

**Coordenadas y Sistemas de Referencia Espacial: Datum y proyecciones. Coordenadas geográficas y proyectadas. Georreferenciación, exportación y mosaicos raster.**



Universidad de Sevilla  
Departamentos de Geografía Física y AGR

**1.- INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE REFERENCIA ESPACIAL:  
COORDENADAS, DATUM Y PROYECCIONES**

**2.- DATOS CON SISTEMA DE REFERENCIA ESTABLECIDO O CONOCIDO**  
La visualización de los datos y los sistemas de referencia espacial  
Datos, Layer y Frame.

La gestión y edición de los sistemas de referencia (proyecciones y datum): Arcatalog/Arctools

**3.-DATOS CON SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL DESCONOCIDO:**  
La georreferenciación (georeferencing): datos raster

El ajuste Espacial (spatial ajustement): datos vectoriales

Universidad de Sevilla  
Departamentos de Geografía Física y AGR

## 1.- INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE REFERENCIA ESPACIAL: COORDENADAS, DATUM Y PROYECCIONES

Forma de la Tierra: geoide, elipsoide, El Datum, Sistemas de coordenadas

Coordenadas esféricas y geográficas, elipsódicas o geodésicas

Proyecciones cartográficas: coordenadas proyectadas/planas

Coordenadas planas: el sistema UTM

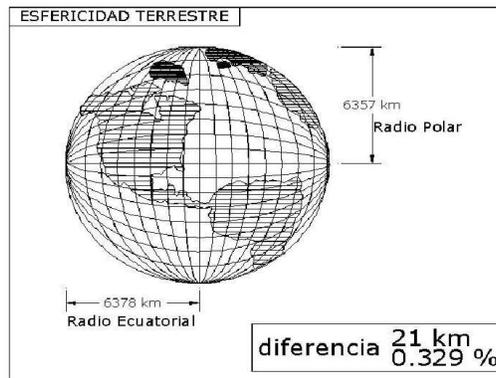
## El proceso de elaboración cartográfica, con carácter general, conlleva

- (i) la determinación de la localización geográfica de diferentes elementos de la superficie terrestre,
- (ii) su transformación a las correspondientes situaciones en una superficie plana (mapa), y
- (iii) la representación gráfica de estos elementos a través de símbolos o signos.

Para llevar a cabo este proceso de elaboración se necesita, en primer lugar, conocer, con la mayor exactitud posible, la forma y tamaño de la Tierra, el objeto de representación.

## Forma de la Tierra: esfera

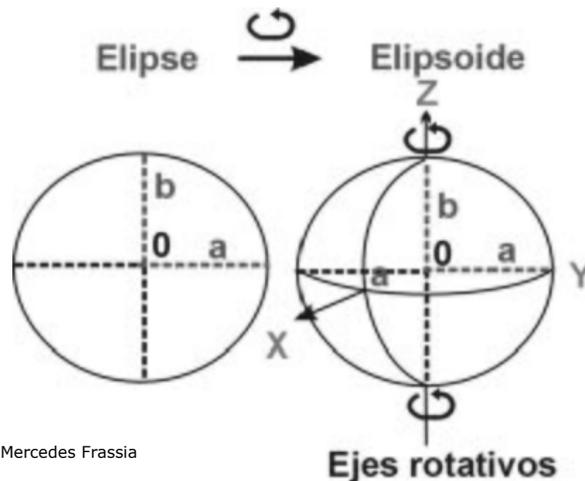
- ¿La tierra es una esfera?
- Una esfera achatada por los polos



Fuente: Ignacio Alonso Fernández-Coppel

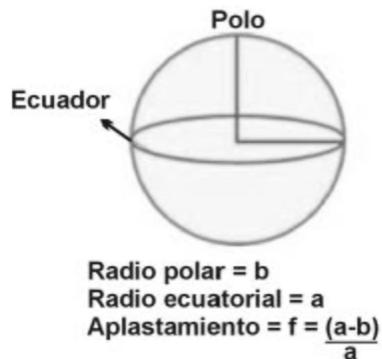
## Forma de la Tierra: elipsoide

- Elipsoide: cuerpo geométrico que resulta de hacer girar una elipse en torno a su eje menor



