

# México desde el espacio

RAÚL ÁNGEL GÓMEZ MORENO

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

En 1879, Julio Verne describió en *Los 500 millones de la Begum* –una de sus historias menos conocidas– cómo el doctor Schultze construyó un cañón tan potente que al disparar su obús lo expulsó a casi 10 kilómetros por segundo, de manera que quedó orbitando sin poder caer jamás sobre su objetivo. Para ser justos hay que decir que Verne sabía de este efecto porque Newton ya lo había calculado, dos siglos antes, en sus *Principios matemáticos de la filosofía de la naturaleza*.

En 1945 el británico Arthur C. Clark, el mismo que escribió el guión de la famosa película de ciencia ficción *2001: Odisea del espacio*, publicó el artículo de tres páginas, *Transmisiones extraterrestres* en el que proponía establecer líneas de comunicación mundial por medio de satélites artificiales colocados en órbitas estacionarias –sobre el mismo punto de la Tierra– a una distancia entonces considerada fantástica de 36 mil kilómetros. Los satélites podrían enviar y recibir información con antenas terrestres y sólo se requerían tres de éstos sobre el plano del Ecuador para cubrir toda la superficie de nuestro planeta. También propuso la utilización de la energía solar para mantener en funcionamiento estos artificios. Los principios establecidos por Clark todavía son válidos para muchos satélites, principalmente de comunicaciones.

Durante la guerra fría, la Unión Soviética ganaría la primera etapa de la carrera espacial al construir y lanzar el primer satélite artificial *Sputnik* en 1957. Con este hecho se inició la historia real de estos artefactos. En la actualidad es difícil saber cuántos satélites orbitan la Tierra, podemos conjeturar que unos 10 mil aparatos, ya que varios son militares y muchos otros, al dejar de operar, se han convertido en lo que llamamos “chatarra espacial”.

## Tipos de satélites

Cualquier inteto de clasificación sería una división rígida, ya que la mayoría de los satélites pueden

soportar varias aplicaciones. Pero, de acuerdo con sus aplicaciones, los satélites pueden ser:

**Científicos.** Diseñados y construidos con propósitos experimentales, se dedican al análisis de la exosfera, atmósfera, la superficie de la Tierra, hidrosfera y otros cuerpos celestes (por ejemplo el telescopio Hubble). Aquí encontramos los satélites mexicanos UNAMSAT I, II y III, desarrollados con tecnología propia.

**Comunicaciones.** Es el fragmento más comercial. La actual telefonía fija y celular transcontinental, las transmisiones de televisión, radio y la internet no podrían existir sin el apoyo de los satélites. Es un negocio de miles de millones de dólares. En este rubro podemos ubicar los satélites Morelos, Solidaridad y Satmex, adquiridos por México.

**Meteorología.** Dedicados casi exclusivamente a la recolección de datos útiles para la predicción del tiempo atmosférico, son los que proveen las famosas imágenes de satélite que vemos a diario en los noticieros. Tienen la característica de tomar panorámicas de la Tierra varias veces al día de manera que pueden monitorear los cambios en la nubosidad, la temperatura del aire y del mar, la presión atmosférica, la cantidad de vapor de agua, entre otros. Los procedimientos asociados permiten que estos datos puedan ser utilizados de forma inmediata en los servicios meteorológicos para la predicción del estado del tiempo.

**Navegación satelital.** Conocidos también como de posicionamiento global, son varias constelaciones –grupos de satélites– que permiten determinar la posición de un objeto, para ello se requiere captar varios satélites simultáneamente. Se pueden utilizar para la detección y monitoreo de vehículos, así como para los sistemas de navegación asistida en autos, barcos y aviones. En el mercado nacional ya están disponibles navegadores satelitales que, unidos a bases de datos geográficos, permiten saber dónde estamos y cómo llegar a diferentes sitios, principalmente en las ciudades. Debemos mencio-



nar que el GPS es sólo uno de los sistemas globales de navegación por satélite, existen otros como el ruso Glonass o el europeo en desarrollo Galileo.

