen).

Pese a que lo expuesto indica, reitero una vez más, la increíble ignorancia científica y tecnológica de nuestra sociedad, pone igualmente de manifiesto el indudable peso específico que tiene la opinión pública, independientemente de sus aciertos o equivocaciones (como en el caso comentado).

En consecuencia, concienciando a la población acerca de la relevancia de la investigación científica, se puede impulsar la investigación, por el influjo de la opinión pública en las administraciones.

De ahí la gran importancia de sensibilizar a la opinión pública.

Como colofón de este editorial considero adecuado reseñar la siguiente cita de Arthur C. Clark: "Donde quiera que haya algo extraño, algo bello o nuevo, la gente querrá verlo"

(Arthur C. Clark (1917-2008) fue físico, matemático, escritor y divulgador científico. Como científico, sentó las bases de los satélites artificiales geoestacionarios (por ello, la órbita geosincrónica se llama también órbita de Clark, en su honor). Como escritor, fue el autor, entre otras novelas, de "2001: Una Odisea en el Espacio", llevada al cine).