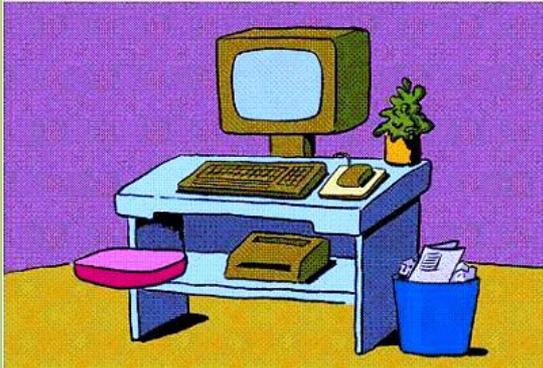


# TEMA 3: LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA INVESTIGACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Los avances tecnológicos  aumento de la explotación de los recursos naturales y la aparición de impactos ambientales, pero ahora pueden ser de gran ayuda para detectar y valorar los problemas ambientales, así como para diseñar medidas adecuadas para hacerles frente.

## LA IMPORTANCIA DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

El ordenador resulta imprescindible como **herramienta de recopilación de datos y de elaboración de modelos**, así como para la **transmisión de datos entre personas de todo el planeta** (uso telemático)



El acceso a **Internet**, la **telefonía móvil** y la contribución de los **satélites espaciales**, han conseguido una notoria **reducción del tiempo empleado en las comunicaciones** y un **acercamiento en lugares geográficamente muy distantes**.

La teledetección (sobre todo desde **satélites espaciales**) aporta **datos sobre el territorio de forma más exacta, rápida y fiable** que los métodos tradicionales. Además puede obtener imágenes de **grandes áreas terrestre**, incluso las más inaccesibles y permite la **observación periódica** de las mismas, **detectando variaciones** y siguiendo su **evolución** en el tiempo.

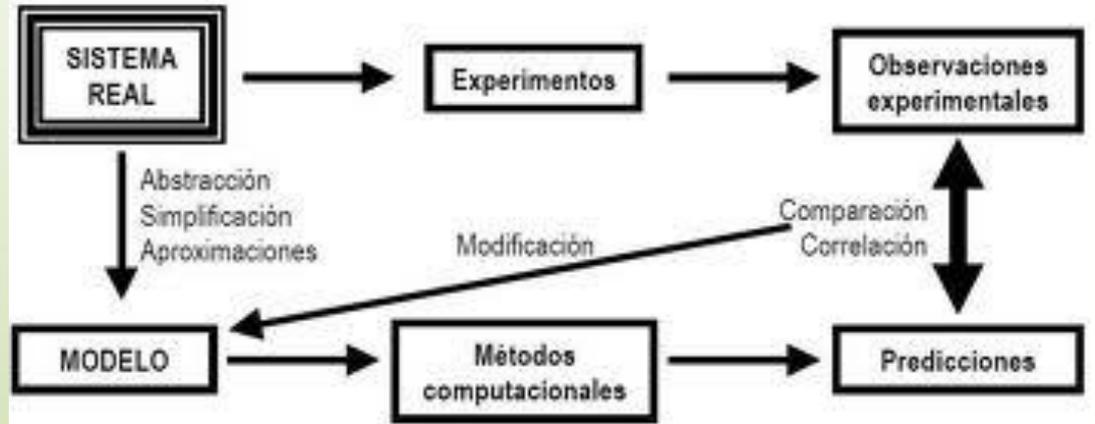


Las principales tecnologías aplicadas al MA que vamos a estudiar son: **los sistemas informáticos** (modelos por ordenador) la **teledetección**, los **GPS**, los **SIG** y otros sistemas telemáticos

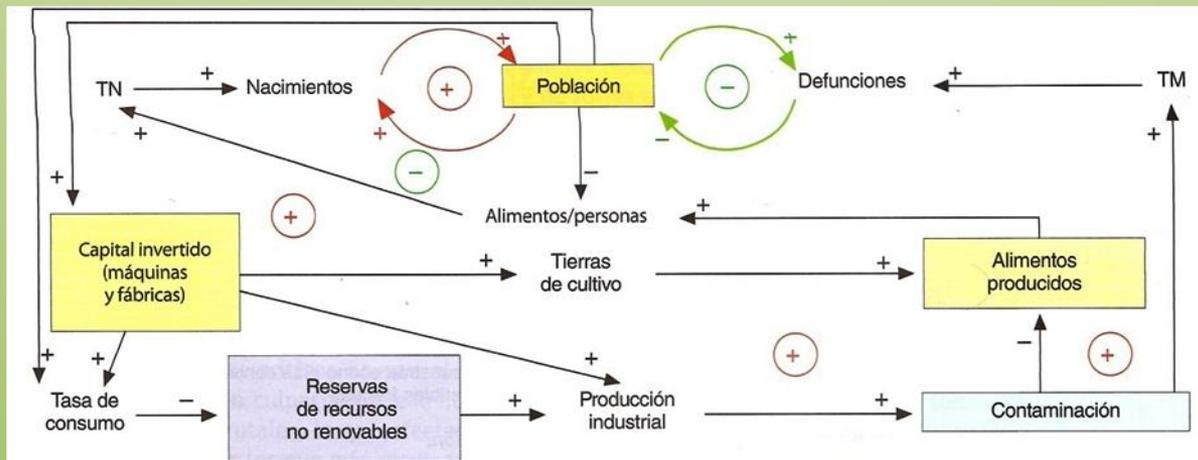
# SISTEMAS INFORMÁTICOS Y SIMULACIÓN MEDIOAMBIENTAL

Los **modelos de simulación** constituyen la principal aplicación de los sistemas informáticos a los estudios del MA. Vamos a citar dos ejemplos clave: el **World-2** y el **World-3**. Son **modelos del mundo** encargados por el **Club de Roma** que tratan de explicar de forma global el funcionamiento del mundo

*El Club de Roma, inicialmente formado por un grupo de 35 reconocidos científicos de 30 países, nació como un grupo de reflexión que buscaba la promoción de un crecimiento económico estable y sustentable de la humanidad, a propósito de los cambios que estaba sufriendo el ecosistema global debido a la excesiva actividad humana*



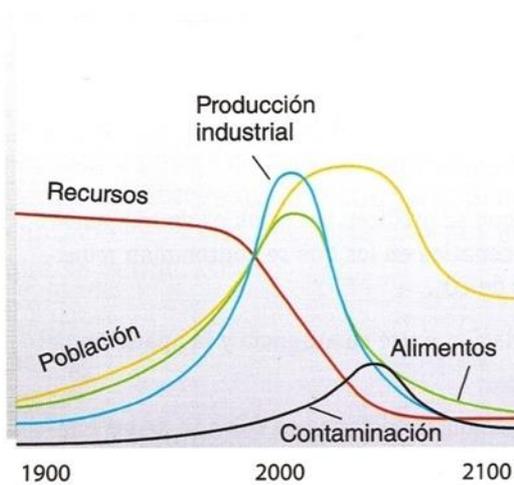
**WORLD-2:** Desarrollado por Jay Forrester (experto en dinámica de sistemas). Modelo del mundo basado en 5 variables: población, recursos (no renovables), alimentos producidos, contaminación y capital invertido. Los valores iniciales fueron tomados de datos reales correspondientes a 1900



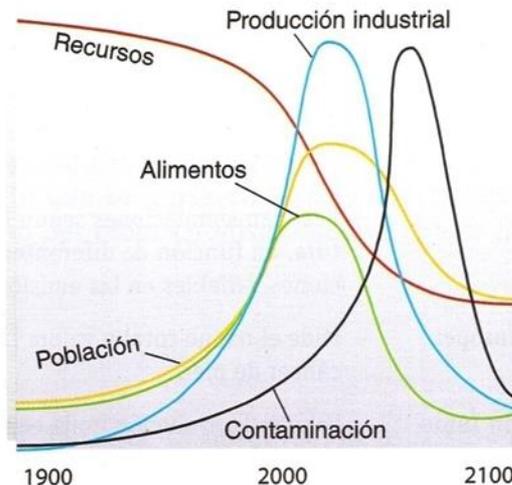
Al simular con el ordenador su evolución futura (desde el año 1900 al 2100), se llegaron a las **conclusiones** recogidas en el libro **“los límites del crecimiento”** (1972), según las cuales, **no podemos mantener por tiempo indefinido nuestro actual ritmo de crecimiento** (tanto de la población, como de la economía)

**Para lograr la estabilización** (equilibrio) del sistema, es necesario hacer **reducciones de todos los parámetros iniciales**: un 50% en la tasa de natalidad, un 75% en la tasa de consumo de recursos naturales, un 25% en la cantidad de alimentos producidos, un 50 % en la tasa de contaminación y un 40 % en la tasa de inversión de capital

