

Experimentos espaciales: nuestras posibilidades y perspectivas

Ricardo Peralta y Fabi

*Instituto de Ingeniería, y
Grupo Interdisciplinario de Actividades Espaciales,
Coordinación de la Investigación Científica,
Universidad Nacional Autónoma de México*

(recibido el 4 de marzo de 1987; aceptado el 4 de marzo de 1987)

Resumen. Se presenta un esquema de los experimentos diseñados y construidos para llevarse a cabo en el espacio, por medio de una estación automática sellada, a bordo del transbordador; se describen las condiciones orbitales que pueden ser favorables para el estudio de diversos procesos de interés en ciencias de materiales y aeroespaciales; además, se intenta esbozar un posible panorama de los planes y proyectos futuros, así como de las perspectivas que, respecto a las actividades espaciales, tiene la comunidad científica de nuestro país.

Abstract. We present an overview of several microgravity experiments designed and constructed to operate automatically in a sealed station on board the space shuttle. A description is included of the orbital conditions that may be useful in the study of various processes of interest in material and aerospace sciences. Furthermore, an effort is made to present a possible set of plans and future projects, and the perspectives that microgravity research may have within our scientific community.

PACS: 95.55.Lb; 89.20.+a; 89.90.+n

1. Introducción

Realizar experimentos en órbita terrestre permite una serie de alternativas que resultan únicas, y útiles, para el estudio de procesos físicos de importancia científica, tecnológica e industrial. La demos-

tración de algunas características de modelos idealizados, cuya descripción comienza usualmente con la idea: "suponiendo un cuerpo fuera de la influencia del campo gravitacional..." es un ejemplo típico. Otros experimentos únicos, como el algo conocido en nuestro medio, sobre la colisión entre esferas de agua y de metal, aún reclama, después de dos años de haberse realizado, una explicación consecuente con los sorprendentes efectos observados. Se incluye, también, todos los experimentos relacionados con observaciones dirigidas, ya sea hacia la tierra o hacia el espacio, en diferentes bandas del espectro electromagnético.

La simple visión sinóptica del globo terrestre desde una órbita, ha posibilitado, por ejemplo, notables avances en la climatología y en la prospección de recursos. De igual modo ha afectado los conceptos mismos de la astrofísica, que han evolucionado con base en observaciones de longitudes de onda que no llegan a nuestros laboratorios en la Tierra. Las actividades experimentales y exploratorias efectuadas en órbita, automáticas o no, están proliferando y prometen asumir un importante papel en el avance del conocimiento del Universo, pero también en el de fenómenos físicos y procesos tecnológicos, que atañen a sectores cada vez más amplios de la sociedad.

2. Condiciones orbitales

Existe una serie de condiciones únicas que hacen, tan atractivo como productivo, observar y experimentar en órbita terrestre; las más notables son:

a) Microgravedad.

El balance entre la aceleración centrífuga resultante del movimiento circular de una nave en órbita y la atracción gravitatoria, genera un estado de imponderabilidad, donde los objetos pierden su peso relativo; por ejemplo, las mezclas de líquidos se comportan de manera muy particular, lo que permite el estudio de fenómenos debidos a la tensión superficial, como es el caso de las corrientes

de Marangoni, que en la Tierra son enmascaradas por corrientes convectivas térmicas, siempre presentes cuando existen diferencias de densidad de los fluidos estudiados; asimismo, posibilitan experimentos sin contacto con otros cuerpos y experimentos biológicos de insospechada utilidad.

b) Amplia visión.

La altura a la que orbitan las naves espaciales permite una visión amplia (sinóptica) de la superficie de la Tierra. Esta posibilidad ha generado toda una gama de nuevas áreas del conocimiento con importantes aplicaciones de utilidad general, como por ejemplo, en los casos de teledetección de recursos naturales, en la evaluación del potencial agrícola y forestal, y en la elaboración de mapas, entre muchos otros. Sin duda, las observaciones astronómicas son también un campo que aprovecha en forma destacada la visión al exterior sin aberraciones atmosféricas.

c) Alto vacío.

