

## El hombre y los viajes interplanetarios

En la última Escuela de Verano de la Universidad de Chile en Valparaíso, tuve ocasión de analizar detalladamente los múltiples problemas biológicos que deberán resolver los hombres de Ciencia antes de poder llevar a cabo con éxito un viaje interplanetario, en cohetes tripulados con seres humanos.

En primer lugar cabe preguntarse por qué existe en la actualidad un interés científico tan grande por los viajes interplanetarios. Las razones son varias:

1.º Se espera alcanzar con estos viajes un conocimiento más perfecto de las características físicas (temperatura, concentración iónica) de la *atmósfera superior* y de los espacios interplanetarios.

2.º Interesa conocer la intensidad de las *radiaciones* (rayos ultravioleta, rayos X y radiación cósmica) a grandes alturas.

3.º Es importante estudiar el impacto de los *micrometeoritos* (pequeñas partículas cósmicas), que por miles de millones son atraídos por la tierra, pero que no llegan a su superficie, pues en la atmósfera se destruyen por ignición a consecuencia del roce.

4.º Se podría lograr un notable avance en las *radiocomunicaciones* y en la *televisión*, estableciendo contacto con estaciones permanentes de retransmisión instaladas en los satélites artificiales.

5.º Aumentarían las posibilidades de los *estudios meteorológicos* en la tierra, pudiendo observarse la formación de nubes en toda la superficie terrestre. Con esto, se espera que

la predicción del tiempo pueda hacerse con mayor exactitud.

6.º Finalmente, se podría realizar el estudio directo de las características físicas de *otros planetas* y verificar la posibilidad de encontrar vida, ya sea vegetal o animal, en su superficie.

En realidad, es un poco extraño que los investigadores demuestren tanto interés por realizar viajes interplanetarios cuando queda tanto por conocer en la tierra; en circunstancia que todos están de acuerdo en la enorme dificultad de los problemas técnicos por resolver y en los riesgos extraordinariamente grandes que deberán afrontar los primeros pilotos de las naves interplanetarias; a tal extremo, que estos viajes parecerán más bien sofisticados intentos de suicidio en aras de la Ciencia.

Sin embargo, el afán de conocimientos y de aventura, y tal vez un deseo subconsciente de escapar de este "valle de lágrimas", son incentivos más poderosos que las voces prudentes de un sector importante de la Humanidad, más conservador y tradicionalista. Debido a esta curiosidad insaciable de la especie humana, el hombre ha conquistado paso a paso las *fronteras horizontales* de la tierra, o sea, ha llegado a conocer bastante bien toda la superficie del globo terráqueo, incluyendo sus polos, sus cumbres más altas y las profundidades abismantes de sus océanos. Resta conquistar la *frontera vertical*, que está representada por el océano atmosférico, cuya altura —profundidad en este caso—, se

ha calculado en 200 Km., o sea, aproximadamente el ancho medio de la República de Chile. Los seres viven en el fondo del océano atmosférico y, por consiguiente, tienen que soportar todo su peso que equivale al de una capa de mercurio de 760 mm. de altura o al de un océano cuya profundidad sea de 10.4 metros y que recubra del todo a la superficie de la tierra. Más allá de los 200 Km. de altura comienza el espacio exterior, que es absolutamente hostil a los seres humanos, por sus características térmicas (cerca al cero absoluto), su intensísima radiación (ultravioleta, rayos X y rayos cósmicos); así como por el posible impacto de los meteoritos que se desplazan a enormes velocidades en el vacío y que fácilmente pueden provocar accidentes fatales.

El hombre que intente realizar viajes interplanetarios deberá llevar consigo una atmósfera artificial, su propio *microclima*, semejante a la atmósfera terrestre indispensable para poder subsistir; además de los alimentos necesarios para todo el viaje, a fin de recibir las calorías y demás elementos que su metabolismo orgánico requiere.

Los diseñadores de los cohetes pueden prever y calcular la mayor parte de las características técnicas que deben tener estas naves interplanetarias, pero ¿será posible diseñar al hombre que ha de servir de piloto? La naturaleza biológica de la especie humana no puede cambiar; lo más que se podría conseguir sería adaptar al hombre en la mejor forma posible para que pudiera sobrevivir en un ambiente completamente diferente de aquel a que está acostumbrado. El hombre es física y psíquicamente inapropiado para sobrevivir en el espacio exterior; por lo tanto deberá ir provisto de los elementos que necesita y que la tierra le proporciona tan generosamente.

