Teledetección Espacial: un medio para observar a la tierra desde el espacio

Capitán de Corbeta
Guillermo HASEMBANK Rotta

Nociones introductorias

En las tres últimas décadas la exploración e investigación del espacio ha alcanzado un desarrollo notable: astronautas norteamericanos han visitado la Luna; sondas automáticas de los EE.UU. han llegado a Venus y a Marte y han transmitido datos; otra sonda de Norteamérica, Pionero 11, se ha aproximado a Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón; continuando el viaje dicha sonda abandonó el sistema solar, pero sigue transmitiendo información sobre el espacio interestelar mientras navega en dirección a la estrella "Alfa Centauro".

La exploración e investigación del espacio interior ya no se detendrá, habiendo alcanzado un desarrollo notable en lo que respecta a la teleobservación de la tierra, definiéndose este concepto por la Asamblea de las Naciones Unidas, como la "observación de la superficie terrestre desde el espacio, utilizando las propiedades de las ondas electromagnéticas emitidas, reflejadas o difractadas por los objetos observados a efectos de obtener datos primarios, datos elaborados e información analizada para fines de mejoramiento de la gestión de los recursos naturales, de ordenación del territorio y protección del medio ambiente". En cambio no están consideradas dentro de esta definición las actividades de teleobservación con fines de seguridad y defensa, campo en el cual hemos tenido la oportunidad de observar en la última "Guerra del Golfo", el valioso aporte del empleo de satélites por las fuerzas aliadas como fuente de inteligencia para la detección y control del movimiento de las Fuerzas Armadas Iraquíes.

La observación remota de la superficie terrestre constituye el marco de estudio de la Teledetección. Este vocablo es la traducción latina del término inglés remote sensing, ideado a principios de los 60 para designar cualquier medio de observación remota. En un sentido amplio la Teledetección no engloba sólo los procesos que permiten obtener una imagen desde el aire o el espacio, sino también su posterior tratamiento en el contexto de una determinada aplicación.

Un poco de historia

Las primeras experiencias en teledetección se remontan a 1859, cuando el

doctor Félix Gaspar de Tournachon, obtiene las primeras fotografías aéreas desde un globo cautivo.

En los años siguientes se asiste a un importante desarrollo de la observación fotográfica desde un avión, gracias a importantes progresos realizados en ópticas y emulsiones.

En 1909, Wilbur Wright adquiere la primera fotografía aérea, abriendo el camino a una larga historia de observación de plataformas remotas.

Será, no obstante, en la Segunda Guerra Mundial cuando se produzca un notable desarrollo en teledetección aérea. El progreso se obtiene al mejorar la óptica de las cámaras de reconocimiento, así como las emulsiones utilizadas (de esta época proceden las primeras películas en infrarrojo desarrolladas por Kodak). Asimismo, se introducen nuevos sensores como el radar y se mejoran los sistemas de comunicación; todas estas innovaciones se orientan también a usos 'civiles', lo que muestra las múltiples aplicaciones de esta exploración aérea para el mejor conocimiento y control del Planeta Tierra.

A fines de los años 50 el desarrollo del sistema de navegación permite concebir los primeros ingenios espaciales.

La denominada "Guerra Fría" tiene en el espacio uno de los objetivos preferentes. El día 4 de octubre de 1957 un objeto extraño atravesó velozmente el cielo, enviando señales de saludo por radio hacia el mundo a medida que volaba. Era el satélite artificial SPUTNIK 1, cuyo vuelo tuvo gran resonancia mundial y dio inicio a la Era Espacial.

En el año 1955 -conocido como el "Año Geofísico Internacional"- el Presidente de los Estados Unidos, Dwight Eisenhower, anunció que ese país lanzaría un satéilte como parte de la contribución al estudio mundial de la Tierra. Así es como el EXPLORER 1 surcó el espacio el día 31 de enero de 1958. Y en 1965, Francia se convirtió en el tercer país en colocar un satélite en órbita.