Dependiendo de la orientación de un equipo respecto al vector de velocidad de la nave, en órbita baja (250–350 km), se pueden obtener vacíos de 0.1 mTorr a 1 fTorr (-15), evidentemente, con una gran capacidad de bombeo. A esta altura, los contaminantes son un problema menor, especialmente por la baja densidad de hidrocarburos. Estas condiciones de vacío favorecen el diseño de experimentos que en la Tierra serían imprácticos y más costosos.

d) Radiación directa.

En cuanto a radiación, encontramos en órbitas bajas: ultravioleta, buena parte de las partículas cargadas provenientes del Sol y de la Galaxia, todo el infrarrojo y los rayos X. En conjunto, nos permiten una visión totalmente nueva de nuestro entorno, todavía abierto a innumerables observaciones. Desde esas alturas se pueden

estudiar fenómenos de interacción entre la radiación y la atmósfera, que tienen, como se sabe con el problema del ozono, implicaciones muy serias sobre la vida del planeta. Además, la radiación genera fenómenos de disociación, como el del oxígeno atómico, que plantea problemas de corrosión intensa en equipos espaciales de uso corriente.

Con el advenimiento de las estaciones espaciales permanentes, se puede asegurar un auge en el aprovechamiento de tales condiciones, así como el descubrimiento de nuevos métodos y procesos, que son por el momento impredecibles. Por lo pronto, en nuestra opinión está muy claro que dichas actividades representan un campo digno de una cautelosa atención y participación.

3. El proyecto de experimentos espaciales de la UNAM

Los investigadores de nuestros países han tenido siempre acceso a datos e información experimental proveniente de las naves de las naciones espaciales. Sin embargo, el acceso directo al diseño y producción de equipo espacial para estudiar problemas de interés propio, ha planteado dificultades considerables, al grado de que los antecedentes de trabajo espacial son escasos, si bien nada despreciables (véase R. Gall *et al.* [1], para un análisis crítico del tema).

El proyecto de experimentos espaciales surge de manera coyuntural. Se sabe que recientemente el país adquirió un sistema de satélites de comunicaciones que fueron puestos en órbita por el transbordador espacial. Incluido en el costo iba un paquete con ciertos beneficios para el cliente directo, en este caso la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), quien, con entusiasmo, abre una convocatoria nacional para la proposición, selección y conducción de experimentos espaciales, aprovechando una de las condiciones orbitales, la micro-gravedad, y parte de otra, la visión directa, así como la presencia de un pasajero nacional, también como parte del paquete.

Interesados en aprovechar una oportunidad sin precedente, se organizan varios investigadores asociados al Grupo Interdisciplinario de Actividades Espaciales de la UNAM, y deciden explorar los

alcances de la convocatoria. Ante las limitaciones que encuentran sobre las condiciones experimentales ofrecidas en el paquete, proponen a las autoridades algunas alternativas: negociaciones con la agencia espacial para ampliar el ofrecimiento y el financiamiento de un proyecto paralelo al plan original. De esta manera surge un proyecto totalmente independiente de la convocatoria, contemplado dentro de un convenio firmado entre la UNAM, la SCT y el CONACyT y financiado con 271,000 Dls. que, en efecto, posibilita un esfuerzo a largo plazo, dado el valor estratégico que se vislumbra en este tipo de actividades.

Con el objeto de adquirir la suficiente experiencia y el dominio de los diversos aspectos de la tecnología espacial, se llevó a cabo una búsqueda de universidades con experiencia al respecto, y dispuestas a cooperar en el proyecto. La Universidad Estatal de Utah, y en particular sus Centros de Ciencias Atmosféricas y del Espacio, y el de Ingeniería Espacial, se comprometieron a colaborar en todo el proceso de preparación del equipo espacial de la UNAM (conocido en el medio como proceso de integración de cargas útiles). En consecuencia, un grupo de diez académicos, entre ellos cuatro investigadores y seis ingenieros, se traslada a dichos Centros para desarrollar tal equipo. El grupo quedó integrado finalmente con personal de los Institutos de Física, Geofísica, Ingeniería, Matemáticas Aplicadas, Materiales e Investigaciones Eléctricas.

