

En los barredores electrónicos la resolución espacial disminuye cuando aumenta la altura sobre el terreno. La mayoría de los sistemas comerciales térmicos en infrarrojo, ofrecen resoluciones espaciales de 2m a 2,5m por cada 1.000m de altitud en el punto del nadir (el punto sobre la superficie verticalmente debajo de la cámara) del barrido. Un aumento de altitud de 2.000m produciría una resolución espacial de 4 a 5m.

Normalmente, la banda de $3,0\mu\text{m}$ a $3,5\mu\text{m}$ proporciona la mejor información sobre objetos "calientes" (respiraderos volcánicos activos, fuentes termales, etc.), mientras que la banda de $8,0\mu\text{m}$ a $14,0\mu\text{m}$ proporciona la mejor información sobre rasgos que se encuentran a temperaturas ambientales o menores (torrenteras bajo cubierta de copas de árboles, manantiales cálidos, etc.). Frecuentemente en los estudios que hacen uso de IR se utilizan ambas bandas para proporcionar imágenes simultáneas.

Las propiedades del sistema de barrido electrónico aéreo IR indican que su uso práctico está restringido a bajas altitudes (menos de 3.000m) y, consecuentemente a áreas relativamente más pequeñas que las del radar o la aerofotografía. En las evaluaciones de peligros naturales, su mejor uso sería hecho en áreas que se conocen, o se sospecha, sean áreas de volcanismo o donde las condiciones anormales de humedad indican situaciones de peligro. Esto último puede incluir, por ejemplo, la acumulación de aguas a lo largo de fallas activas, o en la parte posterior de deslizamientos, o condiciones de humedad asociadas con terrenos cársticos.

Los sistemas de barrido electrónico IR tienen desventajas, pero su capacidad única respecto a imágenes térmicas es insuperable. Además, pueden proporcionar información crítica de áreas relativamente pequeñas, una vez identificadas las áreas propensas a peligros.

4. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE FOTOGRAFÍAS, RADAR Y BARREDORES ELECTRONICOS TERMICOS IR

a. Fotografías y radar

Tanto la fotografía aérea como el radar tienen ventajas y limitaciones. La fotografía no puede ser utilizada en cualquier momento y en cualquier condición climática, pero sí el radar. Este puede graficar miles de kilómetros cuadrados por hora con exactitud geométrica compatible con los patrones nacionales de cartografía. Cada área puede ser estudiada mucho más rápidamente por el radar que por la fotografía aérea, y el producto final proporciona una excelente visión sinóptica. Con el radar se puede medir la distancia con mayor precisión que con fotografías; se han producido mapas experimentales tan grandes como a escala 1:24.000. El proyecto RADAM del Brasil cubrió completamente el país a una escala de 1:250.000. Por otro lado la fotografía, a igual escala, muestra significativo mayor detalle y proporciona una

excelente modalidad estereoscópica para propósitos de interpretación, en contraste con el modelo obtenido del radar, más limitado pero siempre útil. La fotografía aérea tiene la ventaja de ofrecer exposiciones instantáneas de una escena, superior resolución, facilidad de manejo y capacidad estereoscópica.

b. Barredores electrónicos térmicos IR

Los barredores aéreos electro-ópticos, en general, pueden cubrir el espectro electromagnético usando sensores semiconductores electrónicos, desde el UV hasta el rango IR térmico del espectro, pasando por el visible y el cercano IR. La utilidad del espectro UV en las investigaciones de peligros naturales y de recursos, tiene todavía que ser demostrada, particularmente cuando la imagen es degradada debido a la intensa dispersión de sus rayos. Los barredores electrónicos en el rango visible, son especialmente útiles cuando se combinan o manipulan dos o más bandas de onda.

Las imágenes producidas por un barredor electrónico presentan distorsiones inherentes en la escena final de la imagen reconstituida, debido a su técnica de registrar un barrido vertical sobre la cinta o película. La distorsión lateral de la línea de vuelo es corregida razonablemente en el sistema de barrido. A lo largo de la línea de vuelo, sin embargo, los rápidos cambios de altitud sobre el terreno producen muchas distorsiones durante la formación de una escena proveniente de muchas líneas de barrido. El movimiento persistente de la aeronave sobre tres ejes, con estabilización limitada, presenta el mismo problema. Estas distorsiones dan lugar a imágenes que son difíciles de interpretar y cuya ubicación también es difícil de identificar, especialmente en montañas o terrenos de bosques. No obstante estas deficiencias, el barrido electrónico desde una aeronave continúa siendo un método muy valioso para obtener imágenes térmicas en infrarrojo, con una razonable resolución espacial y térmica.

