

Tecnología ambiental y agua para los pueblos

Teledetección Rio Guadalquivir

Escuela Politécnica Superior
2011/2012

Sócrates Domínguez Márquez

José Miguel Cotán Luna

Jesús Romero Gómez

1.- Introducción

2.- Fundamentos teóricos

2.1.- Sistemas geodésicos de referencia en España

2.2.- Coordenadas geográficas

2.3.- Proyecciones cartográficas

3.- Imágenes satelitales

3.1.- Tipos de imágenes

4.- Teledetección

4.1.- Software ArcGis. Tratamiento de imágenes

5.- Proyecto investigación. Rio Guadalquivir

1.- Introducción

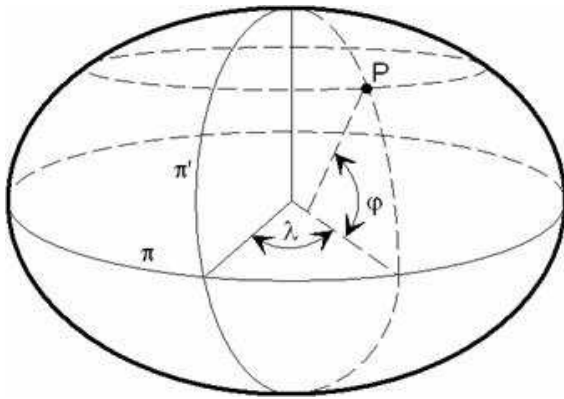
En el presente trabajo de investigación se pretende dar una solución rápida y eficaz para el estudio y análisis de los problemas de contaminación medioambientales, mediante el desarrollo de una herramienta informática que permita gestionar proyectos en esta área y que contribuya a mejorar la mala situación actual en la gestión de los problemas medioambientales y del cuidado y preservación de los recursos naturales en el mundo, sobretodo, en los países en vías de desarrollo y zonas menos favorecidas, done muchas veces estos proyectos no se llevan a cabo por falta de medios, tanto humanos como materiales, y herramientas informáticas gratuitas que ayuden a su gestión y desarrollo. Es así, que tanto la investigación. Como el desarrollo de la herramienta será llevado a cabo por la visión de la ingeniería posible, tomando en cuenta los conceptos accesibilidad, gratuidad y practicidad, que lleven a cabo que nuestra investigación proporcione una herramienta libre y accesible a todo el que la necesite.

2.- Fundamentos teóricos

2.1.- Sistemas geodésicos de referencia en España

La figura "natural" de la Tierra, excluyendo la topografía o forma externa, se asemeja a la definición de geoide pero como la definición matemática del geoide presenta gran complejidad, así como su definición, la superficie de la Tierra puede representarse con mucha aproximación mediante un elipsoide de revolución.

- Superficie de referencia: dimensiones (semiejes a, b).
- Ejes o líneas de referencia en la superficie.
- Sentidos de medida.



Sobre esta superficie se definen las coordenadas geodésicas:

- Latitud geográfica (φ): ángulo medido sobre el plano meridiano que contiene al punto entre el plano ecuatorial y la normal al elipsoide en P.
- Longitud geográfica (λ): ángulo medido sobre el plano ecuatorial entre el meridiano origen y el plano meridiano que pasa por P.

El elipsoide de revolución que mejor se adapte al geoide en la zona con un punto donde ambos coinciden o bien la normal a ambos es la solución adoptada, constituyendo el concepto de Sistema Geodésico de Referencia. A lo largo de la historia diversos elipsoides se han utilizado para definir el Sistema de Referencia de cada país, de tal forma que se define aquel que mejor se ajuste al geoide.

- **El European Datum 1950 (ED50).**

ED50 (European Datum 1950) es un antiguo sistema de referencia geodésico empleado en Europa.

El sistema ED50 surgió como resultado de la unificación de los sistemas de referencia europeos llevado a cabo por el ejército de los Estados Unidos después de la segunda guerra mundial. La solución les fue proporcionada a las naciones europeas en 1950.

Hayford propuso en 1924 en la Asamblea Internacional de Geodesia y Geofísica (Madrid) un Elipsoide Internacional de Referencia, con el semieje mayor = 6378388m. y el aplanamiento = 1/297 (El punto astronómico fundamental está en la torre de

Helmert en la ciudad alemana de Potsdam). Este elipsoide fue utilizado ampliamente por la mayoría de países, no siendo perfeccionado hasta 1964, donde la Unión Astronómica Internacional en Hamburgo estableció unos nuevos valores de $a = 6378160$ y $\alpha = 1/298,25$. (el punto astronómico fundamental es Múnich.) En la orientación de este sistema se estipula:

- El eje menor del elipsoide de referencia es paralelo a la dirección definida por el origen internacional convencional (O.I.C.) para el movimiento del polo.
- El meridiano de referencia es paralelo al meridiano cero adoptado por el BIH para las longitudes (Greenwich).

En España se adoptó en 1970 el Sistema ED50 como sistema oficial, sustituyendo al antiguo con elipsoide de Struve y datum Madrid (Observatorio del Retiro), tomando como parámetros del elipsoide de Hayford los definidos en 1924 ($a = 6378388$ y $\alpha = 1/297$) (tiene el origen en el mareógrafo de Alicante).