*Militares.* Las necesidades de información militar han impulsado con grandes recursos económicos el desarrollo de esta tecnología. La exigencia para detectar a tiempo un probable ataque o la instalación de una nueva central nuclear, provoca que las potencias mundiales se esfuercen en el perfeccionamiento de sus sistemas de espionaje espacial. Estos instrumentos frecuentemente tienen mayor detalle y sofisticación que los disponibles para el público en general, su calidad gráfica es prácticamente la de una cámara fotográfica a pocos metros del suelo y algunos satélites pueden interceptar conversaciones telefónicas e identificar entre miles de llamadas una voz en particular. Otros desarrollos sólo podemos imaginarlos ya que están estrictamente resguardados.

*Observación de la Tierra.* Están diseñados para capturar imágenes de la superficie de la Tierra de manera que permiten estudiar tipos de vegetación y cobertura del terreno, cuerpos de agua, erosión del suelo, crecimiento de los cultivos, contaminación marina, deshielo, incendios forestales, prospección minera, temperatura del mar. También se les conoce como satélites para recursos naturales. Otros campos de aplicación son el crecimiento urbano, la cartografía y la atención a desastres naturales. El campo de usos es prácticamente ilimitado. Estos satélites suelen contar con sensores que captan diferentes longitudes de onda desde el rango visible hasta el radar, cada una de estas franjas ofrecen diferente información sobre el objeto de estudio. Para el presente artículo son los de mayor interés.

## Las imágenes

De una manera simple, los satélites para la observación de la Tierra transportan uno o varios sensores que miden la energía que proviene de la superficie de nuestro planeta en rangos definidos del espectro electromagnético. De la misma manera que una cámara fotográfica digital registra la luz que reflejan los objetos y la convierte en imágenes, los sensores de los satélites guardan digitalmente los datos sobre radiaciones que luego serán transformados en una imagen no sólo en un rango visible, como lo

hace la cámara fotográfica, sino también en las regiones del infrarrojo y las microondas.

Son varias las características que han hecho tan populares a estas imágenes:

*Visión panorámica.* La altura a la cual orbitan los satélites les permite obtener imágenes de una gran porción del territorio incluso de todo un hemisferio.

*Cubrimiento mundial.* Algunos satélites o combinaciones de ellos pueden captar imágenes de prácticamente la totalidad de la superficie terrestre. Desde un punto de vista positivo de esta característica, permiten capturar imágenes de lugares de difícil acceso. Se puede contar así con datos homogéneos a nivel del planeta, lo cual sirve para elaborar proyectos de investigación y monitoreo mundiales o de grandes regiones. Por ejemplo, se está construyendo el mapa de cobertura de la superficie de Norteamérica (Canadá, EU, México).

*Espectro no visible.* La mayoría de los satélites son capaces de capturar varias zonas ocultas al ojo humano como el infrarrojo, el térmico y la región de las microondas. La detección de regiones específicas nos permite percibir, además de la visión normal, aerosoles en la atmósfera, vapor de agua, temperaturas del mar y de la superficie terrestre, niveles de clorofila, humedad de las plantas, entre otros.

*En formato digital.* El uso de la informática a todos niveles facilita la captura, almacenamiento, transmisión y procesamiento de las imágenes digitales a través de computadoras y programas especializados.

*Diversas resoluciones.* Un mismo satélite o una combinación de ellos pueden ofrecer desde una imagen hemisférica del globo terráqueo hasta imágenes de gran detalle de regiones pequeñas. Una misma porción de la superficie terrestre puede ser captada con distintas resoluciones, esto es, a mayor resolución, mayor detalle de los rasgos, sin embargo a menor detalle, menor tiempo para cubrir una misma superficie.

*Costo.* Algunas de las imágenes, sobre todo las de menor detalle, se pueden encontrar gratuitas en internet. Las imágenes a gran resolución espacial son relativamente caras. En un análisis costo-beneficio se pueden ponderar sus ventajas. Es común que países de escasos recursos monetarios reciban imágenes sin costo para objetivos ambientales y económico-sociales.

## Las actividades de observación espacial en México

De 1962 hasta 1977 existió la Comisión Nacional del Espacio Exterior, perteneciente a la SCT, la cual construyó dos cohetes meteorológicos y adelantó la investigación satelital en comunicaciones.

