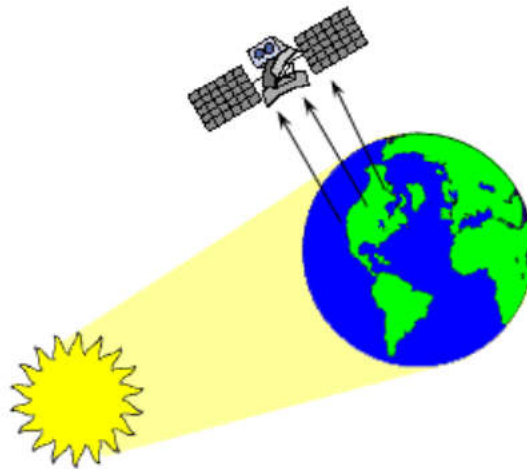


Material de Apoyo al Curso:

## **Introducción a las Imágenes Satelitales**



Proyecto:

Programa de Modernización de la Jurisdicción de Tierras  
Tribunal Superior de Tierras  
Santo Domingo, República Dominicana

Preparado por:

**Centro de Investigaciones Geoespaciales (CIG)**

Instructora:

**Yolanda León, M.Sc.**

Agosto, 2002

# TEMA 1. PERCEPCION REMOTA

## 1.1 ¿Qué es la percepción remota?

Antes de hablar sobre las imágenes satelitales, es importante explicar el concepto de percepción remota, ya que en él se basa la obtención de todas las imágenes satelitales. En sentido general, percepción remota no es más que obtener información de un objeto a distancia, tal como lo hacen nuestros ojos cada día. Una definición más técnica sería:

*Percepción remota consiste en la adquisición de información acerca de un objeto a través de datos obtenidos con un instrumento que no está en contacto directo con él.*

Una aplicación muy conocida de percepción remota es el área de medicina, por ejemplo con las imágenes del cuerpo humano obtenidas mediante rayos X y las sonografías a las mujeres embarazadas y las tomografías o “cat scans”.

## 1.2 Breve historia de la percepción remota de la Tierra

Pero volviendo al tema del curso, la aplicación de percepción remota que nos interesa ahora es la observación de la Tierra. Los hombres y las mujeres siempre tuvieron curiosidad por conocer el mundo que le rodea. Para ampliar su campo visual del mismo sin estar limitado por los objetos cercanos, empezaron a buscar plataformas elevadas, subiéndose a árboles, colinas y montañas, para poder observar desde la altura y en forma general el lugar en que vivía. Para satisfacer esta curiosidad, a menudo se construían torres de observación, y sus observaciones eran capturadas por dibujantes y escritores. Sin embargo, estas observaciones raramente podían hacerse de un modo continuo y consistente.

Uno de los mayores impulsos para el desarrollo de la observación de la Tierra surgió a raíz de la invención de la cámara fotográfica en 1822. Con su posterior avance y amplia difusión, empezaron las primeras aplicaciones de la fotografía en el área de observación de la superficie terrestre a distancia. Así, en 1856, se toman las primeras fotos aéreas, para lo cual instaló una cámara fotográfica enfocada hacia abajo en un globo de gas que voló sobre la ciudad de París. Además, se utilizaron cometas o chichiguas para obtener fotos aéreas de distintas ciudades del mundo y un curioso invento de fines del siglo XIX fue el de colocar pequeñas cámaras fotográficas en palomas mensajeras.

En 1909, con el perfeccionamiento de los aviones, se inició la toma de fotografías aéreas para fines cartográficos, lo cual abrió el camino a la observación terrestre a

partir de plataformas espaciales. Así, en los años 1930, los EEUU, Canadá y Alemania realizaron las primeras coberturas sistemáticas de sus territorios, para fines de inventario de recursos naturales.

La Segunda Guerra Mundial (1939-1945) se considera como un período en que la observación a distancia de la Tierra dió un gran salto, por razones obvias. En esta época no sólo se expandió la toma de fotos aéreas desde aviones, sino que se implementó por primera vez el uso de películas sensibles a la luz infrarroja (que permitía diferenciar los objetos camuflados de la vegetación real), también se desarrolló la percepción remota a través de radar y microondas. Debido al desarrollo de cohetes durante esta guerra para fines bélicos, fue posible que en los años siguientes se iniciara su uso como plataformas de observación a distancia. A continuación, la denominada Guerra Fría también incentivó una carrera en el desarrollo de estas tecnologías de observación a distancia entre los EEUU y la URSS. Así, en 1957 la URSS lanza el primer satélite artificial al espacio: el Sputnik I, que fue seguido por otro de los EEUU al año siguiente.

En la década de los años 1960 se dio un enorme avance en toda la tecnología de observación de la Tierra existente. Las plataformas satelitales reemplazaron a las aéreas y los sensores electrónicos multispectrales, acoplados a computadoras, reemplazaron las cámaras fotográficas. Así se da inicio a la disciplina hoy conocida hoy comúnmente como percepción remota, teledetección o sensoramiento remoto de la Tierra.

Para concluir, vale la pena mencionar que la percepción remota ha demostrado ser tan útil, y sus aplicaciones tan diversas, que se calcula que se ha invertido en proyectos que utilizan sensores remotos para obtener información, aproximadamente un trillón de US\$. Simplemente por esta razón es importante conocer, aunque sea de manera simple, qué es la percepción remota de la Tierra y por qué se considera una herramienta de tanta importancia para el futuro de la humanidad y cómo puede servirle a ud. en su campo de trabajo.

### **1.3 Características de las imágenes satelitales**

#### **Formato digital**

Es importante distinguir la diferencia entre imágenes y fotografías en percepción remota. Una imagen es cualquier representación gráfica, sin importar cuales métodos de percepción remota se utilicen para detectar y registrar la energía electromagnética. La energía electromagnética puede ser captada de manera fotográfica o electrónica. Las fotografías son el resultado de reacciones químicas producidas en la superficie de una película sensible a la luz para detectar y registrar las variaciones en energía. Por esto, se dice que una fotografía constituye un tipo específico de imagen que ha sido detectada y plasmada en una película fotográfica.