Fuente: Arq. Mercedes Frassia

## Forma de la Tierra: elipsoide



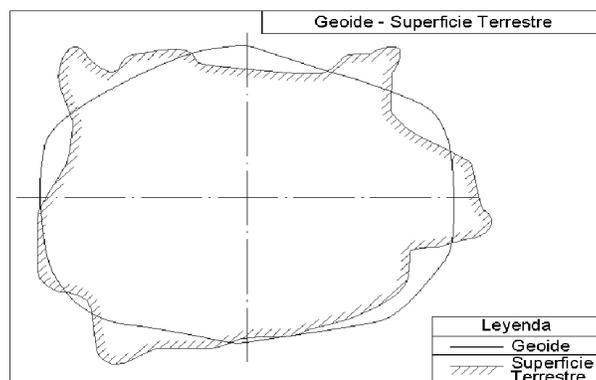
Una **esfera** se define únicamente por su radio.

Para definir un **elipsoide**, se necesita conocer su semieje mayor (radio ecuatorial de la Tierra) y su semieje menor (radio polar de la Tierra) o el semieje mayor y su índice de achatamiento  $f$ .

Fuente: Arq. Mercedes Frassia

## Forma de la Tierra: geoide

La Tierra tiene una forma única, diferente de la de cualquier otro cuerpo que, precisamente por eso, recibe el nombre de GEOIDE.



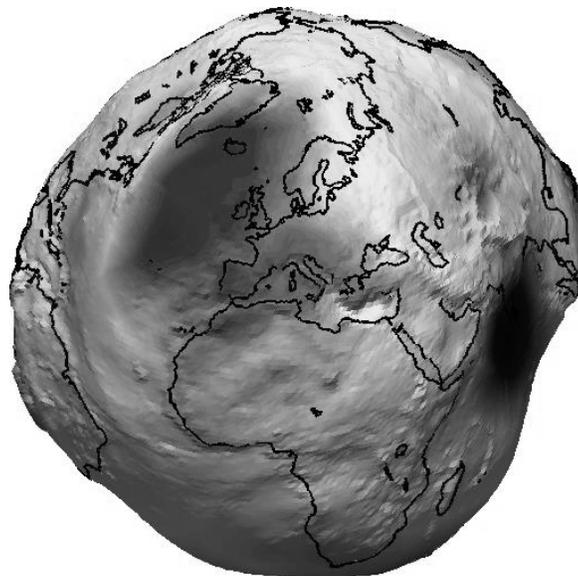
Fuente: Ignacio Alonso Fernández-Coppel

# Forma de la Tierra: geoide

El Geoide es la superficie teórica equipotencial del campo gravitatorio de la Tierra, coincidente aproximadamente con el nivel medio del mar

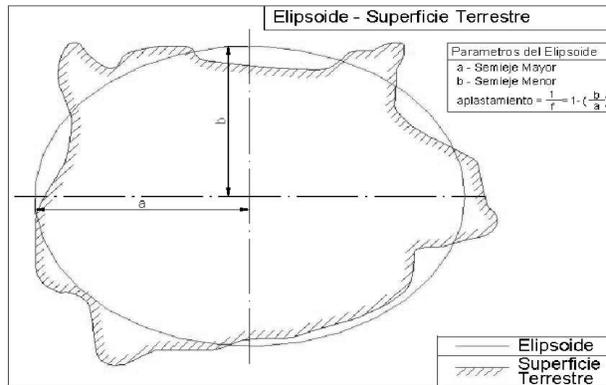
“Lejos de lo que se podría imaginar, esta superficie no es uniforme, sino que presenta una serie de irregularidades, causadas por la distinta composición mineral del interior de la Tierra y de sus distintas densidades, lo que implica que para cada punto de la superficie terrestre exista una distancia distinta desde el centro de la Tierra al punto del geoide”

GEOIDE



## Forma de la Tierra: elipsoide de referencia

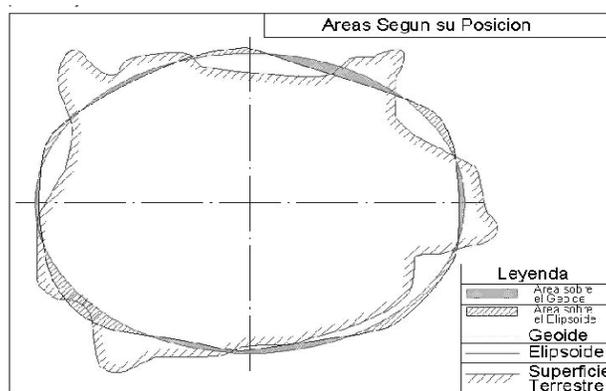
El geoide es un cuerpo geométrico irregular. Por ello, para construir mapas, se reemplaza por el cuerpo geométrico regular más parecido a él: ELIPSOIDE DE REFERENCIA.



