

# Tecnología espacial para la salud

Ramiro Iglesias Leal, Amanda Gómez

Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial, UNAM

(Recibido, febrero 14, 1992; aceptado, junio 26, 1992)

El presente trabajo tiene como finalidad revisar las aplicaciones que la tecnología espacial tiene en la atención a la salud, la enseñanza de la medicina y la investigación clínica. Se hace énfasis en la conveniencia de que México incorpore tecnología avanzada en el proceso de formación de recursos humanos para la salud y en el aprovechamiento de modelos técnicos alternativos para llevar los beneficios de la medicina moderna a la población marginada. También se mencionan algunos adelantos médico-técnicos que la exploración espacial ha aportado a la humanidad.

**1. Origen de la tecnología médica espacial.** Con el advenimiento de los vuelos espaciales tripulados hace tres décadas, se inició la Telemetría Médica, procedimiento que utiliza sistemas de telecomunicaciones para enviar datos clínicos a distancia. Esta disciplina nace de la necesidad de conocer en todo momento el estado de salud de los astronautas.

En la fase inicial de la era espacial, los parámetros clínicos disponibles eran limitados. Por ejemplo, durante los vuelos a la Luna, los médicos del Centro de Control de la NASA sólo contaban con la información verbal de los tripulantes, una derivación del electrocardiograma y el neumograma (registro de los movimientos respiratorios)<sup>1</sup>. A medida que las misiones espaciales se volvieron más frecuentes y más prolongadas, las facilidades para lograr una atención médica integral se fueron ampliando.

Actualmente es posible realizar una valoración clínica muy completa de las tripulaciones espaciales, pues las astronaves cuentan con equipo médico a bordo, doble canal de voz e imagen, instalaciones apropiadas en tierra y personal entrenado. Un examen médico se realiza de la siguiente manera:

-El interrogatorio se hace en forma "directa" y

privada; el paciente y el médico conversan "frente a frente", a través de imagen televisiva y sonido.

-La inspección general y de la región enferma se hace enfocando una cámara hacia donde el médico lo requiera.

-La palpación y percusión se ejecutan por intermedio de un auxiliar (otro astronauta) previamente entrenado.

-La auscultación de ruidos cardíacos, respiratorios e intestinales se obtiene mediante un telestetoscopio (dispositivo que capta y transmite dichos ruidos).

-La observación de la nariz y faringe, oído, fondo del ojo, recto, vagina, etcétera, se realiza con el apoyo de un auxiliar o médico a bordo, quien debe disponer del instrumental adecuado para cada maniobra y de una cámara especial para captar y transmitir la imagen al Centro de Control.

-Los estudios de gabinete como el electrocardiograma, ecocardiograma, radiografías, etcétera, se toman a bordo y la imagen es enviada a tierra para su interpretación.

-Los análisis de laboratorio se practican con equipo automatizado y los datos son enviados al Centro de Control. Cuando algunos estudios requieren la observación con microscopio, se afoca la cámara especial de TV, y la imagen se envía al Centro de Control, donde un experto interpreta lo observado en el campo microscópico.

-Las interconsultas con especialistas se realizan siguiendo el procedimiento que se ha señalado.

Los resultados del interrogatorio, del examen físico, de los estudios de gabinete y de laboratorio se analizan para integrar diagnósticos y ofrecer las indicaciones pertinentes. A este nuevo concepto de la práctica

médica se le denomina Telemedicina o Medicina Teledirigida<sup>2</sup>.

**2. Tecnología espacial para la atención a la salud en tierra.** Desde la década de los setentas, el procedimiento empezó a desarrollarse en tierra para resolver problemas de salud en lugares de difícil acceso, o en comunidades rurales dispersas en regiones polares, desérticas y montañosas, en donde es impráctico o imposible contar con instalaciones médicas. Citaremos cuatro ejemplos notables:

a) Sistema de telemedicina para la reservación indígena Pápago, en el Estado de Arizona, EUA. Esta extensa región desértica cuenta con 75 comunidades pequeñas y dispersas, mal comunicadas entre sí y sin posibilidad de disponer de instalaciones hospitalarias fijas. Los servicios de salud se otorgan a través de unidades móviles provistas de personal médico y paramédico, laboratorio, equipo de rayos X, electrocardiógrafo y un sistema de telecomunicación para interconsulta especializada con centros hospitalarios próximos<sup>3</sup>.

