

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE TOPOGRAFÍA Y GEODESIA**



**EXAMEN DE GRADO**  
**NIVEL LICENCIATURA**

**SATÉLITES Y PLATAFORMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS,  
CARACTERIZACIONES, COMPARACIONES, PRINCIPALES APLICACIONES  
Y DOS EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

**POSTULANTE: JHILMER IVAN CORI OCHOA**

**LA PAZ – BOLIVIA**  
**2012**



DEDICATORIA

*A Dios por guiar mis pasos y dejarme ver un nuevo amanecer.*

*A mi padre Julio Cori Quispe y mi madre Mercedes Lina Ochoa Mamani que siempre me brindaron su apoyo incondicionalmente en todo este tiempo.*

*Y a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo.*

*Agradecimientos.*

*Agradezco a dios por darme la vida y la paz que necesito para seguir adelante, agradezco a la querida Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de tecnología, carrera de Topografía y Geodesia por acogerme todo este tiempo en su casa superior de estudios, a todos los docentes que transmitieron su sabiduría y enseñanzas.*

*Agradezco a todas aquellas personas que me brindaron su colaboración para poder elaborar el presente informe de aplicación.*

*A todos les agradezco de todo corazón.*

## **ÍNDICE**

RESUMEN DEL TRABAJO.....	1
--------------------------	---

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	2
OBJETIVOS.....	2
OBJETIVO GENERAL.....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2

## **CAPITULO I**

### **PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TELEDETECCIÓN**

EVOLUCIÓN HISTÓRICA.....	3
TELEDETECCIÓN ESPACIAL. ....	4
COMPONENTES DE LA TELEDETECCIÓN.....	5
APLICACIONES DE LA TELEDETECCIÓN.....	6
SATÉLITE ARTIFICIAL.....	8
PLATAFORMAS.....	8
TERRESTRES.....	9
AÉREOS.....	9
ESPACIALES.....	10
ÓRBITAS DE LOS SATÉLITES.....	10
TIPOS DE ÓRBITAS DE LOS SATÉLITES SEGÚN SU ALTURA.....	12
ÓRBITA LEO (LOW EARTH ORBIT) ÓRBITA TERRESTRE BAJA.....	13
ÓRBITA MEO (MEDIUM EARTH ORBIT) ÓRBITA TERRESTRE MEDIA.....	13
ÓRBITA GEO (GEOSYNCHRONOUS EARTH ORBIT) ÓRBITA	
SATÉLITES DE COMUNICACIÓN.....	13
SATÉLITES DE NAVEGACIÓN.....	13
SATÉLITES METEOROLÓGICOS. ....	13
SATÉLITES DE PROSPECCIÓN DE RECURSOS NATURALES	
RESOLUCIÓN DE UN SENSOR.....	13
RESOLUCIÓN ANGULAR.....	14
RESOLUCIÓN ESPACIAL.....	14
RESOLUCIÓN ESPECTRAL.....	14
RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA.....	15
RESOLUCIÓN TEMPORAL.....	15

## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTOS FÍSICOS DE LA PERCEPCIÓN REMOTA**

LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.....	16
TEORÍAS DE (HUYGENS, MAXWELL) Y ( PLANCK, EINSTEIN).....	17
ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	19
PRINCIPALES BANDAS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	20

## **CAPITULO III**

### **LA VARIACIÓN DE LA REFLECTANCIA EN FUNCIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA, DE LOS DISTINTOS SUELOS**

FIRMA ESPECTRAL.....	22
COMPORTAMIENTOS Y FIRMAS ESPECTRALES.....	22
FIRMAS ESPECTRALES EN LA VEGETACIÓN.....	23
FIRMA ESPECTRAL DE LOS SUELOS.....	25
FIRMA ESPECTRAL DE LAS AGUAS.....	27
FIRMA ESPECTRAL DE LA NIEVE.....	28

## **CAPITULO IV**

### **INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA CON LA ATMÓSFERA**

LA ATMOSFERA.....	30
LA ABSORCIÓN.....	30
DISPERSIÓN.....	33
DISPERSIÓN DE RAYLEIGH.....	34
DISPERSIÓN DE MIE.....	34
DISPERSIÓN NO SELECTIVA.....	34
EMISIÓN ATMOSFÉRICA.....	35

## **CAPITULO V**

### **SATÉLITES Y SENSORES ESPACIALES**

DEFINICIÓN Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.....	36
SENSORES ÓPTICOS.....	36
SENSORES DE BARRIDO.....	36
SENSORES DE EMPUJE.....	36
SENSORES DE RADAR.....	36
SATÉLITES DE RESOLUCIÓN BAJA.....	38
SATÉLITE METEOSAT.....	38
SATÉLITE NOAA.....	39
SATÉLITE RESURS – 01.....	40
SATÉLITE TERRA.....	41
SATÉLITE AQUA.....	42
ALGUNOS SATÉLITES DE RESOLUCIÓN MEDIA.....	43
SATÉLITE LANDSAT 5.....	43
SATÉLITE IRS 1C & 1D.....	44
SATÉLITE LANDSAT 7.....	45
SATÉLITE SPOT 5.....	46
SATÉLITE TERRA.....	47
SATÉLITE RAPIDEYE.....	48
SATÉLITE ALOS.....	49
SATÉLITES DE RESOLUCIÓN ALTA.....	50
SATÉLITE IRS 1C & 1D.....	50
SATÉLITE IKONOS.....	51
SATÉLITE QUICKBIRD.....	52
SATÉLITE FORMOSAT – 2.....	53
SATÉLITE ALOS.....	54
SATÉLITE GEOEYE – 1.....	55
SATÉLITES DE RADAR DE BAJA, MEDIA Y ALTA RESOLUCIÓN.....	56
SATÉLITE ALOS.....	56
SATÉLITE RADARSAT.....	56
SATÉLITE JERS – 1.....	57
SATÉLITE ENVISAT.....	57

## **CAPITULO VI**

### **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

EJEMPLOS DE APLICACIÓN.....	58
DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO IMÁGENES NOAA.....	58
USO DE IMÁGENES QUICKBIRD EN EL PROCESO DE REGULARIZACIÓN DE ASENTAMIENTOS IRREGULARES EN ZONAS PERIURBANAS DE ALBACETE.....	59
CONCLUSIONES.....	62
BIBLIOGRAFÍA.....	63

## RESUMEN DEL TRABAJO.

el presente trabajo integra distintos conceptos y definiciones acerca de satélites y plataformas de adquisición de datos sus características , comparaciones y principales aplicaciones empezamos mencionando los principios básicos de la teledetección definiendo la teledetección y sus componentes a la vez planteando algunas aplicaciones de estas, en el capítulo dos tomaremos en cuenta los fundamentos físicos de la percepción remota viendo en detalle la radiación electromagnética analizando las teorías de (huygens, maxwell) y ( planck, einstein) y espectro electromagnético por último clasificando algunas principales bandas del espectro electromagnético. En el capítulo tres se estudia la variación de la reflectancia en función de la longitud de onda, de los distintos suelos, firma espectral , comportamientos de las firmas espectrales, firmas espectrales en la vegetación ,características espectrales de la vegetación, firma espectral de los suelos, firma espectral de las aguas, firma espectral de la nieve. En el capítulo cuatro veremos la interacción de la radiación electromagnética con la atmósfera desglosando absorción dispersión ,dispersión de rayleigh , dispersión de mie ,dispersión no selectiva, emisión atmosférica en el quinto capítulo estudiamos los satélites y sensores espaciales tenemos que conocer los distintos tipos de plataformas es por eso que se plantea las plataformas ,terrestres ,aéreos ,espaciales en donde se encuentran los satélite artificial es los satélites en el espacio exterior tienen sus órbitas es por ese motivo que se incluye las órbitas de los satélites, tipos de órbitas de los satélites según su altura, órbita leo, órbita meo ,órbita geo. Estos satélites que mencionamos son de distintas aplicaciones para el planeta tierra es por eso que se menciona algunas aplicaciones más importantes, satélites según su aplicación, satélites astronómicos, satélites de comunicación, satélites de navegación, satélites de reconocimiento, satélites meteorológicos, satélites de prospección de recursos naturales, satélites de radar, el sensor, estos satélites transportan uno o más sensores y estos sensores son diferentes, sensores activos, sensores pasivos y cada uno tienen distintas resoluciones como ,resolución angular, resolución espacial, resolución espectral, resolución radiométrica, resolución temporal en el sexto capítulo se ven las características y comparaciones de satélites, satélites de baja, media y alta resolución espacial, algunos satélites de resolución baja, algunos satélites de resolución media, algunos satélites de resolución alta y por último el séptimo capítulo encontramos dos ejemplos de aplicación para el mejor entendimiento del trabajo.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

En los últimos años se han incrementado los estudios e investigaciones relacionados a los satélites y plataformas de adquisición de datos, sus características, comparaciones, principales aplicaciones, esta diversidad de opciones obliga al investigador

a realizar un análisis exhaustivo, ya que los satélites están siendo reconocidos, mucho más ahora debido a que cada momento la tecnología va avanzando y el tema de los satélites hoy en día ya llegó a Bolivia. Este trabajo pretende reunir esta información de forma clara y concisa a todo aquel que pueda beneficiarse de la misma.

## **JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.**

No se maneja apropiadamente la información de los satélites Este trabajo es diseñado para aportar al conocimiento, un poco más el campo de los satélites y plataformas de adquisición de datos, ya que cada día vemos como estas herramientas avanzan y son útiles para adquirir información de un objeto que no se encuentra en contacto directo con nosotros a través de sensores instalados en plataformas espaciales.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar los satélites y plataformas de adquisición de datos.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- \* Definir sus caracterizaciones
- \* Registrar las comparaciones
- \* Reconocer qué tipos de satélites existen
- \* Subrayar cuáles son sus principales aplicaciones
- \* Describir dos ejemplos de aplicación.

#### PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TELEDETECCIÓN

---

**1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA.** Para poder observar más de cerca del ambiente que nos rodea, es posible subir por una escalera, un árbol o un monte para tener una visión más amplia. Hasta el advenimiento de los globos de aire caliente en el siglo XIX, éstos proporcionaron la única forma por la que los humanos podían ver la Tierra desde las alturas. Al inventarse las cámaras a mediados del siglo XIX, se empezaron a tomar las primeras fotografías aéreas desde los globos.

Hasta 1960, los sistemas de detección a distancia más utilizados estaban basados en las cámaras de fotos y cine, a pesar de que la película infrarroja y el radar ya se habían desarrollado y utilizado durante la Segunda Guerra Mundial.

Los sensores remotos con base en el espacio empezaron en 1960, con el lanzamiento del primer Satélite de Observación Infrarrojo de Televisión (TIROS 1). La serie de satélites TIROS se concentró, en ofrecer imágenes de las nubes y fue así como se constituyó la predecesora de las actuales series de satélites climatológicos con órbita polar de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de Norteamérica (NOAA, por sus siglas en inglés).

El primer satélite con sensor remoto que se concentra en la superficie terrestre fue el Satélite para la Tecnología de Recursos de la Tierra (ERTS I), lanzado por la NASA en julio de 1972. Más adelante, a este satélite se le volvió a bautizar como Landsat I, convirtiéndose en el primero de una serie de satélites Landsat diseñados para obtener imágenes y trazar mapas de las características de la superficie terrestre.

Por otro lado, el primer sensor marino fue el Costal Zone Color Scanner (CZCS), instalado en el satélite Nimbus 7, de la NASA. Este sensor fue lanzado en octubre de 1978 y dejó de registrar datos en 1986; la precisión de los datos obtenidos por medio de éste, era sólo del 35%.

Actualmente está puesto en órbita el sensor SeaWiifs a bordo del satélite Seastar; este nuevo aparato cuenta con filtros y bandas que permiten obtener la coloración del mar con mayor calidad.

Hoy en día, existen docenas de satélites ambientales lanzados y operados por distintos países y organizaciones multinacionales. En un principio, el costo de estas tecnologías restringió su uso a grandes organizaciones gubernamentales y privadas. Más recientemente, el poder de la computación de escritorio y personal, así como la proliferación de satélites de varios países, han abierto esta frontera para la gente en todas partes. En la actualidad, pequeñas universidades o empresas, escuelas primarias o secundarias, planificadores del uso de la Tierra, grupos ambientalistas, etc., pueden utilizar la tecnología de detección remota por satélite.

### **1.1 TELEDETECCIÓN ESPACIAL.**

Existen muchos conceptos de percepción remota “Remote Sensing” o lo que es lo mismo Teledetección, Algunas de estas definiciones son:

- Teledetección es la técnica que permite obtener información a distancia de objetos sin que exista un contacto material, en nuestro caso se trata de objetos situados sobre la superficie terrestre.
- La ciencia y arte de obtener información acerca de la superficie de la tierra sin entrar en contacto con ella. Esto se realiza detectando y grabando la energía emitida y procesando, analizando y aplicando esa información.
- La ciencia y arte de obtener información acerca de la superficie de la tierra sin entrar en contacto con ella. Esto se realiza detectando y grabando la energía emitida y procesando, analizando y aplicando esa información.
- Técnica de adquisición y posterior tratamiento de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor,

De las definiciones mencionadas se puede observar muchas semejanzas de lo que se puede definir a la teledetección como:

“Teledetección es la Ciencia y arte que permite obtener información de la superficie terrestre sin entrar en contacto con ella a través de sensores que interactúan con el campo electromagnético emitido por los elementos de la superficie terrestre”

## 1.2 COMPONENTES DE LA TELEDETECCIÓN

- A. Fuente de energía o iluminación.** El primer requerimiento en la teledetección es disponer de una fuente de energía que ilumine o provea energía electromagnética al objeto de interés.
- B. Radiación y la atmosfera.** Ya que la energía “viaja” desde la fuente al objeto, entrara en contacto e interaccionara con la atmosfera. Esta interacción tiene lugar una vez cuando la energía “viaja” desde el objeto al sensor.
- C. Interacción con el objeto.** La energía interactúa con el objeto dependiendo de las propiedades de este y de la radiación incidente.
- D. Detección de energía por el sensor.** Necesitamos un sensor remoto que recoja y grabe la radiación electromagnética reflejada o emitida por el objeto y la atmosfera.
- E. Transmisión, recepción y procesamiento.** La energía grabada por el sensor debe ser transmitida, normalmente en forma electrónica, a una estación de recepción y procesamiento donde los datos son convertidos a imágenes digitales.
- F. Interpretación y análisis.** La imagen procesada se interpreta, visualmente y/o digitalmente, para extraer información acerca del objeto que fue iluminado (o que emitió radiación)
- G. Aplicación.** El paso final en el proceso de teledetección se alcanza en el momento en que aplicamos la información extraída de as imágenes del objeto para un mejor conocimiento del mismo, revelando nuevas informaciones o ayudándonos a resolver un problema particular.