Fuente: Ignacio Alonso Fernández-Coppel

## Forma de la Tierra: elipsoide comparado con el geoide

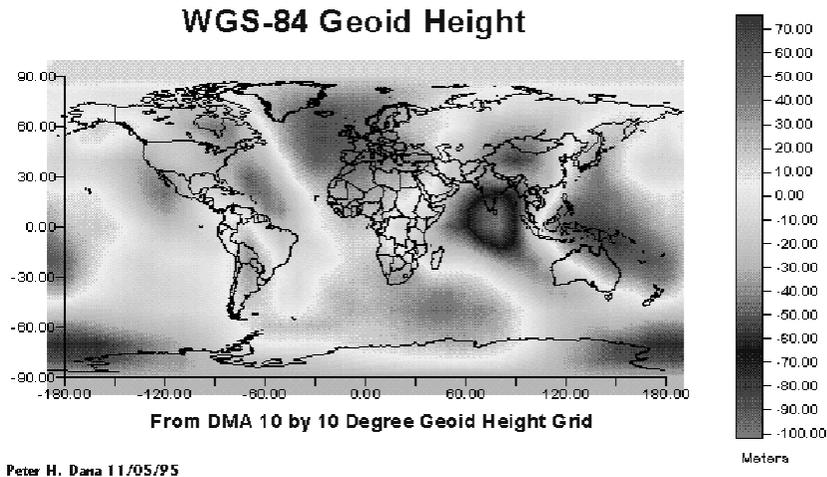
Ningún elipsoide se adapta perfectamente al geoide en toda su superficie. Existen diferencias de altura entre el elipsoide y el geoide



Fuente: Ignacio Alonso Fernández-Coppel

# Forma de la Tierra: elipsoide comparado con el geoide

Y la comparación con el geoide EGM90 con del elipsoide "WGS-84":

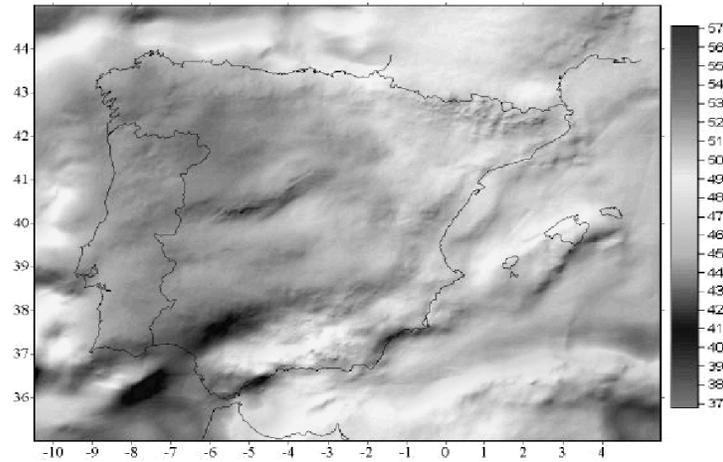


## Forma de la Tierra: elipsoide de referencia

No existe un único elipsoide que se adapte de la mejor forma posible a todo el geoide;

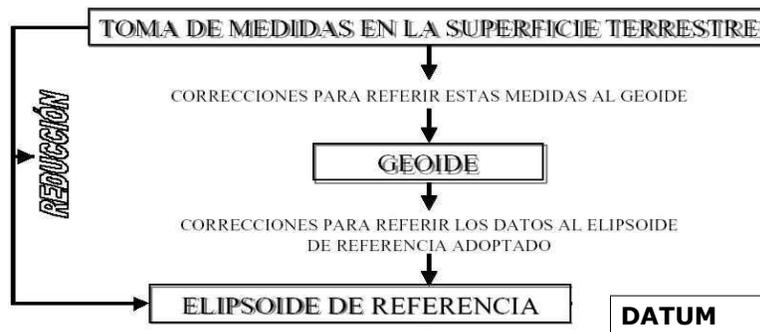
- ➔ Por ello, cada continente, zona, nación o estado ha empleado un elipsoide de referencia distinto, el que mejor se adaptaba a la forma de la tierra en la zona a cartografiar.