4. Programa de experimentos autónomos de la NASA

Desde el principio del proyecto exploratorio, se detectó un programa corriente de la NASA que permite acceso de equipo experimental al transbordador, con costos reducidos, lo que despertó un interés inmediato.

El programa, conocido por las siglas SSCP-GAS-CAN (por Small Self-Contained Payloads-Get Away Special-Canisters) asigna un espacio de 0.15 de metro cúbico con capacidad hasta de 90 Kg, para alojar equipo. Los requisitos para su utilización están definidos claramente en una serie de instructivos, y las excepciones a las reglas

generales se discuten por escrito con el personal del Centro Espacial Goddard que, además, se encarga de revisar los diseños de cada usuario para que se cumplan ciertos requisitos de seguridad. Los contenedores deben funcionar de manera automática a partir del accionamiento en órbita de un interruptor; también deben ser totalmente autónomos en cuanto a potencia, diseño térmico y registro de datos, por lo que pueden considerarse como estaciones experimentales automáticas.

Los contenedores son cilindros de aluminio de un diámetro de 50 cm y una altura de 70 cm. Durante el vuelo, van montados en la pared lateral, o en una estructura que conecta las dos paredes del compartimento de carga de la nave. Según los propósitos específicos de cada usuario, el contenedor puede llevar una tapa que se abre estando en órbita o una que permanece hermética.

Por razones de funcionamiento, los experimentos de la UNAM fueron divididos en dos contenedores, uno con tapa sellada y otro cuya tapa se abrirá en órbita para permitir observaciones y exposición del equipo al vacío y radiación.

5. Los experimentos de la UNAM

El grupo encargado de los experimentos de la UNAM llevó a cabo una selección de los mismos, según criterios de factibilidad, de premura (se debía aprovechar en este caso la coyuntura) y el de contar con la aprobación y el apoyo del instituto en cuestión. Al principio se planearon diez experimentos, pero la lista disminuyó durante las primeras etapas, según se fue adquiriendo experiencia. Primero se preparó el contenedor sellado, por ser el más sencillo.

Dentro del primer contenedor, o estación, se incluyeron los siguientes experimentos y actividades:

a) Solidificación de Zinalco.

Este equipo consiste en un horno eléctrico, dentro del cual se lleva a cabo la fundición de una aleación de Zn, Al y Cu. Por tensión

superficial, la muestra adquiere forma esférica cuando está líquida en condiciones de microgravedad. Un teledetector de infrarrojo [2] supervisa y controla la temperatura, y su curva de enfriamiento, hasta iniciar el proceso de solidificación. En condiciones de microgravedad, la microestructura del metal se forma bajo el efecto de las impurezas presentes y de la velocidad de enfriamiento, que es controlada en este experimento, a diferencia de un evento terrestre, donde además participan predominantemente las corrientes convectivas y la formación de centros de nucleación, asociados al crisol donde se funde. El propósito, brevemente, es el de diagnosticar la importancia de las impurezas y el efecto del crisol en la formación de la microestructura. Experimentos de este tipo se han realizado anteriormente con otras aleaciones, obteniéndose resultados útiles a los metalurgistas interesados en micro- y ultraestructura.

b) Crecimiento epitaxial.

Este experimento implica la evaporación de una capa ultrafina de Al, sobre una serie de sustratos mono- y policristalinos de características superficiales conocidas [3]. El propósito es el de entender, por medio de análisis de ultraestructura, en la Tierra, la formación de una interfaz sólido-sólido y el efecto de la coalescencia de islas atómicas, de sólo algunos angstroms de grosor. En órbita se han logrado deposiciones, controlando con alta precisión la dirección de llegada de los átomos, antes de que las fuerzas de superficie dominen su posición final, encontrándose crecimientos de la más alta homogeneidad en estructura y propiedades. Se espera que los resultados presenten información de utilidad para diversos campos, como podrían ser el de la microelectrónica, el de la física de superficies y la óptica.

c) Mediciones de vacío y de temperatura.