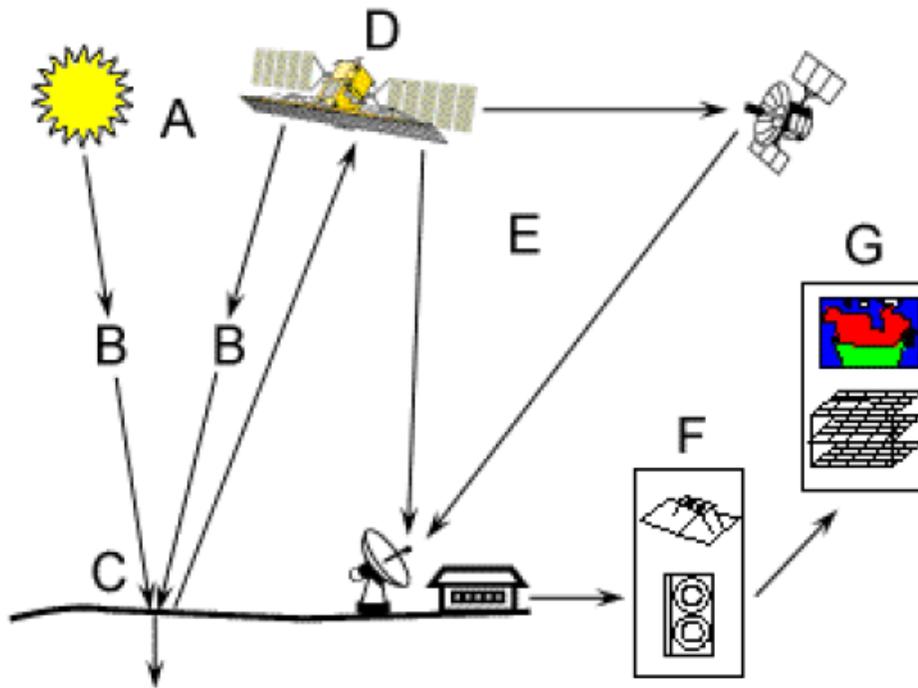


Fig.1 COMPONENTES DE LA TELEDETECCIÓN

### 1.3 APLICACIONES DE LA TELEDETECCIÓN

Área de Estudio	Producto a través de la teledetección
Meteorología	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Análisis de masas nubosas y su evolución</li> <li>· Modelización climática a diferentes escalas</li> <li>· Predicción de desastres naturales de origen climático</li> </ul>
Agricultura y Bosques	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Discriminación de tipos de vegetación: tipos de cultivos, tipos de maderas...</li> <li>· Determinación del vigor de la vegetación</li> <li>· Determinación del rango de interoperabilidad y biomasa</li> <li>· Medición de extensión de cultivos y maderas por especies</li> <li>· Clasificación de usos del suelo</li> </ul>

<p>Cartografía y Planeamiento Urbanístico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Cartografía y actualización de mapas</li> <li>· Categorización de la capacidad de la tierra</li> <li>· Separación de categorías urbana y rural</li> <li>· Planificación regional</li> <li>· Cartografía de redes de transporte</li> <li>· Cartografía de límites tierra – agua</li> <li>· Cartografía de fracturas</li> </ul>
<p>Geología</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reconocimiento de tipos de roca</li> <li>· Cartografía de unidades geológicas principales</li> <li>· Revisión de mapas geológicos</li> <li>· Delineación de rocas y suelos no consolidados</li> <li>· Cartografía de intrusiones ígneas</li> <li>· Cartografía de depósitos de superficie volcánica reciente</li> <li>· Cartografía de terrenos</li> <li>· Búsqueda de guías de superficie para mineralización</li> <li>· Determinación de estructuras regionales</li> <li>· Cartografías lineales</li> </ul>
<p>Recursos Hidrográficos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Determinación de límites, áreas y volúmenes de superficies acuáticas</li> <li>· Cartografía de inundaciones</li> <li>· Determinación del área y límites de zonas nevadas</li> <li>· Medida de rasgos glaciales</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Medida de modelos de sedimentación y turbidez</li> <li>· Determinación de la profundidad del agua</li> <li>· Delineación de campos irrigados</li> <li>· Inventario de lagos</li> <li>· Detección de zonas de alteraciones hidrotermales</li> </ul>
Oceanografía y Recursos Marítimos	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Detección de organismos marinos vivos</li> <li>· Determinación de modelos de turbidez y circulación</li> <li>· Cartografía térmica de la superficie del mar</li> <li>· Cartografía de cambios de orillas</li> <li>· Cartografía de orillas y áreas superficiales</li> <li>· Cartografía de hielos para navegación</li> <li>· Estudio de mareas y olas</li> </ul>
Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Control de superficies mineras</li> <li>· Cartografía y control de polución de aguas</li> <li>· Detección de polución del aire y sus efectos</li> <li>· Determinación de efectos de desastres naturales</li> <li>· Control medioambiental de actividades humanas (eutrofización de aguas, pérdida de hojas, etc.)</li> <li>· Seguimiento de incendios forestales y sus efectos</li> <li>· Estimación de modelos de escorrentía y erosión</li> </ul>

## **1.4 SATÉLITE ARTIFICIAL**

Un satélite artificial es cualquier vehículo destinado a girar en torno a un planeta, especialmente la Tierra, que se coloca en órbita mediante un cohete (de varias etapas)

## **1.5 PLATAFORMAS**

En las plataformas se instalan los sensores existen plataformas de tierra: trípode, plataformas aéreas: globos, aviones y plataformas espaciales: satélites artificiales.

De acuerdo a la plataforma donde se ubique el sensor, se distinguen tres grandes tipos de sistemas de teledetección: terrestre, aéreo y espacial.

### **1.5.1 Terrestres**

En este caso la plataforma es un trípode, una torre de observación, etc., sobre la cual se instala el sensor. Se logran datos muy precisos, pero su costo es altísimo.

Lógicamente este sistema es muy limitado en cuanto al campo de visión instantánea, verticalidad y tipo de sensor utilizado. Por ello, se emplea normalmente para obtener muestras de control y datos de terreno en pequeñas zonas, con el fin de calibrar o determinar patrones de interpretación.

### **1.5.2 Aéreos**

En estos casos las plataformas utilizadas pueden ser helicópteros, avionetas y aviones. Su característica más importante es su alta resolución espacial, sin embargo, tienen una resolución temporal muy variable y un alto costo por hectárea.

Existen dos tipos de sensores, los ópticos y los electrónicos, en los primeros, los objetos quedan plasmados en un papel fotosensible (película), luego mediante la técnica del revelado se logran los productos fotográficos que todos conocemos (fotos).

En los sensores electrónicos la información es almacenada en un formato digital conocido como RASTER. Este consiste en una matriz de filas y columnas, cada celda constituye el pixel (el mínimo tamaño que puede detectar el sensor) que está definido por un valor X (columnas), un valor Y (filas) y un valor digital, que es el que contiene la información de ese pixel. Los productos provenientes de los sensores electrónicos se conocen como imágenes .

Cuando se utiliza una plataforma estable (aviones), sensores analógicos con alta precisión geométrica (cámara métrica) y además se toma información de un mismo objeto desde dos puntos de vista (visión estereoscópica), se pueden realizar mediciones precisas de coordenadas X, Y, Z (en este caso representa la altitud), con los datos obtenidos. A estas técnicas de medición se les denomina “fotogrametría”.

Cuando los sensores utilizados son electro-ópticos o electrónicos, la imagen tomada es almacenada en formato digital (RASTER) en un medio magnético (cinta o disco digital), y puede ser ingresada a un SIG directamente, o bien ser impresa en papel para realizar la interpretación visual de la misma. Si el usuario precisa tener información de bandas del espectro que nos son visibles al ojo humano (infrarrojo), para los productos analógicos se pueden utilizar películas sensibles al infrarrojo; y para los electrónicos se debería disponer de un sensor para esa banda o dividir las respuestas espectrales mediante juegos de filtros colocados delante del sensor.

Para un mismo sensor, la resolución espacial se puede variar modificando la altura de vuelo o cambiando la distancia focal de la cámara. Esto lleva implícito un cambio en el campo de visión instantánea del detector (varía el tamaño de la foto o imagen tomada).

### **1.5.3 Espaciales**

Las plataformas que se utilizan en estos sistemas son naves espaciales, estaciones orbitales o satélites autónomos que giran alrededor de la Tierra, estos últimos son los mayoritariamente utilizados. Poseen la ventaja del bajo costo por hectárea relevada de sus datos.

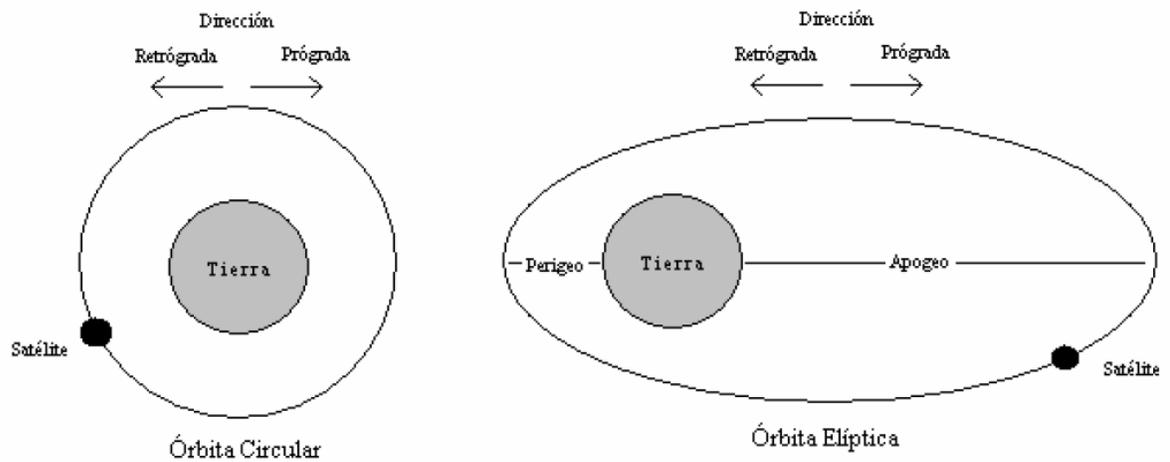
Normalmente, las naves espaciales y estaciones orbitales tripuladas se han utilizado para hacer pruebas de nuevos sensores o para adquirir datos con sensores foto-ópticos.

## **1.6 ÓRBITAS DE LOS SATÉLITES.**

Todos los satélites artificiales están asignados a una órbita espacial ya definida.

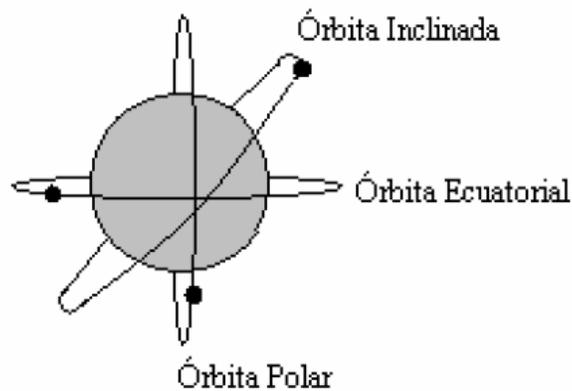
Estas órbitas pueden ser de tipo circular o elíptica. La figura siguiente muestra la diferencia entre una órbita circular y una órbita elíptica.

Por lo general estas órbitas se mueven en el mismo sentido que la Tierra.



**FIG.19 FORMAS DE LAS TRAYECTORIAS DE LAS ÓRBITAS.**

Otro parámetro importante que ayuda a definir las trayectorias satelitales es la inclinación en grados con respecto al ecuador, éstas pueden ser ecuatoriales, inclinadas o polares. La siguiente figura muestra las órbitas de inclinación con respecto al ecuador.



**Fig. 20 TIPOS DE ÓRBITAS**

## 1.7 TIPOS DE ÓRBITAS DE LOS SATÉLITES SEGÚN SU ALTURA.

Existen tres órbitas satelitales distintas, las cuales se definen por su altura con respecto a la Tierra así como su trayectoria.

### 1.7.1 Órbita LEO (Low Earth Orbit) órbita terrestre baja.

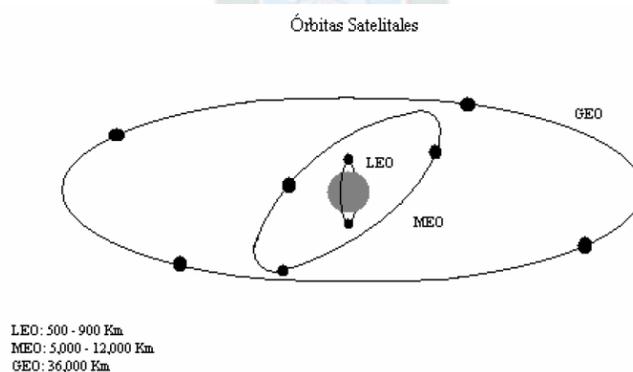
Esta órbita tiene una altura constante de 500 a 900 Km., por lo que su órbita es de tipo circular. La ventaja de esta órbita es que debido a su altura las pérdidas generadas por trayectoria en el espacio libre son menores. El período de recorrido es aproximadamente de una hora y media y la órbita tiene una inclinación de 90°.