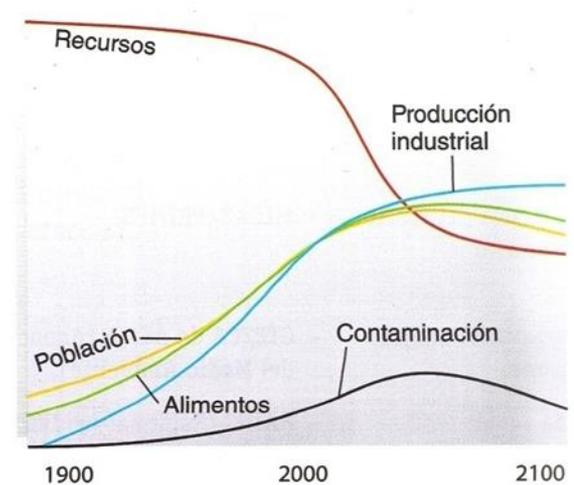
**WORLD-3**: Desarrollado posteriormente por Dennis L. Meadows y Donatella H. Meadows (discípulos de Forrester) para perfeccionar y enriquecer el anterior modelo. Representan el **comportamiento de la población, recursos, alimentos, contaminación, etc., en diferentes escenarios**, simulados en función de diferentes decisiones políticas



a) Escenario en que se representa la evolución del modelo si todo sigue como hasta ahora. La conclusión es que se podrá producir un agotamiento de los recursos, tras el cual se llegaría a un colapso económico y también de la población.



b) Escenario que simula que el desarrollo de nuevas tecnologías permite la duplicación de los recursos disponibles. Contrariamente a lo que se podría esperar, el colapso se produce de una manera más brusca que en el caso anterior (comportamiento antiintuitivo de los sistemas).



c) Escenario en el que se parte de que las nuevas tecnologías propician la duplicación de los recursos y de los alimentos y, a la vez, se aumenta la eficiencia en el uso de los recursos y se toman medidas para la reducción de la erosión y la contaminación. Como consecuencia de todo ello, todas las variables se estabilizan más o menos a partir del año 2030 y el sistema puede mantenerse en el tiempo para las generaciones venideras (desarrollo sostenible).

Las **conclusiones** se recogieron en el libro **“más allá del crecimiento”** (1991) y eran las siguientes:

1) **“Si se continúa con la tendencia actual** de crecimiento de la población mundial, la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos, y el consumo de recursos, **los límites del planeta se alcanzarán dentro de los próximos 100 años”**.

El resultado más probable será un **declive súbito e incontrolable de la población y demás parámetros** (fig.a). El declive será aún más inmediato si se parte de un escenario en el que la capacidad tecnológica humana duplica los recursos disponibles (comportamiento antiintuitivo de los sistemas) (fig.b). Sin embargo, **se puede alcanzar una estabilización del sistema si se modifican todas las variables y la tecnología se emplea para mejorar el uso de los recursos** (fig.c)

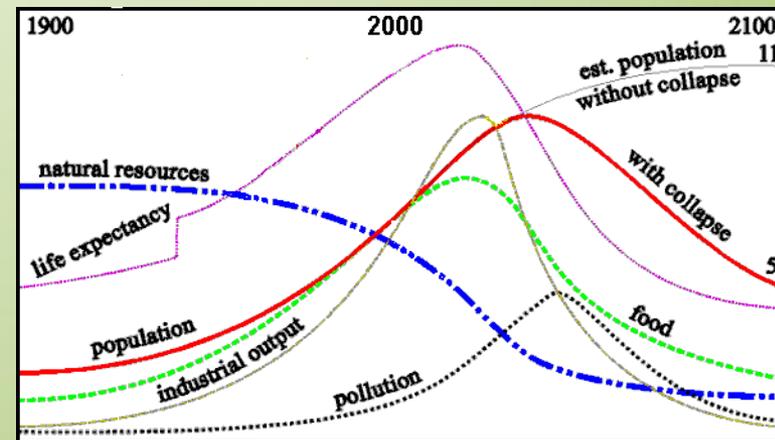
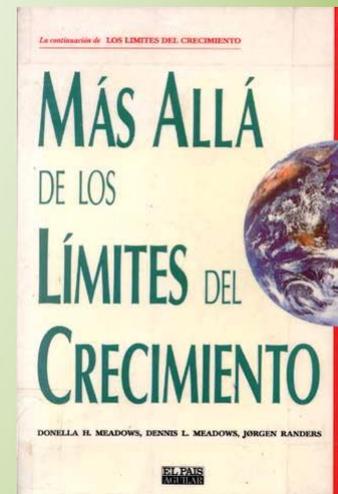
2) **Es posible modificar las tendencias de crecimiento y establecer normas de estabilidad ecológica y económica, sostenibles de cara al futuro**

3) Si la humanidad se decide por la segunda alternativa, **cuanto antes se comience a trabajar a favor de ella, mayores son sus posibilidades de éxito**

Inmediatamente aparecieron **críticas al modelo**:

- Se acusa al modelo de **maltusiano**, es decir culpa al incremento de la población de todos los problemas ambientales, lo que afecta más a los países del Sur que a los del Norte, cuando son los del Norte (más industrializados) los que más recursos consumen y más contaminación generan

*Thomas Malthus: la población mundial crece en progresión geométrica (2,4,8,16,32,...) mientras los alimentos crecen en progresión aritmética (2,4,6,8,10,...); si el crecimiento de la población prosigue, en un futuro no habrá alimentos para todos.*



- **Se trata solo de modelos**, no de la realidad. Son sólo simplificaciones de la realidad

A pesar de las críticas, hoy **nadie discute la utilidad de estos modelos** como voz de alarma ante un modo de vida no sostenible. Además se convirtieron en **precursores de otras medidas como los indicadores ambientales PER** (Presión-Estado-Respuesta) **y otros modelos de simulación medioambiental. Ejemplos:**

TEMA	NOMBRE DEL MODELO	DESCRIPCIÓN
Modelos climáticos	MCG (Modelos Climáticos Globales)	Simulan los procesos climáticos, teniendo en cuenta datos sobre la radiación incidente, los movimientos horizontales y verticales del aire, y las variaciones en los valores del albedo y del efecto invernadero
Incremento del efecto invernadero	MIDAS/PRIMES	Realizan simulaciones según las que se predicen los cambios de temperatura, en función de diferentes escenarios en las que se contemplan reducciones variables de las emisiones de CO2
Evolución del agujero de ozono	CTE/CA de AEMA (Agencia Europea del Medio Ambiente)	Mide el ozono total y valora la relación entre su ausencia y la aparición del cáncer de piel
Lluvia ácida	RAINS (Regional Acidification Information and Simulation)	Valoran la evolución en la composición atmosférica den función de las emisiones de gases causantes de lluvia ácida
Estrés hídrico	AEMA CTE/AC	Valoran la cantidad y calidad del agua disponible por persona; la comparan con la gastada y valoran el tratamiento de las aguas residuales
	WaterGAP del Centro para Investigación de Sistemas Ambientales de Kassel (Alemania)	Evalúan el aprovechamiento y la disponibilidad del agua en las cuencas fluviales, en cuanto al consumo (agrícola, doméstico e industrial) y valorando su aprovechamiento hidroeléctrico
Erosión del suelo	IMAGE-2	Valoran la tasa de erosión en función del tipo de suelo, de la cantidad de lluvia caída, de los usos del suelo y de la presencia o no de medidas de lucha contra la erosión.
Pérdida de biodiversidad	MIRABEL	Analiza trece actuaciones humanas sobre el medio ambiente que pueden poner en peligro la supervivencia de diferentes especies
	GLOBIO	Realizan simulaciones del efecto de las diferentes actividades humanas sobre los ecosistemas, con ayuda de imágenes por satélite
Sostenibilidad	PoleStar, elaborado por el SET de Boston (EEUU)	Examinan modelos de desarrollo a partir de informaciones económicas, de disponibilidad de recursos y del estado del medio ambiente

# SISTEMAS DE TELEDETECCIÓN

La **teledetección** es la técnica que permite la **observación a distancia** y la **obtención de imágenes** de la superficie terrestre desde sensores instalados en aviones o satélites artificiales

## COMPONENTES DE UN SISTEMA DE TELEDETECCIÓN

1. **Sensor:** Cámara situada en un avión o satélite capaz de captar, codificar y transmitir las imágenes de la superficie terrestre. Desde satélites (más de 800 Km de altitud) puede abarcar grandes áreas de la superficie. Actualmente es posible renovar los datos de toda la superficie terrestre en menos de una semana.