A diferencia de las fotografías, las imágenes satelitales registran la energía electromagnética de manera electrónica desde el inicio. Estas imágenes están conformadas por cuadrillos del mismo tamaño, llamados *píxeles*, y que representan la brillantez de cada cuadrillo correspondiente al terreno mediante un valor numérico o número digital (que representa la variación en el voltaje de la radiación que capta el sensor). El conjunto de píxeles o cuadrillos de una imagen forman una malla o *raster*. En la mayoría de las imágenes satelitales el rango de valores del número digital de los píxeles va desde 0 hasta 255, correspondiendo al rango de intensidades de la brillantez de cada píxel. Una fotografía puede también ser mostrada en formato digital si se subdivide la imagen en píxeles, como comúnmente se hace con un sistema de barrido o *scanner*, pero a veces se pierde detalle en la conversión. Las imágenes satelitales están en formato digital desde el inicio, y no hace falta conversión alguna.

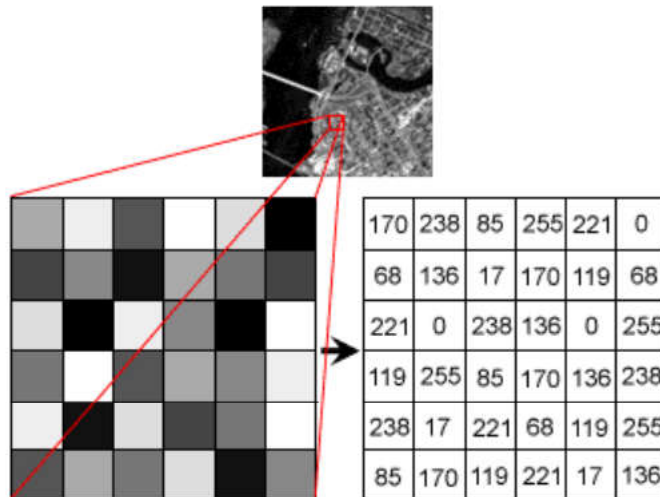
### **Píxeles de tamaño fijo**

Otra diferencia entre imágenes satelitales y fotografías es que los píxeles que conforman una imagen satelital son de un tamaño fijo que corresponde a un área fija en el terreno. El número digital de cada píxel es el promedio de la brillantez reflejada en cada una de estas áreas fijas (pueden ser de 25 x 25m, 1 m x 1 m, etc., dependiendo de la resolución espacial del sensor, de la cual hablaremos más adelante). El tamaño de los píxeles de una fotografía escaneada vienen dados por la película, la capacidad del scanner utilizado, y las preferencias del usuario a la hora de escanearla.

### **Bandas Espectrales**

Una característica sumamente importante de los sensores de imágenes satelitales es que obtienen información dentro de rangos específicos de longitud de onda dentro del espectro fotomagnético. Esta información es registrada en distintos canales o bandas espectrales. Para visualizar las imágenes satelitales, podemos combinar y visualizar las distintas bandas digitales mediante los tres colores primarios (azul, verde y rojo) que capta el ojo humano. De este modo, es posible visualizar energía de longitudes de onda invisibles al ojo humano, como la luz infrarroja, que puede ser de gran utilidad para estudiar distintos objetos o fenómenos.





**Figura 1. Los píxeles (cuadritos) son los elementos que componen una imagen digital; cada uno tiene un número digital correspondiente a la brillantez reflejada por el terreno en ese punto.**

#### 1.4 Ventajas y desventajas de las imágenes satelitales

Entre las ventajas de las imágenes satelitales, podemos destacar:

- Rapidez, tanto en la periodicidad de la adquisición de nueva información, como en la obtención de la misma por el usuario (que hoy puede hacerse casi instantáneamente a través del internet).
- Bajo costo, sobre todo si se trata de estudiar áreas de gran extensión, ya que en general, las imágenes satelitales son más baratas que la toma de fotos aéreas o levantamientos topográficos extensos en el campo.
- Accesibilidad a lugares remotos, ya que desde el espacio no existen fronteras, y se puede observar cada rincón del planeta.
- Se pueden combinar con otras capas de sistemas de información geográfica (SIG). Esto puede ayudar a la interpretación de las mismas, a la misma vez que las imágenes pueden ayudar a crear y actualizar capas de SIG.
- Se pueden realzar características específicas. Gracias a la codificación digital de la imagen en distintas bandas espectrales, pueden realizarse numerosas operaciones matemáticas o algoritmos que destaquen las características de interés en el terreno.
- Repetición en el tiempo. Es decir, cada satélite vuelve a pasar por el misma área cada cierto tiempo, permitiendo hacer estudios comparativos a lo largo del tiempo.
- No se limitan a captar la luz visible. Como dijimos anteriormente, la posibilidad de ver energía no visible al ojo humano es una gran ventaja para el estudio de diversos objetos o fenómenos.

## Desventajas de las imágenes satelitales

- En muchos casos, sobre todo si se trata de un área desconocida por el observador se necesitará calibrar la imagen (deberá ser verificada en el terreno).
- Es preciso que se realice en la imagen una corrección geométrica, para que se adapte al relieve y al esferoide de la tierra, y se geo-referencie, es decir, que se le asignen coordenadas reales a la imagen.
- En ocasiones pueden confundirse fenómenos diferentes en la imagen que tengan las mismas características espectrales (por ej. Arena blanca con un techo blanco)
- A veces, puede haber confusión causada por fenómenos que no se querían muestrear (por ej. nubes, sombra).
- Generalmente no son apropiadas para mapas detallados (a gran escala). Sin embargo, esto está cambiando debido a la mayor resolución espacial de los sensores de satélite más modernos.

## Fuentes consultadas

Velasco, I., Di Lorenzo, N. L., Flores, A. L. y Nuñez, J. M. Guía para la enseñanza de la percepción remota en meteorología. Grupo SAT-RAD (Grupo Desarrollo de Productos Satélite y Radar), Dpto. Ciencias de la Atmósfera, Universidad de Buenos Aires.

<http://www.atmo.at.fcen.uba.ar/satelite/curso/satelite/satuno/radiacion.htm>

Consultado: Agosto 2002.

Predium. Teledetección <http://www.predium.com/teledete.htm> Consultado: Agosto 2002.