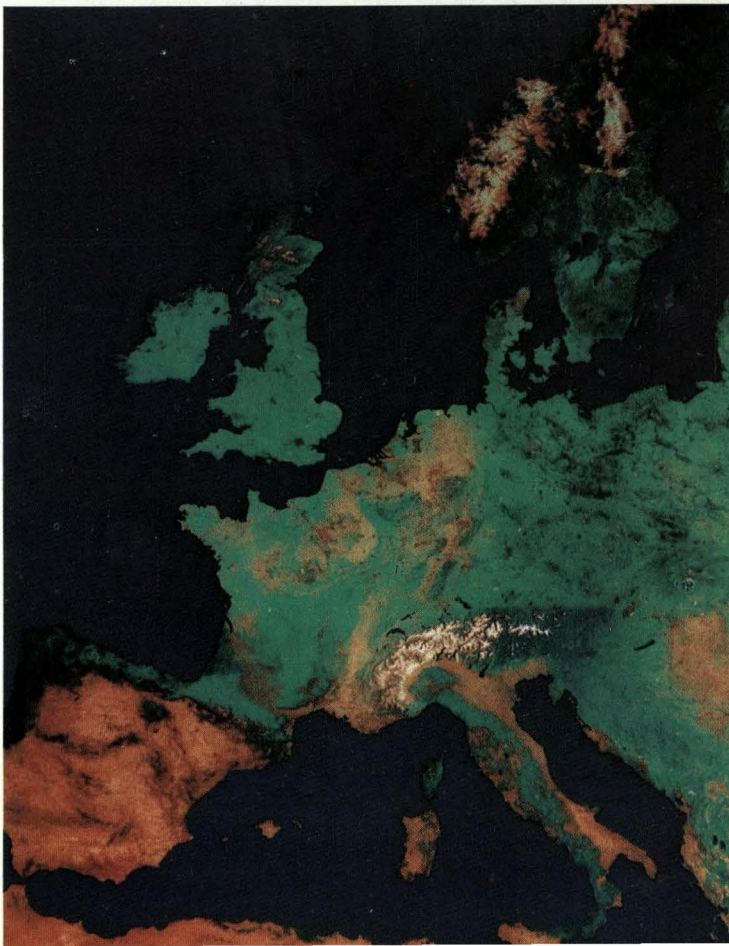
Poco después de iniciarse esta carrera espacial se pone en evidencia el interés de utilizar estas plataformas para adquirir valiosos datos de la superficie y atmósfera terrestre. En 1960 la NASA pone en órbita el primer satélite de la serie TIROS, pionero de múltiples misiones de observación meteorológica que han permitido un conocimiento y control más ajustados de las condiciones atmosféricas, evitando, o minimizando al menos, graves catástrofes naturales.

Gracias a los brillantes resultados que proporcionaron las primeras fotografías espaciales, la agencia espacial norteamericana diseñó, a fines de la década del 60, el primer proyecto dedicado exclusivamente a la observación de recursos naturales. Fruto de estos trabajos fue la puesta en órbita del primer satélite de la serie ERTS (Earth Resource Technollogy Satellite) el 23 de julio de 1972. Esta familia de satélites denominada LANDSAT, a partir del segundo lanzamiento en 1975, ha constituido, sin duda, uno de los proyectos más fructíferos en Teledetección Espacial.