### 1.7.2 MEO (Medium Earth Orbit) órbita terrestre media.

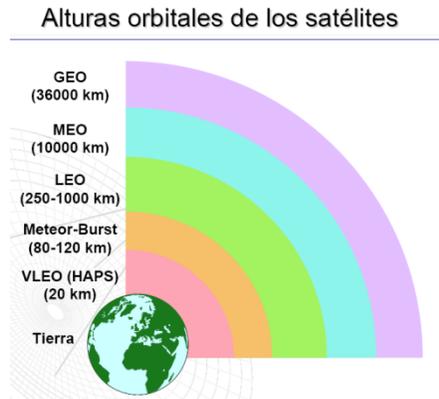
También conocida como órbita circular intermedia. La altitud de esta órbita es de 5,000 – 12,000 Km., con una inclinación de 50° y con un período aproximado de 6 horas en su recorrido. En esta órbita con solo 15 satélites se puede tener una perfecta cobertura de todo el planeta.

### 1.7.3. Órbita GEO (Geosynchronous Earth Orbit) órbita terrestre geostacionaria.

La altitud de esta órbita es de 35,786 Km, es de tipo circular y su inclinación es de cero grados con respecto al ecuador, el período de recorrido de trayectoria es el mismo que el de la Tierra. Un solo satélite GEO puede tener una cobertura del 43% de la superficie de la Tierra. La siguiente figura muestra los tres tipos de órbitas que giran alrededor de la tierra así como sus alturas.



**FIG.21 ORBITAS SATELITALES**



**FIG. 22 ALTURAS ORBITALES DE LOS SATELITES**

## **1.8 ALTURAS ORBITALES DE LOS SATELITES**

### **1.8.1.SATÉLITES DE COMUNICACIÓN.**

Son los empleados para realizar telecomunicación.

### **1.8.2.SATÉLITES DE NAVEGACIÓN.**

Utilizan señales para conocer la posición exacta del receptor de la tierra.

### **1.8.3.SATÉLITES METEOROLÓGICOS.**

Son satélites utilizados principalmente para registrar el tiempo atmosférico y el clima de la tierra.

### **1.8.4.SATÉLITES DE PROSPECCIÓN DE RECURSOS NATURALES.**

Es la observación de la tierra por medio de programas científicos financiados por el gobierno.

## **1.9.RESOLUCIÓN DE UN SENSOR**

La resolución implica diversas manifestaciones:

Resolución angular

Resolución espacial

Resolución espectral

Resolución radiométrica

Resolución temporal

### 1.10.RESOLUCIÓN ANGULAR.

Hace referencia a la capacidad del sistema de observación del mismo objeto desde distintas posiciones.

### 1.11.RESOLUCIÓN ESPACIAL.

Este concepto designa al objeto más pequeño que se puede distinguir en la imagen. Está determinada por el tamaño del píxel, medido en metros sobre el terreno, esto depende de la altura del sensor con respecto a la Tierra.

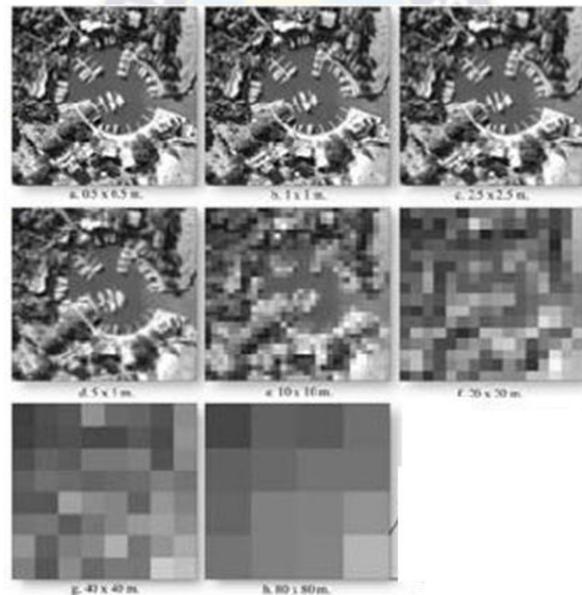


FIG.24 RESOLUCIÓN ESPACIAL

### 1.12. RESOLUCIÓN ESPECTRAL.

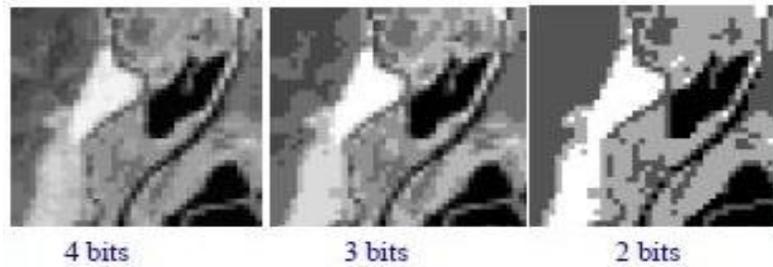
Consiste en el número de canales espectrales (y su ancho de banda) que es capaz de captar un sensor.



**Fig. 25 RESOLUCIÓN ESPECTRAL.**

### 1.13. RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA.

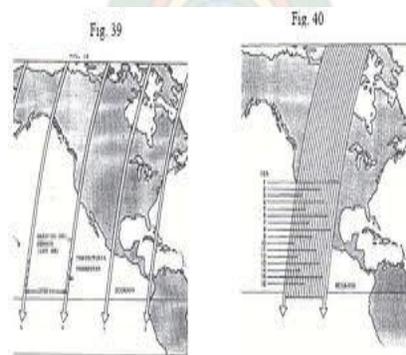
se refiere a la cantidad de niveles de gris en que se divide la radiación recibida para ser almacenada y procesada.



**Fig. 26 RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA.**

### 1.14. RESOLUCIÓN TEMPORAL.

Es la frecuencia de paso del satélite por un mismo punto de la superficie terrestre. Es decir cada cuanto tiempo pasa el satélite por la misma zona de la Tierra.



**Fig. 27 RESOLUCIÓN TEMPORAL**

## 2.1. LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Como fue observado en la sección anterior, el primer requisito para la percepción remota es tener una fuente de energía. Esta energía está en la forma de radiación electromagnética. La energía electromagnética viaja a través del espacio como onda a la velocidad de la luz, es decir,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ . La onda consiste en un campo magnético y uno eléctrico, que son perpendiculares el uno al otro y a la dirección de la propagación de la onda. La onda se puede describir en los términos de la longitud de onda ( $\lambda$ ), que es la distancia de la separación entre las crestas adyacentes de la onda, o de su frecuencia ( $f$ ), que es el número de los picos de la onda que pasan por un punto fijo en una unidad de tiempo. Se relacionan como:

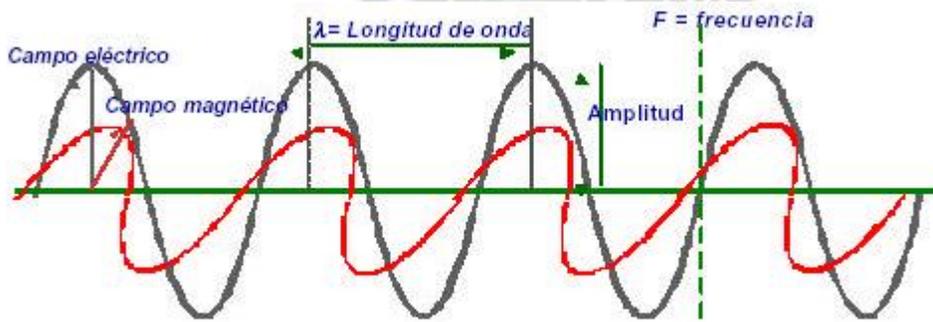


Fig .2 LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA

$$\lambda * f = c$$

Donde c es la velocidad de la luz.

La ecuación descrita muestra que la frecuencia varía inversamente con la longitud de onda y directamente con la velocidad de la propagación de la onda.

La longitud de onda se mide en metros (m) o en fracciones de metros tales como

nanómetros (nm,  $10 \times 10^{-9}$  metros),

micrómetros ( $\mu\text{m}$ ,  $10 \times 10^{-6}$  metros) o centímetros (cm,  $10 \times 10^{-2}$  metros).

La frecuencia se refiere al número de ciclos de una onda que pasa por un punto fijo en una unidad de tiempo. La frecuencia se mide normalmente en hertz (Hz), equivalentes a un ciclo por segundo, y varios múltiplos de hertz.

El espectro electromagnético, se extiende desde las longitudes de onda más cortas (incluyendo los rayos gamma y los rayos-X) hasta las longitudes de onda más largas (incluyendo microondas y las ondas de radio). Hay varias regiones del espectro electromagnético que son útiles para la percepción remota.

## **2.2. TEORÍAS DE (HUYGENS, MAXWELL) Y ( PLANCK, EINSTEIN)**

Históricamente las propiedades de la radiación electro- magnética se han explicado por dos teorías aparentemente contrapuestas: aquella que la concibe como un haz ondulatorio (Huygens, Maxwell), y aquella otra que la considera como una sucesión de unidades discretas de energía, fotones o cuantos, con masa igual a cero (Planck, Einstein). Las dos teorías se pueden compaginar, pues se ha demostrado que la luz presenta comportamientos que pueden explicarse de acuerdo a ambos planteamientos.

Según la teoría ondulatoria, la energía electro- magnética se transmite de un lugar a otro siguiendo un modelo armónico y continuo, a la velocidad de la luz y conteniendo dos campos de fuerzas ortogonales entre sí: eléctrico y magnético.

Gracias a la teoría cuántica, podemos calcular la cantidad de energía transportada por un fotón, siempre que se conozca su frecuencia:

$$Q=h \cdot f$$

Donde Q es la energía radiante de un fotón (en julios), f la frecuencia y h la constante de Planck ( $6,6 \times 10^{-34}$  J s). Sustituyendo en anterior formula podemos asimismo expresar:

$$Q=h(c/\lambda)$$

lo que significa, en definitiva, que a mayor longitud de onda -o menor frecuencia-el contenido energético será menor y viceversa. Esto implica que la radiación en longitudes de onda largas es más difícil de detectar que aquella proveniente de longitudes cortas, de ahí que las primeras requieran medios de detección más refinados.

### - Teoría Cuántica (Planck, Einstein)

$$Q = h \times F$$

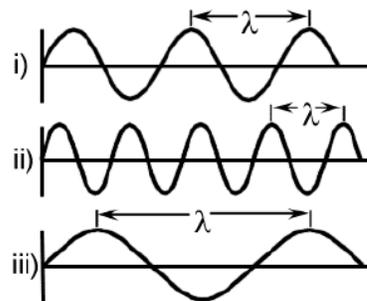
**Q = energía de un fotón**

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \times \text{s}$$

**F = Frecuencia**

### RELACIÓN ENTRE TEORIAS:

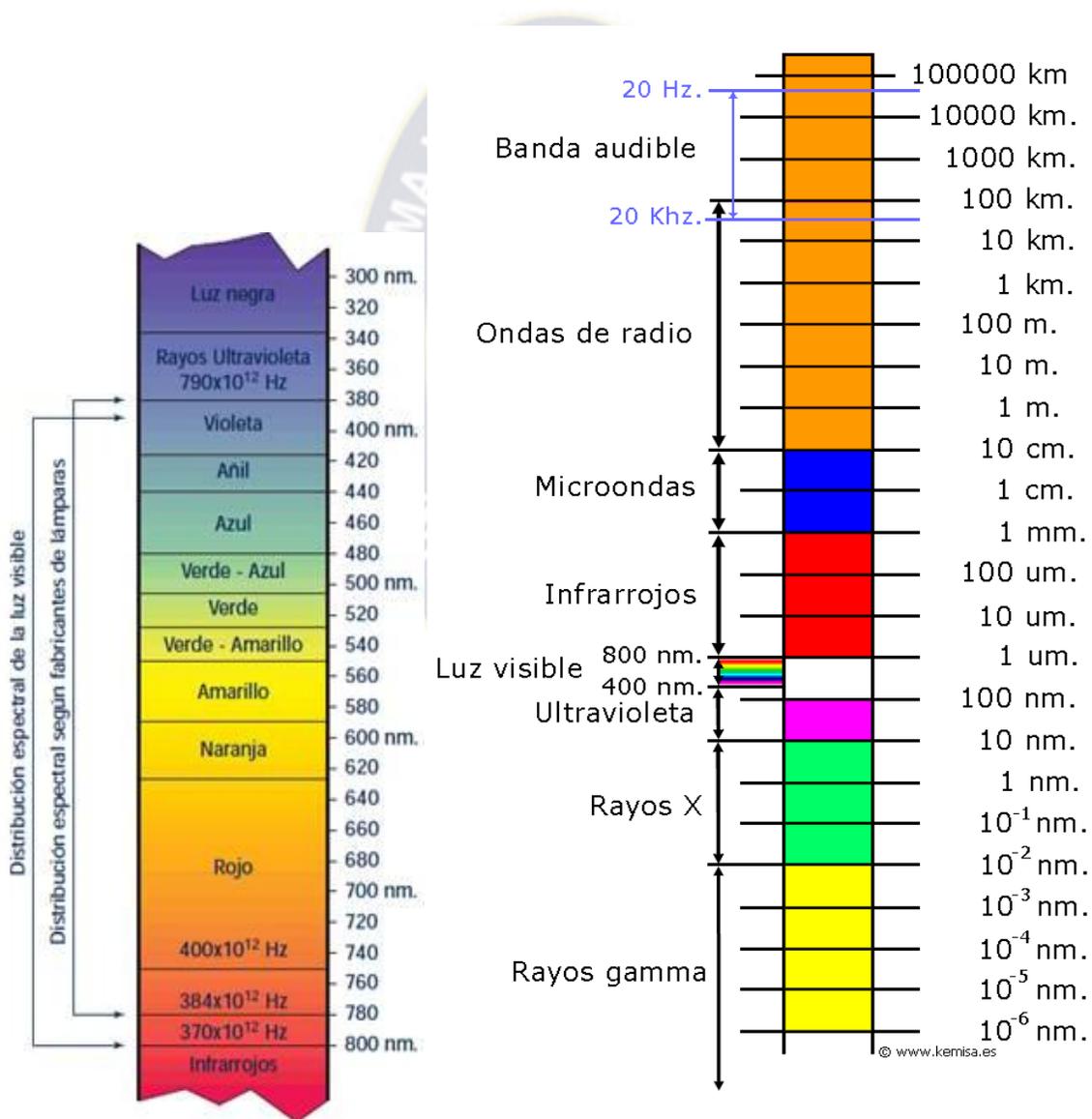
$$Q = h \times c/\lambda$$



### 2.3. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Podemos definir totalmente cualquier tipo de energía dando su longitud de onda (o frecuencia).