b) Programa de telesalud para la región ártica del Canadá. Hay comunidades de la región polar de este país que quedan incomunicadas durante el invierno. Mediante un satélite de órbita sincrónica (geoestacionario) se establece la comunicación con los pueblos y aldeas, a veces muy distantes entre sí, y en esto se apoyan diversas acciones de salud, específicamente interconsultas con especialistas de centros médicos de las grandes ciudades<sup>4</sup>.

c) Atención a la salud en Alaska, vía satélite. La geografía particular de Alaska, su clima y la dispersión de aldeas en vastas regiones del estado, hacen muy difícil el otorgamiento de los servicios de salud para sus habitantes. Con el apoyo de un auxiliar paramédico (o una enfermera) en la comunidad, de un sistema de telecomunicaciones (radio y TV) vía satélite y de médicos especialistas en hospitales del Estado se ha logrado establecer un procedimiento eficaz para hacer llegar los adelantos de la medicina a zonas remotas que, de otra manera, difícilmente podrían recibirlos<sup>5</sup>.

d) Telemedicina en catástrofes masivas. Actualmente está tomando importancia un nuevo enfoque de la telemedicina: su aplicación en las catástrofes por fenómenos naturales. Recientemente se comprobó la oportunidad y la eficacia de este recurso en Armenia, durante la serie de sismos de que fue víctima. La NASA y las autoridades de la URSS

establecieron comunicación vía satélite para apoyar la atención médica especializada de enfermos graves o complicados. Los médicos de Armenia tuvieron la posibilidad de consultar con especialistas de la NASA y de cuatro centros médicos de los Estados Unidos, sobre diversos problemas clínicos en más de 200 pacientes. La operación se ha calificado como altamente exitosa y viene a demostrar fehacientemente la viabilidad y la eficiencia de la Telemedicina en catástrofes por fenómenos naturales<sup>6</sup>.

**3. Tecnología espacial para la enseñanza y la investigación médica.** La enseñanza de la medicina en el nivel de pregrado y posgrado así como la investigación en ciertas áreas de las ciencias de la salud han encontrado, en los satélites de telecomunicaciones y de percepción remota, instrumentos muy valiosos para elevar la calidad y ampliar el horizonte en ambos campos. Los siguientes ejemplos son ilustrativos:

a) Enseñanza médica continua para la provincia de Ontario. Las cinco facultades de medicina de Ontario, Canadá, han puesto en práctica cursos de actualización para médicos, enfermeras y personal auxiliar en zonas rurales y poblaciones alejadas de los grandes centros hospitalarios. Se utilizó transmisión radial para las conferencias; previamente se distribuyó material impreso a los destinatarios de los cursos; en la mayoría de los casos hubo posibilidad de preguntas y respuestas, vía telefónica. La evaluación final de este sistema de enseñanza médica fue muy satisfactoria, y la opinión general de quienes la recibieron, muy favorable<sup>7</sup>.

b) Sistema de telemedicina de la Clínica Mayo. Este centro hospitalario está enlazado permanentemente con sus dos sucursales en Jacksonville, Florida, y Scotsdale, Arizona, vía satélite. Mediante doble canal de video y audio, se imparten 40 horas a la semana de enseñanza médica y cuatro horas semanales para consultas interinstitucionales, sobre casos clínicos complejos o interesantes y estudios de laboratorio y gabinete de difícil interpretación.

c) Programas de educación médica continua, en México, vía satélite. Esporádicamente, y patrocinadas por laboratorios de productos farmacéuticos y casas productoras de equipo médico, en México se han escenificado espléndidas conferencias internacionales, con la participación de afamados especialistas del mundo entero, vía satélite. Pero el esfuerzo más importante en este campo lo ha realizado el Hospital Infantil de México "Federico Gómez", el cual ha

creado el Centro Mexicano de Educación en Salud por Televisión (CEMESATEL).