De las recientes experiencias recogidas con el lanzamiento exitoso de cohetes portadores de seres vivos (monos, a un máximo de 60 Km. de altura, y perros a un máximo de 1,700 Km. de altura), se sabe que los organismos superiores son capaces de resistir per-

fectamente las aceleraciones iniciales del cohete portador; incluso se ha constatado que todas las funciones biológicas continúan normalmente cuando la aceleración de gravedad llega a ser igual a cero, lo que corresponde al momento en que la propulsión del cohete cesa y el satélite se mueve libremente en su órbita, o sea, durante la mayor parte del vuelo espacial.

Todos los problemas biológicos que se plantean con motivo de estos viajes interplanetarios deberían estudiarse y resolverse primeramente por medio de las técnicas convencionales de las investigaciones biológicas. Si es necesario deberían realizarse estudios nuevos si en la actualidad se tuviese una información insuficiente sobre determinado problema. Es así como se ha tenido que ampliar notablemente la *Medicina convencional*, que es preferentemente curativa y preventiva, para ser reemplazada por la *Medicina de aviación*, disciplina que ha ido progresando conjuntamente con los adelantos de la aeronáutica. Estos adelantos han hecho posible que los pilotos puedan volar en aviones cada vez más veloces, puedan soportar aceleraciones y desaceleraciones cada vez mayores, y que puedan alcanzar un "techo" más alto. En la actualidad se está perfeccionando una tercera rama de la medicina, la *Medicina del espacio*, que se ocupa de la protección y del cuidado del hombre que será el futuro piloto de los cohetes interplanetarios.

En cuanto a los *problemas específicos*, que deberá resolver la "Medicina del espacio" mencionaremos los siguientes:

1.º Efecto de la *aceleración* durante el lanzamiento del cohete y su acción sobre el funcionamiento del aparato circulatorio.

2.º Posibles *consecuencias fisiológicas* de la ausencia de aceleración de gravedad ( $G=0$ ), durante el viaje interplanetario propiamente tal.

3.º Efecto de la *desaceleración* brusca al reingresar el cohete a la atmósfera terrestre.

4.º Tolerancia a los grandes cambios de *temperatura*.

5.º Efecto de las *radiaciones* (rayos X, ul-

travioleta y rayos cósmicos) en los seres vivos.

6.º Posible impacto de los *meteoritos* durante el vuelo interplanetario.

7.º El problema de *alimentación, respiración y eliminación* de las sustancias de desecho.

8.º Problemas *psíquicos* relacionados con las condiciones extraordinariamente desfavorables a que estará sometido el piloto; o sea, de completo aislamiento en semiobscuridad durante muchos días y en un espacio muy reducido.

a) *Sobre la necesidad de una atmósfera artificial.*—A fin de economizar al máximo la provisión de *oxígeno*, que es necesario llevar en estos viajes interplanetarios, el sistema de aire acondicionado será ajustado para regular a una presión barométrica correspondiente a una altura de 5,000 metros sobre el nivel del mar; o sea, que el piloto deberá estar previamente aclimatado a estas condiciones de baja presión de oxígeno, que son equivalentes al “clima de altura” o de alta montaña.

Para el sistema de aire acondicionado se recomienda una mezcla de *helio* y de *oxígeno*; en que el helio equivale a un 60% de la mezcla y el oxígeno a un 40%; en vez del 20% de oxígeno que tiene la atmósfera terrestre. El alto porcentaje de oxígeno sirve para prevenir la anoxia (o falta de oxígeno) y el reemplazo del helio por el nitrógeno de la atmósfera natural se recomienda con el propósito de prevenir las embolias gaseosas que se forman en una “descompresión explosiva” si se rompe la cabina del cohete a consecuencia del impacto de un meteoro. En este último caso (descompresión brusca), el descenso instantáneo de la presión barométrica en la cabina determinaría la aparición de burbujas, de los gases que estaban disueltos en todos los líquidos del organismo; de tal manera que las burbujas que se forman determinan la obstrucción de los finos capilares de la circulación general y en particular de la circulación pulmonar, proceso que detiene toda la circulación (embolia gaseosa)

sa) y es causa de muerte en pocos segundos.