- **El World Geodetic System 1984 (WGS84).**

El WGS84 es un sistema de coordenadas cartográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas. WGS84 son las siglas en inglés de World Geodetic System 84 (Sistema Geodésico Mundial 1984).

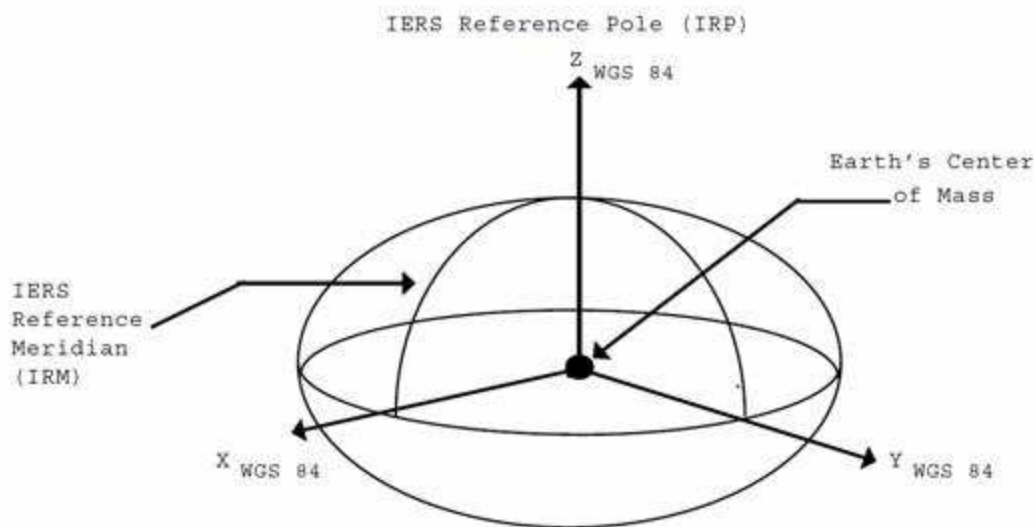
Se trata de un estándar en geodesia, cartografía, y navegación, que data de 1984. Se estima un error de cálculo menor a 2 cm. por lo que es en la que se basa el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Se estableció este sistema utilizando observaciones Doppler al sistema de satélites de navegación NNSS o Transit, de tal forma que se adaptara lo mejor posible a toda la Tierra.

Se define como un sistema cartesiano geocéntrico del siguiente modo:

- Origen, centro de masas de la Tierra, incluyendo océanos y atmósfera.

- Eje Z paralelo a la dirección del polo CIO o polo medio definido por el BIH, época 1984.0 con una precisión de 0,005".
- El eje X la intersección del meridiano origen, Greenwich, y el plano que pasa por el origen y es perpendicular al eje Z, el meridiano de referencia coincide con el meridiano cero del BIH en la época 1984.0 con una precisión de 0,005". Realmente el meridiano origen se define como el IERSReference Meridian (IRM).
- El eje Y ortogonal a los anteriores, pasando por el origen.



Parámetros:

- Semieje Mayor a: 6.378.137 m
- Semieje Menor b: 6.356.752,3142 m
- Achatamiento f: 1/298,257223563
- Producto de la Constante Gravitacional (G) y la Masa de la Tierra (M): $GM = 3,986004418 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$
- Velocidad Angular de la Tierra ω : $7,292115 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$

- **Los sistemas European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89)**

El ETRS89 (siglas en inglés de European Terrestrial Reference System 1989, en español Sistema de Referencia Terrestre Europeo 1989), es un sistema de referencia geodésico ligado a la parte estable de la placa continental europea.

Este datum geodésico espacial es consistente con los modernos sistemas de navegación por satélite GPS, GLONASS y el europeo GALILEO.

Su origen se remonta a la resolución de 1990 adoptada por EUREF (Subcomisión de la Asociación Internacional de Geodesia, AIG, para el Marco de Referencia Europeo) y trasladada a la Comisión Europea en 1999, por lo que está siendo adoptado sucesivamente por todos los países europeos.

La Placa Continental Europea mantiene un movimiento bastante uniforme, de unos 3 cm por año, con relación al Sistema de Referencia Terrestre Internacional (ITRS), con excepción del extremo sur-este de Europa (Grecia, Turquía). Por esta razón, con el fin de mantener unas coordenadas razonablemente estables para Europa, la Subcomisión EUREF decidió definir un Sistema ligado a la placa Europea. Este sistema (datum) se denomina ETRS, o ETRS89.