En resumen, la percepción remota aérea proporciona información de cámaras aéreas fotográficas, radar lateral y barredores electrónicos térmicos de imágenes que no tienen rival, en cuanto a resolución, en su respectiva cobertura dentro del espectro electromagnético. Estos sistemas producen imágenes que van desde el espectro visible conocido, hasta los espectros menos familiares del infrarrojo y del radar en microondas. Esta información puede ser usada junto a mapas convencionales de todo tipo para mejorar los datos disponibles al planificador.

C. PERCEPCION REMOTA CON SATELITES

Esta sección describe varios sistemas de percepción remota que pueden ser utilizados para la integración de evaluaciones de peligros naturales en los estudios de planificación para el desarrollo. Estos sistemas son: Landsat, el satélite SPOT (Système Probatoire l'Observation de la Terre), sistemas de radares de

satélite, el radiómetro avanzado de muy alta resolución (AVHRR) en los satélites NOAA-10 y 11, la cámara métrica, la cámara de formato grande (LFC) y el Sojuzkarta. La percepción remota desde satélites ha adquirido importancia creciente desde el exitoso lanzamiento del satélite Landsat 1 (antes ERTS-1) en 1972. A partir de esa fecha se han desarrollado y usado con marcado éxito muchos satélites con capacidad de percepción remota.

El barredor electrónico multispectral Landsat (MSS), proporcionó las primeras imágenes prácticas desde el espacio en cuatro bandas del espectro. Las características de éste y de otros sensores Landsat se resumen en la Figura 4-3. El sensor vidicon, con haz de retorno (RBV) que acompañó al MSS en este y en los siguientes satélites de esta serie, nunca llamó la atención de los científicos y planificadores como lo hizo el MSS. La amplia cobertura aérea de los sensores Landsat y de los otros que le han seguido, conjuntamente con la capacidad de procesar digitalmente los datos de sensores, ha hecho que los datos derivados del satélite sean útiles para planificadores regionales y para otros interesados en evaluaciones de peligros naturales. Las vistas sinópticas de los terrenos propuestos para el desarrollo, pueden ser convertidas en imágenes en un instante. Las imágenes de satélite pueden proporcionar continuidad en las condiciones de visión de extensas áreas, que no son posibles en los mosaicos de fotografías aéreas.

Además del MSS, otros sensores transportados por satélite merecen ser tratados, porque son mecanismos potenciales para la evaluación de los peligros naturales. Cada sensor tiene sus ventajas y limitaciones en la cobertura de áreas de interés y en su capacidad de resolución para definir ciertos tipos de peligros. Algunos sensores son experimentales, proporcionan cobertura aérea limitada y carecen de continuidad temporal. Sin embargo, cuando se dispone de cobertura para un área de estudio, los datos de esos sensores deben ser utilizados en conjunto con datos existentes derivados del Landsat o SPOT. Los datos derivados pueden producir un efecto sinérgico de poco costo, combinando datos de más de una parte del espectro, y bien vale la pena el gasto adicional relativamente pequeño que conlleva.

Idealmente, sería deseable utilizar un método de "múltiples etapas" en evaluaciones de recursos y peligros naturales. Esto implicaría el uso de fotografías aéreas y verificaciones en tierra, para lograr un conocimiento más detallado en lugares representativos o de demostración. Este conocimiento puede ser extrapolado sobre áreas más extensas utilizando datos derivados de Landsat u otros tipos de satélite. La Figura 4-3 presenta las características de las imágenes requeridas para la evaluación de varios peligros naturales - terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra, tsunamis, desertificación, inundaciones y huracanes, para propósitos de planificación y mitigación. Las características de las tecnologías aplicables de satélites son descritas a continuación.

1. LANDSAT

Dado que la serie de satélites Landsat ha estado operando por un largo período de tiempo, se cuenta con una gran base de datos disponible, tanto en cobertura aérea como en cobertura repetitiva, para diferentes estaciones del año y durante períodos de desastres naturales. La cobertura con Landsat MSS existe desde 1972 hasta el presente en cuatro bandas espectrales, con una resolución de 80m. El "thematic mapper" (graficador temático - TM) fue introducido con el Landsat 4 en 1982 con siete bandas espectrales, seis de ellas con 30m de resolución y una en el rango térmico IR, con resolución de 120m. (Figura 4-3).