El espectro electromagnético es la sucesión continua de esos valores de frecuencia, aunque conceptualmente se divide en bandas, en las que la radiación electromagnética manifiesta un comportamiento similar.



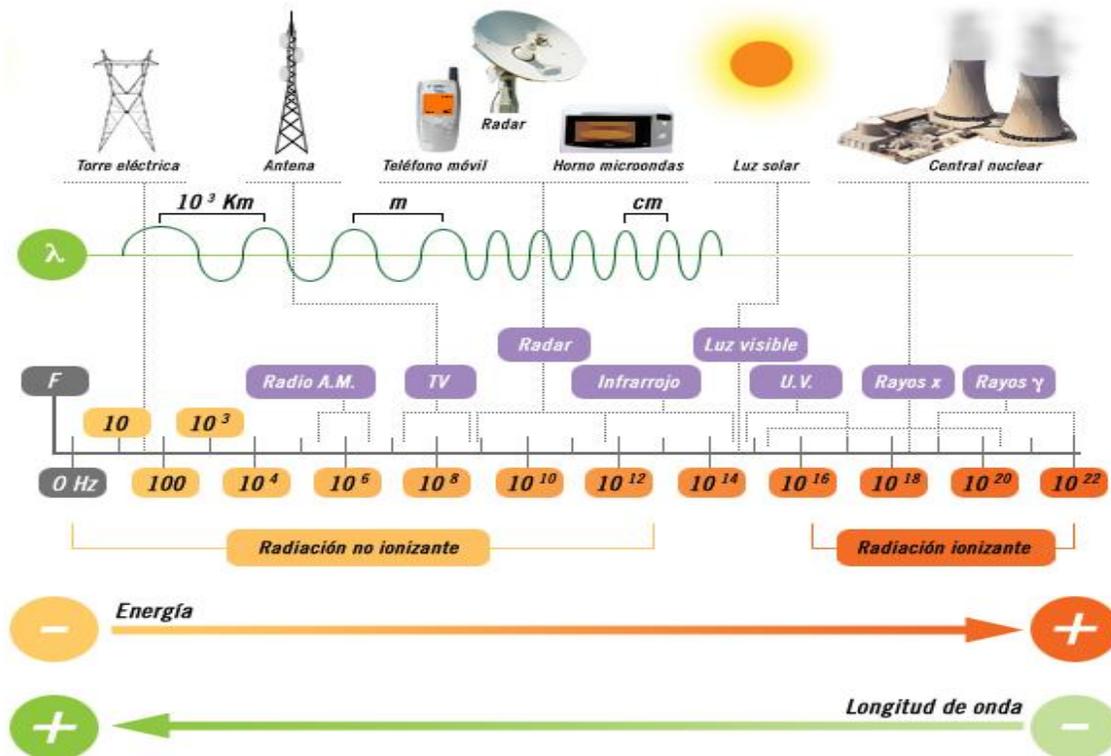


Fig. 3 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

## 2.4. PRINCIPALES BANDAS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

Desde el punto de vista de la teledetección destacan una serie de bandas como las más utilizadas dada la tecnología actual. Estas bandas se resumen a continuación:

### 2.4.1. Espectro visible (0.4 - 0.7 mm)

Es la única radiación electromagnética perceptible por el ojo humano (de ahí su nombre). Coincide con la longitud de onda donde es máxima la radiación solar. Podemos localizar los distintos colores en las longitudes:

Azul: 0.4 - 0.5 mm Verde: 0.5 - 0.6 mm Rojo: 0.6 - 0.7 mm

### 2.4.2. Infrarrojo próximo (0.7 - 1.3 mm)

Banda importante para diferenciar masa vegetales y concentraciones de humedad.

### 2.4.3. Infrarrojo medio (1.3 - 8 mm)

En esta región se entremezclan los procesos de reflexión de luz solar y de emisión de la superficie terrestre, por lo que hay muchas dificultades.

#### **2.4.4. Infrarrojo lejano o térmico (8 - 14 mm)**

Es la región del espectro en la que emiten energía todos los cuerpos de la superficie terrestre.

#### **2.4.5. Microondas (desde 1 mm)**

Tiene la propiedad de ser transparente a la cubierta nubosa, pero también de llevar asociada muy poca energía. Por eso, si se quiere usar esta banda tendrá que ser haciendo teledetección activa.



**LA VARIACIÓN DE LA REFLECTANCIA EN FUNCIÓN  
DE LA LONGITUD DE ONDA, DE LOS DISTINTOS SUELOS**

---

**3.1. FIRMA ESPECTRAL**

El emisor de radiación más usual para imágenes de teledetección es el Sol. El Sol emite la radiación que incide en primer lugar en la atmósfera. Los gases presentes en la atmósfera, como el resto de la materia presente en el Universo, interactúa con la radiación, absorbiéndola, reflejándola y/o transmitiéndola. Una vez que la radiación solar ha traspasado la atmósfera interacciona con la superficie terrestre, encontrándose con todo tipo de materiales diferentes, aguas dulces, saladas, tierras desnudas, nieve, zonas de vegetación densa, zonas de vegetación arbustiva, ciudades, etc. Cada tipo de superficie interacciona con la radiación de manera diferente, absorbiendo unas longitudes de onda muy concretas y reflejando otras diferentes en unas proporciones determinadas. Esta característica hace posible que se puedan identificar los distintos objetos: suelo, vegetación, aguas, etc. ya que mediante experimentos en laboratorio se han podido caracterizar el comportamiento de estas distintas superficies al recibir radiación y caracterizando los porcentajes de reflexión, absorción y transmisión. A este comportamiento concreto de cada objeto es a lo que se llama firma espectral.

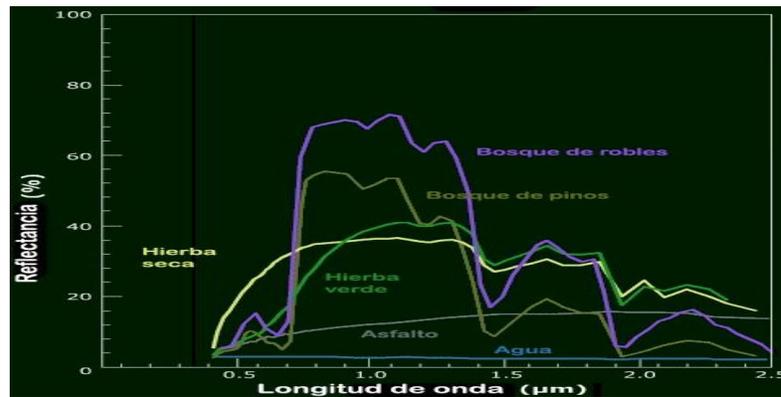
**3.2. COMPORTAMIENTOS Y FIRMAS ESPECTRALES**

El análisis e interpretación de las imágenes de satélite exige conocimientos interdisciplinarios. Una sólida base de física y en especial de radiometría es necesaria para poder entender las imágenes de teledetección.

La variación de la reflectancia en función de la longitud de onda se la denomina firma o signatura espectral.

La firma espectral es pues la medida cuantitativa de las propiedades espectrales de un objeto en una o varias bandas espectrales. También se la conoce como comportamiento espectral, concepto que incluye la variabilidad temporal de las signaturas espectrales, así como su variación en función de las condiciones meteorológicas, de las estaciones del año, y de las condiciones de iluminación.

Gracias a estos datos es posible identificar en una imagen de teledetección la naturaleza de un objeto.



**Fig. 4 COMPORTAMIENTOS Y FIRMAS ESPECTRALES**

La figura muestra un gráfico con las firmas espectrales del agua, suelo, nieve y la vegetación, como vemos es obvia la diferencia en el comportamiento de estas cubiertas ante la incidencia de la radiación solar, lo que las hace fácil de discriminar.



**Fig. 5 FIRMAS ESPECTRALES**

### 3.3. FIRMAS ESPECTRALES EN LA VEGETACIÓN

La vegetación presenta una reflexión considerablemente elevada en el canal infrarrojo cercano 4 y una baja reflexión en el canal visible rojo 3.

La vegetación sana tiene una reflectividad baja en el visible aunque con un pico en el color verde debido a la clorofila, este pigmento aparece en concentraciones entre 5 y 10 veces mayores que otros como el caroteno. La reflectividad es muy alta en el infrarrojo reflejado o próximo debido a la escasa absorción de energía por parte de las plantas en esta banda. En el infrarrojo medio hay una disminución especialmente importante en aquellas longitudes de onda en las que el agua de la planta absorbe la energía. Durante el otoño, las hojas pierden los cloroplastos (órganos que contienen la clorofila) ya que dejan de ser necesarios al cesar la actividad fotosintética, por tanto deja de ser la clorofila el pigmento principal y las plantas adquieren un color pardo-amarillento debido a la cada vez mayor importancia relativa de carotenos y otros pigmentos.

La curva de reflectividad tan contrastada en la vegetación sana se debilita en el caso de la vegetación enferma en la que disminuye el infrarrojo y aumenta la reflectividad en el rojo y azul. Se observa también que la reflectividad de una planta depende de su contenido en agua. Cuando el contenido de agua aumenta disminuye la reflectividad ya que aumenta la absorción de radiación por parte del agua contenida en la planta.

La cantidad de energía de los fotones que viajan con longitudes de onda mayores (infrarrojo cercano) es demasiado baja para ser aprovechada por la vegetación por lo que sólo se absorbe en torno al 5%, el resto se transmite (40%) o refleja (55%). Sin embargo, la energía transmitida acabará llegando a otra hoja situada por debajo, y por tanto el 55% de ese 40% se volverá a reflejar.

Este proceso, repetido en diferentes capas hace que se incremente el tanto por ciento de energía reflejada por un dosel vegetal.

El envejecimiento de la planta conlleva a una reducción en la reflectividad en el infrarrojo.

Las variaciones en la estructura interna de las hojas son la causa principal de que los patrones de respuesta espectral sean diferentes de unas especies a otras.

En cuanto al infrarrojo medio, el agua presente en los tejidos vegetales absorbe la radiación en diversas longitudes de onda hasta alcanzar valores de  $\alpha = 0.9$  que afectan incluso a las longitudes de onda vecinas de aquellas en las que se produce máxima absorción. En general cuanto menor sea el contenido de agua de una planta, mayor será su reflectividad en el infrarrojo medio.

## FIRMAS ESPECTRALES EN LA VEGETACION:



Fig. 6 FIRMAS ESPECTRALES EN LA VEGETACION

### 3.4. FIRMA ESPECTRAL DE LOS SUELOS

La reflexión del suelo desnudo aumenta ligeramente de la gama visible a la infrarroja del espectro. Existen grandes diferencias entre los distintos tipos de suelo, de tierra seca y húmeda. Las distintas composiciones minerales de la superficie también se reflejan en la firma espectral. En la ilustración sólo se muestra una curva media para el suelo desnudo (tierra).

Las propiedades espectrales del suelo son relativamente simples, la transmisión de energía es nula, por tanto toda la energía es absorbida o reflejada. La reflectividad es relativamente baja para todas las longitudes de onda del visible, aumentando hacia el infrarrojo. Hay una cierta dependencia entre reflectividad y contenido en agua del suelo, cuanto mayor es el segundo, mayor es la primera. Este aumento se ve interrumpido en aquellas regiones en las que el agua absorbe energía, por tanto cuanto mayor sea el contenido de agua en el suelo, mayor va a ser la disminución en reflectividad de estas regiones.

Otros factores que afectan la respuesta espectral del suelo son la textura con una mayor reflectividad al aumentar el tamaño medio de las partículas de suelo (los suelos arenosos

tienen mayor reflectividad que los arcillosos). Los minerales de la arcilla tienen, por su parte, una caída en reflectividad entorno a  $2.2\mu$  que no tienen las arenas.

El contenido en materia orgánica también afecta a la reflectividad, cuanto mayor sea su contenido y cuanto menos descompuesta se encuentre más oscuro resulta el suelo (menor reflectividad). La composición química y mineralógica también va a influir en la respuesta espectral, así por ejemplo el contenido en óxidos de hierro va a incrementar la reflectividad en el rojo.



**fig. 7 FIRMA ESPECTRAL DE LOS SUELOS:**

Caracterizan por un incremento en la reflectividad desde el visible hacia el infrarrojo cercano y teniendo bajos valores en el infrarrojo medio.