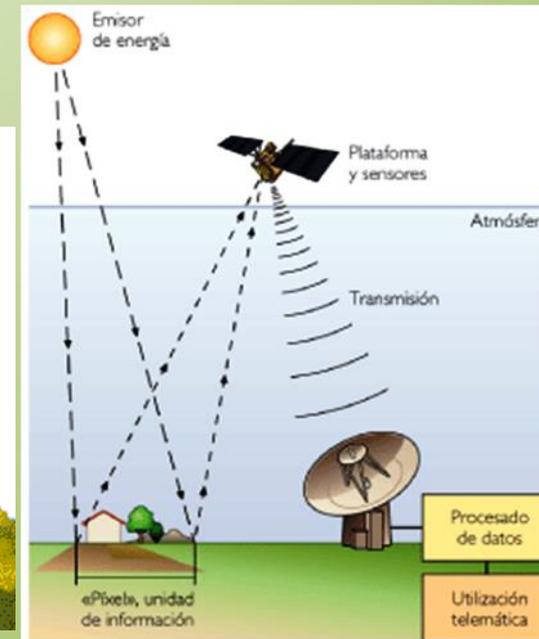
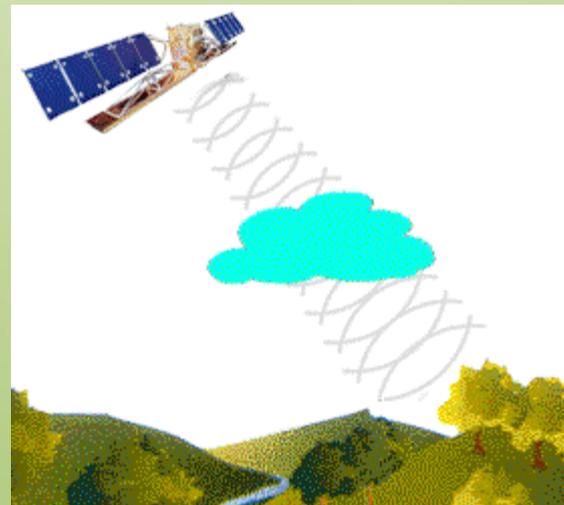
2. **Flujo de energía captada por los sensores:** Hay dos tipos de sensores según capten energía externas o propias

a) **Sensores pasivos:** Utilizan flujos de energía externos a ellos. Puede ser energía procedente del Sol reflejada por la superficie terrestre o energía irradiada por los propios elementos de la superficie (relieve, vegetación, agua, etc.), como calor (energía infrarroja) o microondas (radiómetros o radares pasivos)

b) **Sensores activos:** Emiten un tipo de radiación y captan el reflejo de la misma por la superficie terrestre

3. **Centro de recepción:** la imagen tomada por el sensor se transmite a tierra en forma digital (código de dígitos) que es captada por una antena. La información recibida se procesa y se corrige para destacar los datos relevantes

4. **Sistema de distribución:** La imagen digital procesada se distribuye a los usuarios generalmente en modo telemático



## EMPLEO DE LA TELEDETECCIÓN

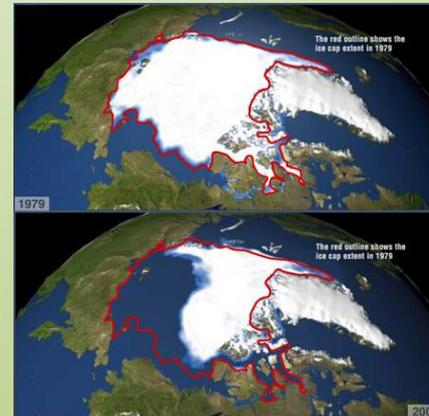
La teledetección se inició con fotografías aéreas desde globos, palomas mensajeras y aviones. Posteriormente la técnica se perfeccionó con el paso a nuevas frecuencias, la fotografía digital y el lanzamiento de satélites artificiales



**Ventajas de la teledetección:** Es una técnica que aporta **datos sobre el territorio de forma exacta, rápida y fiable**. Además puede obtener **gran número de imágenes de amplias áreas terrestres** (incluso las más inaccesibles) en **poco tiempo** y permite la **observación periódica** de una zona para **estudiar su evolución** en el tiempo

El lanzamiento de satélites de observación comenzó con fines meteorológicos, pero pronto se amplió a usos geológicos, cartográficos y de estudio de recursos naturales. **Actualmente es una gran ayuda para el estudio de los problemas medioambientales.** Ejemplos:

Avance y retroceso de los hielos y desiertos  
Estudio del cambio climático  
Evolución del agujero de ozono  
El fenómeno de El Niño  
Usos del suelo, degradación del suelo  
Daños en cultivos por plagas, inundaciones y sequías  
Impactos explotaciones mineras, presas y mareas negras  
Daños producidos por huracanes, volcanes inundaciones, etc.



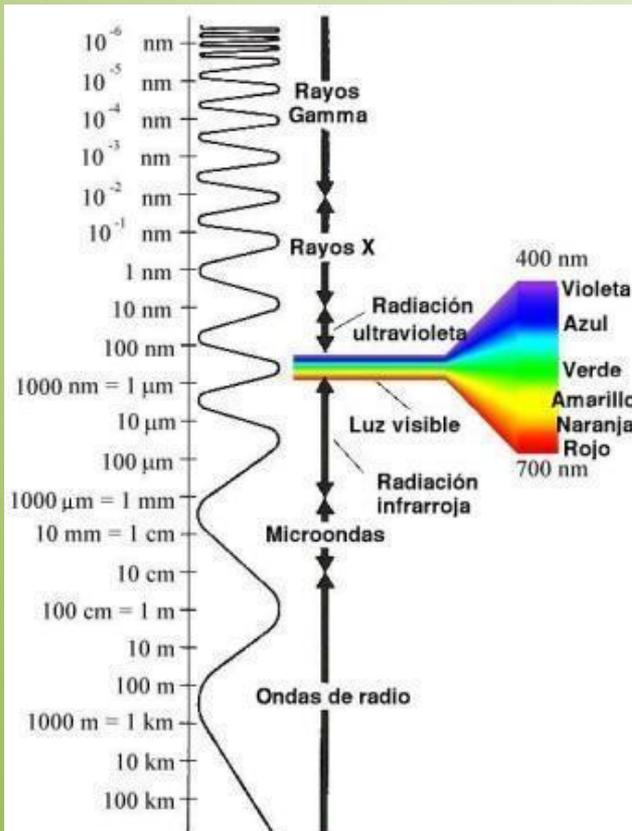
Subida del nivel del mar

Otra aplicación interesante es la **obtención de imágenes digitales** con el fin de **modificarlas mediante el ordenador** y hacer así **modelos de simulación** para **prever lo que ocurriría** en un territorio **ante una determinada situación**: incendios, inundaciones, sequía, accidentes industriales, etc. (prevención de riesgos e impactos)

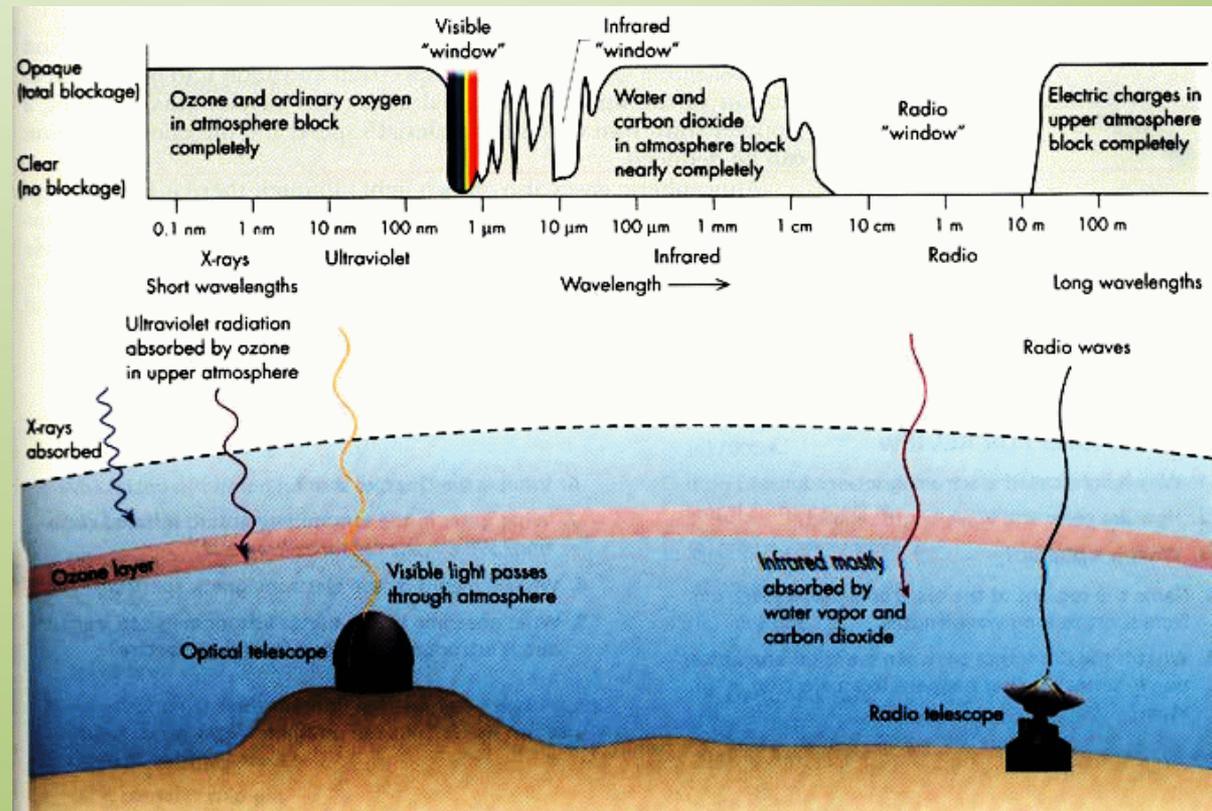
# RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS EMPLEADAS EN LA TELEDETECCIÓN