Los datos de estos sensores son transmitidos digitalmente a estaciones terrestres en diferentes partes del mundo donde son grabados en cinta magnética y pre-procesados para mejorar su fidelidad radiométrica, atmosférica y geométrica. Las estaciones receptoras en tierra, que cubren América Latina y el Caribe, se encuentran en California, Maryland, Brasil y Argentina. Los centros de distribución para las imágenes de sensores Landsat se presentan en el recuadro abajo.

Aunque ninguno de los satélites existentes y sus sensores han sido diseñados especialmente para observar los peligros naturales, la variedad de bandas espectrales en los rangos visible e IR cercano del Landsat MSS y TM y los sensores HVR del SPOT, proporcionan una cobertura espectral adecuada y permiten el realce computarizado de datos para este propósito. La cobertura repetitiva o multitemporal es justificada en base a la necesidad de estudiar varios fenómenos dinámicos cuyos cambios pueden ser identificados a través del tiempo. Estos incluyen eventos de peligros naturales, patrones cambiantes en el uso de tierras y los aspectos hidrológicos y geológicos del área de estudio.

El uso de imágenes Landsat MSS y TM en evaluaciones de recursos naturales y de peligros naturales se ve facilitada por el aspecto temporal de las imágenes disponibles. Los compuestos temporales de dos o más imágenes, de fechas diferentes, permiten reconocer características relacionadas a peligros que han sufrido cambios, tales como alteraciones en llanuras inundables o lechos de ríos, grandes deslizamientos de derrubio y, también en cierto grado, el reconocimiento temprano de desastres que evolucionan con el tiempo, como es el caso de la desertificación o la sequía. El capítulo 8 ofrece una detallada discusión del uso de sensores Landsat en evaluaciones del peligro de inundación. La manipulación y combinación específica de cintas con datos MSS o TM, con varias bandas de una misma escena, puede incrementar la utilidad de los datos.

El análisis tridimensional, o la estereoscopia, casi no pueden realizarse a partir de los datos MSS y TM. Con el MSS en los Landsats 1, 2 y 3, existe un ciclo de 18 días, siendo el traslape lateral de 14% en el ecuador, aumentando hacia los polos hasta el 34% en la latitud

Figura 4-3

CARACTERISTICAS DE SENSORES LANDSAT

SENSOR ^{a/}	PLATAFORMA LANDSAT	BANDAS ESPECTRALES Y RANGO (micrómetros)	ALTITUD (km)	RESOLUCION (m)	TAMAÑO IMAGEN	REPETICION DE COBERTURA	
RVB	1,2,3	PAN 1 ^{b/} 2 ^{c/} 3 ^{d/}	0,505-0,750 0,475-0,575 0,580-0,680 0,690-0,830	920	79x59 ^{e/} 30x30 ^{f/}	185x185 ^{g/} 99x99 ^{h/}	cada 18 días
MSS	1,2,3,4,5	4(verde) 5(rojo) 6(cercano IR) 7(cercano IR) 8(térmico)	0,5- 0,6 ^{i/} 0,6- 0,7 0,7- 0,8 0,8- 1,1 10,4-12,6 ^{j/}	920 ^{k/} 705 ^{l/}	79x57 ^{m/} 60x60 ^{n/} 237x237 ^{o/}	185x185 ^{p/} 185x170 ^{q/}	cada 18 días ^{r/} cada 18 días ^{s/}
TM	4,5	1 2 3 4 5 6 7	0,45-0,52 0,52-0,60 0,63-0,69 0,76-0,90 1,55-1,75 10,40-12,50 ^{t/} 2,08-2,35	705	28.5x28.5 ^{u/} 120x120 ^{v/}	85x170	cada 18 días

- a/ RVB, Return Beam Vidicon; MSS, Multispectral Scanner; TM, Thematic Mapper; IR, Infrared
- b/ Pancromático y Landsat 3 únicamente
- c/ Bandas 1, 2, 3 en Landsat 1 y 2 sólo
- d/ Landsat 1 y 2
- e/ Landsat 3
- f/ También llamadas bandas 1 a 4 en Landsat 4 y 5
- g/ Landsat 1 a 3
- h/ Landsat 4 y 5
- i/ Banda 8 en Landsat 3
- j/ Térmico
- k/ Bandas 1 a 5 y 7
- l/ Banda 6 únicamente

Fuente: Adaptado de Budge, T. A Directory of Major Sensors and Their Parameters (Albuquerque, New Mexico: Technology Application Center, University of New Mexico, 1988).