Por su parte el Departamento del Espacio Exterior se funda en la UNAM en 1962, llamado actualmente Departamento de Ciencias Espaciales, adscrito al Instituto de Geofísica. En 1986 se creó el grupo interdisciplinario de Actividades Espaciales (GIAE), también en la UNAM, con la participación de otras instituciones educativas del país, que, en 1989, se convierte en el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE); en 1997 sus funciones fueron transferidas al Centro de Instrumentos de esa casa de estudios.

En 1992 se constituyó el capítulo mexicano de la Sociedad de Expertos Latinoamericanos en Percepción Remota donde se han agrupado algunos de los usuarios de la información proveniente de la tecnología satelital.

Hasta el momento, la actividad espacial más difundida de México ha sido la participación de Rodolfo Neri Vela en la misión 61-B del transbordador Atlantis, ya que fue el primer mexicano y latinoamericano en participar como tripulante en un programa espacial.

En 2006 la Cámara de Diputados aprobó la iniciativa que creó la Agencia Espacial Mexicana (AEXA), que tiene como objetivo apoyar el desarrollo científico espacial del país y formar los especialistas necesarios. Hasta el momento esta iniciativa no ha logrado cristalizarse, y espera su turno en el Senado. Países como Brasil, Colombia, Chile, Nigeria, China e India ya cuentan con organismos dedicados a estos asuntos.

Desde la aparición de los satélites meteorológicos, los científicos mexicanos de la atmósfera han participado en el estudio y aplicación de imágenes satelitales. Con el surgimiento del programa de satélites Landsat en 1972, un pequeño pero entusiasta grupo de científicos, técnicos y académicos tuvieron a su disposición imágenes tomadas desde el espacio, gracias a los acuerdos de cooperación entre la NASA y nuestro país. Sin embargo, había algunos inconvenientes asociados al aprovechamiento de las imágenes; por ejemplo, no eran accesibles a

todo el público interesado, las imágenes comerciales eran demasiado costosas, además de la extensa capacitación, indispensable para la interpretación y procesamiento de los datos.

Para el tratamiento digital se necesitaba el *hardware* y programas de cómputo especializados. Recordemos que en esos años una computadora científica era una serie de dispositivos que ocupaban grandes áreas específicamente acondicionadas. El manejo informático requería de meses de capacitación, lo que se traducía en costos difíciles de solventar, tanto en el ámbito de la academia como en centros de investigación y aplicación.

Es en 1990 cuando se generaliza el uso de las imágenes satelitales, principalmente para la evaluación de los recursos naturales, al disponerse de equipos de cómputo y programas más baratos y fáciles de usar. El acceso a las imágenes se hizo más simple, incluso los precios fueron disminuyendo.

Diversos organismos como el COREMI (ahora Servicio Geológico Mexicano), la CONAFOR, la Semarnat y el INEGI entre otros, han utilizado imágenes satelitales como insumo indispensable para realizar inventarios y cartografía.

Hasta 1990 la fotografía aérea había sido la principal fuente de datos para el reconocimiento del territorio y la elaboración de mapas. Prácticamente la totalidad de la cartografía moderna fue elaborada fundamentalmente con fotos aéreas que se interpretaban y corregían geométricamente.

Desde entonces la teledetección espacial se ha desarrollado sin interrupción y de una forma cada vez más acelerada, complementando en varios campos a la fotografía aérea. La función de observar el comportamiento de grandes extensiones de la atmósfera, superficie terrestre y los océanos se basa actualmente en imágenes de satélite. Sólo los trabajos a gran detalle se elaboran a partir de información fotográfica obtenida desde aeronaves.

### La Estación de Recepción México de la Constelación de Satélites Spot

A principios del siglo XXI México carecía de la infraestructura necesaria para captar imágenes con el detalle suficiente para estudiar fenómenos como el crecimiento urbano, las vías de comunicación o la deforestación en áreas pequeñas; sin embargo, contaba con algunas estaciones receptoras de imá-



genes de pequeño detalle espacial, para la investigación y predicción del tiempo, ubicadas principalmente en universidades.

