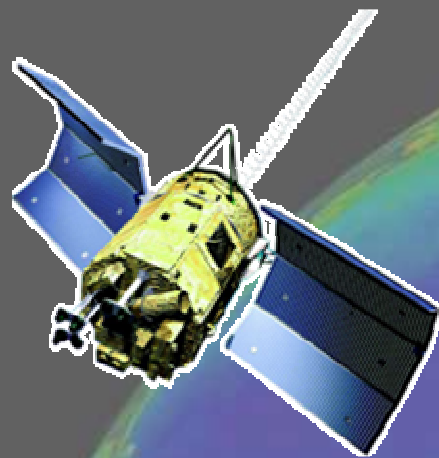




IV Escuela Internacional de Entrenamiento  
Avanzado en Epidemiología Panorámica

# NOCIONES DE CARTOGRAFÍA Correcciones Geométricas



Instituto Gulich

Comisión Nacional de Actividades Espaciales



# ***NOCIONES DE CARTOGRAFÍA***

**SISTEMAS DE PROYECCIÓN**

**UNA CLASIFICACIÓN DE PROYECCIONES**

**PROYECCIONES AZIMUTALES, CÒNICAS Y CILÍNDRICAS**

**PROYECCION GAUSS-KRUGER**

**CARTOGRAFÍA BÁSICA**

# NOCIONES SOBRE PROYECCIONES CARTOGRAFICAS

- Proyección cartográfica es una representación plana de la superficie total de la Tierra o parte de ella.
- Entre las coordenadas que determinan la posición relativa de los puntos de la superficie terrestre y las que definen la situación de los correspondientes puntos en la carta, existen relaciones analíticas que caracterizan los distintos tipos de proyección.
- A los efectos de la proyección cartográfica se considera generalmente a la superficie terrestre dividida por la red geográfica de sus meridianos y paralelos.
- La primera tarea consiste entonces en obtener la imagen de esa red a la cual se refieren los detalles del terreno.

## **SISTEMAS DE PROYECCION**

**Como la superficie terrestre no es desarrollable sobre un plano, las figuras de la carta serán siempre imágenes deformadas de las correspondientes figuras del terreno.**

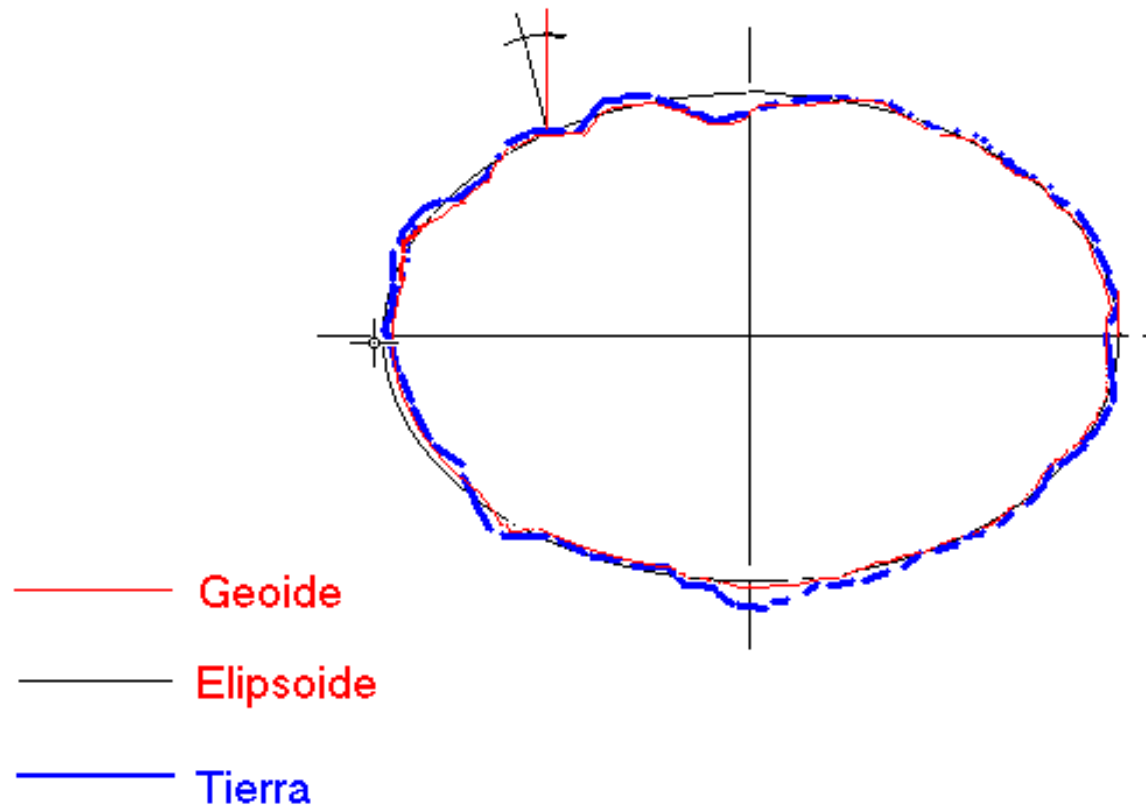
**Los sistemas de proyección se comportan de diverso modo y depende del destino de las cartas a la preferencia por uno que conserve mas bien los ángulos que las áreas, o bien que satisfaga condiciones especiales.**