Tanto los mencionados experimentos, como otros que se desarrollan actualmente, requieren del conocimiento de los valores de vacío

que se pueden lograr en los contenedores, y de la distribución de temperaturas en diversas estaciones de medición dentro del equipo. Por lo tanto, se incluye también equipo para medir ambas variables: el vacío por medio de un cátodo frío alimentado con alto voltaje, registrando sus valores durante buena parte del vuelo, especialmente durante el experimento de evaporación de Al, y las temperaturas mediante sensores de estado sólido colocados en diferentes lugares dentro del contenedor y cuyas medidas se utilizan para validar modelos térmicos y mejorar diseños posteriores.

6. Control y registro de datos

Los experimentos requieren de la toma de una serie de decisiones durante su ejecución. Para efectuar el control, cada experimento cuenta con una microcomputadora programada que está equipada para recepción, análisis y registro permanente de datos. Las memorias se programan y prueban con un sistema de desarrollo en la Tierra y están provistas de actividades redundantes con el objeto de asegurar su funcionamiento ante fallas de algunos elementos clave; también están conectadas en red para ejecución redundante [4].

7. Proceso de pruebas

Tanto los componentes electrónicos y mecánicos, como los subsistemas y sistemas de cada experimento, cuentan con un elaborado proceso de comprobación de su funcionamiento. Las pruebas incluyen: sometimiento al espectro de vibraciones del despegue, que es una acción de fuerzas considerable, por lo que todo va fijo para soportar ocho "ges" en tres ejes (incluso los elementos electrónicos soldados a circuitos impresos se pueden desprender de sus bases con estas fuerzas); asimismo, se simula el funcionamiento de cada sistema en las condiciones más reales posibles. Es importante señalar que la etapa de comprobación resultó tan complicada y laboriosa como el resto del proyecto en su conjunto. Por consiguiente, se aprendió

una máxima propia del quehacer espacial: "cuando parece que un proyecto terminó, es que va a la mitad"

8. Planes inmediatos

De hecho, el proyecto va a la mitad. El primer contenedor fabricado con la colaboración de los Centros mencionados fue enviado a la zona de lanzamiento en enero de 1986, con una probable fecha de despegue del 6 de marzo de ese año, pero, como sabemos, el vuelo anterior terminó trágicamente con el programa de transbordadores, por lo menos hasta mediados de 1988, por lo que estamos en espera de su reanudación para completar esta fase del proyecto. La segunda estación automática se está diseñando y construyendo en nuestra instalaciones, según las experiencias adquiridas en Utah.

Para la segunda parte, contamos con varias condiciones a nuestro favor: se tiene ya experiencia directa en la materia, se cuenta con el financiamiento restante de la primera etapa, tenemos el tiempo suficiente para elaborar en las condiciones óptimas el nuevo equipo, el personal de la NASA que trató con el grupo de la UNAM durante el desarrollo del primer equipo, nos conoce y está favorablemente impresionado con nuestra capacidad, lo que facilita grandemente la tarea de aprobación del equipo para vuelo.

Como suele ocurrir, durante la realización del proyecto surgieron nuevas alternativas, que anteriormente nuestra lejanía del tema nos impedía vislumbrar. En efecto, la familiarización con los temas más prometedores de investigación en órbita terrestre nos plantea, hoy día, una serie de retos que deseamos y estamos en posibilidades de abordar: primero, enfrentar y aprovechar los retrasos de origen ajeno a nuestros planes espaciales para mejorar la calidad de nuestros equipos; segundo, aplicar las soluciones de índole espacial a problemas tecnológicos e industriales (este punto se encuentra viviendo su primera experiencia exitosa); tercero, se ha indentificado a grupos de trabajo en el Brasil y la India, con quienes se puede cooperar en mutuo beneficio y se planea ya los pasos a seguir; cuarto, se ha

identificado a varias posibles fuentes de financiamiento de proyectos espaciales subsecuentes.

Por último, la conducción de un proyecto interdisciplinario y con la participación de diversas instituciones, dentro y fuera de la UNAM, ha comprobado poseer varias ventajas considerables: el acceso a un sinnúmero de especialistas capaces de abordar problemas de gran complejidad y que, consultándoseles por breves períodos, se evita el crear un aparatoso y necesariamente costoso "centro espacial". Por esta causa, vemos a nuestro alcance el desarrollo de varios proyectos, más ambiciosos, que bien pudieran asegurar un modesto pero firme camino en el desarrollo, no sólo espacial, sino aeroespacial de México.