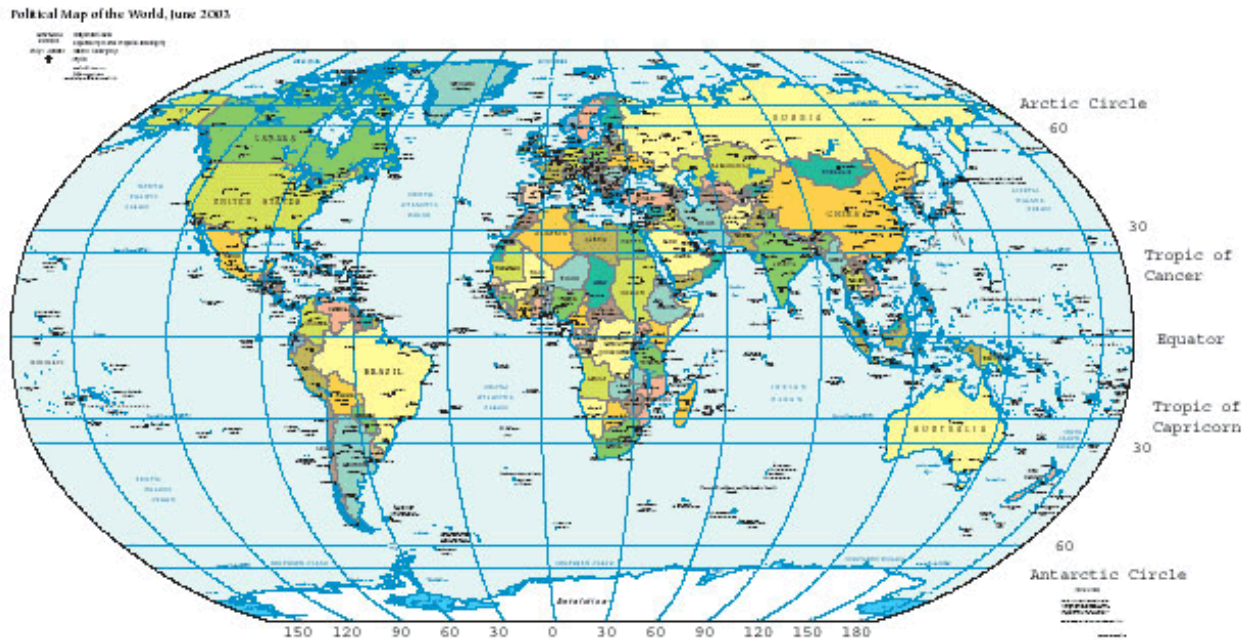
2.2.- Coordenadas geográficas

El sistema de coordenadas geográficas es un sistema de referencia que utiliza las dos coordenadas angulares, latitud (Norte y Sur) y longitud (Este y Oeste) y sirve para determinar los ángulos laterales de la superficie terrestre (o en general de un círculo o un esferoide). Estas dos coordenadas angulares medidas desde el centro de la Tierra son de un sistema de coordenadas esféricas que están alineadas con su eje de rotación. La definición de un sistema de coordenadas geográficas incluye un datum, meridiano principal y unidad angular.

- La latitud mide el ángulo entre cualquier punto y el ecuador. Las líneas de latitud se llaman paralelos y son círculos paralelos al ecuador en la superficie de la Tierra. La latitud es el ángulo que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto. La distancia en km a la que equivale un grado depende de la latitud, a medida que la latitud aumenta disminuyen los kilómetros por grado. Para el paralelo del ecuador, sabiendo que la circunferencia que corresponde al Ecuador mide 40.075,004 km, 1° equivale a 111,319 km.
 - La latitud se suele expresar en grados sexagesimales.
 - Todos los puntos ubicados sobre el mismo paralelo tienen la misma latitud.

- Aquellos que se encuentran al norte del Ecuador reciben la denominación Norte (N).
 - Aquellos que se encuentran al sur del Ecuador reciben la denominación Sur (S).
 - Se mide de 0° a 90°.
 - Al Ecuador le corresponde la latitud 0°.
 - Los polos Norte y Sur tienen latitud 90° N y 90° S respectivamente.
-
- La longitud mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra. Se acepta que Greenwich en Londres es la longitud 0 en la mayoría de las sociedades modernas. Las líneas de longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman meridianos. Para los meridianos, sabiendo que junto con sus correspondientes antimeridianos se forman circunferencias de 40.007 km de longitud, 1° equivale a 111,131 km.

Combinando estos dos ángulos, se puede expresar la posición de cualquier punto de la superficie de la Tierra.



Sistema de Coordenadas UTM (Universal Transversal de Mercator)

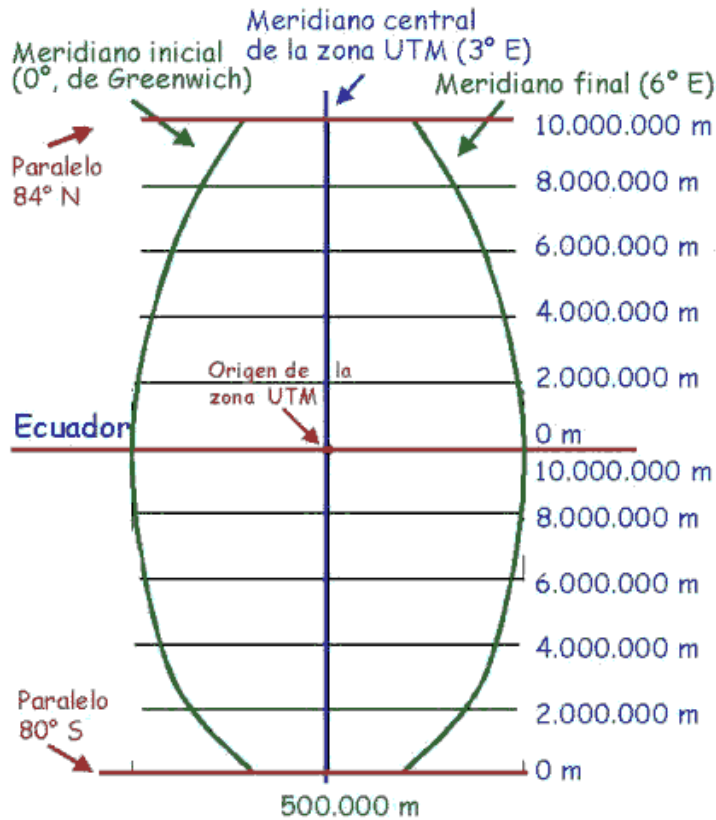
Al contrario que las coordenadas geográficas que se caracterizan por no estar proyectadas, existen diferentes proyecciones cartográficas donde destaca, El Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator que es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección de Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace tangente a un meridiano.