Short, N. Remote Sensing Tutorial. NASA (Nacional Aeronautic and Space Administration). <http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/tofc.html>. Consultado: Agosto 2002.

SELPER (Sociedad Latino Americana de Sensoramiento Remoto y Sistemas de Información Espaciales). Cuadernos Didacticos.

<http://www.ltid.inpe.br/selper/frame.html> Consultado: Agosto 2002.

TELEDET. Percepción remota satelital. <http://www.teledet.com.uy/default.htm>.

Consultado: Agosto 2002.

Canada Center for Remote Sensing. Remote Sensing Tutorial.

<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/eduref/tutorial/tutore.html>. Consultado: Agosto 2002.

Imaging and Geospatial Information Society. The remote sensing core curriculum.

<http://www.research.umbc.edu/~tbenja1/>. Consultado: Agosto 2002.

## TEMA 2. PRINCIPIOS BÁSICOS PARA LA PERCEPCIÓN REMOTA

### 2.1 El espectro electromagnético

Los satélites de percepción remota tienen sensores que detectan la luz visible, al igual que las fotos, pero también pueden detectar radiación que los seres humanos no son capaces de ver (por ej. luz infrarroja y las ondas de radar). Todas las imágenes remotas se basan en la medida de la radiación o energía electromagnética que emite un objeto o material. El espectro electromagnético es un espectro continuo de todos los tipos de radiación electromagnética, ordenados generalmente de acuerdo a su longitud de onda como vemos aquí debajo:

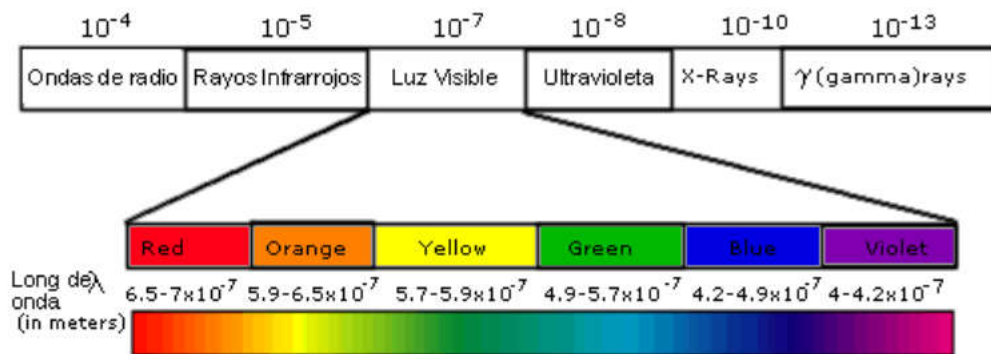


Figura 2. El espectro fotomagnético muestra todos los tipos de radiación ordenados de acuerdo a longitud de onda.

Como podemos ver, la luz visible ocupa una pequeña parte del espectro. Esto otorga una importancia especial a las imágenes remotas que pueden captar otros tipos de energía, ya que amplían así la capacidad de los ojos humanos. De ahí la importancia de entender las propiedades espectrales de los diferentes materiales y objetos de la superficie de la Tierra para poder interpretar y sacar más provecho a las imágenes satelitales.

### 2.2 Firma espectral

Otro concepto importante es que todos los materiales u objetos emiten energía en rangos específicos de longitud de onda, que son normalmente conocidos como su espectro o *firma espectral*. Esto nos permite identificar distintos materiales presentes en la superficie terrestre aún a grandes distancias. Ya que los sensores a bordo de satélites son capaces de medir energía en una amplia gama de longitudes de onda, tienen una enorme ventaja frente a cualquier otro sistema de observación terrestre a distancia.



Cada elemento, material o sustancia de la superficie terrestre varía su radiancia de las distintas frecuencias de radiación incidente, generando un patrón o firma espectral a menudo único que permite reconocerlo.

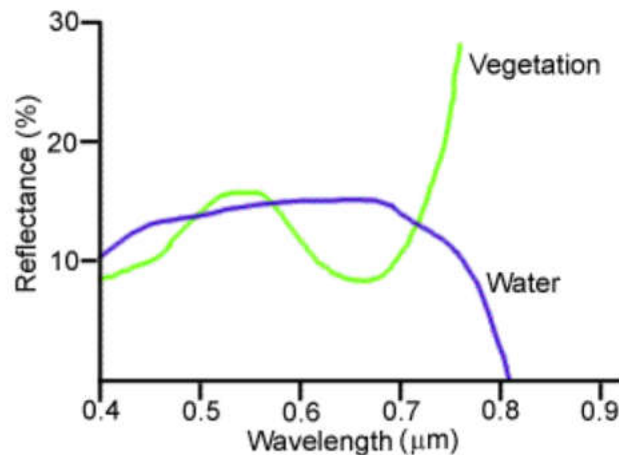


Figura 3. Como podemos ver, existen diferencias entre la firma espectral del agua y la vegetación.

## 2.3 Resolución de las imágenes satelitales

Comúnmente, se habla de cuatro tipos de resolución de las imágenes satelitales.

**1) Resolución espacial**, que está relacionada con el tamaño del rasgo más pequeño que puede ser distinguido en una imagen. Mientras los usuarios de productos cartográficos están familiarizados con el concepto de escala, los usuarios de imágenes deben considerar los términos de resolución y exactitud para describir la cantidad de detalles contenidos en la misma.

La resolución espacial mide la menor separación angular o lineal entre dos objetos. Cuando un sistema posee una resolución de 30 metros, como el TM o el ETM+ de Landsat, significa que objetos distanciados entre sí menos que 30 metros, en general, no serán separados por el sistema. Así, cuanto menor sea la resolución espacial del sistema mayor será el poder de resolución, o sea, mayor su poder de distinguir entre objetos muy cercanos.