9. Experimentos en preparación

Como se mencionó anteriormente, en la UNAM se prepara actualmente una segunda estación automática. Los experimentos a bordo significan un avance notable respecto al caso precedente, principalmente debido a que la apertura de la tapa del contenedor en órbita obliga a un proceso de diseño mucho más elaborado, ya que al abrirlo "entra en contacto" con el resto del transbordador, pudiendo contaminar algún otro equipo con materiales que gasifican solventes estando al vacío. Por este motivo, cada material utilizado debe pasar pruebas de gasificación, así como criterios de diseño estructural más estrictos.

En el contenedor se incluirán seis experimentos, cada uno con valor propio; sin embargo, comparten un objetivo común: el de ser elementos fundamentales en sistemas de apoyo de un futuro satélite. Con las actividades de esta estación se dan los primeros pasos para generar una parte importante de la tecnología que se requiere en la construcción y prueba de satélites, que es, en nuestra opinión, el siguiente paso.

Una vez en órbita y con la tapa descubierta, comenzarán las actividades dentro de la estación. Primero, dependiendo de su posición respecto al territorio nacional, entrará en operación una cámara, con sensor tipo CCD, con el objeto de registrar una secuencia de

imágenes del tipo multiespectral de zonas predeterminadas del país. Siete filtros diferentes, del azul al infrarrojo, se colocarán frente a la óptica para lograr otras siete imágenes de una misma zona, para su posterior conversión y análisis digital. El propósito es el de utilizar sensores optoelectrónicos para generar imágenes comparables a las de satélites comerciales y, en esta forma, consolidar la experiencia necesaria para el desarrollo de sistemas más complejos, con los que se pretende, en un futuro, disminuir nuestra dependencia en un renglón estratégico. La cámara registra las imágenes en una videogradora.

La potencia, como en el caso del primer contenedor, sería suministrada mediante baterías, pero, esta vez, recargándose en vuelo mediante celdas solares, mismas que están fabricándose íntegramente en el país. Además de evaluar el funcionamiento y validar el uso de celdas nacionales en un ambiente extremo, se pretende ensayar diversos adhesivos y bases de fijación; asimismo, se estudiará en la Tierra la degradación de las celdas por las radiaciones solar y cósmica y se probarán una serie de sensores optoelectrónicos cuya tarea es la de establecer la posición de la estación automática respecto al Sol y a la Tierra (como tendría que hacerlo un satélite en vuelo libre) y registrar los datos para tomar acciones correctivas, en este caso simuladas.

También se llevarán a cabo estudios de una aleación con memoria termomecánica, a saber, materiales que tienen formas predeterminadas según la temperatura a la que se encuentran. Se intentará producir movimiento de un actuador mecánico con los ciclos de iluminación y obscuridad natural que se tienen en órbita terrestre. Es posible que este experimento resulte de gran utilidad en el futuro, puesto que los ciclos de temperaturas de entre aproximadamente -120°C a $+110^{\circ}\text{C}$ son "gratuitos" cada período orbital de 90 min, por lo que la extensión o retracción de brazos mecánicos es factible y con posibilidades de una larga vida sin fallas.

Además, se considera un primer experimento de tipo biológico, no obstante la serie de limitaciones implícitas en el programa de contenedores (como la falta de acceso al equipo experimental 60 días antes del lanzamiento). Entre las actividades más cercanas a la ren-

tabilidad de los experimentos espaciales, se encuentra la de la purificación de materiales bioquímicos. Por medio de electroforesis se han logrado en órbita materiales 400% más puros y 7 veces más rápidamente. Estos datos bien pueden considerarse como extraordinarios y con un potencial difícil de imaginar en toda su extensión. Se piensa que si bien parece prematuro, es un momento excelente para iniciar actividades en esa dirección. Los materiales resultantes se utilizarían en proyectos de investigación inmunológica ahora en proceso.