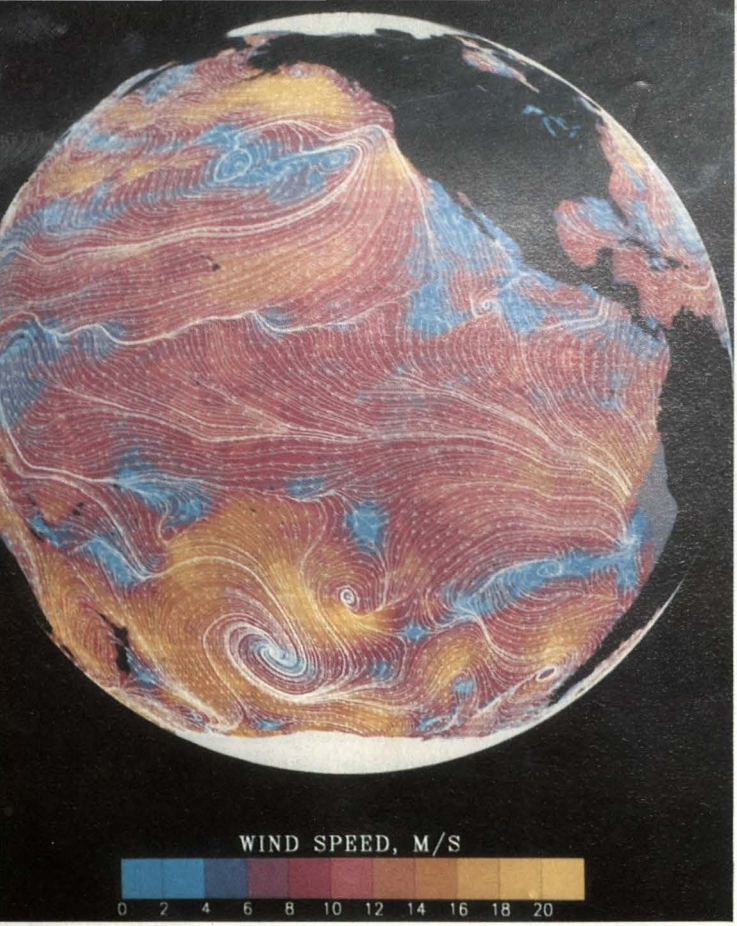
A la serie LANDSAT seguirán otros proyectos específicamente dedicados a la observación medio ambiental; tenemos el



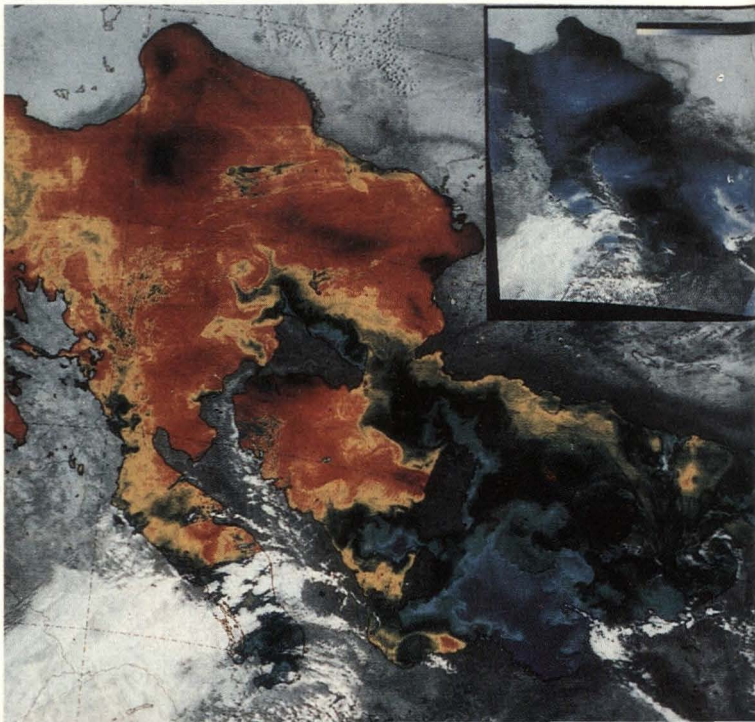
Los satélites NOAA, conocidos como la serie TIROS-N, han estado en operación desde octubre de 1978. Son satélites de órbita polar que proporcionan principalmente información meteorológica.



Area de Sapporo - sensor MESSR - bandas 1,2,4 - falso color.



Visión de la velocidad y dirección del viento sobre el Océano Pacífico el 14/9/78, medida por SEASAT.