**2) La resolución espectral**, que es la habilidad de un sensor de discriminar la radiancia reflejada en cada longitud de onda del espectro electromagnético. El ojo humano es capaz de percibir la información contenida en la sección del espectro visible. En contraste, los instrumentos de los sensores pueden ser diseñados para medir la energía radiante en cualquier parte del espectro incluyendo ondas



ultravioletas, infrarrojo, termal y microondas. La resolución espectral queda definida por el número de bandas que el sensor puede captar y por el ancho de cada banda. Así, un sensor será tanto más sensible cuanto mayor sea el número de bandas de que el disponga, debido a que esto facilita la caracterización espectral de las distintas coberturas

**3) La resolución radiométrica**, que es la capacidad del sensor para discriminar niveles o intensidades de radiancia espectral, utilizándose desde 128 hasta 1024 niveles. Como hablamos anteriormente, lo más común es utilizar 256 valores (0-255), ya que generalmente aporta suficiente detalle sin sacrificar demasiado espacio de almacenamiento en el computador.

**4) La resolución temporal**, que es la periodicidad con que el sensor puede adquirir una nueva imagen del mismo punto de la tierra. Esta resolución viene dada por la velocidad en que el sensor realiza su órbita alrededor de la tierra, a menos que sea geoestacionario (enfocado fijamente en un punto del planeta).

La secuencia temporal de los sistemas espaciales varía de acuerdo con los objetivos fijados para el sensor. Los satélites meteorológicos son obligados a ofrecer información en períodos cortos de tiempo, pues se dedican a observar un fenómeno muy dinámico, por esta razón su resolución temporal es de 30 minutos (Meteosat, GOES etc) o de 12 horas como la del satélite NOAA. Los satélites de recursos naturales ofrecen una periodicidad mucho menor, pues no están colectando informaciones de fenómenos tan dinámicos como los meteorológicos. Así, la resolución temporal de estos satélites está entre los 16 días del Landsat y los 31 del ERS.

### **Fuentes consultadas**

Canada Center for Remote Sensing. Remote Sensing Tutorial. <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/eduref/tutorial/tutore.html>. Consultado: Agosto 2002

Predium. Teledetección <http://www.predium.com/teledete.htm> Consultado: Agosto 2002.

SELPER (Sociedad Latino Americana de Sensoramiento Remoto y Sistemas de Información Espaciales). Cuadernos Didacticos. <http://www.ltid.inpe.br/selper/frame.html> Consultado: Agosto 2002.

TELEDET. Percepción remota satelital. <http://www.teledet.com.uy/default.htm>. Consultado: Agosto 2002.

## **TEMA 3. PRINCIPALES TIPOS DE IMÁGENES SATELITALES**

### **3.1 La industria mundial de la teledetección civil**

Los primeros satélites civiles de teledetección estaban aplicados al área de la meteorología, sobre todo para detectar fenómenos del clima. Actualmente, existen numerosos satélites de teledetección para uso civil en el área de recursos naturales, meteorología, y oceanografía operados por gobiernos de diversos países entre los que destacan actualmente los Estados Unidos, Francia, Japón, Brasil, e India. En la última década, también compañías privadas con fines comerciales han entrado en la industria. Un esquema mostrando los principales satélites con resolución menor o igual a 30 m se presenta en la Figura 4, y sus características espectrales en la Figura 5 (nota: las figuras están al final de este tema).

Como podemos ver, existe una gran gama de satélites a escoger a la hora de ordenar una imagen. Cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes para diferentes aplicaciones, además de que el costo también podría ser una limitante. Por esto, no existe ningún tipo de imagen que sea más recomendado que otro. El más apropiado dependerá de nuestra evaluación de qué puede ofrecernos y cómo esto servirá a nuestros fines. A continuación, hablaremos brevemente sobre los programas que producen imágenes satelitales más utilizados en la actualidad para fines civiles y sus principales características. No se trata de un tratado exhaustivo del tema, por lo que recomendamos visitar las páginas web de cada programa para obtener información más completa y actualizada.

### **3.2 Landsat**

Landsat fue el primer satélite de teledetección de la superficie terrestre. Fue puesto en marcha por la NASA de los Estados Unidos para obtener imágenes de la Tierra de una manera global en 1972. La Tabla 1 presenta información sobre los satélites del programa Landsat, que actualmente es administrado por la NASA y la NOAA.

Hasta la fecha, 7 satélites Landsat han sido lanzados. Los sensores a bordo de cada uno han ido evolucionando y mejorando, siendo los de Landsat 7 los más modernos, llamado ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Las características generales de este sensor se presentan en las Tablas 2 y 3.

**Tabla 1. Satélites y sensores del programa Landsat.**

Satélite	Lanzamiento	Fin de operación	Sensor
ERTS- 1	1972	1978	MSS y RBV
LANDSAT- 2	1975	1983	MSS y RBV
LANDSAT- 3	1978	1983	MSS y RBV
LANDSAT- 4	1982	1983	MSS y TM
LANDSAT- 5	1984	En operación	MSS y TM
LANDSAT- 6	1993	1993	ETM
LANDSAT- 7	1999	En operación	ETM+

**Tabla 2. Características Generales de Landsat 7.**

<b>Fecha de lanzamiento:</b>	Abril 1999
<b>Ancho de la escena:</b>	185 km
<b>Resolución temporal:</b>	16 días
<b>Altura:</b>	705 km
<b>Orbita:</b>	Heliosincrónica
<b>Cruce Ecuatorial:</b>	10:00am +/- 15 min.

**Tabla 3. Resolución espectral y espacial de las bandas de Landsat 7.**

Banda	Resolución espectral (micrómetros)	Resolución espacial (m)
<b>1</b> (azul violeta)	0.45 a 0.515	30
<b>2</b> (verde)	0.525 a 0.605	30
<b>3</b> (amarillo)	0.63 a 0.690	30
<b>4</b> (rojo)	0.75 a 0.90	30
<b>5</b> (infrarrojo cercano)	1.55 a 1.75	30
<b>6</b> (infrarrojo térmico)	10.4 a 12.5	60
<b>7</b> (infrarrojo onda corta)	2.09 a 2.35	30
<b>Pancromática</b>	0.52 a 0.90	15

### 3.3 SPOT

El satélite SPOT (siglas de *Système Probatoire d'Observation de la Terre*) es administrado por la Agencia Espacial Francesa. El SPOT 1 fue lanzado en 1986, y desde entonces se creó la sociedad *Spot Image*, que se encarga de la distribución comercial internacional de los productos SPOT. Una característica innovadora del satélite SPOT es que por primera vez se podían obtener pares de imágenes estereoscópicas mediante rotación del sensor (en posición "off nadir").