Se ha calculado que cada pasajero de la nave interplanetaria requiere 1.26 Kg. de oxígeno por día

En cuanto al problema del *anhídrido carbónico*, que es eliminado por el aparato respiratorio y que proviene del metabolismo celular, es interesante anotar que dicho gas debe ser eliminado casi totalmente de la atmósfera artificial; por cuanto su acumulación provoca graves alteraciones en el organismo. Si el porcentaje de anhídrido carbónico sobrepasa el 4% se producen alteraciones del juicio en el piloto, y a concentraciones superiores se alteran profundamente los centros respiratorios y de regulación cardiovascular, perturbaciones que rápidamente conducen a la muerte. Es por esto que la absorción del anhídrido carbónico es uno de los problemas más importantes que debe resolver el médico del espacio. Si utiliza la “cal-sodada” para la absorción del anhídrido carbónico se requieren 2 Kg. por persona y por cada 8 horas de viaje; de manera que el peso adicional en cal-sodada representaría un peso muerto muy perjudicial para el éxito de la empresa.

El *vapor de agua*, que constantemente se elimina por vía pulmonar y cutánea, puede absorberse mediante el hidruro de litio.

Sin embargo, la solución más conveniente para la absorción del anhídrido carbónico y la producción simultánea de oxígeno podría lograrse por medio del *cultivo artificial de algas* en capa delgada. La *fotosíntesis* que se realiza en la clorofila de estas algas resolvería los dos graves problemas en forma muy racional. Por otra parte, estas mismas algas pueden servir de *alimento*, ya que ellas se caracterizan por su capacidad de sintetizar sustancias proteicas, grasas e hidratos de carbono, con un muy buen rendimiento.

Acerca de los *requerimientos alimenticios* se ha calculado que por cada pasajero se deberán llevar 1.2 Kg. de alimentos desecados y 2 Kg. de agua por día, que ha de servir para la bebida y para el aseo personal. Estos

alimentos deben proporcionar al piloto diariamente alrededor de 3.000 a 3.400 calorías. A esto debemos agregar naturalmente las vitaminas y las sales, que fácilmente se pueden adicionar a los alimentos prefabricados.

Un problema grave para la alimentación se presentará cuando el cohete ha gastado todo su propelente y se encuentre en pleno viaje interplanetario, momento en que la *gravedad llega a ser igual a 0*. En esta condición todos los objetos sueltos flotan libremente en el aire; de manera que es imposible ingerir líquidos desde un vaso, porque todo su contenido —una vez en movimiento— se desplazaría chocando con la cara del piloto o con los objetos que se interpongan en su trayectoria. Para evitar este inconveniente se deberán guardar los líquidos en botellas plásticas, que al ser comprimidos inyectan a través de un tubo el líquido hacia la cavidad bucal. Otra solución sería el uso del sorbete, por medio del cual se podría succionar el líquido desde el interior del vaso hacia la cavidad bucal.

La *preparación de los alimentos* también ofrecerá serios inconvenientes, pues no será posible emplear la cocina convencional, ya que en condiciones de vuelo sin gravitación ( $g=0$ ) las pequeñas *burbujas de gases*, que se producen por la cocción, impulsarían el trozo de carne hacia el techo de la cabina. Por este motivo, para la cocción de los alimentos se instalarán cocinas de onda ultracorta (ultratermia), en que no hay formación de gases, pues la expansión de éstos pondría en movimiento al trozo de alimento cuyo peso en este momento es nulo.

Muchos de los problemas alimenticios también se podrían resolver utilizando *alimentos concentrados* en forma de pasta, enriquecidos con sales y vitaminas, y que se conservarían envasados en tubos de pared flexible, tal como los tubos de pasta dentífrica, que al comprimirse dejan en libertad el contenido.

b) *Efectos de la aceleración sobre el funcionamiento del aparato circulatorio.*—El

cuerpo humano es capaz de resistir cualquier velocidad siempre que ésta sea rectilínea y uniforme. En cambio las modificaciones de velocidad en la unidad de tiempo (aceleraciones o desceleraciones), producen efectos fisiológicos notables; porque el contenido líquido —la sangre— se puede desplazar libremente en el interior de los vasos elásticos que constituyen el sistema circulatorio. Es lo que sucede en el momento del lanzamiento del cohete, hasta que alcanza éste la velocidad uniforme de crucero, o sea, hasta que se ha agotado el propelente químico.