La atmósfera se comporta como un **filtro** que impide el paso de algunas de las radiaciones electromagnéticas provenientes del Sol, por lo que no todas las radiaciones consiguen alcanzar la superficie terrestre. Por ese motivo, los sensores utilizados en la **teledetección sólo utilizan las zonas del espectro electromagnético que no han sido absorbidas por la atmósfera**. Estas zonas se denominan **ventanas atmosféricas** y se dividen en **tres regiones**:

## Espectro electromagnético



Región central o zonas de luz visible (V)  
Región del infrarrojo (IR)  
Región de microondas (o ondas de radio)



**REGIÓN CENTRAL O ZONA VISIBLE (V):** Región situada en la parte central del espectro (entre  $0,4 \mu\text{m}$  y  $0,7 \mu\text{m}$ ). Incluye los **siete colores del arco iris**. El **ojo humano** solo percibe tres de ellos en forma de **tres bandas o colores primarios**:

- **(A) Azul** (de  $0,4 \mu\text{m}$  a  $0,5 \mu\text{m}$ ); en inglés, **B (blue)**
- **(V) Verde** ( de  $0,5 \mu\text{m}$  a  $0,6 \mu\text{m}$ ); en inglés, **G (green)**
- **(R) Rojo** (de  $0,6 \mu\text{m}$  a  $0,7 \mu\text{m}$ ); en inglés, **R (red)**

Estas bandas se pueden captar con sensores de **fotografía convencional**, que pueden ser **pancromáticos** (en blanco y negro ) o **en color (RGB)**, en las que se toman los tres colores por separado; o con **sensores digitales**

### REGIÓN DEL INFRARROJO (IR)

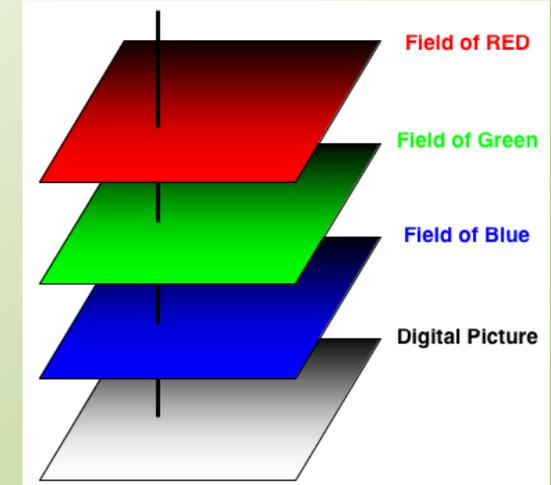
Se subdivide en tres zonas diferentes:

- **(IRP) infrarrojo próximo** o cercano al visible (de  $0,7 \mu\text{m}$  a  $1,3 \mu\text{m}$ ). En la fotografía convencional puede captarse con films especiales. Esta banda es útil para **detectar masas vegetales**
- **(IRM) infrarrojo medio** (de  $1,3 \mu\text{m}$  a  $8 \mu\text{m}$ ). Sólo se capta a través de sensores digitales (recogen la energía térmica emitida por la humedad contenida en la materia). Esta banda es útil para detectar la **humedad de los diferentes medios** (ej. Nubes, suelo, atmosfera, bosques, etc.)
- **(IRT) infrarrojo lejano o térmico** (de  $8 \mu\text{m}$  a  $14 \mu\text{m}$ ). Corresponde al **calor emitido por la superficie terrestre** previamente calentada por el Sol. Es útil para **detectar cambios de temperatura** del suelo y el agua y hacer **estudios globales de cambio climático**. También permite **detectar la presencia de seres vivos y otras fuentes de calor (termografía)** (ej. Incendios)

### REGIÓN DE MICROONDAS (de $1\text{mm}$ a $1\text{m}$ )

Son utilizadas por los **sensores de radar** y sirven para realizar **imágenes de la superficie terrestre en circunstancias especiales**: ausencia de luz visible (imágenes nocturnas) o zonas cubiertas permanentemente de nubes (zonas ecuatoriales)

En teledetección se denomina **banda** al **intervalo de frecuencia entre dos límites definidos**

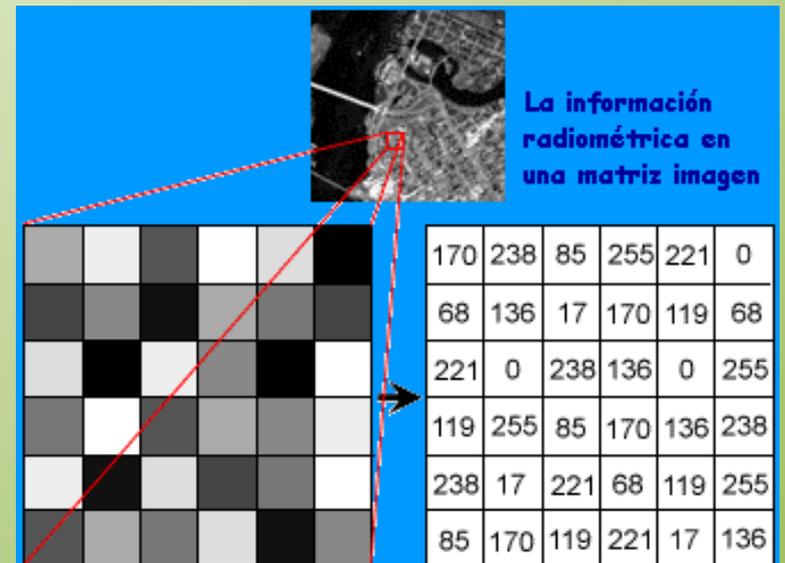
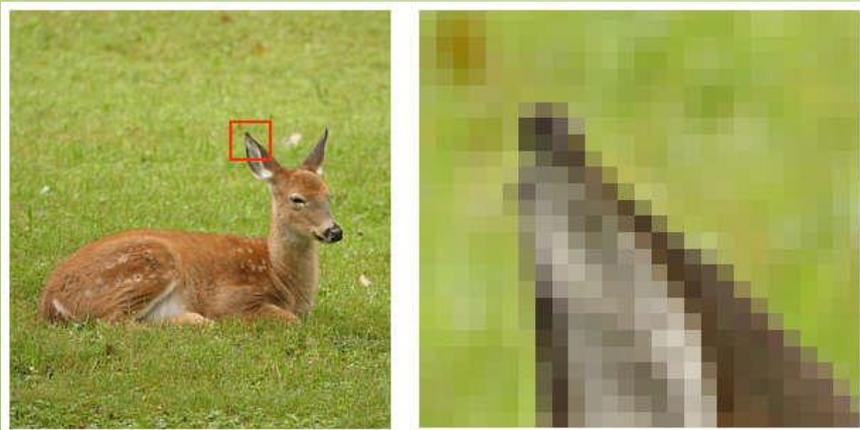


## CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES DIGITALES

Las imágenes digitales están divididas en un **conjunto de pequeños cuadrados de diferentes tonos de gris**, llamados **píxeles**.

Un píxel (acrónimo de *P*icture *E*lement) es la **superficie mínima detectada por el sensor sobre el terreno** y son las **unidades mínimas de información** en que se divide la imagen.

**A cada píxel le corresponde un valor numérico** (por ej. Del 0 al 256) que se corresponde con **un tono de gris concreto** de la gama de grises del sensor. El tono será más claro cuanto mayor sea la señal recibida por el sensor.



## RESOLUCIÓN DE UN SENSOR

La resolución de un sensor es una **medida de su capacidad para discriminar los detalles.**

Existen **varios tipos** de resolución:

- **RESOLUCIÓN ESPACIAL**: Se refiere al **tamaño del píxel**. Representa la **mínima área que el sensor puede distinguir** de su entorno.

Ej. LANDSAT-TM cada píxel es de 30 m X 30 m, en el SPOT es de 10 m x10 m. Conociendo la resolución espacial de un sensor y el número de píxeles totales de la imagen, **podemos calcular el área total representada.**

- **RESOLUCIÓN TEMPORAL**: Es la **frecuencia con que se actualizan los datos en un sensor**. Puede ser muy variable, desde 15 min (METEOSAT) a 16 días (LANDSAT-TM).