40° y hasta el 70% en las latitudes polares. (Traslape lateral es el grado de superposición de cobertura de imágenes adyacentes). En los Landsats 4 y 5, su menor altitud y ciclo de 16 días con mayor espaciamento, deviene en sólo un 7,6% de traslape lateral en el ecuador y un aumento insignificante hacia los polos, tanto para los datos MSS como TM. Desafortunadamente, las áreas a menores latitudes, que más nos interesan, tienen mínima cobertura estereoscópica.

Si el terreno es plano y tiene poco relieve, el escaso traslape lateral estereoscópico señalado no sería efectivo. En áreas de relieves pronunciados, cualquier cobertura estereoscópica sería bienvenida, especialmente si corresponde a una parte crítica del área del proyecto.

El haz de retorno vidicon (RBV) es un sistema de cámara de recuadros, que funciona como una cámara de televisión instantánea. No ha logrado la misma popularidad que el MSS, aún cuando proporciona información útil. Los Landsat 1 y 2 llevaron a bordo tres RBVs que registraron imágenes en verde, rojo e IR de las

mismas escenas que las obtenidas con el MSS. Estas fueron capaces de producir imágenes a color IR con 80m de resolución, igual que el MSS, pero fueron decididamente inferiores debido a problemas técnicos. El Landsat 3 llevó a bordo un sistema RBV que obtuvo imágenes separadas, en blanco y negro, en cuadrantes de la escena MSS en la banda de 0,5µm a 0,75µm, una respuesta espectral del verde al rojo. La resolución en tierra fue de 40m, mucho mejor que el MSS existente y la anterior resolución del RBV, haciendo posible reconocer evidencias de peligros naturales de menor escala.

Sin embargo, la amplia respuesta del RBV no destacó ningún rasgo o característica en particular ni diferenció los tipos de vegetación o las rocas, tan bien como las bandas MSS. Su ventaja radica principalmente en proporcionar mayor resolución espacial, para cartografía a gran escala de rasgos detectables espectralmente. En este sentido, complementó los datos MSS de menor resolución que cubrían la misma área. En los Landsats 4 y 5 se prescindió completamente del sistema RBV, quedando solo los sensores MSS y TM.

FUENTES PARA IMAGENES LANDSAT

Argentina

Establecido: Noviembre 1980

Recepción: MSS

Centro de Distribución:

Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales

Centro de Procesamiento

Avenida Dorrego 4010

1425 Buenos Aires, Argentina

Teléfono: 722-5108; Telex: 17511 LANBA AR

Brasil

Establecido: Mayo 1974

Recepción y procesamiento: MSS y TM

Centro de distribución

INPE-DGI

Caixa Postal 01, Cachoeira Paulista, SP

CEP 12630, Sao Paulo, Brasil

Teléfono: (125) 611507; PBX: (125) 611377

Telex: 1233562 INPE BR

Estados Unidos

Establecido: Julio 1972

Recepción y procesamiento: MSS y TM

Centro de distribución:

Earth Observation Satellite Company (EOSAT)

4300 Forbes Blvd., Lanham, Maryland 20706

Teléfono: (301) 552-0500 o 800-344-9933

Telex: 277685 LSAAT UR

Los MSS fueron incluidos para continuar la biblioteca temporal con datos de ese tipo de sensor y su resolución espacial de 80m. El TM, con su resolución de 30m, negó toda justificación para el inefectivo y poco usado sistema RBV. No obstante su ausencia en los Landsat 4 y 5, los datos RBV de ciertas áreas tropicales con densa vegetación, pueden ser la única fuente de datos con resolución adecuada para una comparación temporal con posteriores datos TM.