La fuerte correlación entre muchos de los factores que influyen sobre la respuesta espectral del suelo, imposibilita el que puedan sacarse conclusiones claras del análisis de una imagen de unas zonas cuyas características edáficas se desconocen. En todo caso se ha comprobado que las áreas de suelo desnudo de una misma imagen siguen una serie de pautas reconocibles. La más estudiada es que si se hace una representación gráfica con la reflectividad en el rojo en abscisas y la reflectividad en el infrarrojo cercano

en ordenadas, (Ver figura N°11), las zonas de suelo desnudo aparecen formando una línea que se conoce como línea del suelo.

### 3.5. FIRMA ESPECTRAL DE LAS AGUAS

En términos generales, el agua sólo refleja la gama de luz visible. Como el agua casi no se refleja en la gama cercana al infrarrojo, se distingue muy bien de otras superficies. Estas superficies acuáticas aparecerán claramente delimitadas como áreas oscuras (valores de píxel bajos) en imágenes registradas en la gama cercana al infrarrojo.

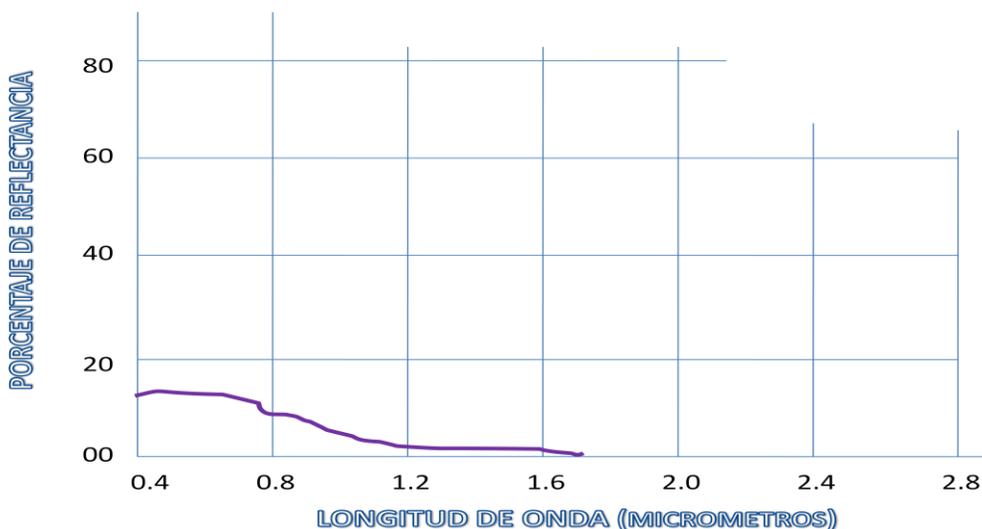
El agua clara tiene una excelente propiedad en cuanto a transmisión de la radiación electromagnética en el espectro visible y de absorción en el infrarrojo. En la curva de reflectancia aparece un pico en el verde que va reduciéndose hasta el infrarrojo. Esta falta de reflectividad en el infrarrojo va a ser la clave para distinguir entre áreas de tierra y agua.

El carácter tridimensional de las superficies de agua hace que en su respuesta espectral aparezca un componente debido a la superficie, otro a la columna de agua y un tercero al fondo. Por tanto variaciones tanto en la columna de agua como en los materiales del fondo van a alterar su respuesta; un fondo de arena clara proporciona mayor reflectancia que otro compuesto por materia orgánica en descomposición.

La profundidad a la que la luz puede penetrar depende de la longitud de onda. En el agua clara la profundidad de penetración son 10 m entre 0.5 y 0.6 $\mu$  cayendo hasta 10 cm en 0.8 - 1.1 $\mu$ . Por tanto al incrementarse la profundidad del agua la reflectancia, en cualquier longitud de onda, desciende.



## FIRMAS ESPECTRALES EN LA AGUA:



**Fig. 8 FIRMA ESPECTRAL DE LAS AGUAS**

Cuando el agua contiene turbidez, las consecuencias sobre la respuesta espectral van a depender del tipo de turbidez. Si se trata de fitoplancton, aparecen importantes alteraciones en el verde (aumenta) y en el azul (disminuye). Estos resultados han permitido el desarrollo de diversas ecuaciones empíricas. Si se trata de sedimentos inorgánicos la reflectividad aumenta, especialmente en el rojo.

La reflectividad en la nieve es completamente diferente a la del agua, es muy alta en todas las longitudes de onda, especialmente en el caso de la nieve fresca, pudiendo incluso saturar los sensores.

Es posible confundir en una imagen la cobertura de nieve con cobertura nubosa (al fin y al cabo formadas por partículas de hielo) con la salvedad de que la reflectividad de la nieve cae hasta cero para longitudes de onda mayores de  $1.4\mu$  mientras que la de las nubes sigue siendo alta haciendo es posible su discriminación en esta región del espectro electromagnético.

### 3.6. FIRMA ESPECTRAL DE LA NIEVE:

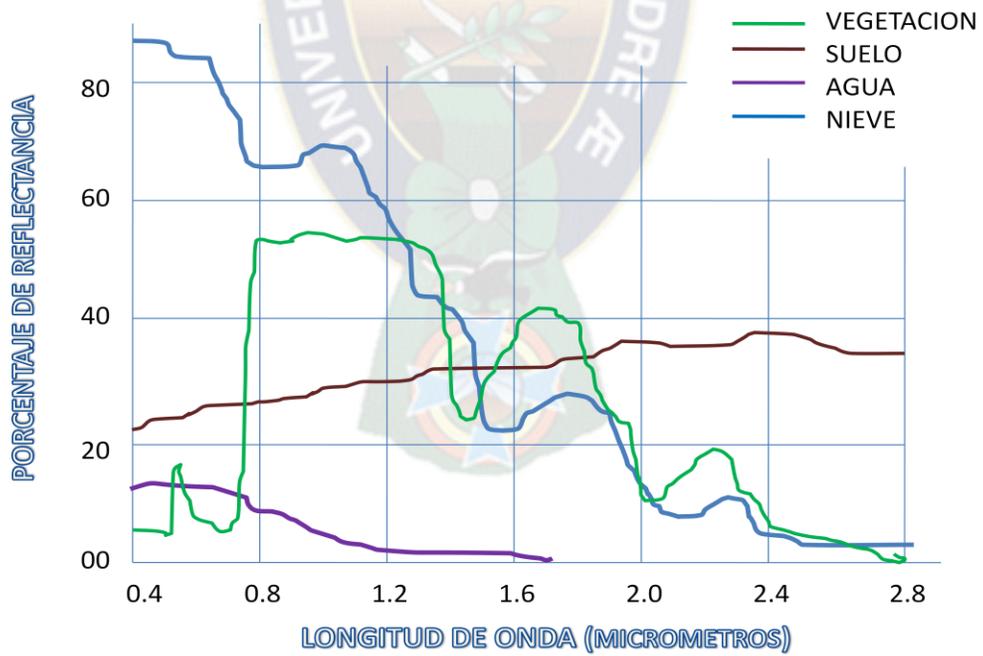
La reflectividad de la nieve es mucho mayor que la del agua en todas las longitudes de onda, pudiendo incluso saturar los sensores.

**FIRMAS ESPECTRALES DE LA NIEVE:**



**Fig. 9 FIRMA ESPECTRAL DE LA NIEVE**

**FIRMAS ESPECTRALES:**



**FIG. 10 FIRMA ESPECTRALES**

## CAPITULO IV

### INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA CON LA ATMOSFERA

---

#### 4.1. LA ATMOSFERA

La atmósfera es un factor importante al considerar los flujos de radiación entre el sol y la superficie terrestre y entre esta y los satélites. En el espacio exterior no hay pérdida de radiación por interferencia con ningún medio material, sólo atenuación debida a la ley del cuadrado de la distancia.

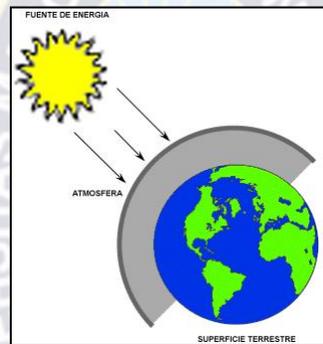


FIG. 11 BARRERA ATMOSFÉRICA

Entre la superficie y el sensor se interpone la atmósfera, que absorbe y dispersa la señal inicial. Los elementos que componen la atmósfera son: anhídrido carbónico, oxígeno, ozono, nitrógeno, vapor de agua y aerosoles, los cuales son los promotores de su interacción con la energía electromagnética y que da lugar a tres efectos fundamentales:

**Absorción** (filtro), de la energía e determinadas bandas del espectro

**Dispersión** (reflexión) de determinados flujos, en función de su longitud de onda,

**Emisión** (generación) como todo cuerpo caliente estos cuerpos producen modificaciones en ocasiones muy severas propaga entre cubierta y sensor.

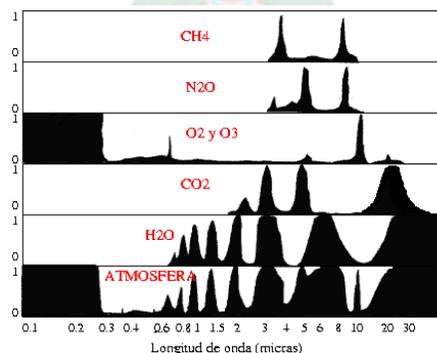
#### 4.2. ABSORCIÓN

La atmósfera se comporta como un filtro selectivo a distintas longitudes de onda. Cada uno de los gases atmosféricos tiene capacidad para absorber radiación en diferentes longitudes de onda. Los principales responsables son:

- Ozono (O<sub>3</sub>): Absorbe radiación ultravioleta inferior a 0.3 μm así como el sector del micro onda en torno a 27 μm.
- Oxígeno molecular (O<sub>2</sub>) que filtra la radiación electromagnética por debajo de 0.1 μm así como pequeños sectores en el infrarrojo térmico y en las microondas.
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): Absorbe radiación en el infrarrojo térmico (>15 μm) y con importantes efectos sobre el infrarrojo medio entre 2.5 y 4.5 μm.
- Vapor de agua (H<sub>2</sub>O): Absorbe radiación en 5.5 – 7 μm y por encima de 27 μm;
- Aerosoles atmosféricos que principalmente absorben en el espectro visible.

Esto deja, por otro lado, regiones del espectro en las que no se produce absorción, son las denominadas ventanas atmosféricas (figura 2). Por tanto la teledetección sólo va a ser en principio viable en estas ventanas, las principales ventanas atmosféricas aparecen en:

- Visible e infrarrojo cercano (0.35 – 1.35 μm)
- Infrarrojo cercano de onda corta (1.5 – 1.8 μm; 2 – 2.4 μm)
- Infrarrojo medio (2.9 – 4.2 μm; 4.5 – 5.5 μm)
- Infrarrojo térmico (8 – 14 μm)
- Microondas, por encima de 20 μm la atmósfera es prácticamente transparente.



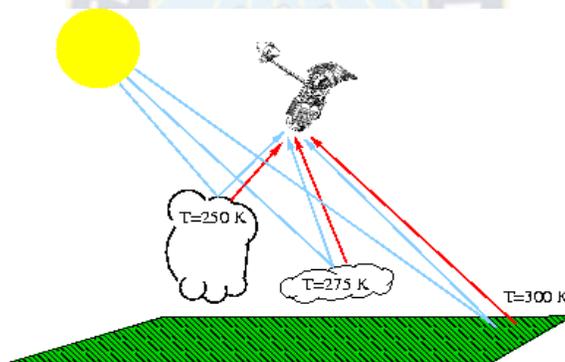
**FIG.12: BANDAS DE ABSORCIÓN Y VENTANAS EN EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO**

Estas ventanas atmosféricas son idóneas para realizar procesos de teledetección por lo que el diseño de sensores espaciales tiende a ajustarse a esas bandas

Problema aparte supone la aparición de partículas líquidas (nubes, figura.3) o sólidas (figura 8) que reflejan gran parte de la radiación solar que reciben. Las nubes emiten su propia radiación en el infrarrojo térmico, diferente a la terrestre debido a su menor temperatura, con lo que ocultan la superficie terrestre en ambas regiones del espectro. Debido a la saturación en vapor de agua del aire dentro de las nubes su capacidad de absorber radiación en la banda de absorción del vapor de agua dependerá de su espesor.

A la hora de diseñar un sensor, existen tres posibilidades fundamentales:

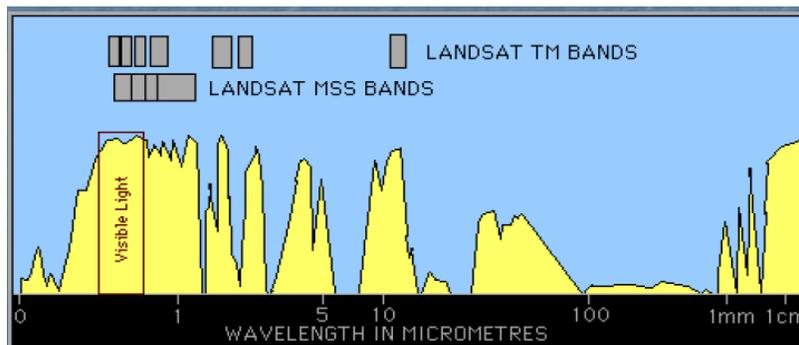
- Captar radiación solar reflejada por la superficie (en una longitud de onda correspondiente a una ventana atmosférica)
- Captar radiación infrarroja procedente de la superficie terrestre o las nubes



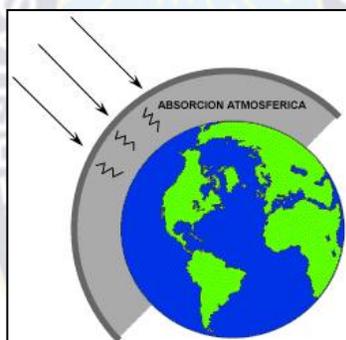
**FIG. 13: EFECTO DE LAS NUBES SOBRE LAS OBSERVACIONES DE SATÉLITE**

- Captar radiación de una banda en la que un gas presente una elevada capacidad de absorción para así estimar la concentración de este gas. Cuanto menos radiación llegue mayor será la cantidad de gas.