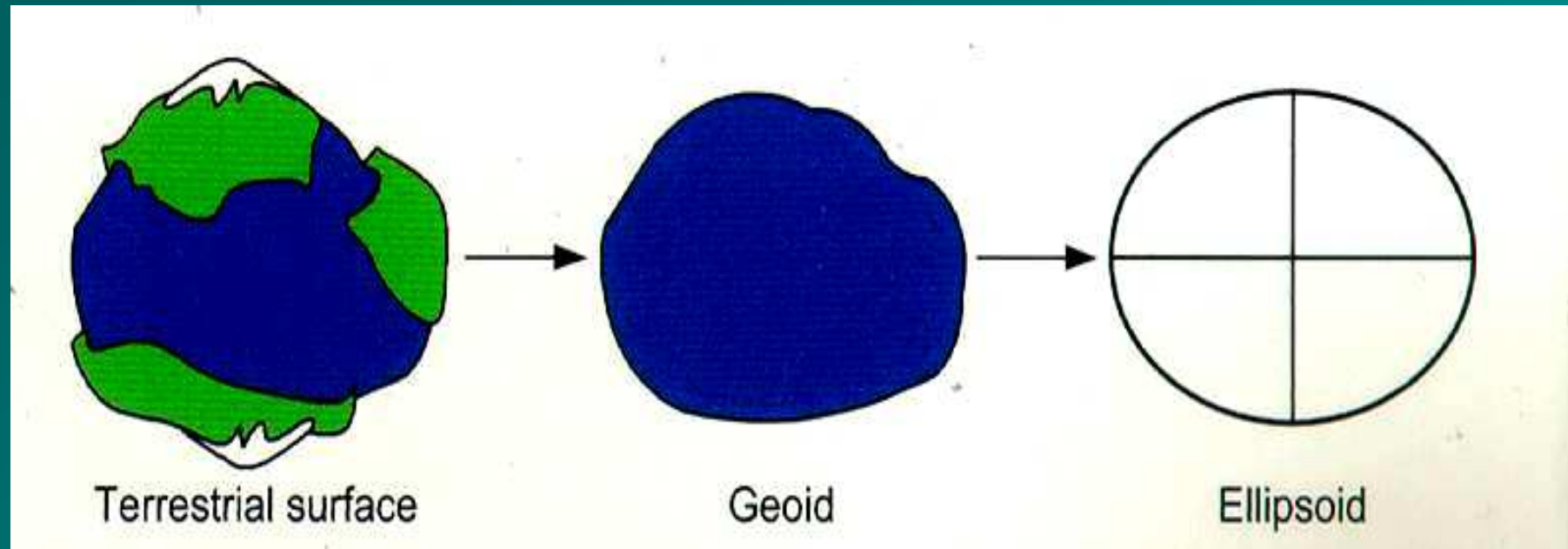
**De una manera general puede decirse que las deformaciones aumentan con la distancia al punto o línea de contacto entre la superficie terrestre y el plano o la superficie auxiliar de proyección.**

**Por tanto al elegir un sistema de proyección resulta de interés considerar el tamaño y la dirección de mayor amplitud del territorio a representar.**