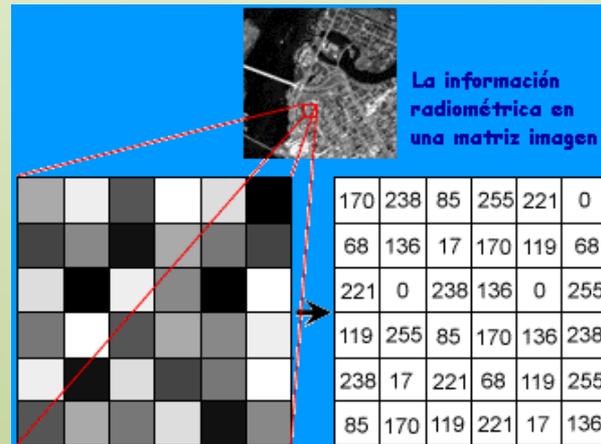
Generalmente los satélites meteorológicos tienen mayor resolución temporal (actualizan datos con más frecuencia) que los ambientales (la condiciones atmosféricas cambian con mayor rapidez que las ambientales)

- **RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA**: Es la capacidad para **discriminar variaciones de intensidad de la radiación** (frecuencia) captada por el sensor. Se mide por la **cantidad de niveles o tonos de gris** que posee la imagen. La cantidad de tonos de gris de una imagen viene dada por el número de bits (0 o 1) por píxel:

Con 6 bits/píxel (Ej. 100110), pueden obtenerse  $2^6 = 64$  tonos de gris diferentes

Con 8 bits/píxel (Ej. 00110110), pueden obtenerse  $2^8 = 256$  tonos de gris

Con 10 bits/píxel (Ej. 1010100101), pueden obtenerse  $2^{10} = 1.024$  tonos de gris



- **RESOLUCIÓN ESPECTRAL**: Se refiere a las diferentes longitudes de onda o bandas que el sensor es capaz de medir.

La mayoría de satélites captan más de una banda del espectro electromagnético, por lo que se denominan **sensores multibanda** (operan entre 4 y 7 bandas electromagnéticas). Los últimos satélites lanzados al espacio, como el Terra (1999) o el Aqua (2002) se denominan **satélites hiperespectrales** porque tienen sensores que operan en 14 bandas.

# ADQUISICIÓN DE DATOS EN TELEDETECCIÓN

## A) ÓRBITAS DE LOS SATÉLITES

- **ORBITA GEOESTACIONARIA:** Son órbitas **alrededor del ecuador** en el que el **movimiento está sincronizado con la rotación de la Tierra** (satélites geosincrónicos) por lo que parecen inmóviles y **siempre observan la misma zona**. Están situados a **gran altitud** (36.000 Km), por lo que las imágenes abarcan **grandes áreas**.

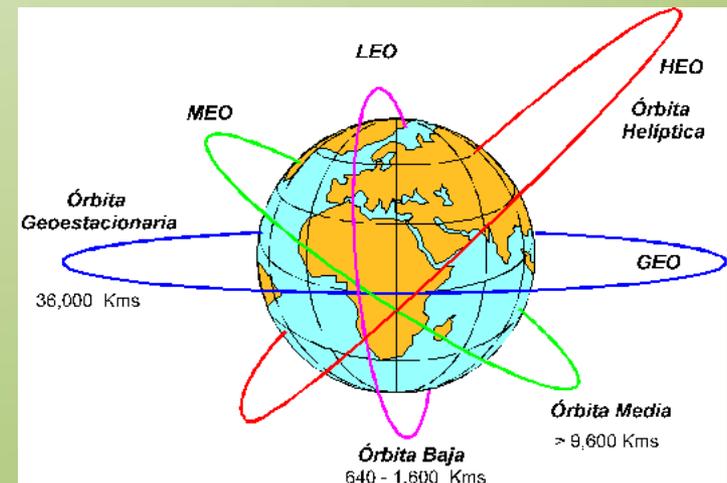
Sus principales **aplicaciones** son **científicas** (de investigación, como el telescopio espacial HUBBLE, o el SOHO para el estudio de la atmósfera solar), **meteorológicas** (Ej. La serie europea METEOSAT) y **medioambientales**

- **ORBITA POLAR** (satélites heliosincrónicos). **Orbitan de polo a polo** (perpendicularmente al plano ecuatorial de la tierra) en una órbita circular. Son móviles, es decir **observan diferentes áreas de la superficie** terrestre y al estar situados a **baja o media altitud**, el **área de la imagen es menor** (unos 3.000 Km<sup>2</sup>) pero de **gran resolución espacial** (pueden apreciarse mejor los detalles).

Sus principales **aplicaciones** son: en órbitas bajas la **telefonía móvil y estudios M.A.** (ej. LANDSAT y TERRA) y en órbitas medias la **localización y posicionamiento (GPS)**

Según la **altura orbital**, existen varios tipos de satélites:

- Satélites **GEO** (órbita terrestre geosincrónica),
- Satélites **MEO** (órbitas terrestres medias),
- Satélites **LEO** (órbitas terrestres de baja altura) y
- Satélites **HEO** (órbita terrestre elíptica)



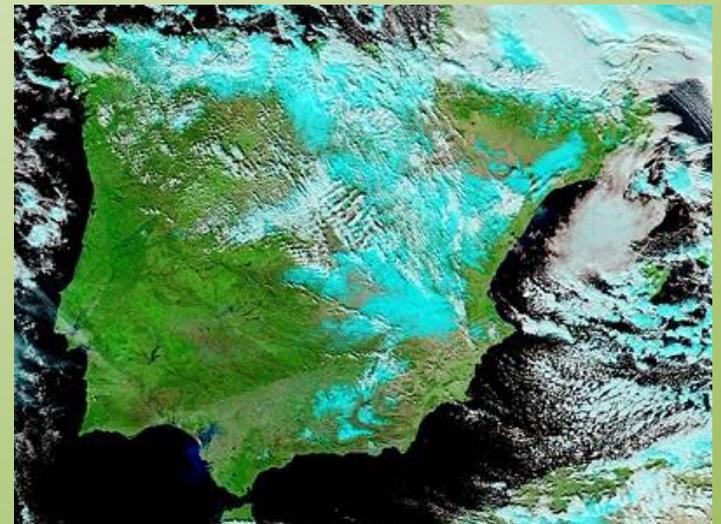
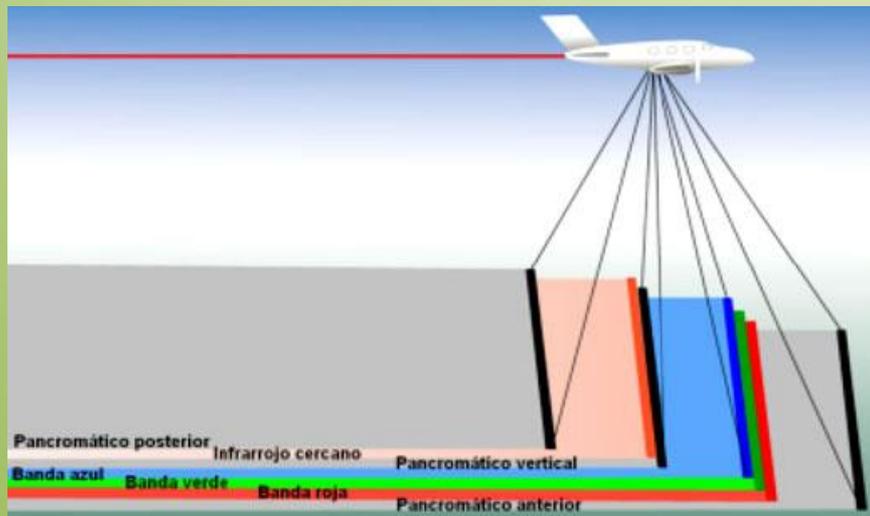
## B) SENSORES DE BARRIDO MULTIESPECTRAL

El **barrido** es el sistema de teledetección más habitual (*pushbroom* en Inglés).

Lo realizan **sensores pasivos** situados en satélites o aeronaves que actúan como escáneres realizando un **rastreo minucioso y sucesivo de cada parcela de terreno** con el fin de **recoger las radiaciones visibles e infrarrojas reflejadas** por las diferentes cubiertas del suelo (captadas mediante un espejo).

Posteriormente, la señal conjunta se separa en las diferentes longitudes de onda o bandas y son enviadas a sus correspondientes sensores, la información se digitaliza y se transmite a la superficie terrestre.

Ej. LANDSAT, TERRA y AQUA poseen sensores de barrido que rastrean conjuntamente el planeta (océanos, suelo y atmósfera).



### C) SENSORES DE MICROONDAS

Operan en el espectro de radiación microondas (entre 1mm y 1m).

Los hay pasivos y activos (los conocidos radares):

- **SENSORES DE MICROONDAS PASIVOS (RADIÓMETROS)**: Captan microondas emitidos por la superficie terrestre, en general poco perceptibles, pero la **nieve** y el **hielo** se detectan especialmente bien ya que la emisión de microondas aumenta al disminuir la temperatura.