A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros únicamente al nivel del mar que es la base de la proyección del elipsoide de referencia.

La UTM es una proyección cilíndrica conforme. El factor de escala en la dirección del paralelo y en la dirección del meridiano son iguales ($h = k$). Sin embargo los paralelos se van separando a medida que nos alejamos del Ecuador, por lo que al llegar al polo las deformaciones serán infinitas. Por eso sólo se representa la región entre los paralelos 84°N y 80°S . Además es una proyección compuesta; la esfera se representa en trozos. Para ello se divide la Tierra en husos de 6° de longitud cada uno, mediante el artificio de Tyson .

La proyección UTM tiene la ventaja de que ningún punto está demasiado alejado del meridiano central de su zona, por lo que las distorsiones son pequeñas. Pero esto se consigue al coste de la discontinuidad: un punto en el límite de la zona se proyecta en coordenadas distintas propias de cada Huso.

Para evitar estas discontinuidades, a veces se extienden las zonas, para que el meridiano tangente sea el mismo. Esto permite mapas continuos casi compatibles con los estándar. Sin embargo, en los límites de esas zonas, las distorsiones son mayores que en las zonas estándar.



Características de la zona UTM 31

- Los límites de una zona UTM coinciden con dos meridianos separados 6°.
- El centro de la zona coincide con un meridiano, el meridiano central, que señala al norte.
- El origen de la coordenada UTM es la intersección del meridiano central con el ecuador. A este Origen se le da un valor relativo 0 km Norte, 500 km Este para el hemisferio norte, y 10.000km norte y 500 km Este para el hemisferio sur. Así no hay números negativos.
- Las zonas UTM se extienden desde el paralelo 84° N hasta el 80° S. Hay 60 zonas UTM, con 6° cada una, que completan los 360° de la Tierra.
- Las zonas UTM se estrechan y sus áreas son menores conforme nos acercamos a los polos.

Coordenadas UTM de Europa:



2.3.- Proyecciones cartográficas

La **proyección cartográfica** o **proyección geográfica** es un sistema de representación gráfico que establece una relación ordenada entre los puntos de la superficie curva de la Tierra y los de una superficie plana (mapa). Estos puntos se localizan auxiliándose en una red de meridianos y paralelos, en forma de malla. La única forma de evitar las distorsiones de esta proyección sería usando un mapa esférico pero, en la mayoría de los casos, sería demasiado grande para que resultase útil.

En un sistema de coordenadas proyectadas, los puntos se identifican por las coordenadas x,y en una malla cuyo origen depende de los casos. Este tipo de coordenadas se obtienen matemáticamente a partir de las coordenadas geográficas (longitud y latitud), que son no proyectadas.

Propiedades de la proyección cartográfica

Se suelen establecer clasificaciones en función de su principal propiedad; el tipo de superficie sobre la que se realiza la proyección: cenital (un plano), cilíndrica (un cilindro) o cónica (un cono); así como la disposición relativa entre la superficie terrestre y la superficie de proyección (plano, cilindro o cono) pudiendo ser tangente, secante u oblicua. Según la propiedad que posea una proyección puede distinguirse entre:

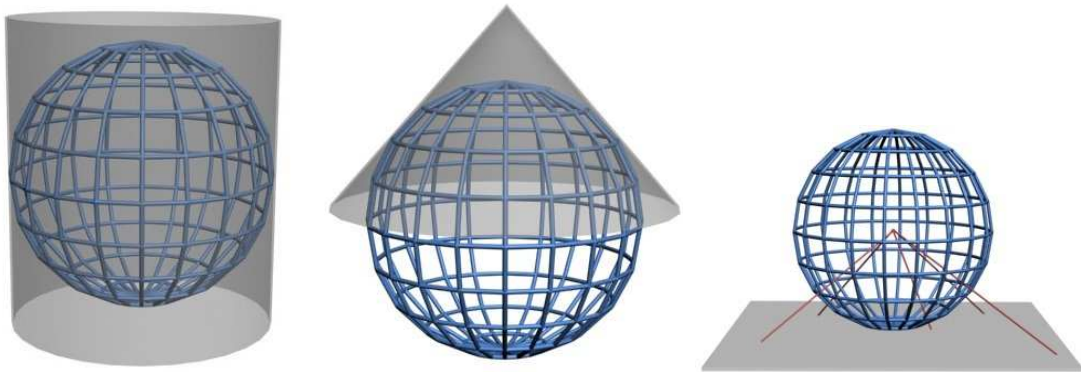
- proyecciones equidistantes, si conserva las distancias.
- proyecciones equivalentes, si conservan las superficies.
- proyecciones conformes, si conservan las formas (o, lo que es lo mismo, los ángulos).

No es posible tener las tres propiedades anteriores a la vez, por lo que es necesario optar por soluciones de compromiso que dependerán de la utilidad a la que sea destinado el mapa.