# Geoide – Elipsoide - Tierra

Desviación de la Vertical

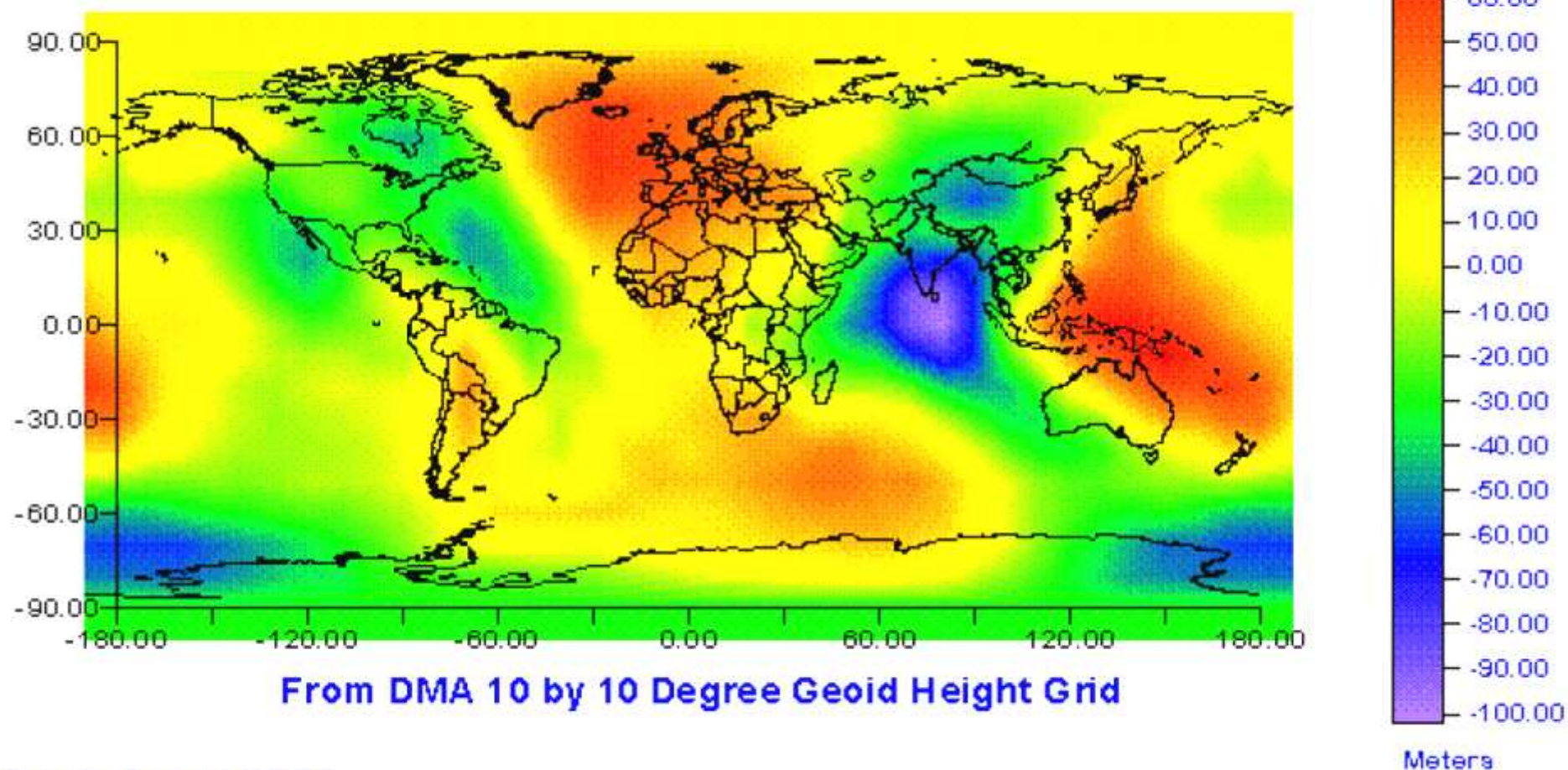




**Secuencia de aproximaciones a la forma de la Tierra**

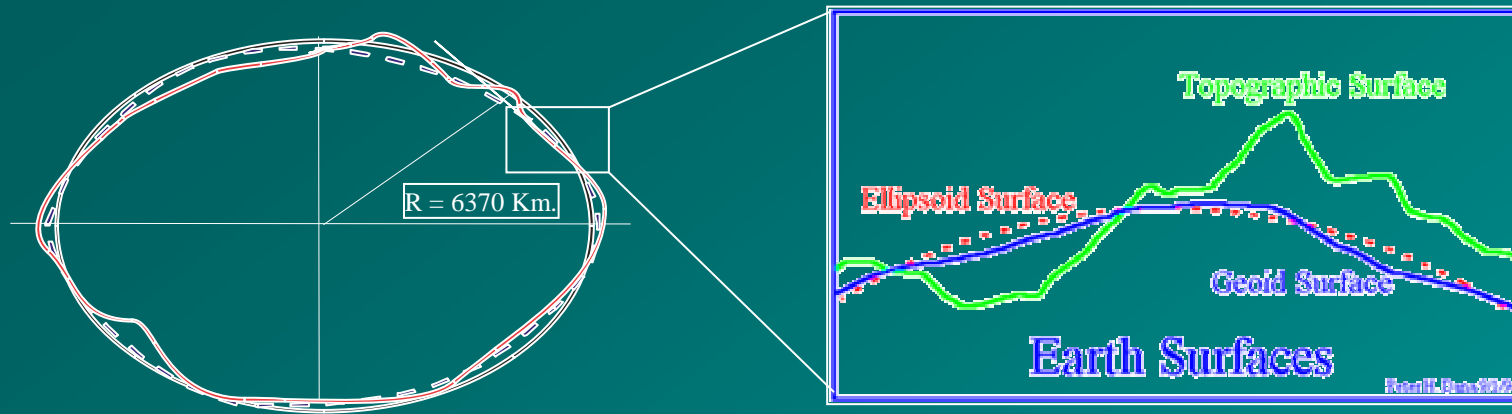
Alturas del geode

## WGS-84 Geoid Height



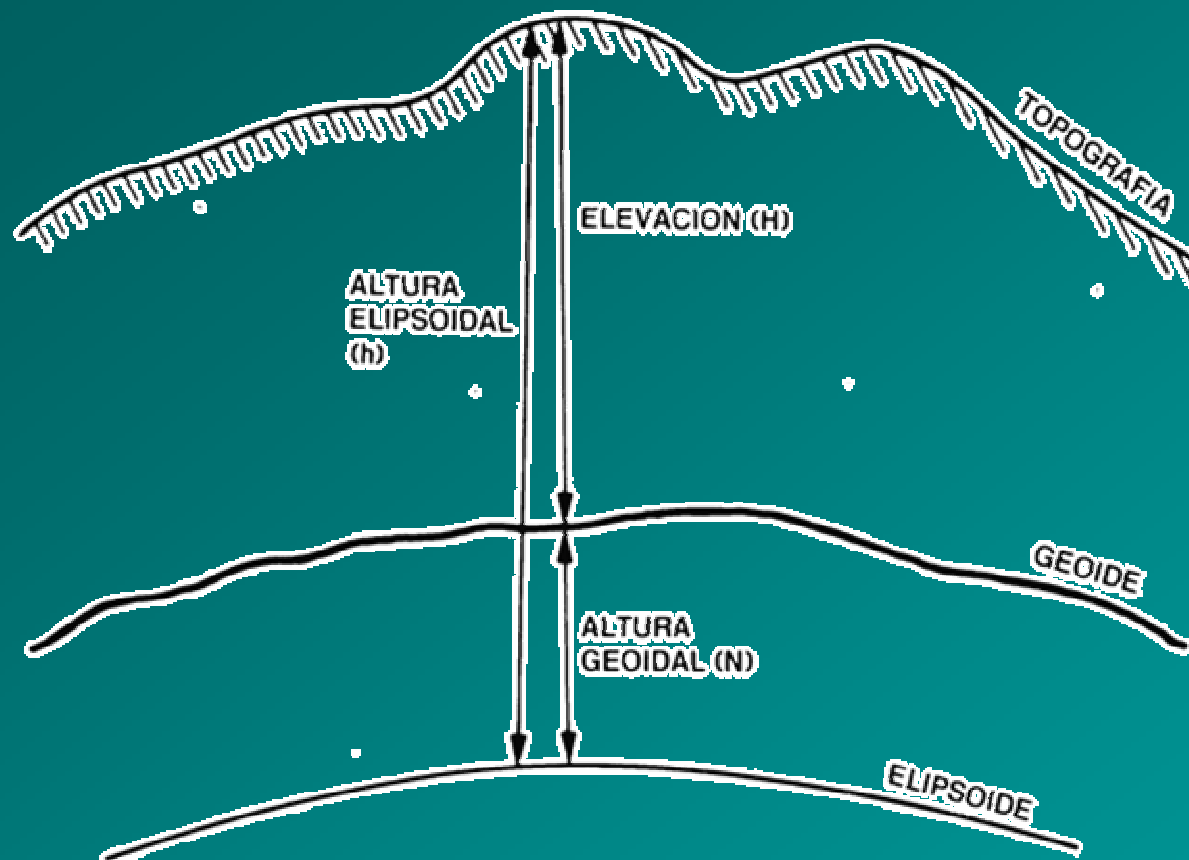
Peter H. Dana 11/05/95

## Tierra, elipsoide y geoide



- **Geoide:** superficie equipotencial que coincide aproximadamente con el nivel medio del océano
- **Elipsoide:** modelo matemático de una superficie que se ajusta a la superficie del geoide
  - **Parámetros:**
    - Semiejes  $a$  y  $b$
    - Coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$  con respecto al centro de masa de la Tierra