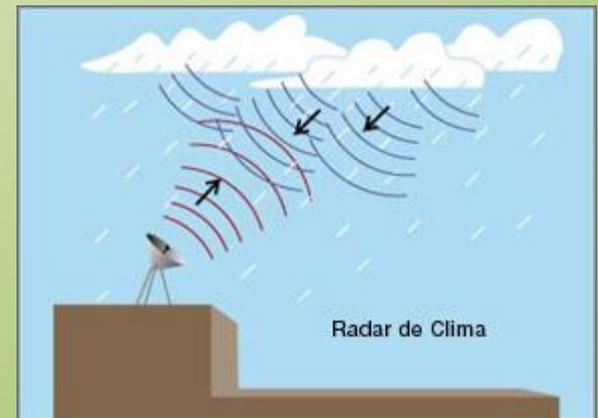
Muy útiles para detectar **movimiento de icebergs**, y **movimientos y extensión de los glaciares**



- **SENSORES DE MICROONDAS ACTIVOS: EL RADAR.** Es un sistema que usa ondas electromagnéticas de microondas para **medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles** como aeronaves, barcos, vehículos motorizados, **formaciones meteorológicas y el propio terreno.**

Su funcionamiento **se basa en emitir un impulso de radio, que se refleja en el objetivo y se recibe típicamente en la misma posición del emisor. A partir de este "eco" se puede extraer gran cantidad de información.**

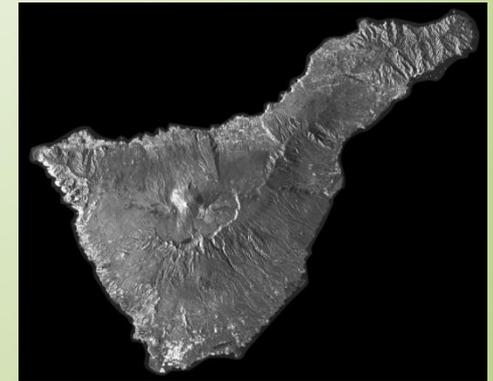
Uno de los más importantes es el Radar de apertura sintética (SAR), capaz de lanzar hasta 1.700 pulsos de microondas por segundo, con lo que se pueden obtener imágenes de mayor resolución que con los radares convencionales.



Con el radar se obtienen **imágenes digitales en tonos de gris** (se pueden colorear a posteriori) resultantes de la reflexión y dispersión de las microondas, al chocar con la superficie terrestre. Así, resultan **muy útiles para la cartografía topográfica**:

En superficies lisas (agua, estructuras artificiales) predomina la reflexión sobre la dispersión, lo que da lugar a poco retorno de la señal y a **píxeles de colores oscuros**.

En superficies rugosas (relieve) predomina la dispersión sobre la reflexión, lo que da lugar a mayor señal de retorno y **píxeles más claros**. Aparecen zonas sombra que son útiles para **detectar relieves y medir la altura** de los objetos.



El principal **inconveniente** del radar es que produce **imágenes distorsionadas**, poco precisas debido a la dispersión de las microondas. Pero esto se soluciona con varias pasadas en sentidos opuestos o diferentes ángulos hasta llegar a una imagen única.

Por el contrario, tiene **grandes ventajas**:

- Actúan en cualquier circunstancia (**cielo cubierto** de nubes o **nocturno**, sin luz)
- Muy útiles para **determinar la rugosidad del terreno y los relieves**
- Detecta **superficies en movimiento** (olas, corrientes, coladas de lava, movimientos de tierra, avance u retroceso de glaciares, alcance de mareas negras, etc.)
- Son muy fiables para **detectar el vigor de la vegetación** (valora el grado de humedad): crecimiento de las cosechas, estado de los bosques, etc.



## Con el radar se pueden obtener los siguientes tipos de imágenes:

a) **Imágenes estereoscópicas:** Se realizan desde un avión o satélite y se toman **dos imágenes** del mismo territorio, en pasadas diferentes y **con diferente ángulo de incidencia** (como hacen nuestros ojos). Para ver la **imagen en 3D** (en relieve) hay que utilizar un estereoscopio.

Estereoscopio de bolsillo

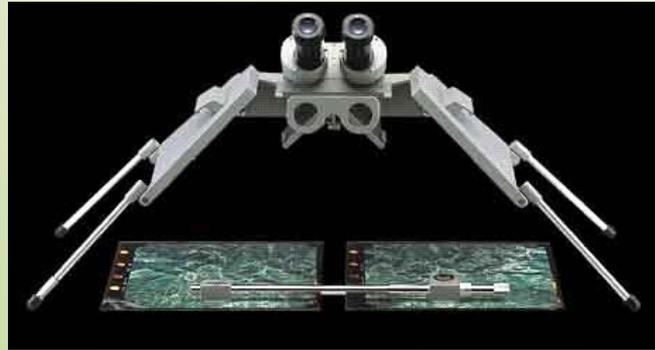
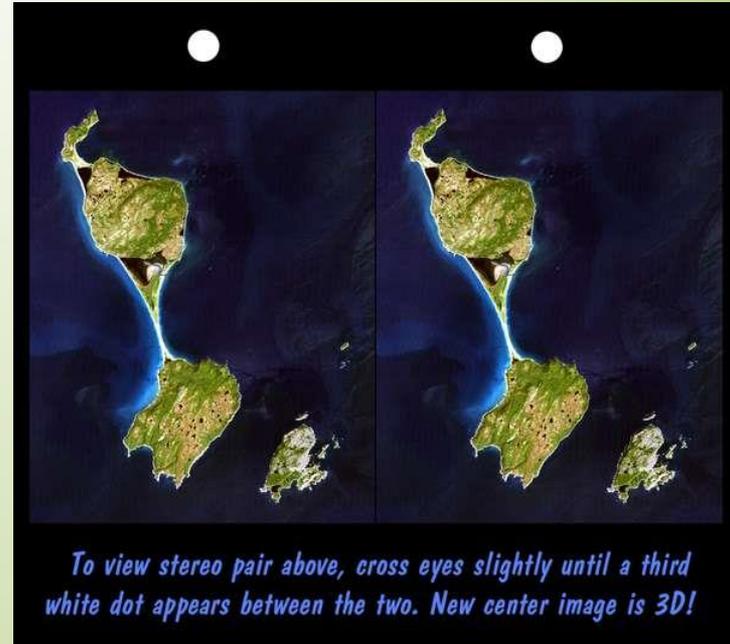
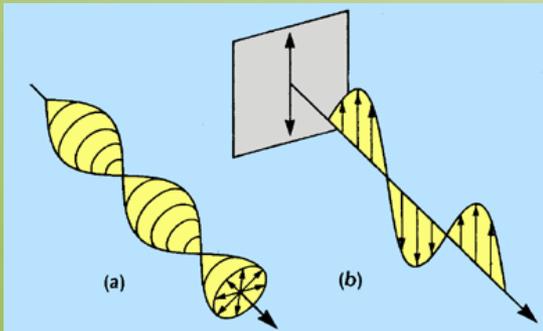


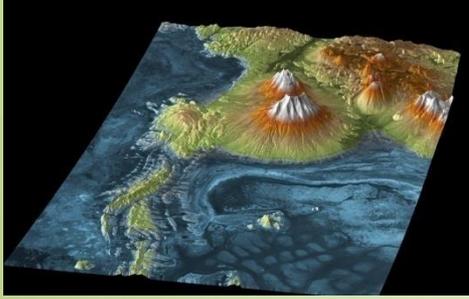
Imagen Satélite Estereoscópica de las Islas San Pedro y Miquelón (Francia)



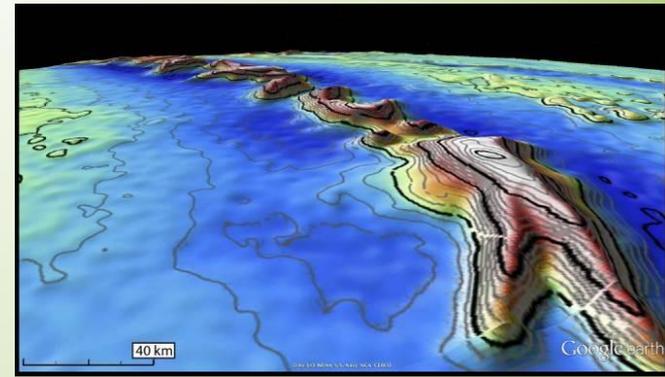
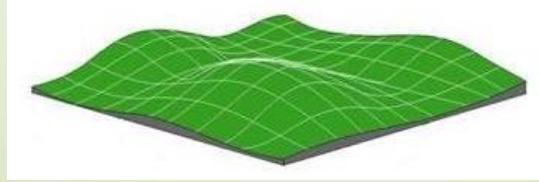
EJEMPLO: Las actuales películas en 3D se consiguen proyectando dos imágenes del mismo objeto pero con polarizaciones transversales (horizontal y vertical). Las gafas tienen un filtro diferente en cada ojo de manera que a cada ojo sólo llega luz polarizada en uno u otro plano.