Tipos de proyecciones cartográficas

Dependiendo de cuál sea el punto que se considere como centro del mapa, se distingue entre proyecciones polares, cuyo centro es uno de los polos; ecuatoriales, cuyo centro es la intersección entre la línea del Ecuador y un meridiano; y oblicuas o inclinadas, cuyo centro es cualquier otro punto.

Se distinguen tres tipos de proyecciones básicas: cilíndricas, cónicas y azimutales.



3.- Imágenes satelitales

Una **imagen satelital** o **imagen de satélite** se puede definir como la representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada por la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada.

Se distinguen imágenes pancromáticas (en color), monocromáticas (blanco y negro) y multiespectrales (que contienen información de muchas bandas del espectro).

3.1.- Tipos de imágenes satelitales

RADARSAT

Radarsat es un satélite de observación canadiense lanzado al espacio a las 14.22 del 4 de noviembre de 1995 (16 años) por un cohete delta II. Tiene siete modos de observación con diferentes resoluciones.

ENVISAT

El satélite **Envisat** (*Environmental Satellite*) fue un satélite de observación terrestre construido por la Agencia Espacial Europea (ESA). Fue lanzado el 1 de marzo de 2002 en un cohete Ariane 5 en una órbita polar síncrona con el Sol a una altura de 790 km (+/- 10 km). Orbitó la Tierra en un periodo de cerca de 101 minutos con un periodo de repetición de ciclos cada 35 días. Estuvo operativo hasta el día 8 de Abril de 2012, día en el que se perdieron todas las comunicaciones con el satélite.

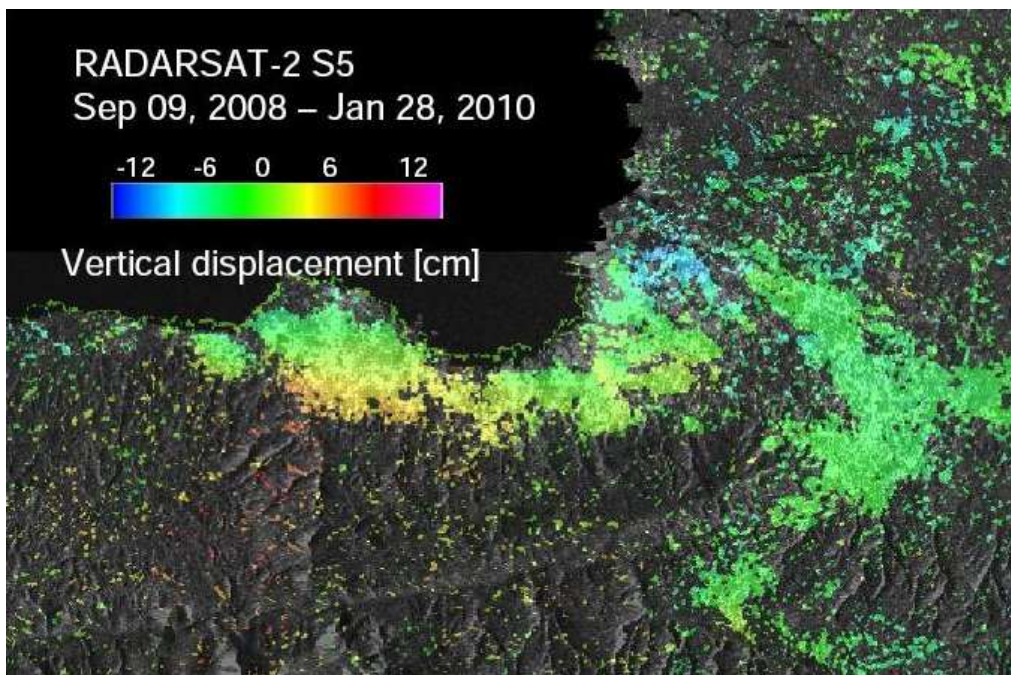
El Envisat fue uno de los mayores observatorios de la atmósfera y superficie terrestre lanzados disponiendo de 9 instrumentos para la obtención de información sobre la superficie de la Tierra, los océanos y la atmósfera.

Su misión fue controlar el calentamiento global, el grado de la contaminación atmosférica y los riesgos de desastres naturales para poder mitigar sus efectos.

ERS

El **European Remote Sensing Satellite (ERS)** se convirtió en el primer satélite de observación de la Tierra lanzado por la Agencia Espacial Europea (ESA), al ser lanzado el 17 de julio de 1991, por un Ariane 4 desde Kourou (Guyana Francesa), a una órbita polar síncrona con el sol a una altura de entre 782 y 785 km.

Estos tres satélites son los más adecuados para buscar manchas (contaminación, clorofila, etc) en medios acuáticos y marinos.



IKONOS

IKONOS es un satélite comercial de teledetección. Fue el primero en recoger imágenes con disponibilidad pública de alta resolución con un rango entre 1 y 4 metros de resolución espacial. En concreto, dispone de una resolución de 1 metro en pancromático y de 4 metros en multiespectral. Las imágenes del satélite IKONOS empezaron a ponerse a la venta el primero de enero de 2000. La empresa norteamericana *Space Imaging* es la propietaria del satélite.

QUICK BIRD

El **QuickBird** es un satélite comercial de teledetección que fue puesto en órbita el 18 de octubre de 2001 con un cohete Delta II, fabricado por Boeing desde la Base de la Fuerza Aérea de Vandenberg, en California, a las 11:51 de la mañana.