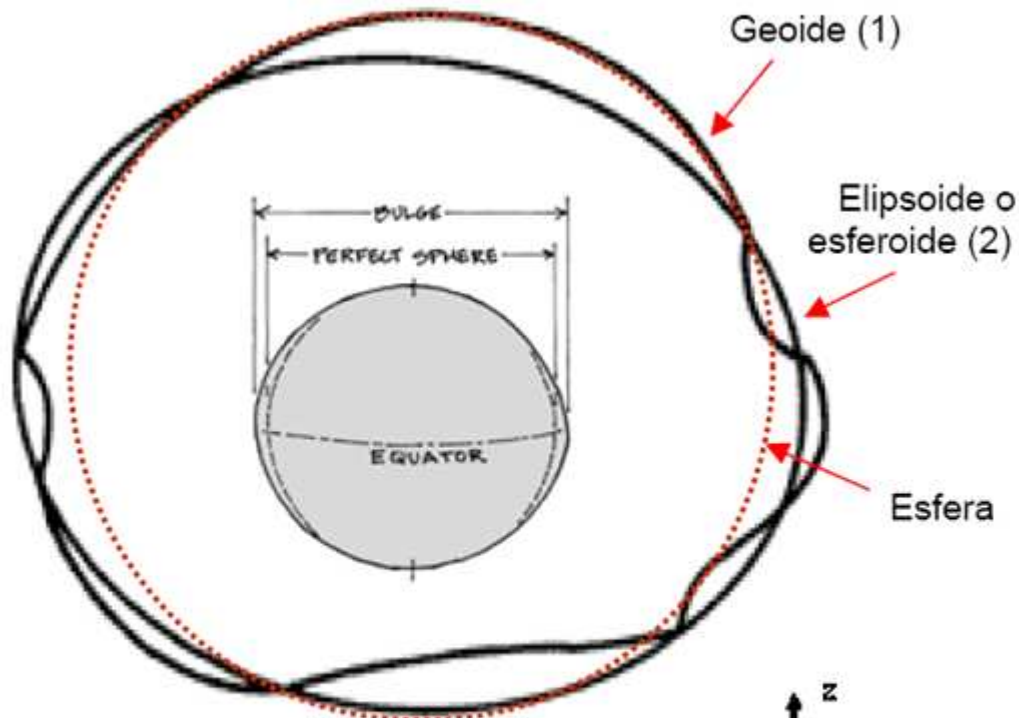




$$h = H + N$$

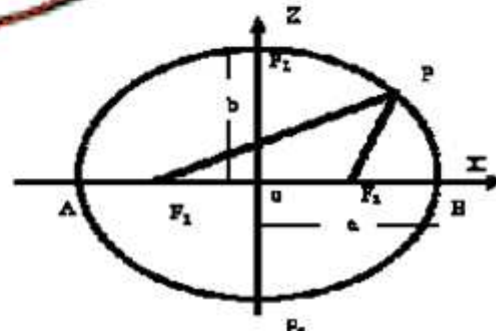
• : **Altura Elipsoidal, Elevación y Altura Geoidal**

## Problemas



Representación esquemática exagerada de la diferencia entre geode y elipsoide

Para cada proyección debe definirse un elipsoide!

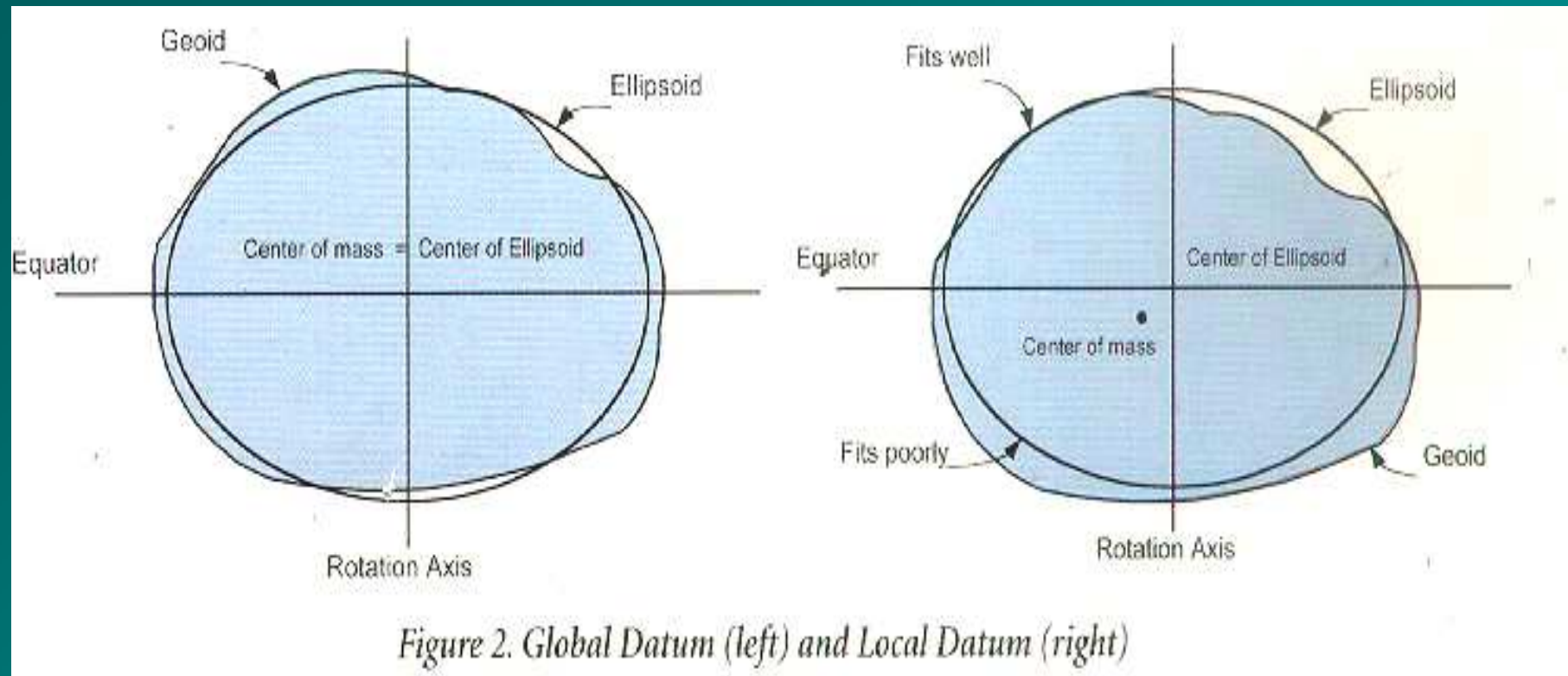


- La Tierra es un cuerpo geométrico irregular denominado geode. El geode es la superficie definida por el nivel de los océanos y su continuación a través de los continentes por canales imaginarios que los cortan. El problema de determinar la forma de la Tierra consiste en expresar matemáticamente la figura del geode. Esto se logra por medio de la suma de varios términos, llamados armónicos, que contribuyen en proporciones diversas a conformar la figura del geode.