Valle de Cañete con imagen LANDSAT.

laboratorio SKYLAB (1973), el satélite oceanográfico SEASAT (1978), el satélite francés SPOT (1986), el japonés MOS-1 (1987), el indio IRS-1 (1988), y los rusos SOYUZ y SALUT. Actualmente están muy avanzados los proyectos del satélite europeo ERS-1, que es el primer satélite preoperativo de teleobservación dedicado al estudio de los océanos y los hielos a escala mundial mediante la utilización de la tecnología de microondas activas.

El desarrollo de esta tecnología en nuestro Continente tiene al Brasil como primer país (después de Canadá, que llegó a un acuerdo con los Estados Unidos sobre el acceso directo de las series del satélite LANDSAT). Este país cuenta desde 1986, con un satélite de comunicaciones y otro de Teledetección lanzado en 1993, a través de un proyecto conjunto con los americanos, para el control de la contaminación de la Amazonía.

El Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales Brasilero (INPE) tiene la administración de la estación satelital CUIABA, ubicada en Mato Grosso, donde se recepcionan principalmente imágenes LANDSAT y SPOT. Por otro lado, tenemos en servicio desde 1991 a la estación satelital COTOPAXI del Ecuador, administrada por el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), adscrito al Instituto Geográfico Militar y que está técnicamente apta para captar datos del satélite LANDSAT, SPOT y ERS-1, cubriendo Ecuador y 22 países del norte y oeste de América del Sur, América Central, las Antillas y el Caribe. Finalmente tenemos a la estación satélite MAR CHIQUITA de Argentina, que recepciona principalmente datos del satélite LANDSAT.

Aspectos legales de la teledetección

La teledetección, como ya hemos indicado, supone la observación externa de la superficie terrestre. Es obvio que el satélite no ajusta su órbita a las fronteras nacionales, sino que adquiere imágenes de todo el globo. Esta adquisición de datos sobre un territorio soberano, puede implicar una violación de su espacio aéreo, además de poner en evidencia recursos de un país que podrían ser explotados abusivamente por terceros. Por todo ello, el Comité de las Naciones Unidas para el uso pacífico del Espacio Exterior ha intentado desarrollar principios legales que salven las tensiones entre estados observados y observadores.

El inicio de este esfuerzo se encuentra plasmado en el Tratado sobre las Actividades de Exploración del Espacio, firmado en 1967, donde, en síntesis, se define al espacio exterior como un Patrimonio Común de la Humanidad no sujeto a intereses nacionales.

A través de los años, con el desarrollo de la teledetección espacial, países diversos presentaron una serie de posiciones sobre el tema, lo que originó como resultado la formación de un comité de trabajo liderado por las Naciones Unidas.

La Resolución de las Naciones Unidas número "41/65" del 11 de diciembre de 1986, que se refiere a la "Declaración sobre los Principios Relativos a la Teleobservación de la Tierra desde el Espacio" y que comprende 15 principios, puede resumirse en los siguientes puntos:

I. La teledetección se realizará en

provecho e interés de todos los países, de acuerdo con el derecho internacional.

II. Se respetará el principio de soberanía plena y permanente de todos los estados sobre su propia riqueza y sus recursos naturales, sin perjudicar los legítimos derechos e intereses del Estado observado.

III. Se promoverá la cooperación internacional sobre recepción, interpretación y archivo de datos, prestándose asistencia técnica.

IV. Deberán los estados informar al Secretario General de las Naciones Unidas de los programas de teledetección que se propongan desarrollar, así como a los estados interesados que lo soliciten.

V. Se informará a los estados afectados para prevenir fenómenos perjudiciales para su medio ambiente y contarán con acceso sin discriminación y a un costo razonable a los datos obtenidos sobre su territorio.