En realidad QuickBird no fue el primero, sino que tuvo un hermano mayor que fue destruido al no alcanzar el cohete la órbita deseada y la misión fracasó, aumentando considerablemente los costes y dejando a DigitalGlobe en un punto muy incierto e inseguro, pero el segundo intento fue fructuoso y satisfactorio.

Estos dos tipos de satélites ofrecen imágenes con una alta resolución, porque también son de gran utilidad.



LANDSAT

Los **LandSat** son una serie de satélites construidos y puestos en órbita por EE. UU. para la observación en alta resolución de la superficie terrestre.

Los LandSat orbitan alrededor de la Tierra en órbita circular heliosincrónica, a 705 km de altura, con una inclinación de 98.2° respecto del Ecuador y un período de 99 minutos. La órbita de los satélites está diseñada de tal modo que cada vez que éstos cruzan el Ecuador lo hacen de Norte a Sur entre las 10:00 y las 10:15 de la mañana hora local. Los LandSat están equipados con instrumentos específicos para la teledetección multiespectral.

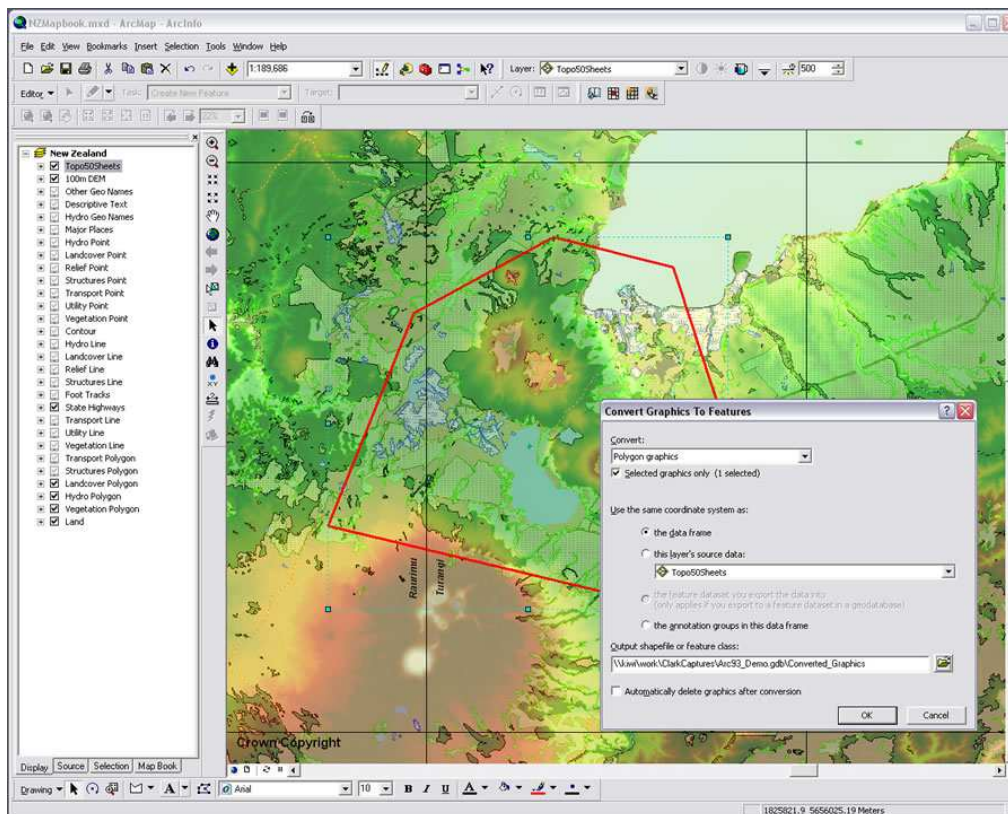


4.- Teledetección

La **teledetección** o **detección remota** es la adquisición de información a pequeña o gran escala de un objeto o fenómeno, ya sea usando instrumentos de grabación o instrumentos de escaneo en tiempo real inalámbricos o que no están en contacto directo con el objeto (como por ejemplo aviones, satélites, astronave, boyas o barcos). En la práctica, la teledetección consiste en recoger información a través de diferentes dispositivos de un objeto concreto o un área. Por ejemplo, la observación terrestre o los satélites meteorológicos, las boyas oceánicas y atmosféricas, las imágenes por resonancia magnética (MRI en inglés), la tomografía por emisión de positrones (PET en inglés), los rayos-X y las sondas espaciales son todos ejemplos de teledetección. Actualmente, el término se refiere de manera general al uso de tecnologías de sensores para adquisición de imágenes, incluyendo: instrumentos a bordo de satélites o aerotransportados, usos en electrofisiología, y difiere en otros campos relacionados con imágenes como por ejemplo en imagen médica.

4.1.- Software ArcGIS. Tratamiento de imágenes.

ArcGIS es el nombre de un conjunto de productos de software en el campo de los Sistemas de Información Geográfica o **SIG**. Producido y comercializado por Esri, bajo el nombre genérico ArcGIS se agrupan varias aplicaciones para la captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica.



5.- Proyecto de investigación. Río Guadalquivir.

El objetivo de este proyecto consistía en la obtención de imágenes satelitales del curso del río Guadalquivir para posteriormente mediante software analizar los posibles efectos medioambientales como pudieran ser la contaminación, los niveles de clorofila, temperatura del agua, etc...