- Debido a estas irregularidades de la Tierra suelen utilizarse *modelos* de la forma de la Tierra denominados esferoides o elipsoides de referencia. Se trata de una esfera achatada por los polos resultado de la revolución de una elipse. El achatamiento del esferoide se define mediante un coeficiente como

$$f = (a - b) / a$$

donde a y b son las longitudes del eje mayor y menor respectivamente. El achatamiento real es aproximadamente de 1/300. Alterando los valores de estos coeficientes se obtienen diferentes esferoides. La razón de tener diferentes esferoides es que cada uno se ajusta especialmente bien a la forma del geode en diferentes partes de la Tierra



**Maneras de aproximarse en diferentes lugares con el elipsoide a la forma de la Tierra**

# Datos referenciados espacialmente

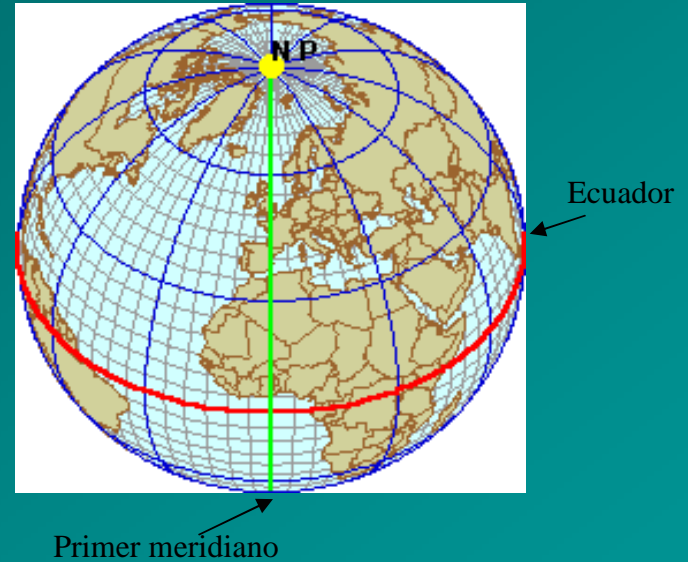
(x,y,z,t)

## Proyecciones

### 1) Sistemas de Coordenadas Esféricas (geográfico Lat – Long )

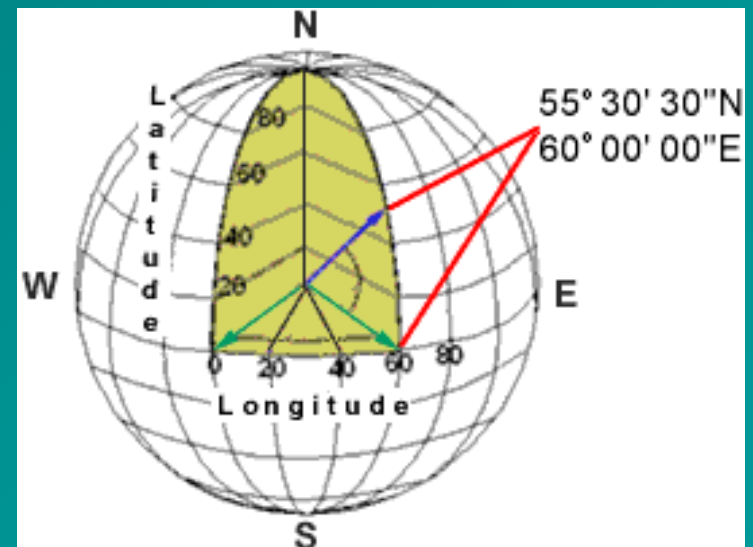
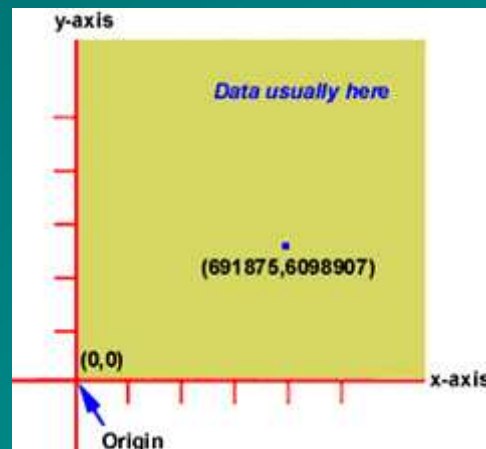
Transformaciones matemáticas de una esfera a un plano  
Locaciones en un SCE son medidas en grados de latitud y longitud.