Elementos de un Sistema de Teledetección Espacial

Un Sistema de Teledetección Espacial, como se concibe en este artículo, incluye los siguientes elementos:

a. **Fuente de Energía:** que supone el origen del flujo energético detectado por el sensor. Puede tratarse de un foco externo del sensor (en cuyo caso se habla de Teledetección pasiva) o de un haz energético emitido por éste (Teledetección activa). La fuente de energía más importante, obviamente, es la energía solar.

b. **Cubierta Terrestre:** formada por distintas masas de vegetación, suelos, aguas o construcciones humanas, que reciben la señal energética procedente de la fuente y la reflejan o emiten de acuerdo a sus características físicas.

c. **Sistema Sensor:** compuesto por el sensor y la plataforma que lo sustenta. Tiene como misión captar la energía procedente de las cubiertas terrestres, codificarla y grabarla o enviarla directamente al sistema de recepción.

d. **Sistema de Recepción-Comercialización:** en donde se recibe la información transmitida por la plataforma; se graba en un formato apropiado (imágenes, cintas, diskettes) y, tras las oportunas correcciones, se distribuye a los intérpretes.

e. **Intérprete:** que analiza esa información normalmente en forma de imágenes analógicas o digitales, convirtiéndola en una clave temática o cuantitativa, orientada a facilitar la evaluación del problema en estudio.

f. **Usuario Final:** encargado de analizar el documento fruto de la interpretación, así como de dictaminar sobre las consecuencias que de él derivan.

Principios de la Teledetección

Un flujo de radiación electromagnética al propagarse por el espacio puede alcanzar superficies u objetos, siendo reflejados, absorvidos y remitidos por éstas. Las variaciones que esas interacciones producen en el flujo considerado, dependen fuertemente de las propiedades físico químicas de los elementos irradiados y el flujo resultante constituye una valiosa fuente de información respecto de aquellas superficies u objetos. Esa idea ha motivado la creación de equipos (plataformas y sensores) que, situados a grandes distancias de los alvos naturales (superficie), pueden detectar y registrar el flujo de radiación electromagnética (REM) proveniente de éstos.

Aunque la sucesión de valores de longitud de onda es continua, suelen establecerse una serie de bandas en donde la radiación electromagnética manifiesta un comportamiento similar. Desde el punto de vista de la Teledetección conviene destacar una serie de bandas espectrales, como a continuación se indican:

Espectro visible (0.4 a 0.7 um) puede ser percibido por los ojos. Suelen distinguirse tres bandas elementales: azul (0.4 a 0.5 um), verde (0.5 a 0.6 um) y rojo (0.6 a 0.7 um), en razón a los colores elementales asociados a esa longitud de onda.

Infrarrojo próximo (0.7 a 1.3 um) a veces también se le denomina infrarrojo reflejado y fotográfico, puesto que puede detectarse a falta de pulsos dotados de emulsiones especiales. Resulta de especial importancia por su capacidad para discriminar masas vegetales y cimentaciones de humedad.

Infrarrojo medio (1.3 a 8 um) en donde se entremezclan los procesos de reflexión de la luz solar y discriminación de la superficie terrestre.

Infrarrojo lejano o térmico (9 a 14 um) que incluye la porción emisiva del espectro terrestre.

Microondas (a partir de 1 mm) de gran interés por ser un tipo de energía bastante transparente a la nubosidad.

Es importante el conocimiento adecuado de la banda que se requiere para determinado objetivo, con el fin de seleccionar en forma óptica el sensor determinado; por ejemplo, las superficies acuáticas absorben o transmiten la mayor parte de la radiación visible que reciben, siendo mayor su absorción cuanto mayor sea su longitud de onda. La mayor reflectividad del agua clara se produce en el azul, reduciéndose paulatinamente hacia el infrarrojo cercano.

Como se sabe, en el uso de los equipos óptico-electrónicos no existe una superficie sólida de grabación. El sensor explora secuencialmente la superficie de los objetos sobre ellos situados. La cadencia con que el sensor realiza ese muestreo de la superficie terrestre define precisamente la resolución espacial del mismo. Dicho en otras palabras, el sensor detecta la radiación media de una parcela de terreno equivalente al tamaño de un pixel, unidad visual más pequeña que aparece en la imagen. Este valor medio se traduce por el sensor a un valor númerico. En consecuencia, cada pixel de la imagen viene definido por un número entero, traducción de la radiación recibida por el sensor para una determinada parcela de la superficie

terrestre y en una determinada banda del espectro.