# Forma de la Tierra: elipsoide comparado con el geoide



Fuente: Ignacio Alonso Fernández-Coppel

# Proceso de elaboración cartográfica

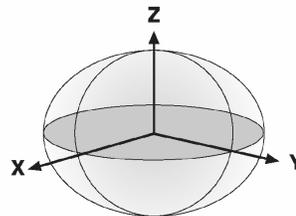
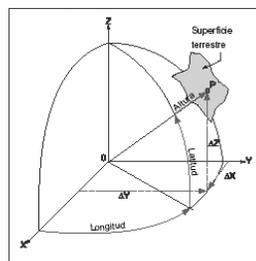


Fuente: Jorge Franco Rey

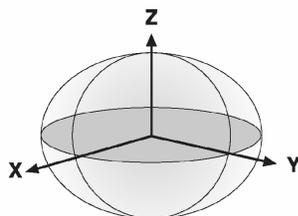
## LOS SISTEMAS DE REFERENCIA DE COORDENADAS (CRS)

**Definición:** la posición de un punto se expresa con un **sistema de coordenadas** en relación a un **sistema de referencia geodésico**. En la norma ISO 19111 se define un Sistema de Referencia de Coordenadas como un sistema de coordenadas que está referido a la Tierra a través de un Datum geodésico.

El sistema de referencia geodésico suele adoptar la forma de un **elipsoide** de revolución como superficie de referencia. Asociado a dicho elipsoide se establece un **sistema de coordenadas cartesianas** de tres ejes mutuamente perpendiculares con origen en el centro del elipsoide, eje Z coincidente con el eje de revolución y eje X con el meridiano origen (Greenwich) (el eje Y es perpendicular a los dos anteriores).



Todo sistema de referencia geodésico incluye un **DATUM geodésico** o sistema de parámetros que definen la relación entre su sistema de coordenadas cartesianas tridimensionales y la Tierra (es decir, su posición en relación a la Tierra). Los Datums se definen y materializan en el terreno por un Marco de Referencia Geodésico. En España el datum ETRS89 utiliza la red REGENTE, como parte integrante del ITRS para la época 1989.0



### DATUM: TIPOS

- GLOBALES O GEOCÉNTRICOS
- LOCALES.

File Edit Document Tools View Window Help

161% 143 of 172 8,26 x 11,69 in

### Datums y conversión de datums

- ◆ Un sistema de referencia para medir posiciones en la superficie de la tierra

Datum local (NAD27)  
Elipsoide CLARKE 1866

Rancho Meades  
Kansas

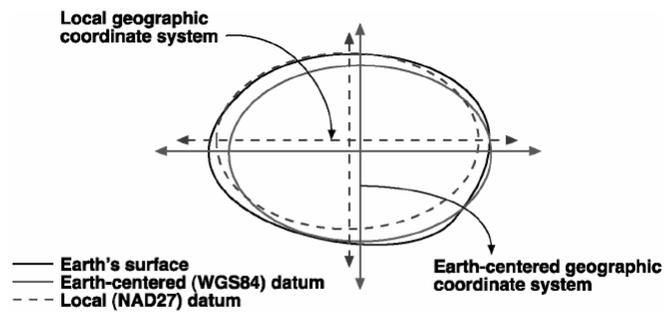
Datum global (NAD83)  
Elipsoide GRS80

Superficie de la tierra

- ◆ Las mediciones son referenciadas a un origen geodésico y a un elipsoide utilizado para representar la forma tridimensional de la tierra

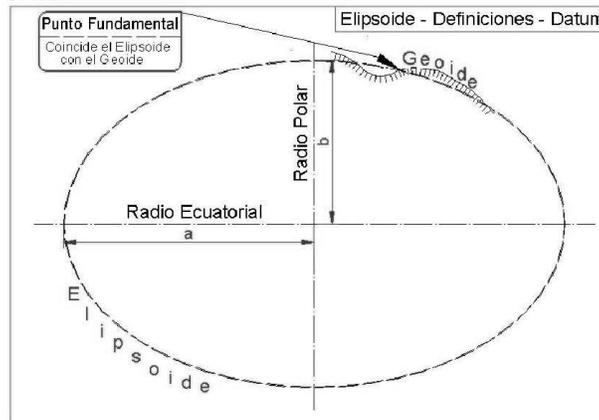
Copyright © 2000, 2001 ESRI. Todos los derechos reservados. Introducción a ArcGIS para ArcView, Editor y ArcInfo (I) 1-143