**Tabla 4. Satélites y características del programa SPOT.**

	<b>Spot 5</b>	<b>Spot 4</b>	<b>Spot 1 a 3</b>
<b>Lanzamiento</b>	Mayo 2002	Marzo 1998	1: 1986 2 : 1990 3 : 1993
<b>Vida útil</b>	5 años	5 años	3 años
<b>Órbita</b>	heliosincrónica	heliosincrónica	heliosincrónica
<b>Hora local (ecuador)</b>	10:30	10:30	10: 30
<b>Altura (ecuador)</b>	822 km	822 km	822 km
<b>Resolución temporal</b>	26 días	26 días	26 días

**Tabla 5. Productos ofertados por *Spot Image*.**

<b>Producto Spot</b>	<b>Satélite Spot</b>	<b>Sensor</b>	<b>Bandas</b>	<b>Tamaño del pixel</b>
2.5 m colour	5	THR+HX	3	2.5 m
2.5 m B&W	5	THR	1	2.5 m
5 m colour	5	HM+HX	3	5 m
5 m B&W	5	HM	1	5 m
10 m colour	5	Hi	4	10 m
	4	M+Xi	4	10 m
10 m B&W	4	M	1	10 m
	1, 2, 3	P	1	10 m
20 m colour	4	Xi	4	20 m
	1, 2, 3	XS	3	20 m



**Tabla 6. Resolución espectral y espacial de los satélites SPOT.**

Satélite	Bandas	Tamaño del pixel	Rango espectral ( $\lambda$ )
Spot 5	Pancromática	2.5 m ó 5 m	0.48 - 0.71 $\mu\text{m}$
	B1: verde	10 m	0.50 - 0.59 $\mu\text{m}$
	B2: roja	10 m	0.61 - 0.68 $\mu\text{m}$
	B3: IR cercano	10 m	0.78 - 0.89 $\mu\text{m}$
	B4: IR onda corta	20 m	1.58 - 1.75 $\mu\text{m}$
Spot 4	Pancromática	10 m	0.61 - 0.68 $\mu\text{m}$
	B1: verde	20 m	0.50 - 0.59 $\mu\text{m}$
	B2: roja	20 m	0.61 - 0.68 $\mu\text{m}$
	B3: IR cercano	20 m	0.78 - 0.89 $\mu\text{m}$
	B4: IR onda corta	20 m	1.58 - 1.75 $\mu\text{m}$
Spot 1	Pancromática	10 m	0.50 - 0.73 $\mu\text{m}$
Spot 2	B1: verde	20 m	0.50 - 0.59 $\mu\text{m}$
Spot 3	B2: roja	20 m	0.61 - 0.68 $\mu\text{m}$
	B3: IR cercano	20 m	0.78 - 0.89 $\mu\text{m}$

### 3.4 Ikonos

El satélite Ikonos (que significa en griego "imagen") es el primer satélite de uso civil con imágenes de 1 metro de resolución espacial. Fue construido y lanzado un consorcio formado por varias compañías privadas, y es operado actualmente por una compañía llamada *Space Imaging*.

**Tabla 7. Características del satélite Ikonos.**

<b>Lanzamiento</b>	Septiembre 1999
<b>Resolución espacial</b>	1-m pancromática 4-m multiespectral
<b>Resolución espectral</b>	Panchromática: 0.45 - 0.90 micrómetros Multispectral: #1: Azul 0.45 - 0.52 #2: Verde 0.52 – 0.60 #3: Rojo 0.63 - 0.69 #4: IR cercano 0.76 - 0.90 (igual que Bandas #1-4 de Landsat 5)
<b>Tamaño de la escena</b>	Ancho: 11 km en el nadir Áreas de interés <ul style="list-style-type: none"> <li>• 13 km x 13 km</li> <li>• Franjas de 11 x 100 km hasta 11 x 1000 km</li> <li>• Mosaicos de hasta 12,000 pies<sup>2</sup></li> <li>• Hasta 10,000 km<sup>2</sup> en un solo pase</li> </ul>
<b>Precisión</b>	12-m horizontal y 10 m vertical sin puntos de control 2-m horizontal y 3-meter vertical con puntos de control
<b>Altura</b>	681 kilometers
<b>Inclinación</b>	98.1 grados
<b>Cruce Ecuatorial</b>	10:30 a.m.
<b>Resolución temporal</b>	2.9 días a 1-m de resolución; 1.5 días a 1.5-m de resolución
<b>Orbita</b>	heliosincrónica

### 3.5 TERRA

El satélite TERRA es el resultado de una cooperación entre la NASA de los EEUU y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón. Fue lanzado en diciembre de 1999, pero todavía las imágenes están en proceso de validación. Sin embargo se espera que próximamente estén disponibles. El satélite TERRA lleva a bordo (entre otros) al sensor ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*). La resolución espacial es de 15 m (bandas visibles e infrarrojo cercano), 30 (infrarrojo de onda corta) y 90 m (para el infrarrojo térmico).

Algo innovador de las imágenes de ASTER es que van a operar en base a demanda, es decir, una vez los datos han sido descargados del satélite, estarán disponibles a todo el público a través del *Earth Observing System Data Gateway* (EDG). Pero sólo se descargarán las imágenes que hayan sido pedidas específicamente por

adelantado. Esto se espera que revolucione todo el campo de uso y aplicación de imágenes satelitales en los próximos años.

### **Fuentes Consultadas**

Stoney, W.E. 2001. Summary of land imaging satellites  
<http://www.asprs.org/asprs/news/satellites/satellites.htm> Consultado en Agosto 2002.

Página web de Space Imaging. <http://www.spaceimaging.com>. Consultada en Agosto 2002.

Página web de Spot Image. <http://www.spotimage.com> Consultada en Agosto 2002.

Página web de SPOT. <http://www.spot.com> Consultada en Agosto 2002.

Página web de Landsat 7 <http://landsat.gsfc.nasa.gov/main/documentation.html>  
Consultada en Agosto 2002.