Entonces era necesario comprar imágenes de satélites comerciales para las regiones de interés, las cuales en ocasiones cubrían íntegramente el territorio nacional. El costo total podía alcanzar millones de pesos y derivado de la falta de comunicación, no era inusual que varias dependencias gubernamentales compraran las mismas imágenes para diferentes proyectos.

Partiendo del hecho de que tener una estación de recepción de imágenes permite reducir los costos y tiempos para la adquisición de este tipo de datos y, que minimiza las compras duplicadas al establecerse un sólo centro de distribución, en noviembre de 2003 se inauguró la Estación de Recepción México de la Constelación de Satélites Spot (ERMEXS) en las instalaciones de la Secretaría de Marina (Semar) en la capital de la República. El costo de la estación fue sufragado por Sagarpa, y en su operación participan la propia Sagarpa, Semar e INEGI.

Los principales productos que se generan en la ERMEXS son imágenes pancromáticas en tonos de gris de 2.5 m y las de color de 10 m, ambas captadas por el satélite Spot 5, el más avanzado de esta constelación. Las imágenes en tonos de gris y las de color se pueden fusionar logrando una imagen de color con una resolución a 2.5 m, aunque se pierde información.

A través de la ERMEXS se han distribuido a la administración pública federal más de 75 mil imágenes desde su instalación; las imágenes captadas en esta estación sólo podían ser entregadas a un sector del gobierno federal. El contrato entre el gobierno mexicano y Spot Image se ha flexibilizado de manera que ahora también los gobiernos estatales y municipales tienen acceso a esta fuente de información, convirtiéndose así la ERMEXS en el mayor distribuidor de imágenes satelitales del país.

### La Estación de Recepción de Imágenes de Satélite Chetumal

Mediante un acuerdo signado en octubre del 2005 entre la Agencia Aeroespacial Alemana (DLR por sus siglas en alemán) y Conacyt se puso en marcha, en 2007, la Estación de Recepción de Imágenes de Sa-

télite Chetumal (ERIS); para su operación colaboran en nuestro país, Conabio, ECOSUR e INEGI. Se trata de una estación multicaptora, es decir a diferencia de la ERMEXS que sólo puede captar el satélite Spot, podrá recibir datos de varios satélites. Por el momento se están captando imágenes de los satélites Terra, Aqua, Landsat y Ers 2. Se está considerando además el satélite Terrasar.

### Hacia un Sistema Nacional de Imágenes

México requiere una amplia gama de imágenes para cubrir sus necesidades de información. Se necesitan de todas las resoluciones espaciales, desde los de cobertura regional hasta los de gran detalle; en diferentes periodos, desde cada media hora hasta imágenes estacionales o anuales para evaluar los cambios que ofrezcan diferentes tipos de datos (ópticos, infrarrojos, térmicos, radar).

Obviamente es imposible cubrir todas las necesidades de imágenes, pero sí podemos discriminar las más importantes e intentar satisfacerlas, por ejemplo en situaciones de contingencia originadas por desastres naturales o provocados por el hombre. Para ello es necesario diseñar un Sistema Nacional de Imágenes que coordine a los interesados, que evalúe detalladamente sus necesidades y analice los proyectos en que se aplicarán. Una vez determinados los tipos de imágenes necesarios y sus periodos de adquisición, se tendrá que estudiar su disponibilidad y la mejor forma de obtenerlas. Después se tendrá que distribuirlas, preferentemente usando las tecnologías de información y que monitorear su uso para ajustarlo.

En el sistema deberán estar disponibles las imágenes más recientes, así como un archivo histórico que permita hacer comparaciones. El acervo de fotografías aéreas del país que data desde los años treinta del siglo pasado, deberá ser considerado como parte del sistema y puesto a disposición del público. También deberán aportar imágenes a este sistema ERMEXS, ERIS y las antenas de las universidades.

La operación de las estaciones terrenas ubicadas en el territorio nacional sienta las bases para que México, a través del INEGI, conforme este sistema y brinde, de manera coordinada, la información que la nación requiere para un crecimiento ordenado y sustentable.