Con el apoyo de la Secretaría de Salud, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la Universidad Nacional Autónoma de México, el CEMESATEL viene difundiendo, desde 1986, programas de educación continua dirigidos al personal de salud del país. En ellos participan destacados especialistas de institutos y hospitales de tercer nivel de la Ciudad de México; se difunden vía Satélite Morelos a toda la República; la señal se recibe en las antenas de la SCT en las capitales de los estados, o en antenas parabólicas de tipo casero para recepción de video en banda C; las emisiones tienen lugar los miércoles de cada semana, de 9 a 14 horas, de marzo a noviembre; los temas son diversos, pero en general están enfocados a la actualización en la prevención, diagnóstico y manejo de los problemas médicos más frecuentes<sup>8</sup>.

d) Investigación médica. Si se omite mencionar aquí los estudios con tecnología espacial sobre la contaminación y deterioro del ambiente natural, la investigación médica aplicada es muy limitada; casi todos los esfuerzos de las agencias espaciales se han orientado a conocer el comportamiento del cuerpo humano en gravedad cero, a experimentar las medidas necesarias para evitar la desadaptación al medio ambiente terrestre y al cuidado de la salud de los tripulantes. Sin embargo, se han realizado algunos estudios muy interesantes en telemetría para observar el desplazamiento de ciertas especies de animales aéreos, acuáticos y terrestres, mediante la colocación de sensores cuya señal es captada por satélite. Citaremos dos ejemplos reveladores de la utilidad de la tecnología espacial para el control de enfermedades endémicas transmitidas por insectos: 1) la identificación precisa del habitat del mosquito que transmitía encefalitis viral a los seres humanos en la región de Nueva Orleans, a principios de la década de los años 70. Ello se logró fotografiando desde un satélite, el follaje donde se alojaba el vector<sup>9</sup>; 2) con el mismo procedimiento, la NASA realiza actualmente para la Secretaría de Salud de nuestro país, un estudio para ubicar con precisión el habitat del mosquito que transmite el paludismo en el Estado de Chiapas.

Todós estos trabajos han sido evaluados en su relación costo/beneficio; en general, los resultados son relativamente semejantes para todos ellos. Tomémos como ejemplo el programa de atención médica en la reservación indígena Pápago del Estado de Arizona, la evaluación señaló las siguientes deficiencias: a)

inadecuada interacción entre el equipo técnico y el usuario; b) fallas del sistema de telecomunicaciones; y c) entrenamiento inadecuado del personal. Sin embargo, debe señalarse que estas deficiencias fueron superándose a media que el programa avanzaba. También se encontraron los siguientes datos positivos: a) el sistema tuvo una gran aceptación entre los pacientes; b) evitó el traslado innecesario de pacientes a hospitales distantes; c) las señales de audio, video y eléctricas pudieron transmitirse con éxito; d) las imágenes de Rx y del campo microscópico también se transmitieron adecuadamente; e) el sistema incrementó el conocimiento de la comunidad sobre salud pública y el nivel de la misma; y f) el costo financiero de esta nueva alternativa de atención a la salud fue marginal en relación al procedimiento tradicional.

**4. Avances médico-técnicos derivados de la tecnología espacial.** No es posible, en un breve trabajo como éste, mencionar todos los adelantos que la exploración cósmica ha traído a la medicina, por lo que solamente citaremos los más conocidos:

a) Si recordamos que la tecnología naval y aérea son las antecesoras inmediatas de la espacial, debemos admitir que el ultrasonido (sonar/radar) en medicina, la grabadora Holter del electrocardiograma y la oxigenación hiperbárica son aportaciones genuinas del desarrollo de las ciencias aeroespaciales.

b) La telemetría médica en todas sus modalidades (registro y envío a cualquier distancia de datos como el electrocardiograma, encefalograma, neumograma, presión arterial, etcétera)

c) La telemedicina, una organización particular de los recursos de salud que, apoyados en sistemas de telecomunicaciones, puede llevar los beneficios de la medicina moderna a los habitantes de las comunidades aisladas.

d) El traje espacial para proteger a bomberos, trabajadores de fundiciones y de frigoríficos; también es usado para aislar y proteger a niños con síndrome de inmunodeficiencia congénita.