Este valor número se denominará a partir de aquí Nivel Digital. El nombre se justifica por tratarse de un valor número, no visual, pero que puede fácilmente traducirse a una intensidad visual o, si se prefiere, a un nivel de gris, mediante cualquier convertidor digital-analógico (un monitor de TV). En resumen, la unidad mínima de información en una imagen digital se denomina pixel, definido por un número entero, ND, que puede convertirse en una intensidad luminosa o nivel de gris.

Es así como, a partir de este ordenamiento mediante el empleo de sofisticados programas de cómputo, la imagen obtenida puede ser mejorada en base a correcciones radiométricas, geométricas y otras y de esta manera obtener una imagen temática clasificada lo más próxima a la realidad.

Principales aplicaciones y ventajas

Parece lógico dedicar un epígrafe a apuntar las aportaciones de la teledetección para el desarrollo y destacar las siguientes áreas de aplicación:

* Inventario regional del medio ambiente para preparar Estudios de Impacto Ambiental (EIA).
* Creación de modelos de corrientes y erosión.
* Inventario del agua superficial.
* Verificación de contenidos de salinidad en las principales corrientes de agua.
* Cartografía térmica del agua de mar.
* Solución de rutas óptimas para nuevas vías de comunicación.
* Cartografía de la cobertura vegetal del suelo.
* Contribución al control de: vías de comunicación, centros poblados, movimiento de transporte y personal.

La mayor parte de las aplicaciones mencionadas no son exclusivas de la Teledetección espacial, sino que comparten su empleo con la fotografía aérea y los trabajos de campo propios. No obstante, el uso de esta técnica facilita, en esos casos, un apoyo conveniente para reducir los costos o el tiempo necesario para obtener los resultados. En breves términos, esta técnica aporta grandes ventajas frente a la fotografía aérea, principalmente las siguientes:

I. **Visión Panorámica.-** La altura orbital del satélite le permite detectar grandes espacios, por ejemplo una fotografía a una escala de 1/18,000 capta en una sola imagen una superficie aproximada de 36 Km^2, mientras que una imagen LANDSAT nos permite contemplar 34,000 km^2 en una sola adquisición.

II. **Cobertura global y periódica de la superficie terrestre.-** Gracias a las características actuales del satélite podemos obtener imágenes repetitivas de la mayor parte de la tierra, lo que permite determinar cambios significativos sobre la misma.

Centro Naval
Balneario de Ancón



Muchas Sorpresas
Para el Verano '94

Centro Naval del Perú
Sede Callao

Disfrute del mejor ambiente para un estilo diferente
CALIDAD - EXCLUSIVIDAD - SEGURIDAD

Cada uno de los detalles es importante para nuestro personal experto en el manejo de eventos, dispuesto a asesorarlo en cada paso del planeamiento y la organización de su gran día.

Ubicación: El Centro Naval del Perú Sede – Callao, se encuentra ubicado en la Av. Jorge Chávez a pocos metros de la Plaza Grau y junto al Museo Naval.

Horario: Todos los días, excepto, Lunes y en horario de 10 a.m. hasta las 8 p.m. Para sus reuniones especiales Ud. podrá coordinar el horario más conveniente.

Capacidad: Los diferentes ambientes de acuerdo a la decoración y exigencia de nuestros clientes tienen aproximadamente las siguientes capacidades:

* Comedor "LA FRAGATA" (150 personas)
* Comedor "LA TERRAZA" Cubierta Proa y Popa (200 personas)
* Salón "LA TABERNA" y "BAR KINGSTON" para 100 personas
* Coliseo para 400 personas
* Salón de Directorio de 30 miembros y Privados "ANGAMOS" y "ARICA", hasta un máximo de 12 personas

Asimismo cuenta con Estacionamiento seguro y guardianía para su automóvil

La excelente combinación de
distinción y satisfacción

RESERVACIONES

Nuestros socios, familiares y amigos siempre hacen reservaciones con anticipación llamando al teléfono y/o Fax 290944.
A Instituciones y Asociaciones podemos atenderlos previa coordinación con nuestra Gerencia. Visite nuestra Sede donde tendremos el gran placer de invitarlo a disfrutar con nosotros el grato ambiente preparado especialmente para Usted.