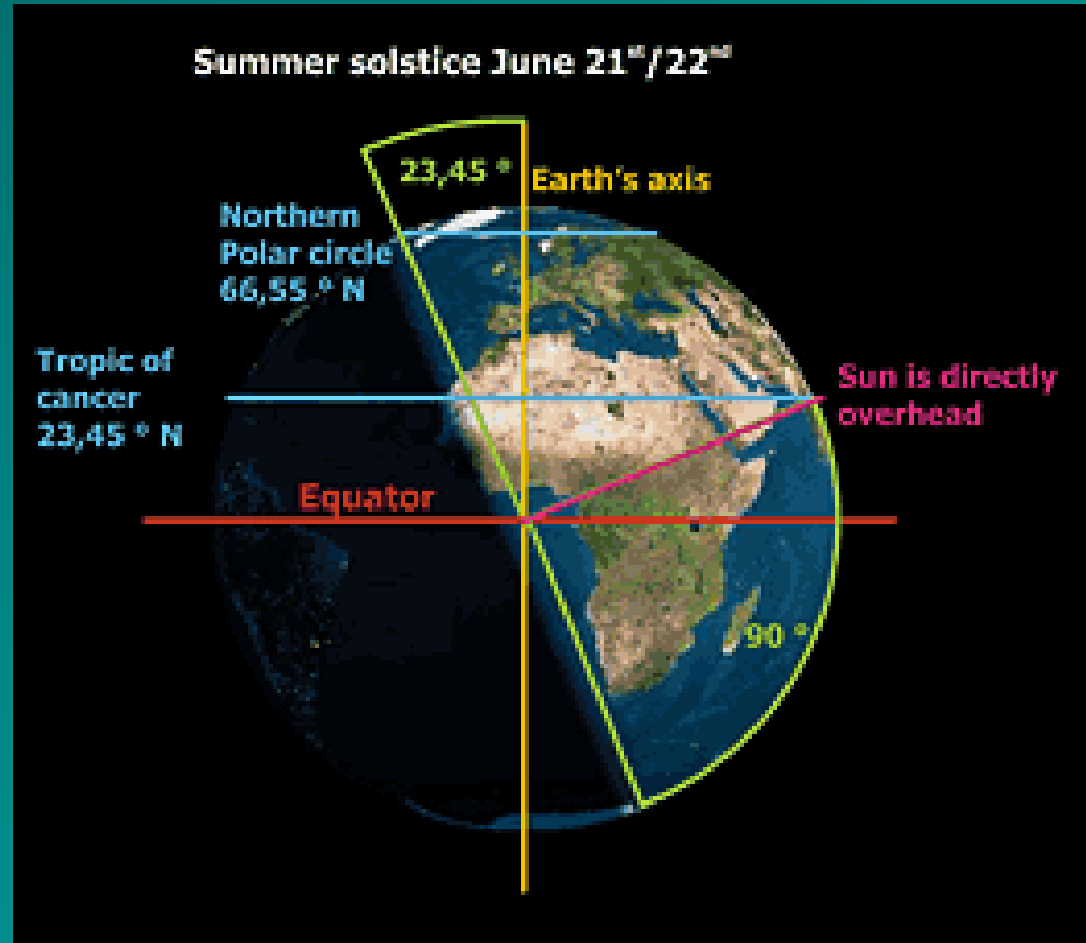
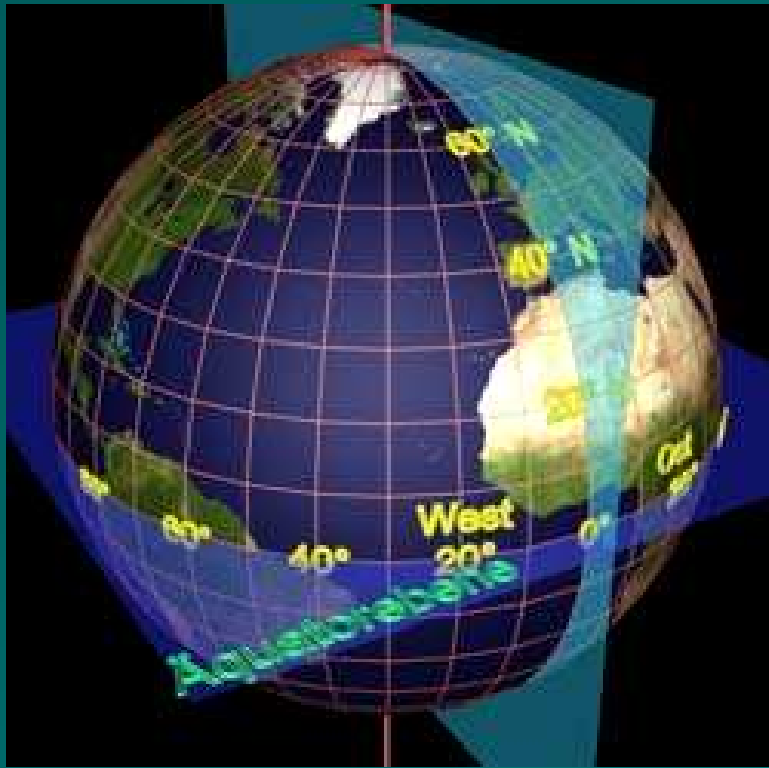
**Unidades:** **gms** (dms), **gd** (dd = g + m/60 + s/3600)