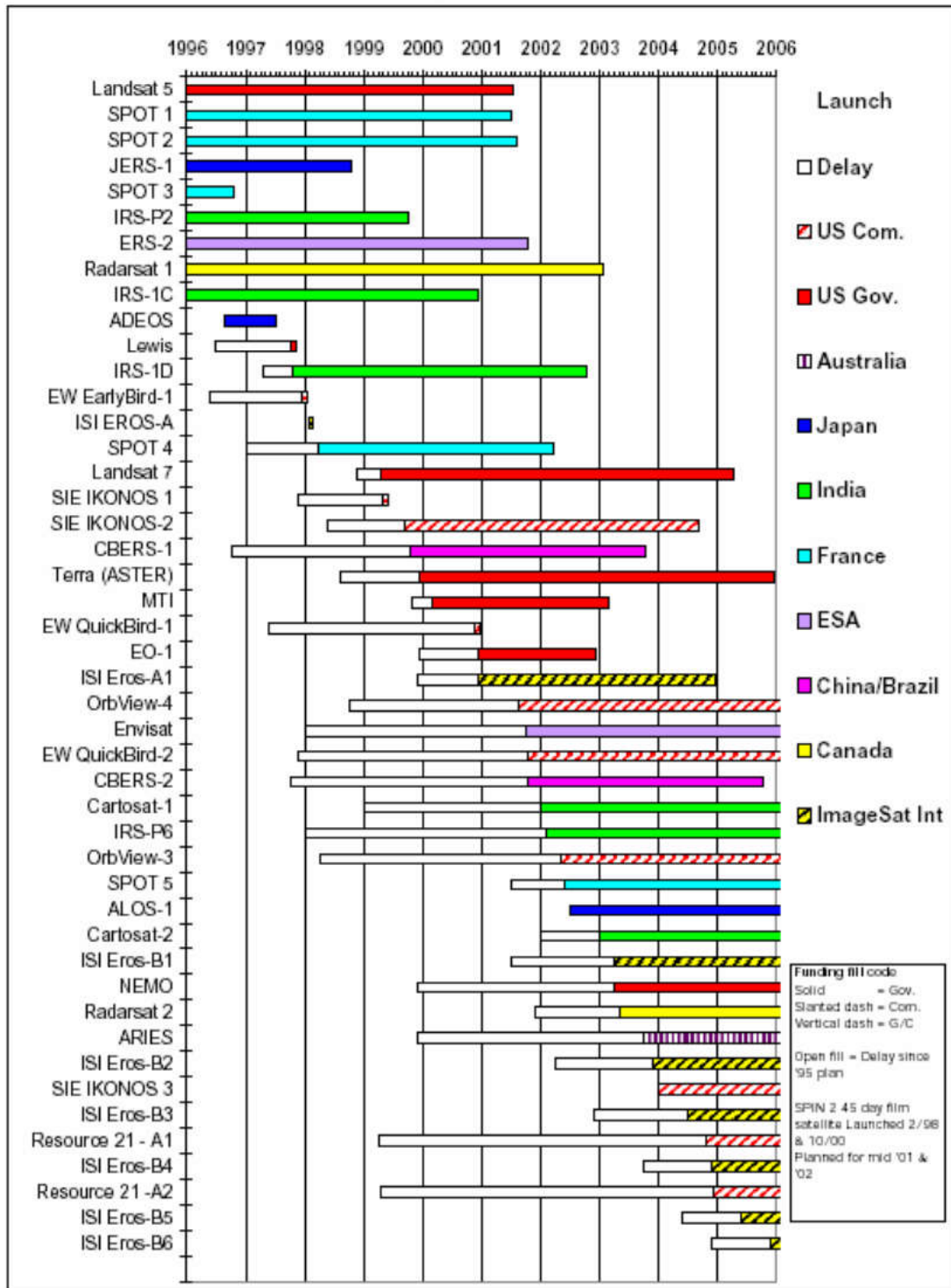


Figura 4. Principales satélites de observación terrestre con resolución espacial inferior o igual a 30 m.