La porción térmica IR del TM fue originalmente colocada en la ventana espectral de $10,4\mu\text{m}$ a $12,5\mu\text{m}$, donde la energía radiante de la tierra es tan baja que se necesita un detector grande. Esto tuvo como resultado una celda en tierra con resolución de 120m que generalizó los detalles térmicos, limitando su valor para detectar los finos y sutiles cambios geotérmicos asociados con la actividad volcánica. La resolución térmica es de $0,5^\circ\text{K}$ (grados Kelvin) que es bastante pobre de acuerdo a las normas de los barredores electrónicos aéreos IR ($0,1^\circ\text{K}$ o menor). Sus mejores aplicaciones posibles en materia de evaluación de

peligros naturales, serían el delineo de llanuras activas de inundación y, también, el constituir un indicio muy aproximado de actividad volcánica regional. La banda térmica infrarrojo (banda 8) en el Landsat 3 ($10,4\mu\text{m}$ a $12,5\mu\text{m}$ con resolución espacial de 240m) nunca funcionó correctamente y, por lo tanto, no es de importancia alguna para las aplicaciones que aquí se discuten. La banda azul-verde ($0,45\mu\text{m}$ - $0,52\mu\text{m}$) del sistema TM (banda 1) es única entre los sensores en satélites orientados al campo de los recursos naturales. La razón de que esta banda no haya formado parte del espectro buscado desde satélites, es la severa dispersión de la luz azul, que puede degradar el contraste de la imagen cuando existe una alta humedad o alto contenido de aerosoles en la atmósfera. Sin embargo, en el agua, la luz azul tiene la mejor capacidad de penetración de todo el espectro visible.

En aguas cristalinas, libres de sedimentos, puede definir fondos marinos hasta 30 o más metros de profundidad, dependiendo principalmente del ángulo de incidencia de la iluminación solar y la reflectancia del

**PERCEPCION REMOTA CON SATELITE: COSTOS APROXIMADOS
PARA OBTENER DATOS BASICOS (CCTs, Junio de 1989)**

<u>Sistema</u>	<u>Costo por km²</u>
Landsat MSS	US\$.02
Landsat TM	US\$.11
SPOT	US\$.47-.61

Figura 4-4

CARACTERISTICAS DE SENSORES SPOT

SENSOR SPOT: MULTIESPECTRAL Y ALTA RESOLUCION VISIBLE (HRV)

Banda	Longitud de Onda (μm)	Resolución (m)	Formato de imagen
XS1	0,50-0,59	20	Una franja de terreno de 60 km con ángulo vertical de visión y hasta 80km con ángulo de visión a $\pm 27^\circ$ de la vertical
XS2	0,61-0,68	20	
XS3	0,79-0,89	20	

SENSOR SPOT: PANCROMATICO ALTA RESOLUCION VISIBLE (HRV-P)

Banda	Longitud de Onda (μm)	Resolución (m)	Formato de imagen
P	0,51-0,73	10	Una franja de terreno de 60 km con ángulo vertical de visión y hasta 80 km con ángulo de visión a $\pm 27^\circ$ de la vertical.

fondo. Esta propiedad es útil para determinar las condiciones de pendientes frente a la costa, relevantes al potencial de inundación de los tsunamis.

2. SPOT

El satélite SPOT con sus sensores de alta resolución (HRV), es similar en muchos aspectos al satélite Landsat y sus sensores MSS y TM. El sensor multiespectral HRV (XS) tiene un rango de la longitud de onda verde hasta el IR cercano. La cobertura HRV-XS es en tres bandas espectrales en vez de las cuatro del MSS, pero con una resolución espacial mucho más alta (20m versus 80m), aunque sólo cubre la novena parte del área cubierta por una toma de Landsat. Además, el SPOT lleva un sensor pancromático (HRV-P) que cubre desde el verde hasta el rojo del espectro visible, en una sola franja de terreno con

10 mts. de resolución. Ambos sensores HRV cubren una franja de 60 Km a lo largo de la trayectoria orbital. Es posible obtener cobertura simultánea adyacente con ambos sensores, produciendo así una franja de 117 Km, de ancho, aunque esta capacidad no ha sido utilizada con frecuencia. La Figura 4-4 arriba, presenta las características de los sensores SPOT y de los formatos de sus imágenes, en forma resumida.