Incluso en las ventanas atmosféricas, la transmitancia nunca va a ser del 100% y así la radiancia que llega al satélite es siempre algo menor que la que sale de la Tierra.



**FIG. 14: VENTANAS ATMOSFÉRICA**



**FIG. 15: ABSORCIÓN ATMOSFÉRICA**

### 4.3. DISPERSIÓN

Es el mecanismo por el cual la radiación electromagnética es reflejada o refractada por gases o partículas situados en la atmósfera. De este modo disminuye la radiancia directa y aumenta la difusa. Los principales causantes de la dispersión atmosférica son los gases y aerosoles (partículas sólidas o líquidas) que la componen, debido a la elevada variabilidad (tamaños) espacio-temporal de algunos de los gases y de los aerosoles resulta difícil establecer modelos generales para cuantificar su influencia final en una imagen. Existen tres tipos fundamentales de dispersión:

#### 4.4. DISPERSIÓN DE RAYLEIGH,

Ocurre cuando la longitud de onda es mucho menor que el tamaño de los objetos responsables de la dispersión. Afecta por tanto a las longitudes de onda más cortas y causa el color azul del cielo. Figura 5.

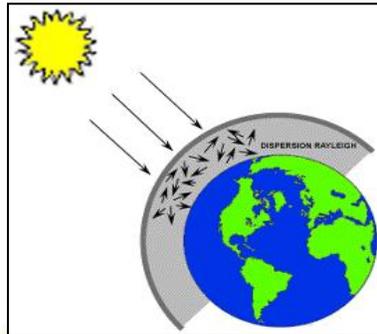


FIG. 16: DISPERSIÓN RAYLEIGH

#### 4.5. DISPERSIÓN DE MIE

Es cuando la longitud de onda es del mismo orden de magnitud que los objetos dispersores (vapor de agua, polvo y aerosoles). Afecta a todas las longitudes de onda del visible.

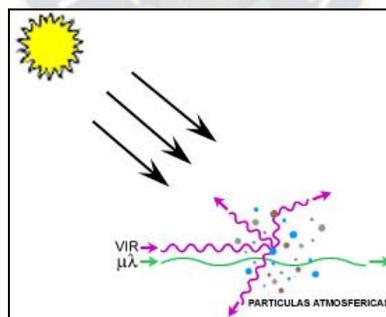
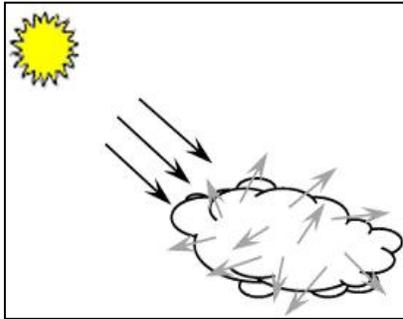


FIG. 17: DISPERSIÓN MIE

#### 4.6. DISPERSIÓN NO SELECTIVA

Es cuando la longitud de onda es mucho menor que los objetos, la producen gotas de agua en la atmósfera (niebla o nubes).



**FIG. 18 DISPERSIÓN NO SELECTIVA**

#### **4.7. EMISIÓN ATMOSFÉRICA**

Cuando se trabaja en el infrarrojo térmico, el objetivo fundamental es estimar la temperatura de la superficie terrestre, sin embargo los datos que llegan al satélite incluyen emisión tanto de la superficie como de las diferentes capas de la atmósfera. Resulta difícil distinguir un efecto del otro, sin embargo se han hecho avances significativos en este sentido.

Existen diversas técnicas para solventar estos problemas que se estudiarán en el tema de corrección de imágenes.

## **CAPITULO V**

### **SATÉLITES Y SENSORES ESPACIALES**

---

#### **5.1. SENSORES ÓPTICOS.**

Entre los sensores pasivos cabe diferencias varias clases: fotográficos, exploradores de barrido, de empuje, cámaras vidicon y radiómetros de microondas.

#### **5.2. EXPLORADORES DE BARRIDO.**

Los exploradores de barrido suelen estar formados por un espejo móvil que oscila perpendicularmente a la trayectoria del satélite y escanea una línea de terreno a ambos lados de la traza del satélite. La radiación recibida en el espejo llega a una serie de detectores que la convierten en un valor numérico y los datos son transmitidos a tierra para su posterior procesamiento. La señal recibida desde el espejo se muestrea a intervalos regulares y conforma la unidad mínima de información adquirida por el sensor. Para sensores multispectrales, la señal se compone en diversas longitudes de onda que son dirigidas hacia detectores sensibles a dichas radiaciones.

#### **5.3. EXPLORADORES DE EMPUJE.**

Los exploradores de empuje eliminan el espejo oscilante e incorporan una matriz lineal de detectores. Cada elemento de una línea corresponde a un detector y la imagen se forma a medida que el satélite se mueve a lo largo de su trayectoria. Este sistema mejora la relación S/N de los mecánicos en los que un solo detector explora cada línea secuencialmente. Dado que el tiempo disponible para cada línea se incrementa teóricamente se pueden obtener mejores resoluciones espectrales y radiométricas.

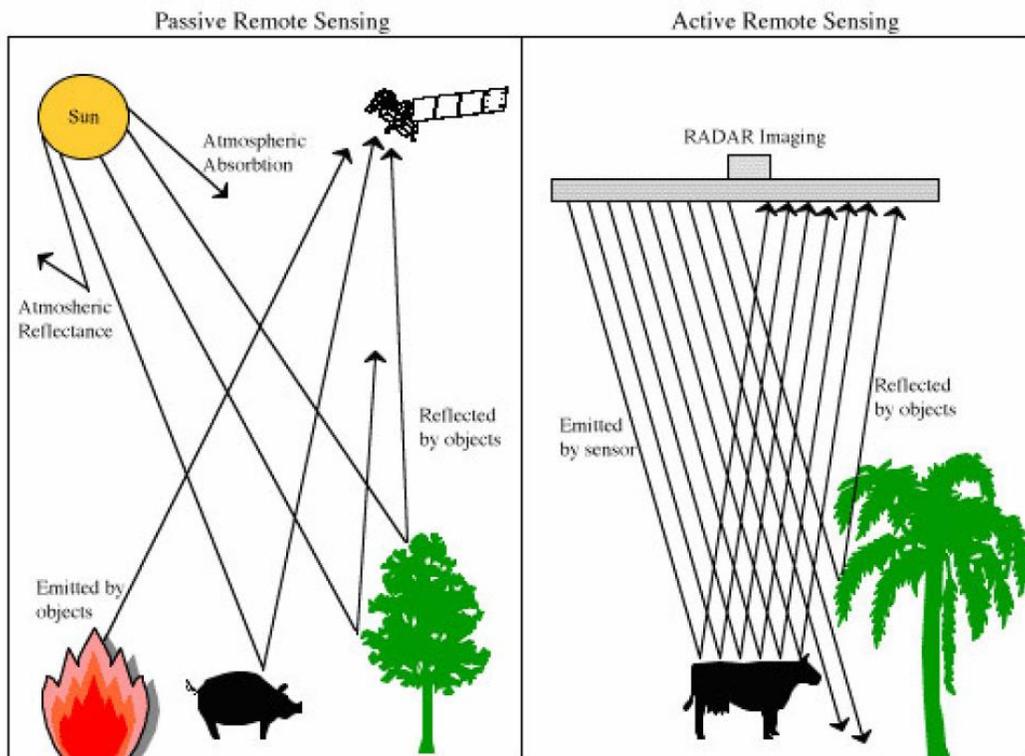
#### **5.4. SENSORES DE RADAR**

La radiación electromagnética entre las longitudes de onda de 1 mm y 300 cm constituyen la región de microondas del espectro electromagnético. Estas radiaciones penetran las nubes y este hecho constituye un importante factor en teledetección. Los sensores activos que trabajan en este rango se denominan radares

Estos sensores tienen la ventaja sobre los sensores en el visible e infrarrojo de que son independientes de la hora solar y de las condiciones atmosféricas, por lo que pueden usarse sobre áreas de cobertura nubosa muy persistente y detectan rugosidad, pendiente y conductividad eléctrica. Su principal problema es su baja resolución espacial, el tamaño mínimo de un objeto identificable que es directamente proporcional a la longitud de onda y altura de la observación e inversamente proporcional al diámetro de apertura. Para paliar este problema se emplea el Radar de Apertura Sintética (SAR) cuyo principio de operación se basa en el efecto Doppler que afecta a la observación realizada cuando existe un movimiento relativo entre el objeto y sensor

**FIG.23**

**LOS SENSORES REMOTOS PUEDEN SER PASIVOS O ACTIVOS.**



ÓPTICO

RADAR

## 5.5. SATÉLITES DE RESOLUCIÓN BAJA



**FIG. 28 SATÉLITE METEOSAT**

Satélite	Meteosat
Sensor	VISSR
Sensor óptico o de radar	Óptico
País	ESA
Tipo de aplicación del satélite	Meteorológico
Orbita a la que pertenece	GEO
Altura desde la superficie de la tierra	36000 km
Resolución espacial	2.5 km
Resolución espectral	3
cubrimiento	½ tierra
Resolución temporal	30min



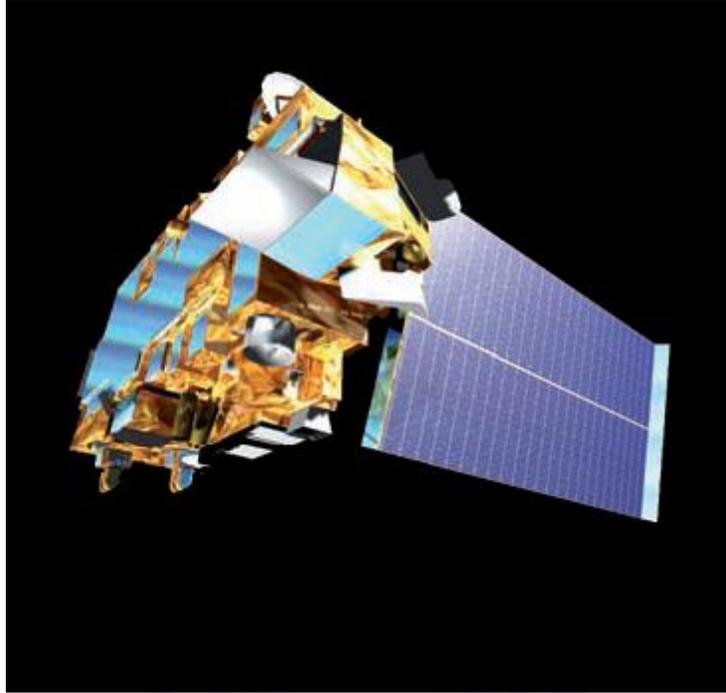
**FIG. 29 SATÉLITE NOAA**

Satélite	NOAA
Sensor	AVHRR
Sensor óptico o de radar	ÓPTICO
País	USA
Tipo de aplicación del satélite	Meteorológico
Orbita a la que pertenece	Polar
Altura desde la superficie de la tierra	854
Resolución espacial	1.1 km
Resolución espectral	5
Resolución radiométrica	10 bits
cubrimiento	3000 km
Resolución temporal	1



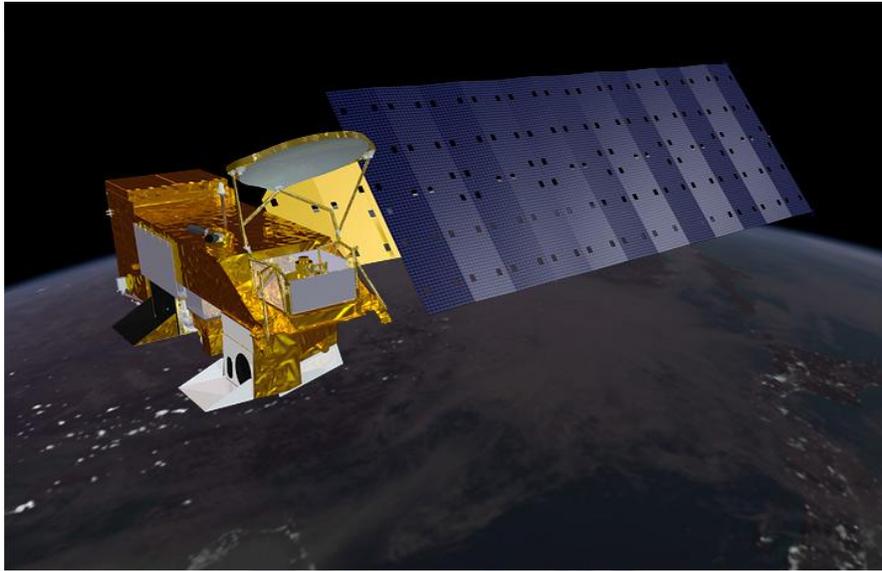
**FIG. 30 SATÉLITE RESURS – O1**

Satélite	Resurs – O1
Sensor	MSU – SK1
Sensor óptico o de radar	ÓPTICO
País	URSS
Tipo de aplicación del satélite	Recursos terrestres
Orbita a la que pertenece	Polar
Altura desde la superficie de la tierra	832
Resolución espacial	200 m
Resolución espectral	4
cubrimiento	760 km
Resolución temporal	3 - 5