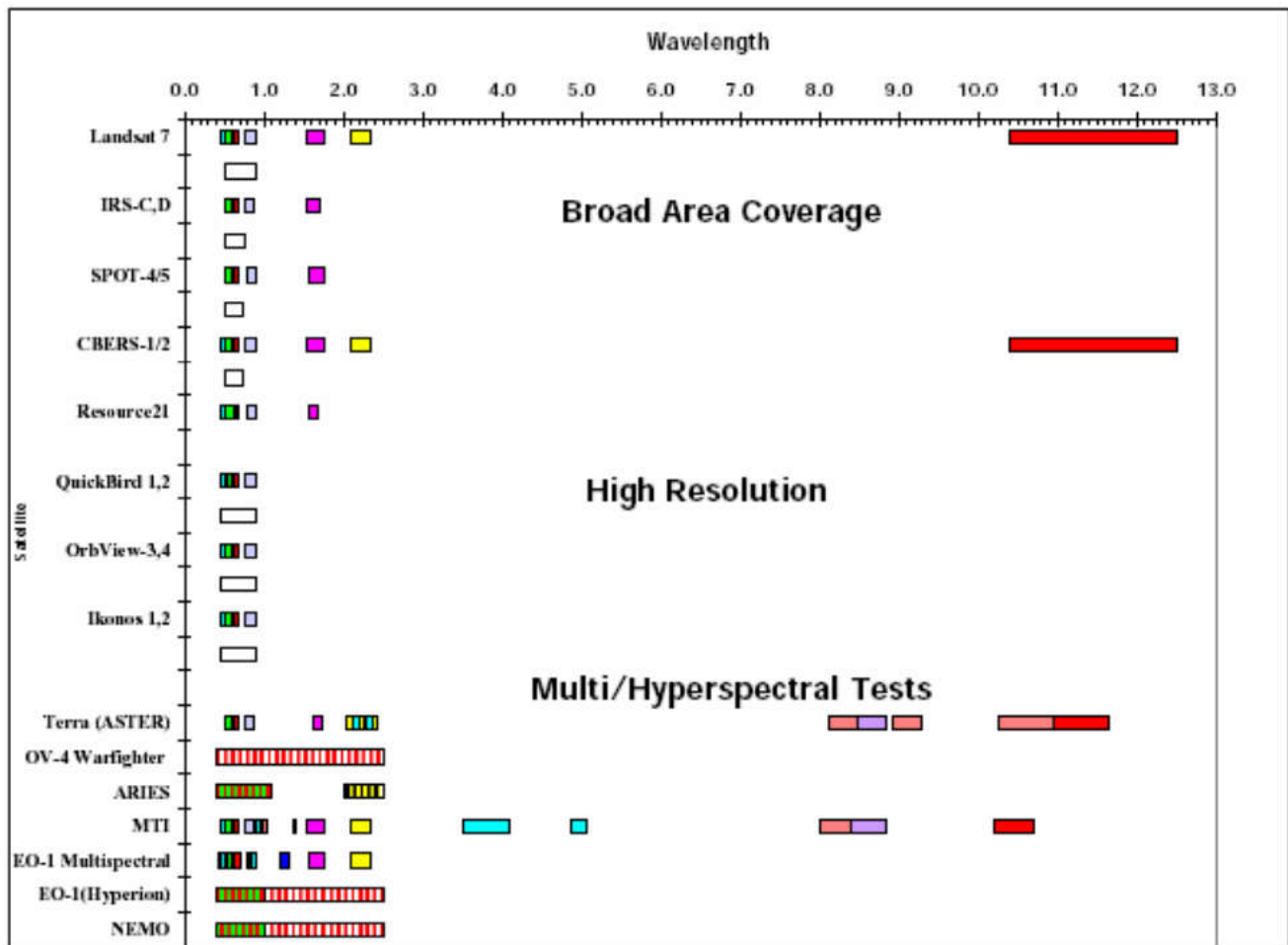


Figura 5. Ubicación de las bandas espectrales registradas por los distintos satélites.

## TEMA 4. PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE IMÁGENES

Las principales funciones de procesamiento realizadas para el análisis de imágenes digitales puede agruparse en cuatro categorías: pre-procesamiento, realce, transformación, y clasificación. A continuación, hablaremos de manera muy general sobre cada una.

### 4.1 Pre-procesamiento de imágenes

Son funciones realizadas antes de que se pueda analizar la información contenida en la imagen. Generalmente, se agrupan en correcciones radiométricas o geométricas.

Las *correcciones radiométricas* corrigen los errores debidos a irregularidades no deseadas en el sensor o en la atmósfera, para que así los datos sean más precisos. También esto permite comparar más fácilmente las imágenes recogidas por distintos sensores a diferentes horas o fechas, o para poder hacer mosaicos de imágenes provenientes de un mismo sensor. La mayoría de estas correcciones en la actualidad son realizadas por el proveedor de las imágenes, y no debemos preocuparnos mucho por ellas, aunque sí es importante entenderlas, en caso de recibir imágenes “crudas” de fechas anteriores.

Las *correcciones geométricas* (o *rectificación*) incluyen la corrección de distorsiones debidas a la diferencia entre el sensor y la geometría de la tierra, y la conversión de los datos a coordenadas de la superficie de la Tierra (p. ej. latitud y longitud). Todas las imágenes de percepción remota están sujetas a distorsiones geométricas. Estas se deben a distintas causas, tanto instrumentales como naturales, como: la perspectiva del sensor, el movimiento del sistema de barrido, el movimiento del satélite, su altura y velocidad, el relieve del terreno, y la curvatura y rotación de la Tierra. Las correcciones geométricas intentan corregir estas distorsiones para que la representación de la imagen pueda ser más real. Muchas de estas variaciones son sistemáticas, es decir, predecibles si conocemos ciertos datos del sensor y la geometría de la Tierra. Pero otras variaciones se deben a errores no sistemáticos o al azar, por lo que debemos realizar la *registración geométrica* de la imagen a un sistema de coordenadas conocido.

Para registrar geoméricamente a una imagen, es preciso identificar coordenadas de la imagen (en fila y columna) de varios puntos identificables, llamados *puntos de control en el terreno* (ground control points) en la imagen distorsionada y asignarles sus verdaderas posiciones en coordenadas del terreno (latitud-longitud, x-y). Generalmente las coordenadas del terreno se obtienen a partir de un mapa, ya sea en papel o formato digital. Una vez identificados suficientes puntos de control bien distribuidos en toda la imagen, la información de las coordenadas es procesada por el computador para determinar la ecuación de transformación adecuada. Así, las coordenadas de la imagen en fila y columna se convierten en coordenadas en el

terreno. Este proceso también puede hacerse de imagen a imagen (siempre que una tenga coordenadas).

## 4.2 Realce de imágenes

El realce de imagen comprende funciones cuyo propósito es mejorar la visualización de la imagen para ayudar en la interpretación visual y el análisis. A menudo, los métodos estándar de fotointerpretación nos ayudan a clasificar nuestra imagen. Sin embargo, existe un gran número de manipulaciones matemáticas que pueden ser aplicadas a la imagen para auxiliar en su interpretación visual.

En la imagen original, los valores digitales para cada banda se encuentran concentrados en una pequeña porción del rango de valores digitales. El estiramiento de contraste o estiramiento de histograma cambia los valores originales de los píxeles para distribuirlos mejor en todo el rango, aumentando así el contraste que percibimos. Un concepto clave es el histograma de la imagen, que no es más que la representación de los valores de radiancia que componen a una imagen en el eje x, junto a su frecuencia en el eje y. Se puede realizar un estiramiento lineal o un estiramiento de histograma ecualizado.

Los filtros espaciales también se aplican para resaltar o suprimir características específicas en la imagen. Estos se basan en su frecuencia espacial, o sea, su frecuencia en la imagen. Los filtros espaciales realizan cálculos matemáticos en cada píxel usando los valores de píxeles vecinos.

## 4.3 Transformaciones de imágenes

Son operaciones similares a las de realce, pero en lugar de ser aplicadas únicamente a una banda espectral, se aplican a una combinación de bandas espectrales. Algunas operaciones aritméticas (suma, resta, multiplicación, división, etc.) son realizadas para combinar y transformar las bandas originales en nuevas imágenes que muestran mejor o resaltan ciertas características de la escena.

Un ejemplo de transformación es una substracción de imágenes, utilizada a menudo para identificar cambios que han ocurrido entre dos imágenes de diferentes fechas. A la imagen resultante se le suma una constante, para que el resultado pueda ser más fácilmente visualizado. En esta imagen, las áreas en que no ha habido cambio tendrán los píxeles un valor próximo a la constante, mientras que en el resto estará por encima o por debajo, dependiendo del tipo de cambio.