Los sensores SPOT tienen la capacidad única de poder ser dirigidos hasta 27° a izquierda o derecha de la trayectoria orbital. Esta característica permite vistas repetidas, fuera del nadir, de una misma franja de terreno, produciendo imágenes estereopares. La relación base - altura varía desde 0,75 en el ecuador hasta 0,50 en latitudes medias. Esto da lugar a fuerte exageración vertical. Esta tercera dimensión, si estuviera disponible

FUENTES DE IMAGENES SPOT

ARGENTINA:	Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE) Av. del Libertador 1513 Vicente López 1638 Buenos Aires, Argentina
BOLIVIA:	CIASER Casilla de Correo 2729 La Paz, Bolivia
BRASIL:	SENSORA Rua Bertolomeu Portela, 25 S/Lojas Botafogo, Rio de Janeiro CEP 2290, Brasil
CHILE:	S.A.F. Casilla 67 Correo Los Cerillos Santiago de Chile
MEXICO:	INEGI San Antonio Abad 124 Ciudad de México, 8 D.F.
PERU:	ONERN Calle 17 No. 355, Urb. El Palomar, San Isidro Lima, Peru
ESTADOS UNIDOS:	SPOT Image Corporation 1897 Preston White Drive Reston, Virginia 22091-4326, U.S.A. Teléfono: (703) 620-2200
VENEZUELA:	CPDI Edo. Miranda Apartado 40200 Caracas, Venezuela 1040 A

para una determinada área de estudio, junto con la mayor resolución de la imagen, puede significar que los sensores SPOT sean superiores a los del Landsat, si no se requiere mayor resolución espectral. Las fuentes para datos SPOT se indican en el recuadro de arriba..

3. SISTEMAS DE RADAR POR SATELITE

Existe considerable cobertura con radar sobre todo el mundo y, en el futuro, podemos esperar más datos derivados del radar desde el espacio.

La familia de radares espaciales se origina con el radar Seasat (USA), que fue un sistema de apertura sintética especialmente diseñado para estudiar la superficie de los océanos. En esta capacidad, tenía un gran ángulo de depresión (promedio 70°) para estudiar la superficie relativamente plana del océano. Por esta

razón, la utilidad del Seasat se extendió a las áreas de relieves bajos en tierra. Durante su corta vida, en 1978, el Seasat logró obtener una gran cantidad de datos de Europa Occidental, Norteamérica, Centro América y el Caribe.

Después del Seasat vinieron los radares para imágenes, conocidos como SIR-A y SIR-B, a bordo del Transbordador Espacial. Los datos de estos radares fueron obtenidos durante los vuelos del transbordador en 1981 y en 1984. Sus características, junto con los datos del Seasat, se ven en la Figura 4-5. SIR-A y SIR-B proporcionaron una mayor cobertura a nivel mundial, incluyendo grandes porciones de América Latina, debido a que los datos de las imágenes fueron registrados a bordo del transbordador y no enviados por telemetría a un número limitado de estaciones receptoras que estuvieran al alcance de la nave espacial, como fue el caso del radar del Seasat, satélite no tripulado.

Figura 4-5

CARACTERISTICAS DE SISTEMAS SEASAT, Y DE LOS SISTEMAS SIR-A Y SIR-B

<u>Características</u>	<u>Seasat (1978)</u>	<u>SIR-A (1981)</u>	<u>SIR-B(1984)</u>
Cobertura repetitiva	irregular hemisferio norte	poca a ninguna	poca a ninguna
Resolución	25x25m	40x40	25x(17-58)m
Longitud de Onda (23,5cm)	Banda L	Banda L	Banda L
Cobertura en latitud	72°N - 72°S	50°N - 35°S	58°N - 58°S
Altura	790km	250km	225km
Ancho del barrido de la imagen	100km		50km40 km

Fuente: Adaptado de Budge, T. Un Directorio de sensores principales y sus parámetros (Albuquerque, New Mexico: Technology Application Center, 1988).

FUENTES DE IMAGENES DE RADAR EN SATELITE

SIR-A y SIR-B
 National Space Science Center
 World Data Center A for Rockets and Satellites
 Code 601
 NASA/Goddard Space Flight Center
 Greenbelt, Maryland 20771, U.S.A.
 Telefono: (301) 286-6695

Seasat
 NOAA, National Environmental Satellite
 Data and Information Service
 World Weather Building, Room 100
 Washington, D.C. 20233, U.S.A.
 Teléfono: (301) 763-8111