10. Planes futuros

En agosto de 1985, durante la elaboración del primer contenedor, en el grupo universitario se llegó al convencimiento de que el próximo paso en el camino del desarrollo espacial sería el diseñar y construir un satélite propio que sería lanzado desde un contenedor de tapa abierta, por medio de un resorte. En efecto, ya se han lanzado dos satélites con este novedoso método que, además, es relativamente económico, por lo que propusimos a la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM el Proyecto UNISAT. Este proyecto pretende desarrollar una familia de satélites de investigación, con la idea de generar una base tecnológica sobre la que se pueda construir nuestros primeros aparatos, no sólo de investigación, sino eventualmente de aplicación práctica, lo que, además, constituye un banco de información y experiencia tecnológica que permitirá avances en otros campos no espaciales.

El concepto común a una familia de satélites es la utilización de un módulo base que permita, con ciertas modificaciones de subsistemas, cambiar los propósitos de la misión. En primer lugar, se piensa en un satélite colector y concentrador de datos provenientes de estaciones remotas en varios puntos del territorio nacional. La selección de este tipo de satélite no depende de la orientación espacial, que es una tarea difícil en órbita. El segundo satélite llevaría a bordo cámaras multiespectrales, semejantes a las de la segunda estación automática, con el objeto de experimentar con la obtención

de imágenes de utilidad en percepción remota. En este caso, los requisitos de control de orientación son evidentes, por lo que la experiencia acumulada en dinámica orbital con el primer satélite será cuidadosamente evaluada.

Subsecuentemente se fabricaría un satélite de aplicaciones científicas, que consistiría en un telescopio ultravioleta equipado con el MEPSICRON, que es un avanzado detector de fotones desarrollado en el Instituto de Astronomía de la UNAM. En la actualidad se sostienen pláticas con investigadores de Brasil y Argentina para tratar de realizar este proyecto en conjunto, aprovechando el desarrollo complementario que nuestros países han logrado.

En estos proyectos se haría uso de todos los elementos y experiencias acumulados durante el desarrollo de las estaciones automáticas y, asimismo, de la experiencia adquirida en varios centros de investigación del país. Los trámites para el financiamiento del primer satélite van avanzando y se espera iniciar las fases preliminares del proyecto dentro del actual semestre.

11. Tecnologías de punta

Las ventajas que motivan un proyecto de esta naturaleza son diversas; a saber: constituyen una fuente considerable de herramientas, por ejemplo, computacionales, que van desde los programas de seguimiento de proyecto tipo PERT y CPM, hasta cálculos estructurales y térmicos; asimismo, herramientas para diseño de detectores y sensores, control redundante y adaptivo, y la utilización de materiales compuestos, entre otras. Como ejemplo concreto podemos mencionar el uso del detector infrarrojo que supervisa la temperatura del Zinalco en la primera estación, ya se está empleando, para teledetección de temperatura en un proceso industrial y que, de hecho, entrará en funcionamiento en la industria antes de hacerlo en el espacio, debido a los retrasos en los lanzamientos. Tal como éste, hay muchos ejemplos donde la aplicación de tecnología desarrollada para uso espacial ha revolucionado otros campos sin conexión aparente,

como es el caso de la microelectrónica, el biomonitoreo, la ciencia de materiales, etc.

Además, es de indudable provecho el enriquecimiento en la comunicación la participación de diversas instituciones en un proyecto novedoso de carácter nacional. Sin duda estas relaciones redundarán en interacciones posteriores en otros temas.

12. Opciones de lanzamiento

Existen varias opciones para colocar en órbita, y en algunos casos recuperar, equipo espacial. El programa de contenedores autónomos de la NASA resultaba, en el momento de iniciar el proyecto, la opción más adecuada a las necesidades y recursos disponibles. Sin embargo, para el futuro se exploran otras opciones. Hoy en día, las naciones con capacidad espacial son EUA, la URSS, las de Europa, Japón, China, India y, próximamente, Brasil (1989). Entre estos países, sólo la URSS y EUA poseen la capacidad rutinaria de recuperar equipos que han estado en órbita, que en el caso de experimentos es necesaria. En el futuro, Europa y Japón también tendrán dicha capacidad.