La aceleración de gravedad de la tierra se usa como unidad de referencia ( $g=1$ ), y todas las demás aceleraciones, tanto las positivas como las negativas, se expresan en múltiplos de esta unidad. En biología se habla de *aceleración positiva* cuando la fuerza gravitacional se ejerce en la dirección de la cabeza a los pies, y de *negativa* cuando la fuerza actúa en sentido contrario, de los pies a la cabeza. La aceleración será *transversal* cuando la fuerza gravitacional ejerce su acción en la dirección anteroposterior del cuerpo.

La tolerancia a las aceleraciones depende de la posición del cuerpo del piloto con respecto a la dirección del movimiento del cohete y de la magnitud del cambio de aceleración. Cuando esta aceleración es *positiva* (de la cabeza a los pies) e igual a  $+3$  a  $+4$  g, se produce una alteración visual (visión nublada) por una deficiente irrigación sanguínea a nivel de la retina y de los centros cerebrales. Con  $+4.5$  g el piloto deja de ver (visión negra) y con  $+5.5$  g el individuo pierde el conocimiento. Cuando las aceleraciones son *negativas*, la sangre se desplaza de los pies hacia la cabeza; de manera que con  $-3$  g se produce la "visión roja", y si esta aceleración negativa persiste o se hace más intensa se producen hemorragias cerebrales. Como ilustración vayan estas cifras: con 7.8 g la sangre adquiere el peso específico del acero y con 13.6 g es equivalente al mercurio metálico. Es fácil imaginar lo que

esto significa para la circulación de la sangre cuando un líquido adquiere tal peso específico.

Así como las aceleraciones positivas y negativas son mal toleradas, porque la fuerza principal se ejerce en estos casos a lo largo del eje del cuerpo y en consecuencia se producen desplazamientos de la sangre líquida en el interior del sistema vascular, la *aceleración transversal* es muy bien tolerada por el hombre, debido a que la fuerza gravitacional actúa en dirección perpendicular a las grandes arterias y venas. Por ejemplo, el coronel Stapp de los Estados Unidos ha podido soportar una desaceleración brusca equivalente a 35 g sufriendo sólo algunas pequeñas alteraciones hemorrágicas perioculares. En ese momento su peso corporal, que en condiciones normales era de 70 Kg., llegó a la fantástica cifra de 2,500 Kg., o sea, dos y media toneladas.

Por otra parte, en experimentos realizados por investigadores ingleses con seres humanos fijados en asientos con resortes que son lanzados por medio de una catapulta, se ha encontrado que estos individuos pudieron soportar aceleraciones hasta de 25 g, siempre que ellas duren menos de un tercio de segundo.

Para dar una idea numérica de las enormes fuerzas que se desarrollan durante las desaceleraciones bruscas —incluso en la aviación contemporánea—, nos bastará recordar que en el *lanzamiento con paracaídas* se produce una desaceleración equivalente a — 5 g o — 6 g cuando éste se abre; cuando el paracaidista toca tierra se produce una nueva desaceleración de — 2,5 g, lo que equivale a la misma desaceleración que soportaría el organismo si el individuo saltase a tierra desde 3 metros de altura, sin paracaídas. Si por mala fortuna el paracaídas no se abriese después del lanzamiento del piloto desde el avión, la desaceleración que sufriría el cuerpo humano en el momento de tocar tierra oscila entre — 360 y — 720 g, o sea, que el cuerpo humano, que normalmente pesa 60

Kg., adquiere en ese instante un peso equivalente a 20 toneladas.