III. **Homogeneidad en la toma de datos.-** Una vasta superficie se detecta por el mismo sensor y en una fracción muy pequeña de tiempo.

IV. **Información sobre regiones no visibles del espectro.-** Los sensores óptico-electrónicos facilitan imágenes sobre áreas no accesibles con la fotografía convencional: infrarrojo medio, térmico y microondas, lo que nos permite profundizar estudios diversos.

V. **El formato digital de las imágenes.-** Agiliza su tratamiento con la ayuda de equipos adecuados y reduce los costos para integrar posteriormente los resultados con otro tipo de cartografía más convencional.

Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica

Para la mayor parte de las personas que utilizan la Teledetección Espacial, el fruto final se da después de un tratamiento visual o digital de la información recibida del satélite, un mapa temático que refleje el estado de la variable del estudio (tipo de suelo, océanos, viviendas). En varios casos la obtención de ese mapa es la fase final del trabajo.

En otros casos, se trata de un documento más que proporciona, junto a otras variables territoriales, un conocimiento integrado del espacio de estudio. En ese planteamiento, la carta gráfica obtenida a partir de la Teledetección es un elemento más dentro de un sistema de información integrado.

Esta orientación se ha visto favorecida por las nuevas tecnologías para el almacenamiento, manipulación y salida gráfica de la información espacial. De esta manera, nacen los denominados Sistemas de Información Geográficos (SIG), que pueden definirse como un sistema conformado por un Hardware, un Software y Procedimientos y Técnicas destinados para soportar la captura, gestión, manejo, análisis, modelamiento y recuperación de datos espacialmente referenciados, o sea, es como trabajar con mapas electrónicos asociados a una enorme base de datos temática. Por cuanto la información que contienen se almacena en formato digital, los SIG aprovechan las posibilidades analíticas de los ordenadores ampliando enormemente las posibilidades de análisis que brindan los mapas convencionales, además de facilitar su almacenamiento y visualización. Si los SIG son una herramienta idónea de almacenamiento y gestión, la Teledetección brinda al sistema una de sus fuentes de información más interesantes. En pocas palabras, los SIG son la continuación lógica de una buena parte de las aplicaciones temáticas de la Teledetección.

Reflexiones

Por fuerza, la aplicación de la tecnología espacial debe concebirse necesariamente desde el punto de vista de sus objetivos a mediano y largo plazo, la rentabilidad a corto plazo es casi imposible. Y no son sólo los factores técnicos los que determinan esta situación, cuyo trasfondo está más en las organizaciones, en cultivar nuevas actividades, en la capacitación y educación del interesado.

La creación de un marco jurídico, que por lo general involucra la cooperación inter-

nacional, constituye un proceso largo y difícil de manejar, y esto se aplica no sólo a los países en vías de desarrollo, sino también a los industrializados. Entre el usuario final de la información y la entidad que opera el satélite deben haber instituciones, compañías y organizaciones de investigación que procesen los datos provenientes, por ejemplo, del satélite, para que éstos puedan utilizarse con fines prácticos.

De allí nace la necesidad de instaurar la cooperación entre profesionales cuyos intereses son diferentes al comienzo. Esto no puede realizarse de la noche a la mañana y se requiere de un gran empeño y planificación para lograr una mutua compensación. Surge de lo anterior que, antes de establecer un Sistema Operativo, será necesario crear proyectos pilotos, demostraciones, actividades operativas, promociones y la capacitación en muchos campos.

La Teledetección Espacial, por las diferentes aplicaciones en las múltiples disciplinas del quehacer humano, sin duda alguna, abre perspectivas incalculables para el hombre, como herramienta en su eterna lucha por descifrar los misterios del Universo y para aprovechar al máximo los recursos del Planeta Tierra.