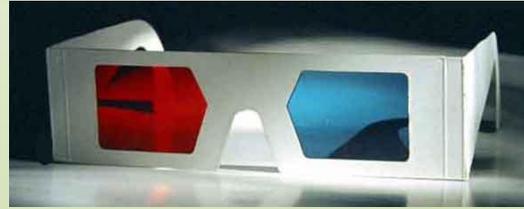
b) **Radarmetría:** Aprovecha los altímetros de los sensores radar para hacer una **representación topográfica del terreno**. La imagen está constituida por una serie de **bandas coloreadas a intervalos de altitud regulares**. A partir de estas imágenes se pueden hacer modelos digitales de elevaciones (DEM)



Ej. DEM del Teide



c) **Imágenes anaglíficas:** Los **anaglifos** son superposiciones de **dos imágenes, una en rojo y otra en azul**, que vistas con gafas especiales producen sensación de relieve (3D).

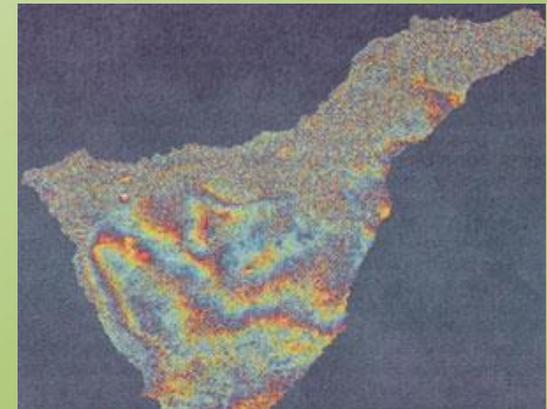


Son una variante de la imágenes estereoscópicas, pero en esta caso cada imagen se colorea de diferente color

d) **Interferometría:** Se basa en **dos fotografías** de una misma zona tomadas por sensores de radar en **dos días distintos**. Con ello quedan registradas las **variaciones en la topografía** que hayan tenido lugar en ese tiempo como consecuencia de erupciones volcánicas, seísmos, deslizamientos de ladera, hundimientos, etc. En la secuencia aparecen una serie de **bandas coloreadas a intervalos de altitud regulares**.

Aunque las diferencias entre dos imágenes tomadas en el mismo lugar pero en distinto momento sean milimétricas, pueden ser suficientes para indicar que allí han existido “pequeños cambios que pueden ser precursores de un movimiento mayor y que indican que esa zona es inestable

Las causas de esos cambios en el terreno pueden ser naturales (volcanes, terremotos, filtraciones de agua) pero también humanas, como las obras subterráneas del metro o la sobreexplotación de acuíferos y reservas de petróleo o gas, que dejan terreno “vacío” que la naturaleza tiende a rellenar, por lo que incluso países con baja actividad sísmica como España podrían adoptar este método para prevenir catástrofes.



## D) SENSORES LÍDAR (Light Detection And Ranging)

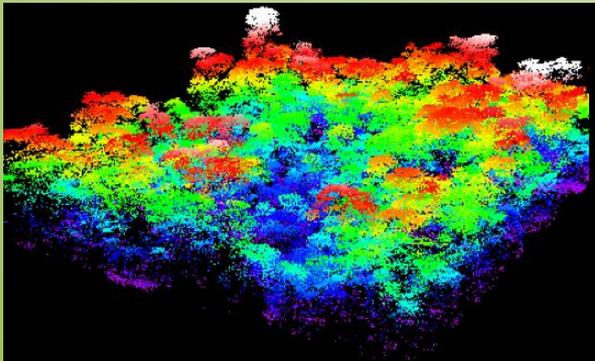
**MUY IMPORTANTE**

Es un **sensor activo** que emite un **pulso láser** (en ondas visibles o IR) que choca contra los contaminantes o polvo atmosférico y se detecta y analiza la señal de retorno. Se puede realizar desde satélites, aviones o automóviles. Con los datos se crea un **modelo de superficies** que **captura no sólo la morfología del terreno sino de todos los elementos naturales o artificiales que se encuentren sobre él.**

Es muy útil en la detección de la contaminación del aire, ya que el sensor puede instalarse en una furgoneta circulante y es capaz de **detectar la concentración de distintos contaminantes** (NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, etc.) por el tiempo de retorno de la señal y su intensidad (cada contaminante absorbe una cantidad determinada de la energía recibida). **Se debe elegir el pulso adecuado par determinar cada contaminante.**

A partir de estos datos se puede construir un **mapa 3d de la concentración de cada contaminante** y **deducir sus focos de emisión.**

Estudio de la estructura forestal en función de la distribución de la luz



Carga de datos LIDAR de un área de la Ciudad de las Ciencias.

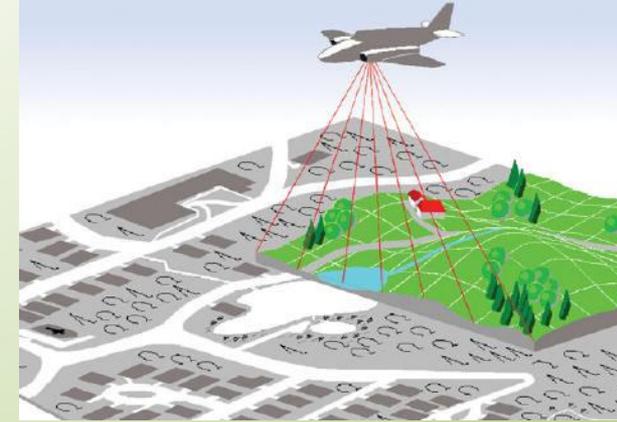
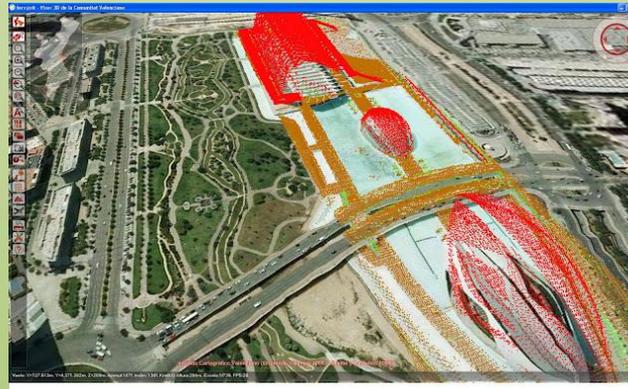
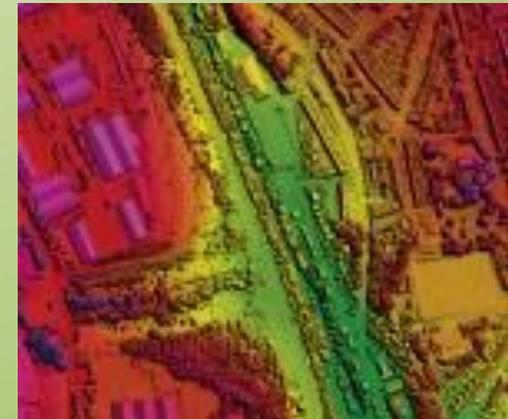


Figura 1 El Lynx Mobile Mapper montado sobre un vehículo de campo



# SISTEMAS GLOBALES DE NAVEGACIÓN POR SATÉLITE (GNSS): EL GPS (Global Positioning System o Sistema de Posicionamiento Global, EEUU)

Los **sistemas GPS** están formados por un conjunto de satélites lanzados al espacio con el objetivo de determinar las coordenadas geográficas (latitud y longitud) de un punto cualquiera del planeta, las 24 horas del día, en cualquier condición climática.

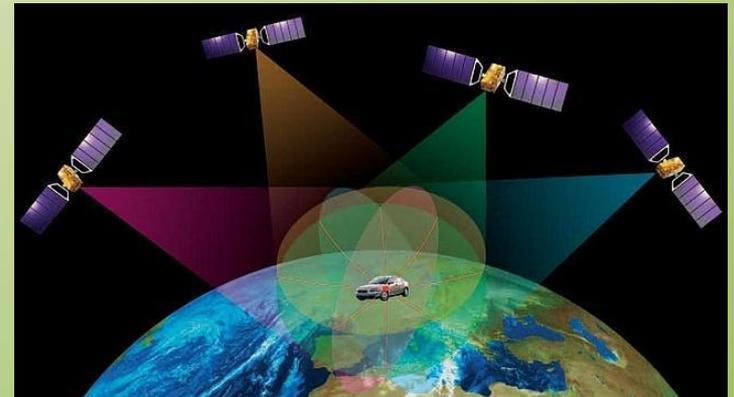
Existen varios de estos sistemas. El más conocido es el **GPS** (Global Position System) de EEUU, formado por 27 satélites que orbitan alrededor de la tierra a 20.200 Km de altitud. Se diseñó para fines militares, pero su uso se ha generalizado enormemente.