c) *La falta de gravitación y los movimientos voluntarios.*—La orientación del cuerpo en el espacio depende del funcionamiento normal de pequeñas concreciones —los otolitos— que existen en el *aparato laberíntico* en el oído interno, y que por efecto de la gravitación terrestre ejercen presión sobre ciertas terminaciones nerviosas del aparato receptor laberíntico. Cuando la gravedad llega a ser igual a 0 este sistema no funciona y por lo tanto no se produce una corrección automática de los movimientos según cual sea la posición de la cabeza en el espacio; de modo que el sujeto sólo podrá orientarse ahora mediante el control visual. Cuando los pilotos de avión a chorro describen una parábola en el cielo, la fuerza centrífuga del avión llega a anular momentáneamente la atracción gravitacional de la tierra, y en este momento en que  $g=0$  los objetos no fijados flotan libremente en la cabina, y además el piloto es víctima de una ilusión óptica, que consiste en que los objetos fijos lo ve más arriba de lo que están en realidad (ilusión ocular agravitacional). Un 30% de las personas experimentan durante este estado de *ausencia de aceleración de gravedad*: vértigo, náuseas y vómito, lo que además de perturbar el control del vuelo por parte del piloto puede crearle serias dificultades con su sistema respiratorio artificial.

Además, es interesante analizar la influencia que ejerce la falta de gravitación sobre la ejecución de los *movimientos del cuerpo*, porque una vez iniciados éstos persisten indefinidamente, salvo que el piloto haga un movimiento en sentido contrario. La musculatura esquelética bajo control voluntario está ajustada en su funcionamiento al peso actual del cuerpo, al peso de los miembros y de la cabeza. Cuando éstos no pesan ( $g=0$ ) resulta que en esta circunstancia tan anormal la musculatura es hiperpotente. Es por esto que el más mínimo esfuerzo produce un rápido desplazamiento del cuerpo,

que no pesa, en una dirección (acción) y un movimiento en sentido opuesto del cohete portador (reacción). A estas circunstancias debemos atribuir que el tripulante de las naves interplanetarias deba aprender de nuevo a moverse en este ambiente extraordinario (agravitacional) y que deba tratar de evitar en lo posible todo movimiento brusco o esfuerzo desmesurado, porque chocaría contra las paredes de la cabina o contra el tablero de los instrumentos, lo que puede acarrearle graves lesiones. Incluso deberá aprender a dormir en condiciones agravitacionales, porque tendrá que acostumbrarse a dormir sin sentir presión alguna en su propio cuerpo. Es posible que para dormir el piloto deberá estar fijado por medio de elásticos al lecho para evitar que su cuerpo sea arrastrado durante el sueño por el aire impulsado por el ventilador del sistema de aire acondicionado o por los movimientos involuntarios que siempre se realizan durante el sueño.

d) *La protección contra los cambios extremos de temperatura.*—Además de la aislación térmica de la superficie exterior del cohete —tanto contra las altas temperaturas durante el lanzamiento, como contra las temperaturas muy bajas durante el vuelo espacial— se han ensayado diferentes tipos de vestimenta a fin de proteger al hombre contra estos enormes cambios de temperatura. Si el hombre lograra aterrizar vivo en la *superficie lunar*, durante el día lunar tendría que soportar en la región ecuatorial una temperatura de aproximadamente 100° C. y durante la noche lunar fácilmente se llega a —150° C. Esto significa que la vestimenta del hombre del espacio debería ser capaz de protegerlo contra una variación de temperatura de hasta 250° C. En la actualidad la aviación ha desarrollado vestimentas especiales que consisten en numerosas capas aislantes de material plástico de características físicas adecuadas y que incluso están separadas entre sí por compartimientos que se pueden insuflar a presión, a fin de evitar el desplazamiento de la sangre hacia las extre-

midades inferiores durante las aceleraciones iniciales y así aumentar la tolerancia del piloto contra los efectos gravitacionales que hemos analizado más arriba.

e) *Influencia de las radiaciones.*—Debido a la ausencia de la absorción atmosférica de las radiaciones provenientes del sol, la intensidad de los *rayos ultravioleta* es tan grande, que provocaría en breve plazo graves quemaduras en la piel de las partes expuestas, especialmente de la cara. Además se produciría un curioso fenómeno ocular debido a que el cristalino del ojo enfocaría los rayos ultravioleta en la retina causando la destrucción de los receptores fotosensibles y con ello se llegaría rápidamente a la ceguera. Para evitar estos efectos deletéreos de los rayos ultravioleta se recomiendan cascos de plástico con aperturas de vidrio especial capaz de absorber fuertemente a la radiación ultravioleta.