e) El casco espacial lo usan algunos grupos quirúrgicos para evitar la contaminación del campo operatorio. Una modificación del casco es aplicable a los enfermos epilépticos para evitar traumatismos craneoencefálicos.

f) La silla de ruedas manejada con el movimiento de los ojos, para enfermos parapléjicos.

de operaciones quirúrgicas, visita a una sala de enfermos, cursos completos sobre algunas materias, etcétera. Esta forma de enseñanza ha probado ser más eficiente y más económica.

e) La docencia médica en el nivel de posgrado tiene acreditada mayor experiencia que la del nivel de pregrado. En México, el CEMESATEL va en el sexto año de labor continua; en otros países es todavía más antigua. Pero en nuestro medio, las instituciones de salud como el IMSS, ISSSTE, PEMEX y el grupo de hospitales privados del país no están aprovechando las ventajas de la tecnología espacial para la salud, y en particular para la docencia. Esta opción es aplicable no sólo a la capacitación continua del personal médico de base, sino también al cuerpo de residentes y al personal de enfermería, al paramédico y al administrativo.

f) La investigación médica tiene un lugar importante dentro de un programa general de tecnología espacial para la salud. Algunas líneas de investigación podrían ser las siguientes: 1) con el uso de telemetría es posible observar el comportamiento del electrocardiograma y otros parámetros clínicos en deportistas (la muerte súbita no es rara en

competencias de maratón y otras pruebas de resistencia)<sup>13</sup>. Con el mismo procedimiento puede conocerse el estado de salud de conductores de naves aéreas y de otros vehículos de transporte público y de competencia. En funcionarios de alto nivel, durante jornadas agotadoras (como las comparecencias ante la Cámara de Diputados) sería interesante conocer los riesgos para la salud que ello implica. Sin duda, en pilotos de naves aéreas de combate, los registros de telemetría médica durante su desempeño o sus prácticas, constituyen una fuente de información clínica de primer orden; 2) los satélites de percepción remota representan actualmente un instrumento de gran utilidad para medir las diferentes formas de contaminación ambiental y el control de las enfermedades transmitidas por insectos, como el paludismo y la oncocercosis (esta última un grave problema de salud pública en el sureste de México). La salinidad de las aguas y la radiactividad por uranio en ciertas regiones del país parecen tener relación directa con la incidencia de hipertensión arterial y el cáncer, respectivamente; el uso de satélites de percepción remota ayudaría eficientemente a aclarar este problema.

#### Referencias

1. Johnston RS, Dietlein LF, Berry CA. Biomedical results of Apollo. Washington, D.C. NASA S.P. 1975;368.
2. Johnston RS, Dietlein LF. Biomedical results from Skylab. Washington, D.C. NASA S.P. 1977;377.
3. Space technology applied to rural Papago, advanced health care (STARPHAC). NASA JSC-09161, 1974.
4. Chovinard J. Satellite contributions to telemedicine: Canadian CME experiences. Can Med Assoc J 1983;128:850-5.
5. Richardson M, Brady Ch. Health care in Alaska via satellite. AIAA conference on communication satellites for health/education applications, Denver, Col 1975;21-3.
6. Rayman RB. Telemedicine and medical care in space. Abstracts, 62nd Annual Scientific Meeting, Aerospace Medical Association. Cincinnati, Oh. May 5-9, 1991.
7. Lindsay, EA, Davis DA, Willison DB, Biggar J. Continuing education through telemedicine for Ontario. CMAJ 1987;137:503.
8. CEMESATEL (Centro Mexicano de Educación en Salud por Televisión), Programa 1990. Intersistemas, 1990.
9. NASA The use of remote sensing in mosquito control. MSC-07644, 1973.
10. Anderson M. Manned space flight benefits. NASA-JSC, June 1987.
11. Nanney LK, Batten GR. Urban medical center serves regional rural population. Hospitals 1977; 51:61-3.
12. Murphy BLH, Bird KT. Telediagnosis: a new community health resource. Am J Pub Health 1974;64:113-9.
13. Coplan N, Glein G, Nicholas JA. Exercise and sudden cardiac death. Am Heart J 1988;115:207.