**FIG.31 SATÉLITE TERRA**

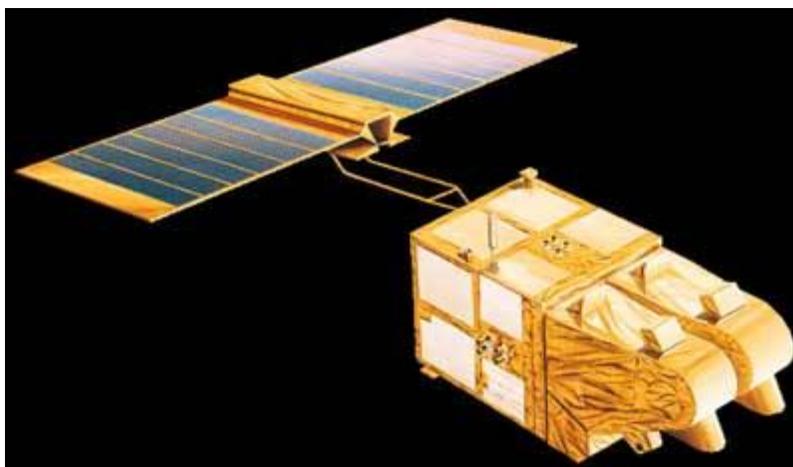
Satélite	Terra
Sensor	Modis
Sensor óptico o de radar	ÓPTICO
País	USA
Tipo de aplicación del satélite	CIENTIFICO
Orbita a la que pertenece	Polar
Altura desde la superficie de la tierra	705
Resolución espacial	250 m
Resolución espectral	36
Resolución radiométrica	12 bits
cubrimiento (Swath)	60km
Resolución temporal	1-2



**FIG.32 SATÉLITE AQUA**

Satélite	Aqua
Sensor	Modis
Sensor óptico o de radar	ÓPTICO
País	USA
Tipo de aplicación del satélite	CIENTIFICO
Orbita a la que pertenece	polar
Altura desde la superficie de la tierra	705
Resolución espacial	250 m
Resolución espectral	36
cobrimiento (Swath)	2330 km
Resolución temporal	16

## 5.6. SATÉLITES DE RESOLUCIÓN MEDIA.



**FIG.34 SATÉLITE LANDSAT 4 & 5**

Satélite	Landsat 4 & 5
Sensor	TM
Sensor óptico o de radar	ÓPTICO
País	USA
Tipo de aplicación del satélite	Recursos terrestres
Orbita a la que pertenece	polar
Altura desde la superficie de la tierra	705
Resolución espacial	30 m
Resolución espectral	7
Resolución radiométrica	8 bits
cubrimiento (Swath)	185 km
Resolución temporal	16



**FIG.35 Satélite IRS 1C & 1D**

Satélite	IRS 1C & 1D
Sensor	LISS – 3
Sensor óptico o de radar	ÓPTICO
País	India
Tipo de aplicación del satélite	Recursos terrestres
Orbita a la que pertenece	Sincrónica con el sol
Altura desde la superficie de la tierra	817
Resolución espacial	24 m
Resolución espectral	4
cubrimiento (Swath)	141 km
Resolución temporal	24



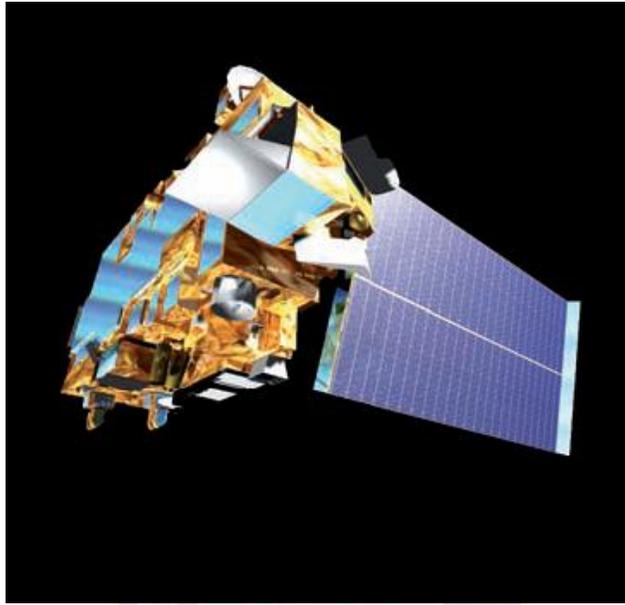
**FIG.36 SATÉLITE LANDSAT 7**

Satélite	Landsat 7
Sensor	ETM +
Sensor óptico o de radar	ÓPTICO
País	USA
Tipo de aplicación del satélite	Recursos terrestres
Orbita a la que pertenece	polar
Altura desde la superficie de la tierra	705
Resolución espacial	15 m (PAN)
Resolución espectral	7Y PAN
Resolución radiométrica	8 bits
cubrimiento (Swath)	185 km
Resolución temporal	16



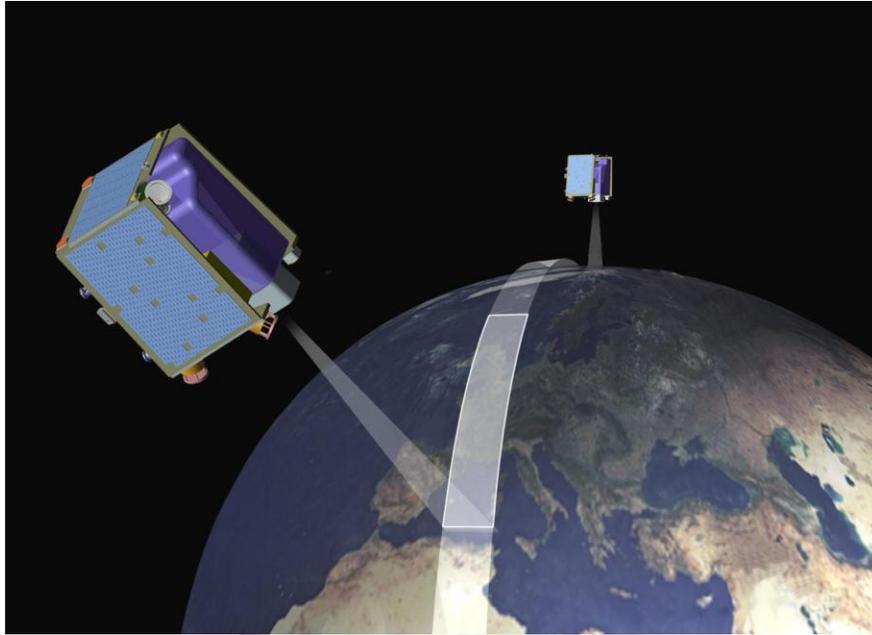
**FIG.39 SATÉLITE SPOT 5**

Satélite	Spot 5
Sensor	HRG
Sensor óptico o de radar	OPTICO
País	Francia
Tipo de aplicación del satélite	Recursos terrestres
Orbita a la que pertenece	Polar
Altura desde la superficie de la tierra	832
Resolución espacial	5 m (PAN)
Resolución espectral	4Y PAN
Resolución radiométrica	8 bits
cubrimiento (Swath)	60 km
Resolución temporal	26



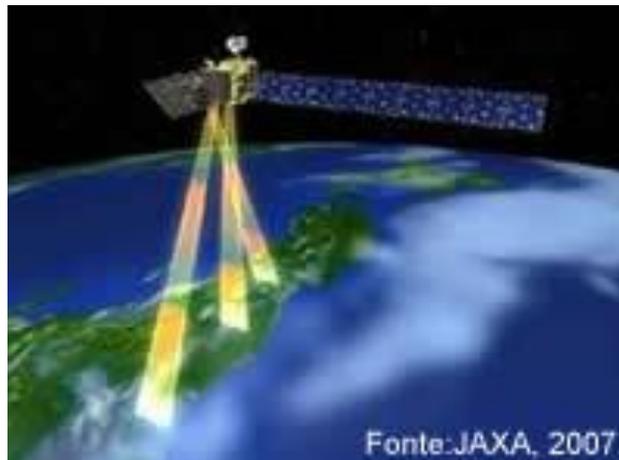
**FIG.40 SATÉLITE TERRA**

Satélite	Terra
Sensor	ASTER
Sensor óptico o de radar	OPTICO
País	USA
Tipo de aplicación del satélite	CIENTÍFICO
Orbita a la que pertenece	polar
Altura desde la superficie de la tierra	705
Resolución espacial	15 m (VIS)
Resolución espectral	14
Resolución radiométrica	12 bits
cubrimiento (Swath)	60 km
Resolución temporal	16



**FIG.41 SATÉLITE RAPIDEYE**

Satélite	RAPIDEYE
Sensor	5 BANDAS
Sensor óptico o de radar	OPTICO
País	Alemania
Tipo de aplicación del satélite	Observ. de la tierra
Orbita a la que pertenece	Sincrónica con el sol
Altura desde la superficie de la tierra	630
Resolución espacial	6.5 m
Resolución espectral	5
Resolución radiométrica	12 bits
cubrimiento (Swath)	77 km
Resolución temporal	1



**FIG.42 SATÉLITE ALOS**

Satélite	ALOS
Sensor	AVNIR – 2
Sensor óptico o de radar	ÓPTICO
País	JAPONES
Tipo de aplicación del satélite	Observ. de la tierra
Orbita a la que pertenece	Polar
Altura desde la superficie de la tierra	691
Resolución espacial	10 m
Resolución espectral	4
Resolución radiométrica	8 bits
cubrimiento (Swath)	70 km
Resolución temporal	2

## 5.7. SATÉLITES DE RESOLUCIÓN ALTA.



**FIG.43 SATÉLITE IRS 1C & 1D**

Satélite	IRS 1C & 1D
Sensor	PAN
Sensor óptico o de radar	OPTICO
País	India
Tipo de aplicación del satélite	Recursos terrestres
Orbita a la que pertenece	Sincrónica con el sol
Altura desde la superficie de la tierra	817
Resolución espacial	5.8 m
Resolución espectral	1
cubrimiento (Swath)	70 km
Resolución temporal	5



**FIG.45 SATÉLITE IKONOS**

Satélite	Ikonos
Sensor	OSA
Sensor óptico o de radar	OPTICO
País	USA
Tipo de aplicación del satélite	Comercial de teled.
Orbita a la que pertenece	Sincrónica con el sol
Altura desde la superficie de la tierra	680
Resolución espacial	1 m
Resolución espectral	4 Y PAN
Resolución radiométrica	11 bits
cubrimiento (Swath)	11 km
Resolución temporal	1 – 3



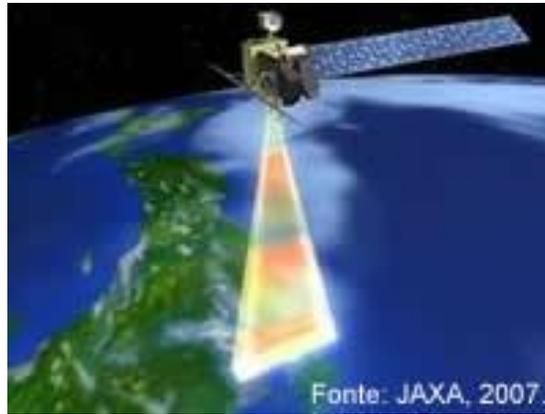
**FIG.46 SATÉLITE QUICKBIRD**

Satélite	QuickBird
Sensor	QBP
Sensor óptico o de radar	OPTICO
País	USA
Tipo de aplicación del satélite	Comercial de teled.
Orbita a la que pertenece	Sincrónica con el sol
Altura desde la superficie de la tierra	450
Resolución espacial	61 cm
Resolución espectral	4 Y PAN
Resolución radiométrica	16 bits
cubrimiento (Swath)	16 km
Resolución temporal	1 – 3.5



**FIG.47 SATÉLITE FORMOSAT – 2**

Satélite	FORMOSAT – 2
Sensor	PAN
Sensor óptico o de radar	OPTICO
País	Taiwanesa
Tipo de aplicación del satélite	Observacion de la tierra
Orbita a la que pertenece	Sincrónica con el sol
Altura desde la superficie de la tierra	680
Resolución espacial	2 m
Resolución espectral	4 Y PAN
Resolución radiométrica	8 bits
cubrimiento (Swath)	24 km
Resolución temporal	1



**FIG.48 SATÉLITE ALOS**

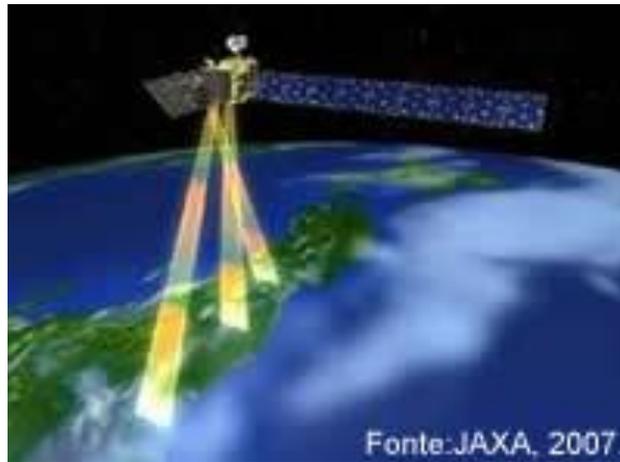
Satélite	ALOS
Sensor	PRINSM
Sensor óptico o de radar	OPTICO
País	JAPONES
Tipo de aplicación del satélite	Observacion de la tierra
Orbita a la que pertenece	polar
Altura desde la superficie de la tierra	691
Resolución espacial	2.5 m
Resolución espectral	PAN
Resolución radiométrica	8 bits
cubrimiento (Swath)	35 km
Resolución temporal	46