Otro problema de mucha gravedad es el que se refiere a la gran intensidad y penetración de las *rayos X* y de la *radiación cósmica* que como se sabe es capaz de producir mutaciones, o sea, alteraciones cromosómicas en las células germinales del piloto, que pueden dar lugar a una descendencia monstruosa. Por otra parte, existe el peligro de la aparición de cánceres como consecuencia de la fuerte irradiación que deberán soportar los tripulantes de los cohetes interestelares durante todo el viaje.

f) *El impacto de los meteoritos.*—Diariamente penetra a la atmósfera terrestre una enorme cantidad de micrometeoritos cuyo peso total es de una tonelada; pero que afortunadamente no alcanza a la superficie de la tierra debido a que se destruyen por combustión en presencia del oxígeno atmosférico. Sin embargo, en el espacio exterior la posibilidad de un accidente por chocar un micrometeorito con el cohete es muy remota. Seguramente es más peligroso cruzar la calle en algunas de las grandes ciudades de nuestro país.

Como la *velocidad de estos meteoritos* oscila entre 25 y 75 Km. por segundo, la ma-

yoría de ellos —debido al enorme roce en la atmósfera— son destruidos a una altura que varía entre los 80 y los 120 Km. A consecuencia de su enorme velocidad un micrometeorito de sólo 20 mg. de peso es capaz de atravesar una plancha de acero de 1,0 cm. de espesor, y por estas razones el cohete debe estar hecho de diversos compartimientos estancos, que pueden ser aislados en un momento dado hasta que se haya reparado la brecha después de evacuar la tripulación afectada, si por casualidad un meteorito rompe la coraza exterior del cohete.

Para la tripulación el escape de aire, que estaba a presión, significa el *descenso brusco de la presión barométrica* en la cabina, lo que encierra el peligro de la anoxia fulminante, de la embolia gaseosa, de la expansión violenta de los gases en las cavidades orgánicas y de la pérdida de agua de la sangre a nivel del pulmón; además del descenso brusco de la temperatura en el interior de la cabina.

La *anoxia aguda* (falta de oxígeno) se produce cuando el porcentaje de hemoglobina oxigenada en la sangre arterial es inferior al 68%, lo que trae consigo un estado de colapso. Como cifra de referencia debemos recordar que a nivel del mar la hemoglobina de la sangre arterial tiene una saturación en oxígeno de un 98%.

La *embolia gaseosa* se debe al desprendimiento de los gases disueltos en los líquidos orgánicos, burbujas que al entrar en circulación producen la detención de la circulación en los capilares. Sucede algo parecido cuando se destapa una botella de bebida gaseosa; mientras esté tapada, los gases (CO<sub>2</sub>) están disueltos en el líquido debido a la alta presión a que están sometidos. En cuanto se destapa la botella, la presión en su interior cae bruscamente al nivel atmosférico, y el gas disuelto se desprende del líquido en forma de burbujas que ascienden en el líquido debido a su menor densidad.

En cuanto a la *evaporación del agua*, a nivel del pulmón, esto se produce a una altura superior a 19 Km.; por cuanto en este

momento la presión barométrica es precisamente de 47 mm. Hg, valor que coincide con la presión del vapor de agua a 37° C. A esta presión barométrica literalmente “le hierve la sangre” al piloto, o sea, que no hay lugar para otros gases que no sean vapor de agua. Es por esto que la muerte es una consecuencia inevitable, tanto por la falta total de oxígeno, como por la evaporación rápida del agua de la sangre en los alvéolos pulmonares; entonces la viscosidad de la sangre aumenta extraordinariamente debido a este proceso de “deshidratación fulminante”, transformándose ella en un líquido siruposo, casi gelatinoso, que el corazón no es capaz de hacer circular.

En cuanto al *aumento de volumen de los gases* en la descompresión explosiva, es interesante recordar que a nivel del estómago, del intestino, del oído medio y de las cavidades paranasales, existen gases que se pueden expandir violentamente cuando se reduce la presión barométrica. Este aumento de volumen es muy considerable si se toma en cuenta que un gas que tiene un volumen igual a la unidad a la presión barométrica a nivel del mar (760 mm. Hg), aumenta casi ocho veces su volumen a una presión barométrica de 141 mm. Hg que equivale solamente a una altura de 12 Km. A 18 Km. de altura, con una presión barométrica de 54 mm. Hg, ya el aumento de volumen alcanza a 100 veces el valor inicial (a nivel del mar), y se comprende fácilmente que no hay organismo que pueda soportar esto.