Las longitudes de onda larga de estos sistemas de radar permiten una penetración potencial del subsuelo entre 2m y 3m en arenas extremadamente secas (Schaber *et al.*, 1986), lo que puede ocurrir en áreas hiperáridas de América del Sur. Esta propiedad puede tener alguna aplicación en la evaluación de peligros naturales que no salten a la vista, así como en estudios integrados de planificación del desarrollo. El problema parece ser que mientras se dispone de una cantidad significativa de cobertura de radar, aún queda mucho por obtener en áreas donde se necesita esa información. Se espera que la serie SIR de adquisición de datos de radar

continúe en el futuro con el SIR-C. Otros sensores de radar que serán puestos en órbita próximamente son: el Radarsat de Canadá, un radar de banda-C (6.0cm) diseñado para proporcionar cobertura estereoscópica a nivel mundial, programado para los años 90; la Agencia Europea del Espacio espera lanzar un radar de apertura sintética de banda-C a bordo del Earth Resources Satellite (ERS) en 1990; y Japón lanzará un satélite para lograr imágenes de radar en la banda-L en 1991. Por lo tanto, es de esperarse que habrá un mayor número de imágenes de radar que proporcionarán herramientas adicionales para la evaluación de los peligros naturales.

4. AVHRR

El radiómetro "Advanced Very High Resolution Radiometer" (AVHRR) a bordo de los satélites NOAA-7 a 11, normalmente no sería considerado útil para evaluaciones de peligros naturales si sólo tomamos en cuenta su baja resolución (1,1 km en el nadir). Sin embargo, el gran ancho de franja, de 2.253 km, proporciona cobertura a diario (día y noche) de las partes habitadas de la tierra (ver Figura 4-6). El ciclo de repetición de vistas, próximas al nadir, es de 9 días, pero la misma área aún es visible desde diferentes ángulos dentro de la franja de terreno cubierta desde el espacio. Esto conduce a complicadas comparaciones radiométricas y geométricas entre las distintas fechas de obtención de datos

Este radiómetro barredor tiene 5 bandas que incluyen la banda 1 (verde a rojo), banda 2 (rojo a IR reflejado), banda 3 (IR medio), banda 4 (IR térmico) y banda 5. Las bandas más útiles son las bandas térmicas IR 4 y 5, especialmente cuando se trata de terreno húmedo o hielo. Estas han sido exitosamente utilizadas

para delinear áreas de inundación, haciendo uso de técnicas de análisis temporal, dentro de las 48 horas después de una inundación de magnitud considerable (Wiesnet y Deutsch, 1986). La resolución térmica de estas bandas es mejor que la banda térmica 6 del Landsat TM, pero se pierde mucho en lo referido a resolución espacial (1.1km versus 120m, respectivamente).

5. CAMARA METRICA

La cámara métrica fue un experimento de la Misión STS-9/Spacelab 1, en 1983, para determinar si se podían compilar mapas topográficos y temáticos a escalas medias (1:50.000 a 1:250.000), a partir de imágenes tomadas con cámaras desde altitudes orbitales. Debido a que la fecha de lanzamiento fue a finales de Noviembre, las condiciones de iluminación fueron pobres en muchas de las áreas-objetivo propuestas. Como resultado, se tuvo que utilizar menores velocidades de obturador que las deseadas, produciendo ciertas manchas en las imágenes. Sin embargo, se obtuvieron imágenes de alta calidad con

Figura 4-6

CARACTERISTICAS DEL AVHRR

Plataforma: Satélites NOAA (anteriormente Tiros)

<u>Bandas espectrales</u>	<u>Tiros-N</u>	<u>NOAA-6,8,10</u>	<u>NOAA-7,9,d,H,I,J</u>
1	0,55-0,90	0,58-0,68	0,58 -0,68
2	0,725-1,00	0,725-1,00	0,725-1,00
3	3,55-3,2	3,55-3,93	3,55-3,93
4	10,50-11,50	10,50-11,50	10,30-11,30
5	ninguna	ninguna	11,50-12,50

Altitud: 833-870 km
Resolución: Gran Cobertura de Area (LAC): 1km
Cobertura Global de Area (GAC): 4km
Tamaño de imagen: Franja de terreno de 2253 km
Repetición de cobertura: Diario, a nivel global

FUENTES DE IMAGENES AVHRR

Satellite Data Service Division
NOAA/NESDIS/NCDC
World Weather Building, Room 100
Washington, D.C. 20233, U.S.A.
Teléfono: (301) 763-8111

FUENTES DE LA FOTOGRAFIA CON CAMARA METRICA

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für
Luft - und Raumfahrt e.V. (DFVLR)
Oberpfaffenhofen
D-8031 Wessling
Federal Republic of Germany

una buena resolución fotográfica en tierra, de unos 20 m, sobre películas de formato 23 cm x 23 cm, pancromática y a color IR. El análisis ha mostrado que estas imágenes pueden ser utilizadas para cartografía a escala de 1:100.000. En esta misión, a pesar de haber tropezado con muchos problemas, se cubrió un área de más de 11 millones de km². Actualmente hay planes para modificar la cámara con el propósito de compensar el movimiento de avance de la imagen y volver a sobrevolarla. Se obtendría una resolución en tierra de unos 10 m, lo cual permitiría la cartografía a una escala tan grande como 1:50.000 (Schroeder, 1986, p. 81).