Una de las transformaciones de imagen más comunes es el cociente espectral. Este consiste en la división de los valores provenientes de distintas bandas espectrales, de modo que la imagen resultante realce las variaciones en las *pendientes de las curvas de radiancia* entre dos rangos espectrales que de otro modo estarían escondidas por

las variaciones de radiancia de los píxeles de cada banda. Otro beneficio de hacer cocientes espectrales es que, al resultar en valores relativos (es decir, cocientes) en lugar de absolutos de radiancia, las variaciones debidas a efectos diferente iluminación causada por topografía se reducen. Otros tipos de transformaciones muy utilizados son el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI por sus siglas en inglés), y el análisis de componentes principales, que matemáticamente forma nuevas bandas evitando redundancia de información en las originales.

#### **4.4 Clasificación de imágenes**

La clasificación de una imagen conlleva operaciones que identifican digitalmente y clasifican los píxeles de la imagen. Generalmente se lleva a cabo utilizando múltiples bandas, y en este proceso se asigna a cada píxel una clase particular basada en su radiancia. Los dos métodos generalmente empleados son la clasificación supervisada y no-supervisada.

El analista generalmente intenta clasificar las características de una imagen usando los elementos de interpretación visual para identificar grupos homogéneos de píxeles que representan categorías de interés. Cuando se hace de manera digital, el computador asigna automáticamente a píxeles de número digital similar a una misma clase. Esto es también llamado una clasificación no supervisada: el resultado es un mapa temático en que cada píxel pertenece a una clase en particular que le ha sido asignada por el computador. Este mapa podrá tener clases espectrales que no necesariamente correspondan con las clases que interesan al analista. Por esto, a menudo se realiza la clasificación de imágenes utilizando un método conocido como clasificación supervisada, en la que el analista “entrena” al computador sobre las clases que le interesan.

#### **Fuentes consultadas**

Canada Center for Remote Sensing. Remote Sensing Tutorial.  
<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/eduref/tutorial/tutore.html>. Consultado: Agosto 2002



## TEMA 5. APLICACIONES DE LAS IMÁGENES SATELITALES

Existe una infinidad de aplicaciones para las imágenes satelitales, especialmente dentro de un sistema de información geográfica (SIG). Entre ellas podemos mencionar:

- Cartografía
- Catastro
- Infraestructura y servicios
- Planificación urbana
- Recursos naturales
- Investigación ambiental
- Agricultura
- Negocios o geografía empresarial
- Desastres naturales

Y otras aplicaciones que aún están siendo definidas...

### 5.1 Cartografía

Una de las principales aplicaciones de las imágenes satelitales ha sido el levantamiento y actualización de mapas topográficos. Esto se debe tanto a la posibilidad de obtener imágenes de lugares remotos o inaccesibles así como a la posibilidad de obtener datos recientes sobre los mismos.

Además, las imágenes satelitales de distintos tipos permiten al cartógrafo la elaboración de modelos de elevación del terreno (también llamados modelos digitales de terreno o modelos de elevación digital), que no son más que una representación continua del relieve del terreno. El formato raster de las imágenes permite asignar un valor de altura a cada píxel, lo que hace posible la generación de superficies en tres dimensiones. Para hacer estos modelos se utiliza una interpolación de curvas de nivel en la imagen, o también se pueden obtener mediante interferometría de radar (p. ej. Radarsat) o imágenes en pares estereoscópicos (p. ej., como las de SPOT)

### 5.2 Catastro

Las aplicaciones de imágenes satelitales para fines catastrales han ido en aumento en años recientes, en gran parte debido a la disponibilidad de imágenes de mayor resolución (p. ej. Ikonos). Algunas aplicaciones que se pueden generar a partir de imágenes están: la creación y actualización de una capa base de catastro, incluyendo catastro rural y urbano; detección de construcciones ilegales y estudio de las alteraciones en los límites de parcelas, mediante comparaciones multi-temporales.

### **5.3 Infraestructura y servicios**

Algunas de las aplicaciones incluyen: planificación y mantenimiento de redes de teléfono, alcantarillado, agua potable, electricidad, carreteras, canales, tuberías, transporte público, etc.

### **5.4 Planificación urbana**

Las imágenes satelitales pueden ayudar en las tareas de zonificación urbana, estimados de densidad poblacional en zonas urbanas, así como en la obtención de estimados de demanda de servicios.

### **5.5 Recursos Naturales**

Los siguientes recursos a menudo se administran en base a un sistema de información geográfica que incluye imágenes satelitales: agua potable, recursos forestales, petróleo y minería-geología. Además, el estudio y cuantificación del uso de suelos es un importante tipo de información que a menudo se obtiene de imágenes satelitales.

### **5.6 Investigación ambiental**

Un sinnúmero de aplicaciones existen en este campo que son auxiliadas por las imágenes satelitales. Entre estas están: el estudio de cuencas hidrológicas, planicies de inundación, vegetación, contaminación, manejo de desechos, manejo de humedales, oceanografía, pesquerías, cambio climático.

### **5.7 Agricultura**

Entre las aplicaciones más destacadas se encuentran: inventario y clasificación de cultivos, predicción de rendimiento, evaluación de daños a cosechas, administración del proceso de producción, y la "Agricultura de precisión", que consiste en la aplicación precisa de agroquímicos y agua a los cultivos de acuerdo a demandas específicas determinadas por el suelo, clima, y estadio del cultivo.

### **5.8 Negocios o geografía empresarial**

Comprende aplicaciones como: localización óptima de servicios, redes eficientes de distribución de productos, programas de mercadotecnia, servicios de bienes raíces, turismo, seguimiento de vehículos, espionaje industrial, etc.

## **5.9 Desastres naturales**

Entre las aplicaciones más implementadas se encuentra: la prevención de desastres naturales y la coordinación y diseño de una respuesta rápida cuando han ocurrido. También, la evaluación de daños muchas veces se puede realizar de este modo. Los principales desastres naturales contemplados comprenden: deslizamientos y hundimientos de tierra, terremotos, volcanes, inundaciones, incendios y derrames de contaminantes.