**FIG.49 SATÉLITE GEOEYE - 1**

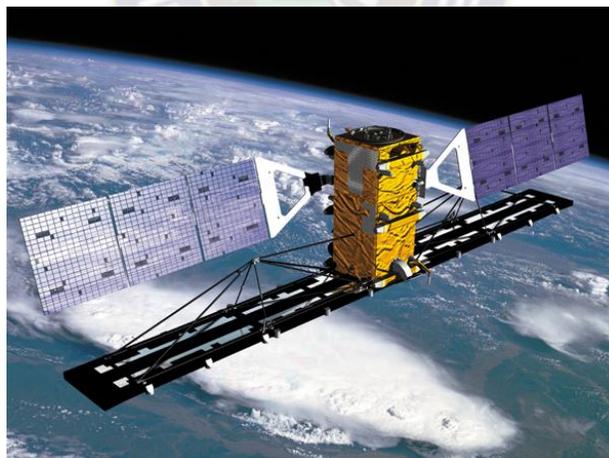
Satélite	GEOEYE - 1
Sensor	PAN
Sensor óptico o de radar	OPTICO
País	USA
Tipo de aplicación del satélite	Comercial de teled.
Orbita a la que pertenece	Polar
Altura desde la superficie de la tierra	681
Resolución espacial	50 cm
Resolución espectral	4 Y PAN
cubrimiento (Swath)	300 x 50 km
Resolución temporal	3

## 5.8. SATÉLITES DE RADAR DE BAJA, MEDIA Y ALTA RESOLUCIÓN.



**FIG.50 SATÉLITE ALOS**

satélite	sensor	BANDAS	Resolución espacial
ALOS	PALSAR	L	10 m



**FIG.51 SATÉLITE RADARSAT**

satélite	sensor	BANDAS	Resolución espacial
RADARSAT	RADARSAT	F	3 m



**FIG.54 SATÉLITE JERS – 1**

satélite	sensor	BANDAS	Resolución espacial
JERS - 1	JERS - 1	L	18 m



**FIG.56 SATÉLITE ENVISAT**

satélite	sensor	BANDAS	Resolución espacial
ENVISAT	MERIS	C	300 m

## CAPITULO VI

### EJEMPLOS DE APLICACIÓN

---

#### 6.1. DETECCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES UTILIZANDO IMÁGENES NOAA

los métodos de detección usados con éxito son aplicados a imágenes satelitales que contienen bandas infrarrojas (Zhukov y Lorenz 2006). Entre los satélites más usados que entregan este tipo de imágenes se encuentran el NOAA/16-AVHRR y el TERRA-MODIS

El sensor NOAA/16-AVHRR, instalado en el satélite NOAA, es el más utilizado para la teledetección de incendios forestales debido a sus tres bandas térmicas. Este sensor tiene una frecuencia de paso de 12 h, pero sólo se tiene acceso a una pasada diaria, su resolución espacial es de 1,1 km<sup>2</sup>, es decir, aproximadamente 100 hectáreas, y registra información en cinco bandas. demuestra que aun cuando una fuente de alta temperatura afecte sólo a una porción de un píxel, es posible de ser detectada, ya que provoca un notable incremento de la radiación emitida en las longitudes de onda del infrarrojo.

Utilizando datos de imágenes satelitales para detección automática de fuegos forestales. Se hipotetiza que, dado que el sensor NOAA/16-AVHRR tiene una resolución espacial de 1,1 km<sup>2</sup>, el modelo es capaz de detectar fuegos forestales en una superficie menor a la abarcada por un píxel.

Si bien es posible identificar a ojo desnudo un fuego forestal de 100 ha en una imagen satelital (obtenida desde el sensor NOAA/16 AVHRR), esto es una tarea compleja y que puede llevar fácilmente a errores de detección, en particular en el caso que se esté haciendo un análisis visual de las diferentes bandas de una imagen satelital. Si en un píxel específico de la imagen se detecta una subida de sólo un par de grados en la banda 3 y simultáneamente, una leve disminución de la reflectancia en la banda 1 puede significar que hay un incendio de 100 ha, aunque dichos cambios no alteren perceptiblemente la representación del color de los píxeles analizados. Esto ocurre debido a que a pesar de las grandes extensiones que puede abarcar un incendio forestal, éste no sólo está compuesto por fuego que presenta una alta temperatura y que es fácil de detectar con un simple análisis visual, sino que también involucra superficies quemadas con una temperatura menor, por lo cual la detección se vuelve mucho más complicada considerando la resolución espacial del sensor NOAA/16-AVHRR. En este caso, una

proporción importante de un píxel cubre superficies quemadas (de baja reflectancia y temperatura no muy alta) y sólo una parte reducida corresponde a fuego (con valores altos de reflectancia y temperatura), con lo cual el promedio del píxel presenta sólo un pequeño incremento en la temperatura y una leve tendencia a ser más reflectivo.

Además de la dificultad de detección generada por la resolución espacial del sensor NOAA/16-AVHRR, las nubes son el gran problema en la teledetección con sensores pasivos, debido que al cubrir la superficie terrestre, enmascara toda información proveniente de ella. Por esta razón, se aconseja seleccionar imágenes que presentan el menor porcentaje de nubes, sin embargo, en la mayoría de las imágenes están presentes las nubes. Al aplicar el modelo propuesto para la detección de fuego, las nubes detectan generaciones de fuego fallidas

En el caso de presencia de nubes, toda la información que evidencia un incendio desaparece debajo de la nube, con lo cual la detección mediante el uso de sensores pasivos como el NOAA/16-AVHRR no se aplica. Es más, las falsas detecciones originadas por la presencia de nubes son fácilmente distinguibles a ojo desnudo, con lo cual pueden ser descartadas sin problemas.

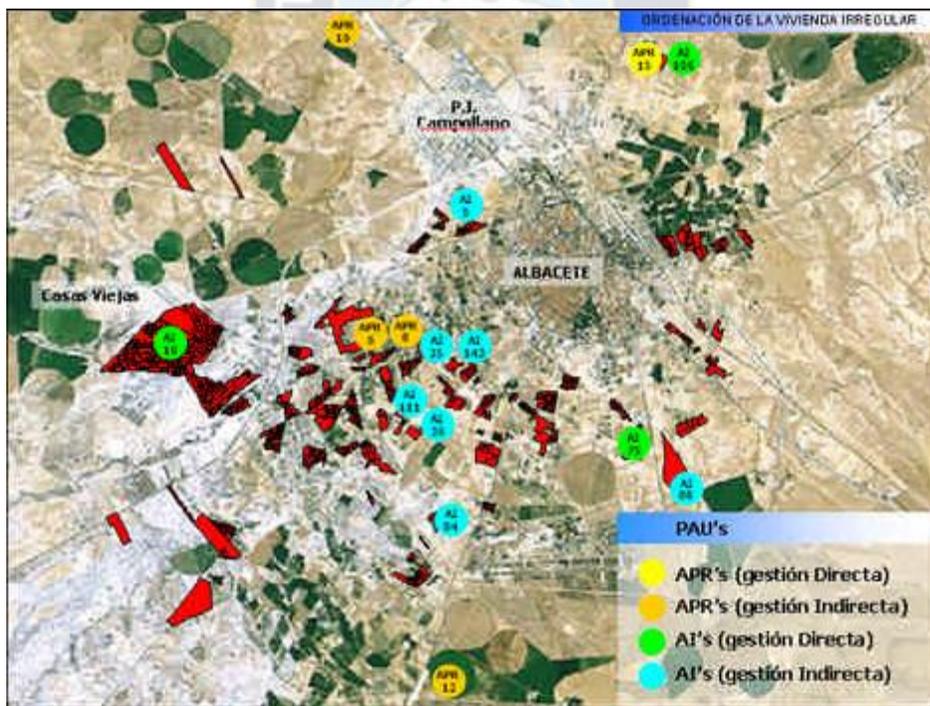
## **6.2. USO DE IMÁGENES QUICKBIRD EN EL PROCESO DE ASENTAMIENTOS IRREGULARES EN ZONAS URBANAS**

Las imágenes del satélite QuickBird, pueden ayudar a localizar geográficamente y aquellos asentamientos que, de forma irregular, aparecen en la ciudad. Este proceso genera información de gran utilidad al servicio de inspección urbanística, evitando la proliferación de construcciones no acordes con el Plan General de Ordenación Urbana y, por lo tanto, sin la licencia de obras correspondiente. Si se quiere regularizar una superficie de cerca de siete millones de metros cuadrados catalogados como “asentamientos irregulares” y para ello considera muy importante frenar la aparición de nuevas construcciones en esas áreas. Esto se consigue mediante la detección de cambios producidos en un periodo de seis meses, cambios que se detectan mediante el análisis de imágenes obtenidas por satélites de muy alta resolución (en la actualidad se trabaja con QuickBird por su mayor resolución espacial en pancromático).

Uno de los retos con que se enfrentan actualmente es el control de las construcciones que se realizan de forma incontrolada sobre suelo rústico, en las proximidades de los

núcleos de población. El interés municipal por conocer la ubicación, características y propietario de estos inmuebles, en muchos casos solo va unido a los procesos recaudatorios. Está comprobado que en algunos municipios la recaudación por contribución urbana y rústica podría duplicarse si existiese un control.

En distintos municipios ya es una necesidad de no permitir que continúe un proceso de ocupación del suelo mediante la construcción de viviendas de tipología muy variada, desde humildes casas d campo hasta ostentosos chalets, usados como segundas residencias para verano. En una ciudad como Albacete, de veranos muy calurosos, ha existido desde hace decenas de años la costumbre de disponer de una residencia situada en la periferia de la ciudad, con jardín y piscina, que ayudase a soportar las altas temperaturas. Al no contemplar los planes de urbanismo y ordenanzas municipales la posibilidad de realizar este tipo de construcciones de forma ordenada, la aparición de asentamientos irregulares ha sido constante, formando agrupaciones o de forma aislada, sin licencias de construcción y sin infraestructuras.



**FIG.63 LOCALIZACIÓN DE ASENTAMIENTOS IRREGULARES. CAPA DE POLÍGONOS MOSTRADA EN COLOR ROJO**

Por ejemplo si podemos conseguir Imágenes de Satélite QuickBird de los años 2003 y 2004: Las estaciones seleccionadas para la adquisición de las imágenes QuickBird son Otoño y Primavera, durante las cuales se pueden provocar que los ciudadanos de aprovechen para iniciar las obras. A pesar de esto las imágenes de los años 2003 y 2004 han sido servidas por el distribuidor en el mes de Febrero a pesar de haber cursado la solicitud con el tiempo suficiente. Diversos imponderables, unos conocidos, como es la presencia de nubes, y otros desconocidos, han ocasionado retrasos considerables en el proceso de adquisición, lo que de alguna manera resta eficiencia al procedimiento.

Podemos identificar los cambios mediante comparación de imágenes de Satélite QuickBird de los años 2003 y 2004 que cubren el área de estudio.



**FIG.65 CAPTURAS DE LAS IMÁGENES QUE MUESTRAN LA DETECCIÓN DE UNA NUEVA CONSTRUCCIÓN Y SU FOTOGRAFÍA REALIZADA SOBRE EL TERRENO POR EL SERVICIO DE INSPECCIÓN**

Han sustituido a las fotografías aéreas convencionales que venían siendo utilizadas en este tipo de trabajos, ofreciendo una serie de ventajas:

- Ofrecen la posibilidad de obtener grandes mosaicos evitando los complicados procesos seguidos en los vuelos fotogramétricos.
- Permiten el análisis multiespectral, pudiendo establecer correlaciones con otros sensores de menor resolución, por ejemplo Landsat TM. Actualmente se utilizan estas técnicas en estudios sobre el cultivo de la vid dentro del proyecto Bacchus.

Sin embargo, presentan otras desventajas frente a los vuelos convencionales que esperamos sean subsanadas:

- Su elevado precio
- La falta de seguridad en la disponibilidad de imágenes en las fechas deseadas.

## **CONCLUSIONES.**

Las plataformas y satélites espaciales en nuestra actualidad ya es una necesidad en los distintos campos de aplicación pero la mas desarrollada siempre serán las militares tenemos que conocer que los satélites no se encierra los en sus aplicación por ejemplo meteorológico y punto, mas al contrario se tiene que aprovechar en distintos campos en México ya se está pensando incluir en el currículo escolar el tema de los satélites en donde incluye la percepción remota como conocimiento básico en Bolivia a inicios de 2014 estaremos entrando al mundo de los satélites de comunicación es un inicio no obstante tenemos que ver el campo de los recursos naturales de nuestro país y pensar en un nuevo lanzamiento de otro satélite de prospección para los recursos naturales como ya vimos en el trabajo planteado las aplicaciones de los satélites es de mucha importancia en aspecto de precisión , económico, comodidad de trabajo y distintos puntos que nos favorecen trabajando con imágenes satelitales ya sea de alta resolución espacial , de media resolución espacial y de baja resolución espacial. La observación espacial de la Tierra, funciona gracias a los satélites que orbitan nuestro planeta.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

### **I. Textos básicos:**

- **Fundamentos de Teledetección espacial.**

Emilio Chuvieco Salinero.

Ariel Ciencia. Barcelona, 2002.

- **REMOTE SENSING. Principles and Interpretation.**

Floyd F. Sabins.

W. H. Freeman and Company (Third Edition). New York, 2000.

### **II. Textos complementarios o de ampliación:**

- **Compendio de Teledetección Geológica.**

Manuel Gutiérrez Claverol.

Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo. Oviedo, 1993.

- **Computer Processing of Remotely-Sensed Images. An Introduction.**

Paul M. Mather.

John Wiley & Sons. 1987.

- **Elementos de Teledetección.**

Carlos Pinilla Ruiz.

Editorial RA-MA. Madrid, 1995.

- **Modelos Digitales del Terreno. Introducción y Aplicaciones en las Ciencias Ambientales.**

Angel Manuel Felicísimo.

Pentalfa Ediciones. Oviedo, 1994.

- **Teledetección.**

José A. Sobrino (Editor).

Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia. Valencia, 2000.

- **Teledetección aplicada.**

Jean-Yves Scanvic.

Editorial Paraninfo. Madrid, 1989.

- **Teledetección fundamental.**

Santiago Ormeño Villajos.

E.U.I.T. Topográfica. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, Octubre de 1993.