Lo primero que hicimos fue buscar diferentes tipos de imágenes del trayecto que nos interesaba, en nuestro caso el Río Guadalquivir.

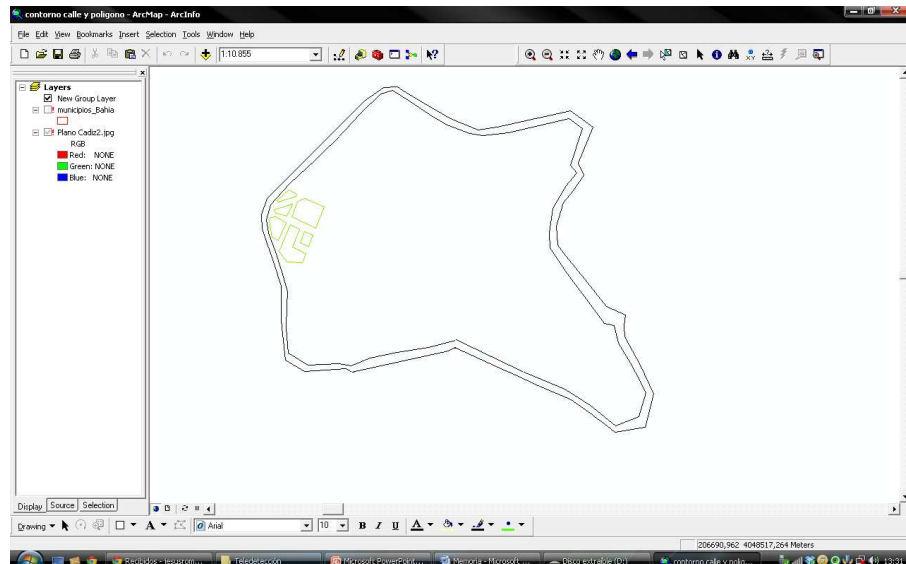
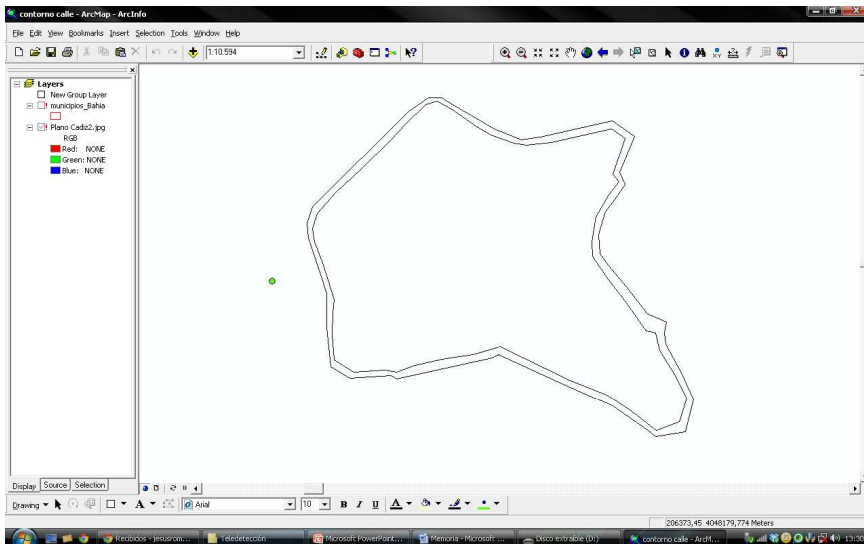
Dividimos el curso del río en dos tramos A (Lora del Río - Alcalá del Río) – B (Alcalá del Río - Lebrija), lo cual no fue tan fácil como parece ya que no tiene una gran disponibilidad en la web y muchas de ellas son de satélites privados.