La selección de los lanzadores siempre estará sujeta a criterios de costo, accesibilidad y a la disposición que los países espaciales tengan de cooperar, se estima que con el tiempo será cada vez más fácil el acceso a diferentes tipos de órbita. Una lección ha sido evidente en los últimos tiempos: no se puede depender sólo de un sistema para llegar a órbita.

13. Organización del trabajo

Es evidente que ninguna institución nacional cuenta con todos los recursos para realizar investigaciones espaciales; debido a esto, los proyectos futuros sólo se perfilan como factibles si se cuenta con la colaboración de diversas instituciones. Por lo que concierne a la UNAM, el Grupo Interdisciplinario de Actividades Espaciales (GIAE) representa la mayor concentración de especialistas espaciales del país; sin embargo, hay otros centros capaces de participar en proyectos

espaciales e interesados en hacerlo; entre ellos están el Instituto de Investigaciones Eléctricas (Cuernavaca), el CICESE de Ensenada, el Instituto Politécnico Nacional, el INAOE y la Universidad Autónoma de Puebla.

En la actualidad, el GIAE coordina los esfuerzos de estas instituciones para abordar el proyecto del primer satélite.

14. El GIAE

Por considerarlo de posible interés general, se presenta una breve exposición de lo que es el grupo espacial de la UNAM.

El GIAE fue instituido por el Rector en julio de 1985, después de operar año y medio bajo los auspicios de la Coordinación de la Investigación Científica; realiza varios proyectos simultáneamente que rebasan los temas meramente científicos y tecnológicos como el aquí descrito; es interdisciplinario al grado de incluir sociólogos, legistas, historiadores, físicos e ingenieros. Sus objetivos son: promover la autodeterminación y una creciente autosuficiencia en materia espacial mediante el desarrollo de proyectos al alcance de nuestra posibilidades, realizar evaluaciones críticas de las actividades espaciales del país y ocuparse de una difusión didáctica y desmitificante del tema. En él participan investigadores de 9 institutos y 5 facultades de la universidad. Está siempre abierto a nuevos colaboradores y cuenta con instalaciones dentro del Instituto de Geofísica, y un grupo de ingenieros en el Instituto de Ingeniería.

15. Conclusiones

Las actividades espaciales han demostrado ir mucho más allá de la satisfacción de un simple instinto explorador. Las comunicaciones vía satélite, la percepción remota, los satélites meteorológicos y de búsqueda, entre otras actividades, han demostrado su valor social. Los militares, por desgracia, también han encontrado demasiado quehacer en órbita, pero en el futuro inmediato, con las estaciones permanentes, la investigación basada en el espacio promete conver-

tirse en una actividad que proporcionará un gran impulso a la ciencia y la tecnología de los países participantes y, por consiguiente, no podemos ignorarla ni subestimarla. Es preciso advertir que no estamos ante un lujo, sino ante una necesidad, como señalaba en su momento un experto espacial indú.

Las actividades espaciales en la universidad han comenzado a demostrar que podemos realizar proyectos de investigación independientes y útiles. Sin embargo, para llevar a cabo los proyectos futuros sin los vaivenes de las coyunturas, hace falta pugnar por una Política Espacial Nacional que propicie un avance estable y sostenido, para lo cual se requiere de una comunidad científica consciente de nuestras posibilidades reales al respecto.

Referencias

1. R. Gall *et al.*, "Las actividades Espaciales en México: Una Revisión Crítica", Fondo de Cultura Económica, serie La Ciencia desde México, 1987.
2. J. Mendieta *et al.*, "La teledetección Infrarroja: Una Aplicación Espacial", IV Simposio de Instrumentación, UNAM, México, D.F., 1986.
3. A. Oliver *et al.*, "Cámara para Evaporar Metales en el Espacio", IV Simposio de Instrumentación UNAM, México, D.F., 1986.
4. E. Vicente *et al.*, "Instrumentación de los Experimentos Espaciales Automáticos de la UNAM", Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, Saltillo, Coah. 1986.