Por cada cuadro fotográfico se obtuvo una cobertura en tierra de 190 km x 190 km utilizando un lente de 305 mm, desde una altura de 250 km, produciendo una imagen a escala de 1:820.000. Un traslape de 60 a 80 por ciento obtenido para fines de cartografía fotográfica, es de gran valor en la interpretación de peligros naturales. La alta resolución y cobertura estereoscópica hace de este sistema de sensor fotográfico una herramienta potencialmente utilizable cuando es ampliado suficientemente.

Se cuenta con cinco líneas de fotografía con cámara métrica, que cubren partes de América Latina, y se espera disponer de fotografías espaciales adicionales de alta calidad en áreas de interés, una vez que se reanude el programa del Transbordador Espacial.

6. CAMARA DE FORMATO GRANDE

La fotografía con cámara de formato grande (LFC) fue obtenida durante un vuelo del Transbordador Espacial en Octubre 1984. El término "formato grande" se refiere al uso de película de 23 cm por 46 cm, orientada con su mayor dimensión en dirección de la línea de vuelo. Se obtuvieron 1520 fotografías en blanco y negro, con LFC, 320 a color normal y 320 a color IR, cubriendo diferentes áreas de América Latina y el Caribe. El rango de escalas de estas fotografías varía de 1:213.000 a 1:783.000, según la altura del transbordador, la cual varió entre 239 km y 370 km. El ancho de la franja del terreno cubierta fluctuó entre 179 km y 277 km y cada cuadro fotográfico abarcó entre 300 km y 558 km, en la línea de vuelo. El traslape en la dirección del vuelo fué hasta del 80 por ciento, permitiendo exageraciones verticales de 2,0, 4,0, 6,0 y

7,8 veces en los modelos estereoscópicos. La mayoría de las fotografías fueron tomadas con un 60 por ciento de traslape, lo cual proporcionó una exageración vertical de 4 veces y un excelente modelo estereoscópico. La resolución espacial fue aproximadamente 3 m para película en blanco y negro y 10 m para la de color IR.

La disponibilidad de esta excelente estereofotografía, que puede ser ampliada 10 o más veces con poca pérdida de calidad de imagen, está limitada a determinadas áreas cubiertas por la proyección del Transbordador Espacial en tierra. Una parte de esta cobertura sufre presencia de nubes o densa neblina pero, a pesar de las limitaciones de cobertura y ocasionalmente de la pobre calidad, la fotografía existente debe ser examinada para su posible utilización en evaluaciones regionales de los peligros naturales y estudios de planificación.

Dado el rango de herramientas disponibles para percepción remota aérea y de satélite, sus aplicaciones varían de acuerdo a las ventajas y limitaciones de cada una de ellas. El planificador puede considerar a cada herramienta como una fuente potencial de información para mejorar evaluaciones de recursos naturales y de peligros naturales. La siguiente sección cubre algunas de las aplicaciones de las fotografías e imágenes en las evaluaciones de peligros naturales.

7. SOJUZKARTA

La información del satélite Sojuzkarta consiste de fotografías tomadas con las cámaras KFA-1000 y KM-4. No se cuenta con cintas compatibles con computadora (CCTs), para el procesamiento de imágenes digitales, aunque es posible convertir los datos a formato digital haciendo uso de un barreador electrónico. Las fotografías obtenidas con la cámara KFA-1000 tienen una resolución de 5m en el modo pancromático y 10m de resolución en el modo a color; las escalas varían entre 1:220.000 y 1:280.000. La fotografía con KM-4 tiene una resolución de 6m y se encuentra disponible a escalas de 1:650.000 y 1:1.500.000. Las aplicaciones de este sensor a estudios de peligros naturales probablemente serán útiles para el monitoreo de la desertificación, de peligros de inundación y llanuras de inundación, y para estudios de deslizamientos de tierra.