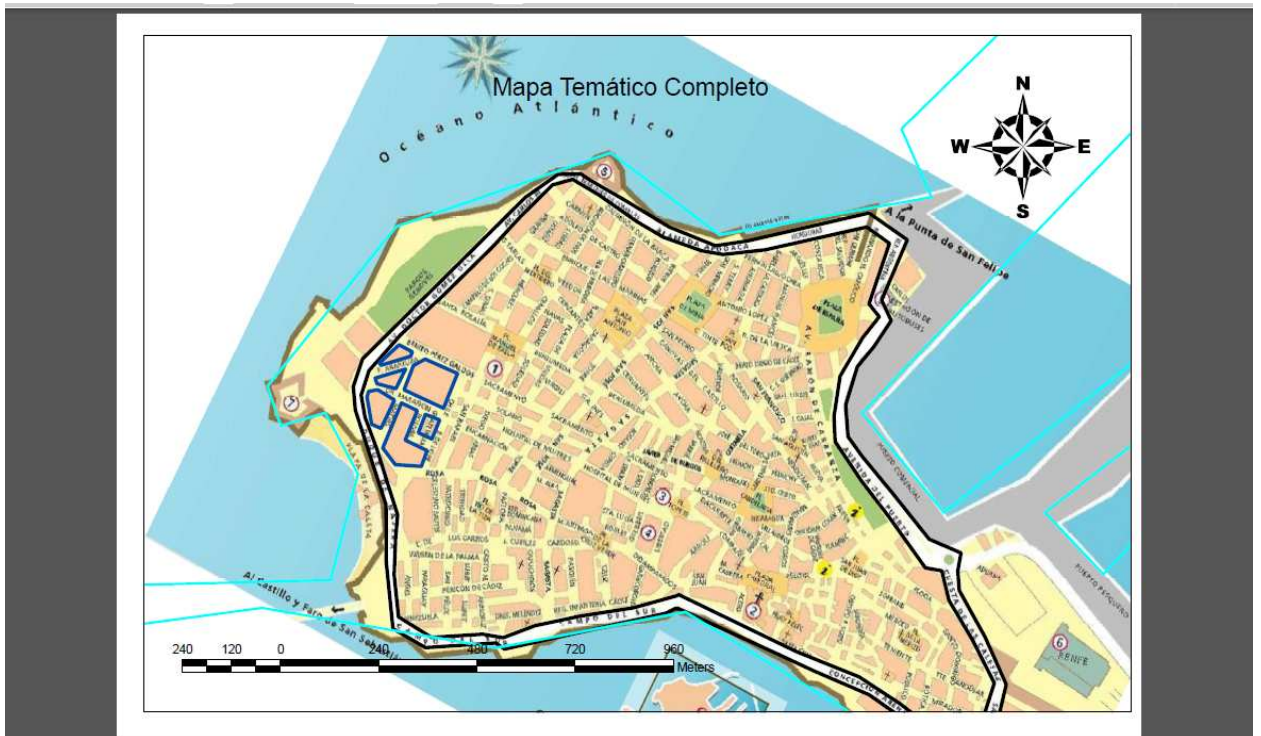
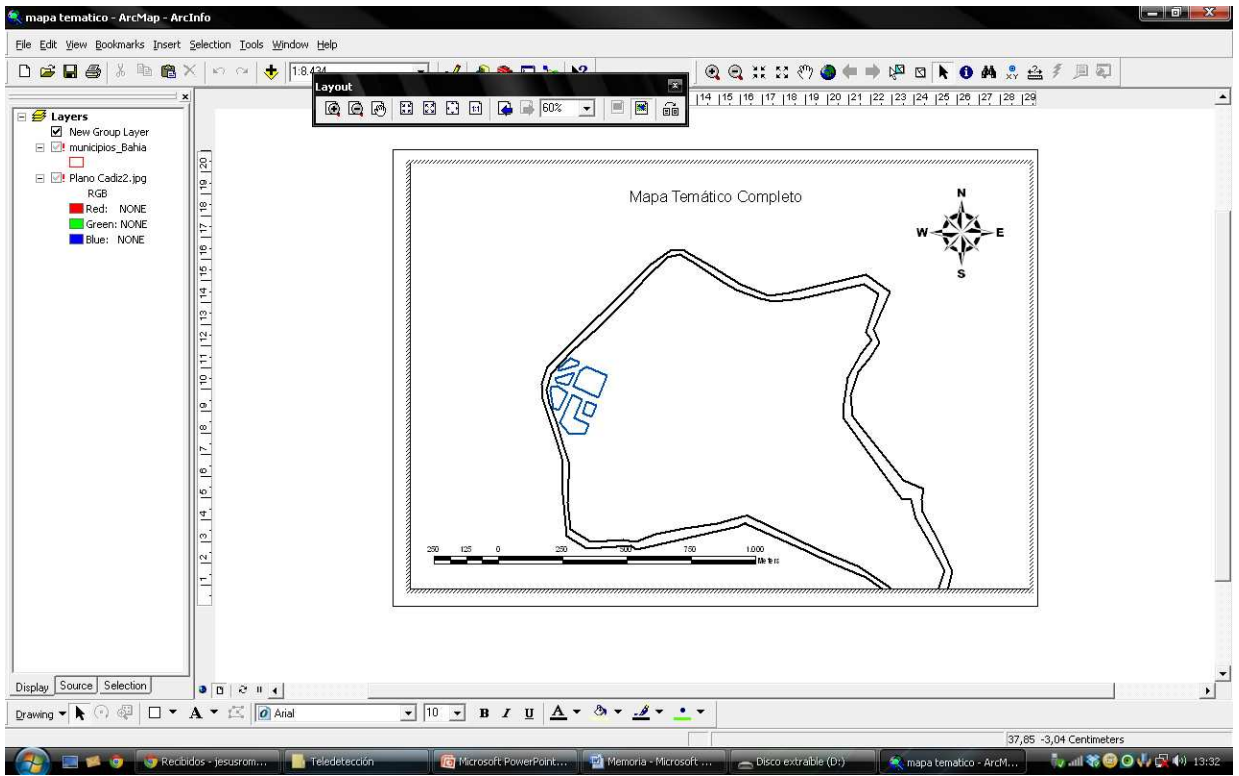
Las imágenes que obtuvimos eran del Plan Nacional de Teledetección (PNT).

Una vez obtenidas las imágenes, estuvimos varias sesiones conociendo el software ArcGIS, realizando ejercicios tales como georreferenciar imágenes, crear mapas temáticos y diferentes tratamientos sobre la imágenes.

Este era el paso previo al análisis de las imágenes para sacar conclusiones sobre aspectos medioambientales, pero ante la falta de tiempo, reconducimos el proyecto a perfeccionar el conocimiento del software.

A continuación exponemos algunos de los ejercicios realizados durante las sesiones de prácticas.







**Composición de imágenes satelitales de todo el curso del rio
Guadalquivir**