## DATUM: LOCAL Y GLOBAL



# Datum Locales

Para trasladar la posición de un punto sobre el geoide al elipsoide de referencia se parte de un punto en el que el elipsoide y el geoide coinciden, llamado Punto Fundamental



## El Datum

La cartografía básica española ha estado referida inicialmente al Sistema Geodésico:

### **D\_Madrid 1870**

Elipsoide de referencia: **Struve 1860**

**a:** 6378298,2999999998 m

**f:** 1/294,73

Origen Longitudes: **Meridiano de Madrid (-31°, 41', 16.582'')**

# El Datum

En 1970, España adoptó el sistema geodésico europeo:

## European Datum – 1950 (ED-50)

**Elipsoide Hayford** (Internacional 1924)

a: 6378388 m

f: 1/297

Origen Longitudes: meridiano de **Greenwich**

Punto Fundamental: **Postdam**

52°22'51.446"N 13°03'58.741"E

# El Datum

Desde el lanzamiento de los primeros satélites se han desarrollado varios Datum globales. Entre ellos el mas utilizado es el que sirve de referencia para los sistemas de posicionamiento GPS

## D\_WGS\_1984

**Elipsoide GRS\_1980**

a: 6378137 m

f: 298,25722356300003

Origen Longitudes: meridiano de **Greenwich**

# El Datum

El *REAL DECRETO 1071/2007* estableció el nuevo sistema geodésico (Datum global o geocéntrico) para España

## ETRS89

### Elipsoide GRS\_1980

a: 6378137 m

f: 298,25722210100002

Origen Longitudes: meridiano de **Greenwich**

La diferencias entre ETS89 Y WGS84 son practicamente despreciables (de orden métrico) para aplicaciones cartográficas a escalas medias y pequeñas.

## Forma de la Tierra: conclusión

Tres modelos de la forma de la Tierra, progresivamente más complejos y más realistas:

- Esfera
  - Elipsoide
  - Geoide
- } Aplicaciones cartográficas (posición x,y) dependiendo de la escala
- Esencial para la variable "z": altura (Datum altimétrico)

Los tres tienen su aplicación en cartografía, en función de la precisión requerida.

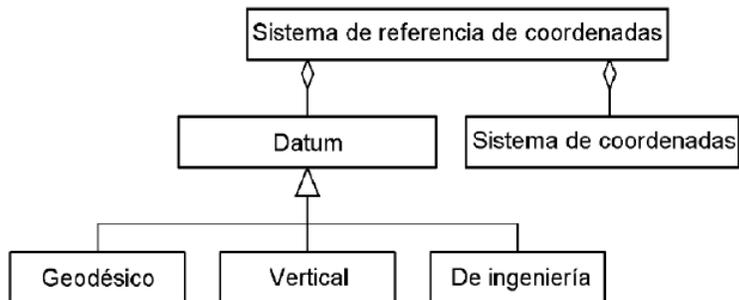
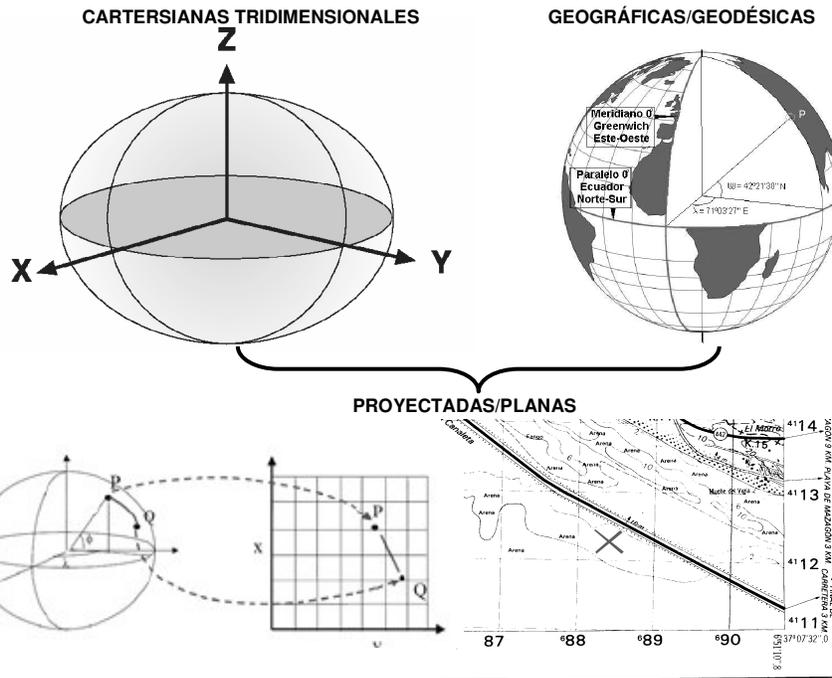
# Sistemas de coordenadas

Permiten establecer de **forma unívoca** la posición que ocupa cada objeto en la superficie terrestre.