En 2005, la Unión Europea inició el lanzamiento de su propio sistema, denominado **Galileo**, que cuando se complete estará formado por 30 satélites situados en tres órbitas circulares a 23.000 Km de altitud. (Activo para el 2020 y de mayor precisión)

Cada aparato **receptor**, llamado **GPS** (navegador o receptor) capta las **señales procedentes de al menos tres satélites** y por **triangulación** permite conocer su **posición geográfica** con una precisión de +/- 1 m, cada 15 segundos. También son capaces de determinar la **velocidad y dirección en que nos movemos**, así como la **altitud** del punto geográfico (para esto hace faltan los datos de un cuarto satélite).

Son muy **útiles en navegación por tierra o por mar**: coches, camiones, barcos, control del tráfico aéreo, etc. y **otras aplicaciones** como rescate de personas en accidentes, coordinación trabajos, extinción de incendios, localización de animales, bosques, hábitats salvajes, explotaciones mineras, realización de mapas, etc.



# SISTEMAS TELEMÁTICOS: LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

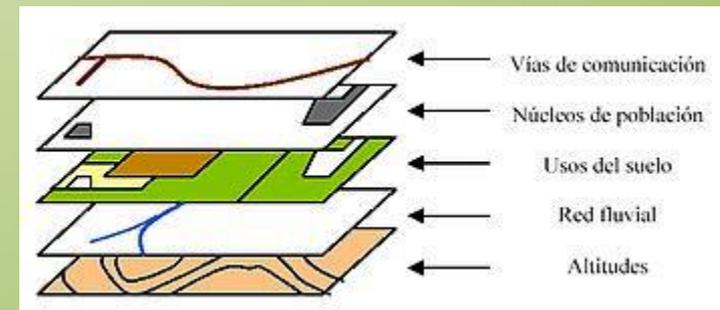
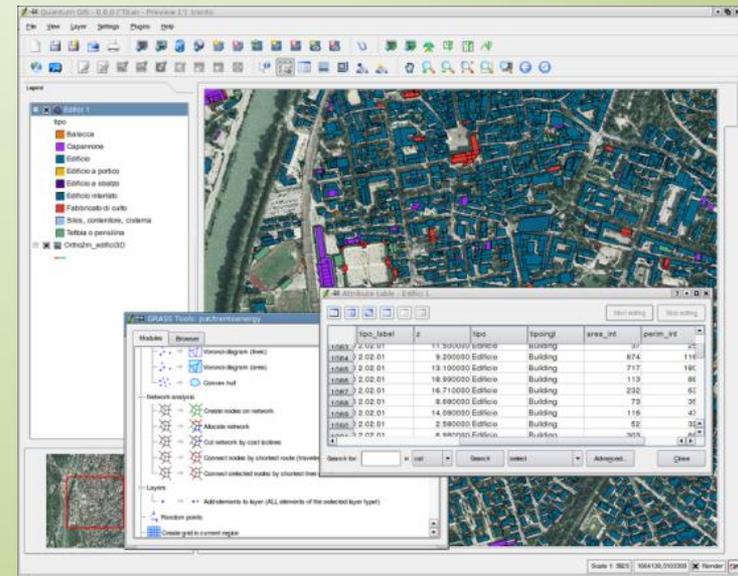
## MUY IMPORTANTE

Los **sistemas telemáticos** consisten en la **interconexión de múltiples ordenadores** con el fin de intercambiar mensajes e información y realizar una tarea común. De ellos destacan los SIG (GIS, *Geographic Information System*, en inglés)

El SIG es un **programa de ordenador** que **contiene todos los datos espaciales posibles sobre una zona determinada del territorio**. Es una gran base de datos de una misma localización

Los **datos se representan en capas superpuestas**: Hidrografía, pendientes, tipos de rocas, vegetación, situación poblaciones, cultivos, infraestructuras (carreteras, ferrocarril, red eléctrica, red telefonía, alcantarillado, etc.). También incluye datos del catastro, censo, crecimiento de la población, etc. Estos datos pueden proceder de cualquier fuente (teledetección, fotos, mapas, etc.)

La **información del SIG se distribuye en celdillas o teselas determinadas por coordenadas geográficas**, de modo que en cada celdilla está la información correspondiente a todos los campos estudiados

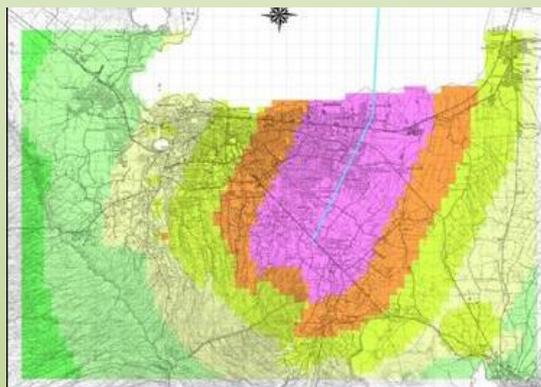


## Aplicaciones DE LOS SIG:

- **Análisis del estado de una zona**
- Obtención de **mapas de todo tipo**
- Realización de **simulaciones** de lo que ocurriría en el territorio si se modificara alguno de los parámetros considerados.

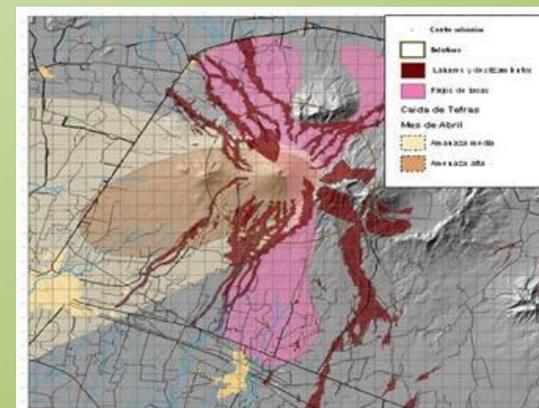
## Son muy útiles en el estudio del MA:

- Prevención de riesgos
- Ordenación del territorio
- Gestión de recursos
- Detección de impactos



Resultado de simulación de terremoto con magnitud 6.0 en la Falla Aeropuerto.

Mapa de Amenaza, Volcán San Cristóbal (Nicaragua)



## Algunos ejemplos de SIG de dominio público:

- **Google Earth**: contiene imágenes de toda la superficie terrestre tomadas desde satélite, junto con información relevante sobre localización de volcanes, terremotos, ciudades, restaurantes, carreteras... Los datos pueden ser completados por los propios usuarios. Permite localizar una dirección exacta en un plano. También ofrece características 3D para visualizar las formas del relieve, monumentos o edificios de algunas ciudades.
- **GMES** (Global Monitoring for Environment and Security): SIG de la UE para la información sobre el estado del medio ambiente sobre la seguridad ante los riesgos.
- **Programa CORINE** de la UE: es un SIG basado en datos geográficos, de vegetación, tierra, aire y aspectos socioeconómicos a los que es posible acceder a través de Internet.
- **SIG de uso del territorio** de la UE, muy útil, pues sirve, entre otras aplicaciones, para ordenación del territorio.
- **SIG planificador agrícola**: puede servir para determinar las zonas más adecuadas para determinados cultivos. Ofrece información cartográfica y alfanumérica relacionadas con la Organización Común de Mercado de Cultivos Herbáceos Cultivos y Aprovechamientos de España.

## PRINCIPALES SISTEMAS TELEMÁTICOS DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL

- **WMO** (*World Meteorological Organization*), nacida 1950, puso en marcha el **Sistema de Vigilancia Meteorológica Mundial**. Es muy útil para **prevenir situaciones** que puedan suponer un **riesgo** (huracanes, gota fría, etc.) y otros **problemas m.a. relacionados con el clima** (cambio climático, avance de los desiertos, disponibilidad de recursos hídricos, etc.)



World Meteorological Organization

- **PNUMA** (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Es el referente internacional en cuestiones medioambientales. Desarrolla un **programa de Vigilancia Ambiental Global** que se encarga de evaluar el estado medioambiental en el que participan **142 países** trabajando de forma coordinada. También se encarga de la **vigilancia de los recursos naturales**, los impactos medioambientales y los **riesgos naturales**.



- **INFOTERRA** (Sistema Internacional de Referencia para Fuentes sobre Información Medioambiental). Se crea en 1975 y depende del PNUMA. Consiste en una red de instituciones que actúan como Centro de Coordinación para recoger datos medioambientales y proporcionar información a los usuarios.



- En Europa destaca **EIONET** (Red Europea de Observación e Información Medioambiental). Se crea en 1993 por la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA). Se ocupa de temas relacionados con los **ecosistemas**, los **recursos naturales** y la **gestión de los contaminantes**

**España participa en la mayoría de las organizaciones internacionales** involucradas en diversos programas y redes de información medioambiental a través de la Subdirección Ambiental del MIMAM (Ministerio de Medio Ambiente)

**La mayor parte de las Comunidades Autónomas** cuentan con sus propios **sistemas de información territorial**, con bases de datos y cartografías aplicadas a su territorio, que normalmente se incluyen en un **SIG**