Todos estos accidentes, que son mortales en breves segundos a una altura incluso inferior a los 20 Km., se pueden producir eventualmente durante todo el resto del viaje interplanetario; por lo tanto, todas las precauciones que se tomen para prevenirlos serán pocas, dada la gravedad y la rapidez con que aparecen estos cuadros.

Una última pregunta que nos podemos formular:

g) *¿Es urgente que el hombre se aventure al espacio exterior para solucionar determinados problemas científicos?*—Es evi-



dente que esto no es así, no obstante que el hombre se puede comparar muy ventajosamente con los actuales *cerebros electrónicos*; en primer lugar por su costo menor, por ser más apto para ciertas y determinadas decisiones, y, especialmente, por su menor peso; a pesar de que ahora último —con el reemplazo de las válvulas termiónicas por los minúsculos transistores de germanio— el peso de estas calculadoras electrónicas se ha podido reducir considerablemente.

Fundamentalmente en un *satélite artificial* bien equipado se podrían hacer todas las mediciones físicas que sea necesario realizar. También se podrá algún día transmitir por medio de la televisión —con fines meteorológicos— las imágenes de la constelación de las nubes en la superficie terrestre. Además será posible observar y registrar con gran fidelidad —por no interponerse la atmósfera terrestre— las características radiaciones del sol, de la luna y de las demás estrellas. Incluso se podrían equipar en el futuro los satélites artificiales con los diversos instrumentos de observación astronómica.

Sin embargo, el hombre no dejará nada por hacer para realizar un vuelo hacia la luna y otros planetas, porque parece ser su destino. El espíritu de aventura, el afán de conocimiento y de dominio sobre la naturaleza, serán más fuertes que el temor a lo desconocido, el temor a la muerte por una falla en el mecanismo propulsor del cohete, el temor a una posible destrucción del cohete por un meteorito, o el temor —al fin— de no poder regresar desde la luna. Todas estas dificultades serán un incentivo más para conquistar el “espacio interplanetario”, hecho que puede suceder mañana, en un año, o en un decenio. Esto no importa; lo único seguro es que el hombre va a dar este paso, y es muy probable que después de muchos fracasos el intento de la liberación definitiva de la atracción gravitacional terrestre sea coronado por el éxito.

La aparición del “hombre sobre la tierra” representa la primera etapa en la conquista de las “fronteras horizontales” del globo ter-

restre. La segunda etapa se iniciará con el nacimiento del *hombre del espacio* que representará casi una especie nueva, adaptada a las condiciones ambientales más desfavorables, que por lo demás prevalecen en la mayor parte del universo; a excepción de los millones de planetas en los cuales existen probablemente condiciones compatibles con la vida, tal como la conocemos en la tierra.

En el *espacio exterior* no hay oxígeno, no hay protección contra las radiaciones, no hay defensa contra las grandes diferencias de temperaturas, ni contra el impacto de los meteoritos. Tampoco encontraremos allá las calorías necesarias para nuestro metabolismo, ni las vitaminas, ni las sales, ni el agua necesaria para la supervivencia de la especie. Esto significa que el “hombre del espacio” deberá llevar consigo todos estos elementos de origen telúrico o deberá ingeniarlos para fabricar algunos de ellos durante el viaje mismo o a la llegada a determinado planeta.

Por el hecho de tener que llevar consigo todos los elementos que se requieren para su metabolismo —incluso una atmósfera artificial semejante a la terrestre—, se explica que el equipaje para estos viajes interplanetarios es mucho mayor que el habitual, y por esta razón también los cohetes deberán ser enormes; pues no basta que el hombre tenga cabida en su interior, sino que además del piloto deberán ir acondicionadas muchas toneladas de instrumentos, de oxígeno, de agua y alimentos. Si esto no fuese así, el hombre ya habría podido intentar un viaje al espacio en el “Sputnik III”, cuyo peso es superior a una tonelada; siempre que el retorno a la tierra hubiese sido solucionado previamente por la Ciencia y la Tecnología del presente.

Si esta gran aventura de la especie humana fuese coronada por el éxito, y podemos estar seguros que el hombre no dejará nada por ensayar para lograr su propósito, entonces el hombre del futuro habrá vivido realmente —para hablar con Stephan Zweig— otro *Momento estelar de la Humanidad*.