Se basan en una serie de puntos cuya posición absoluta es conocida, a partir de los cuales se establece la posición de los demás mediante indicaciones de dirección y distancia.

## TIPOS:

- Cartesianas tridimensionales X,Y,Z (las del sistema de referencia geodésico)
- Geodésicas/geográficas/elipsólicas, (longitud, latitud),
- Proyectadas (planas x,y). Establecidas a partir de la proyección de la superficie de referencia en un plano (proyecciones cartográficas).

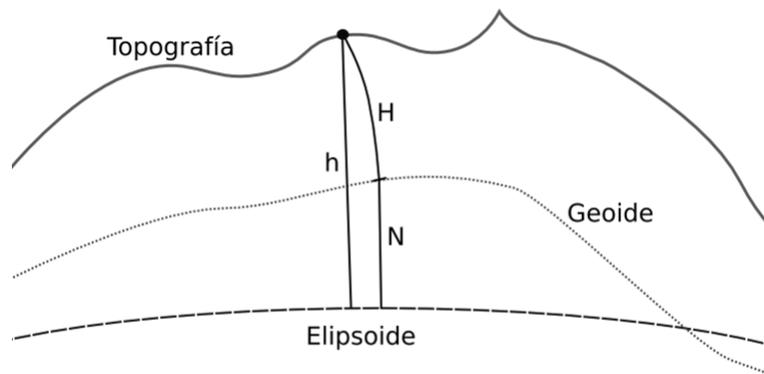


## PECULIARIDADES DE LA COORDENADA “ALTITUD”

Aunque se trata de una coordenada muy utilizada (la altitud), desde la perspectiva de su utilización cartográfica y en entornos SIG, es necesario distinguir entre:

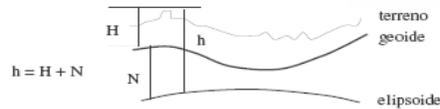
**Altitud ortométrica:** tiene como superficie de referencia la superficie del geoide (Datum altimétrico), equivalente a la altitud sobre el nivel del mar. Se obtiene por técnicas de nivelación y son las presentes en los mapas topográficos y las utilizadas en el lenguaje coloquial.

**Altitud elipsoidal:** tiene como referencia la superficie del elipsoide. La altitud que se obtiene con técnicas de posicionamiento global (GPS) son alturas elipsóicas (sobre el elipsoide del sistema geodésico WGS\_84)



En la figura anterior,  $h$  es la altura de un punto con respecto al elipsoide (*altura elipsoidal*),  $N$  es la altura del geoide respecto al elipsoide (*ondulación del geoide*) y  $H$  es la altura del punto con respecto al geoide (llamada *altura ortométrica*). Todos estos conceptos serán explicados con mayor detalle en el apartado 3: La altitud, una coordenada muy especial.

Para poder transformar las alturas elipsóicas (GPS) a alturas ortométricas, es necesario conocer la “ondulación del geoide” (diferencia –positiva o negativa- entre la superficie del elipsoide y del geoide). Como ambas superficies no son paralelas, estas diferencias cambian en cada punto (pueden llegar a 10cm/km).

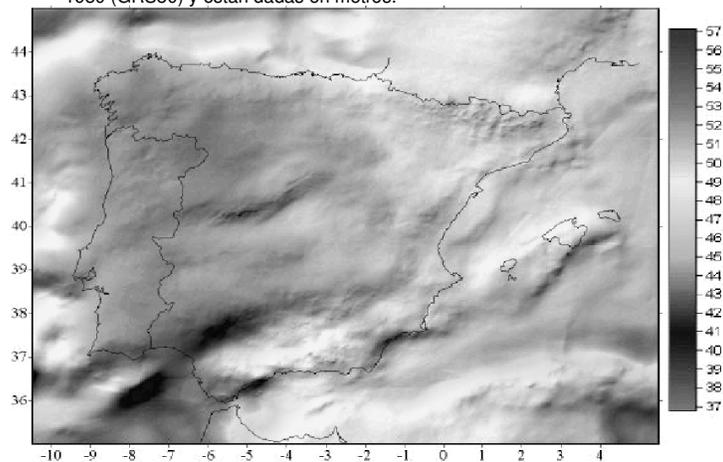


En España el Datum altimétrico se materializa mediante clavos de la Red Nivelación que proporcionan las alturas ortométricas referidas al **nivel medio del mar en Alicante**, calculado a partir de los datos de su mareógrafo.

La Red de Nivelación de Alta Precisión NAP, es un conjunto de puntos perfectamente localizados y analizados en el terreno, de los que se ha obtenido la tercera coordenada, H, a partir de nivelación geométrica de precisión y medidas de gravedad.

**Corchete V.**, Chourak M. and Khattach D., 2005.  
*The high-resolution gravimetric geoid of Iberia: IGG2005.*  
 Geophys. J. Int., 162, 676–684.

Las alturas del geoide se refieren al Sistema Geodésico de Referencia 1980 (GRS80) y están dadas en metros.



[http://airy.ual.es/www/igg\\_spanish.htm](http://airy.ual.es/www/igg_spanish.htm)

**1.- INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE REFERENCIA ESPACIAL:  
COORDENADAS, DATUM Y PROYECCIONES**

Forma de la Tierra: geoide, elipsoide, El Datum, Sistemas de coordenadas

Coordenadas esféricas y geográficas, elipsódicas o geodésicas

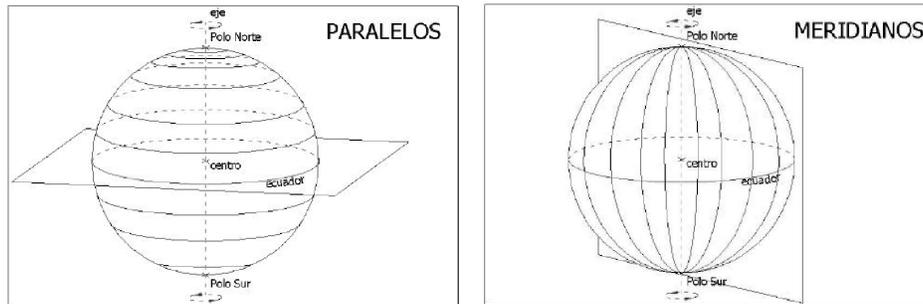
Proyecciones cartográficas: coordenadas proyectadas/planas

Coordenadas planas: el sistema UTM

## Coordenadas geográficas o geodésicas o elipsódicas

- Se apoya en una serie de puntos identificables sobre la superficie terrestre:
  - Polos N y S
  - Ecuador
- Sobre estos puntos se construye la RED GEOGRÁFICA (formada por paralelos y meridianos)

# Red geográfica



## Coordenadas geográficas

La expresión de la posición de un punto de la superficie terrestre requiere la determinación de la distancia a la que se encuentra del Ecuador en la dirección N-S (**LATITUD**) y la distancia a la que se encuentra de un meridiano de referencia en la dirección E-W (**LONGITUD**)

## Coordenadas geográficas: latitud

**Arco de meridiano, medido en grados sexagesimales, entre un punto y el Ecuador.**

Oscila entre  $0^{\circ}$ N (ó S) en el Ecuador y  $90^{\circ}$  N o S (Polos Norte y Sur).



## Coordenadas geográficas: longitud

**Arco de paralelo, medido en grados sexagesimales, entre un punto y el meridiano principal o de referencia por el camino más corto.**

Desde 1884 se utiliza como meridiano de referencia a nivel mundial el que pasa por el Observatorio Real de **Greenwich**, cerca de Londres.

Oscila entre los  $0^{\circ}$  E (u W) en el Meridiano de Greenwich y los  $180^{\circ}$  E (u W) en su antimeridiano.



# Coordenadas geográficas

Al designar las coordenadas de un punto, primero se indica la latitud y después la longitud.

Por ejemplo, la coordenada geográfica del punto P es:

**42°21'30"N 71°03'27"E**

A veces, las latitudes sur y las longitudes oeste se indican mediante números negativos y a veces se dan en **grados decimales.**

(P: **42.3583 ; 71.0575** )



Fuente: Ignacio Alonso Fernández-Coppel