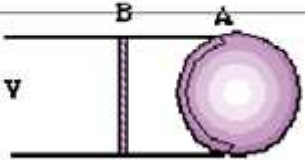
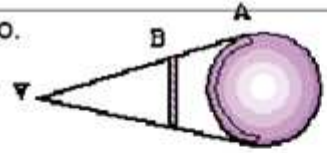
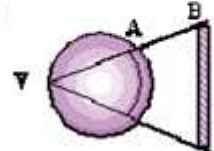
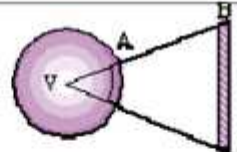
### 2) Sistemas de Coordenadas Planas

Sistema bidimensional sobre una superficie plana.





## Clasificación de Proyecciones

<b>POR DESARROLLO</b> Se proyecta la esfera sobre una superficie desarrollable que puede ser tangente o secante a la esfera.	<b>CONICAS</b>	Punto de vista en el centro de la esfera. El plano de proyección es un cono tangente o secante a la esfera.	
	<b>CILINDRICAS</b>	Punto de vista en el centro de la esfera. El plano de proyección es un cilindro tangente a la esfera a lo largo de un círculo máximo.	
<b>ACIMUTALES</b> Toda la superficie se proyecta sobre un único plano de proyección.	<b>ORTOGRÁFICAS</b>	Punto de vista en el infinito.	
	<b>ESCENOGRÁFICAS</b>	Punto de vista en un punto propio fuera de la esfera.	
	<b>ESTEREOGRÁFICAS</b>	Punto de vista en las antípodas del punto de tangencia del plano de proyección.	
	<b>GNOMÓNICAS</b>	Punto de vista en el centro de la esfera.	
<b>POLIEDRICAS:</b> División de la superficie terrestre en trapecios esféricos. Plano de proyección tangente al punto medio del trapecio. Punto de vista o centro de proyección en el infinito.			
<b>CILINDRICAS MODIFICADAS:</b> Cilíndrica modificada de Mercator, Universal Transversa Mercator (U.T.M.), Cilíndrica equivalente			

## Estrategias de proyecciones... Superficies y "Fuentes de luz"

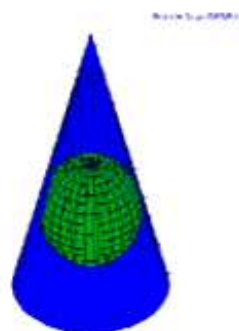
Para imaginar como se proyecta la Tierra sobre una superficie plana, puede pensarse en un haz de luz que atraviesa el globo y proyecta (de la misma manera que lo hace un proyector) la superficie terrestre sobre una superficie plana (la pantalla sobre la cual incide el proyector). De esta manera,

- Se pueden elegir diferentes superficies para ser proyectadas
- Es posible orientar las superficies de diferentes maneras sobre la superficie plana
- Es factible colocar la 'fuente de luz' en distintos lugares.

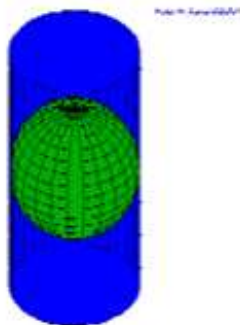
### Tipos de proyecciones en funcion de la figura geometrica a partir de la cual se generan

Las 3 figuras mas conocidas son el cilindro, el cono y el plano. En funcion de ellas se definen las proyecciones de mapa dentro de 3 grupos: **cilindricas**, **conicas**, y **planas** o **azimuthales**.

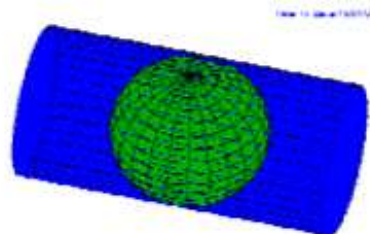
El tipo de proyeccion a ser usada dependera de la propiedad principal deseada y de la region a ser mapeada.



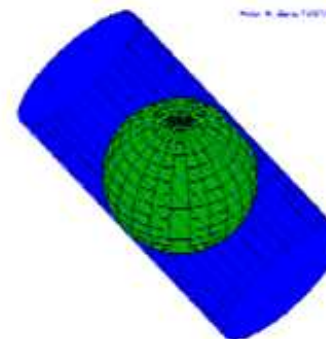
Conica



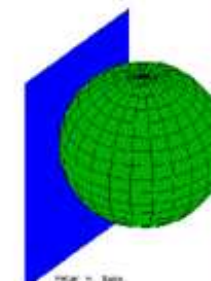
Cilindrica  
(ej: Mercator)



Cilindrica Transversa  
(ej: Transverse Mercator)



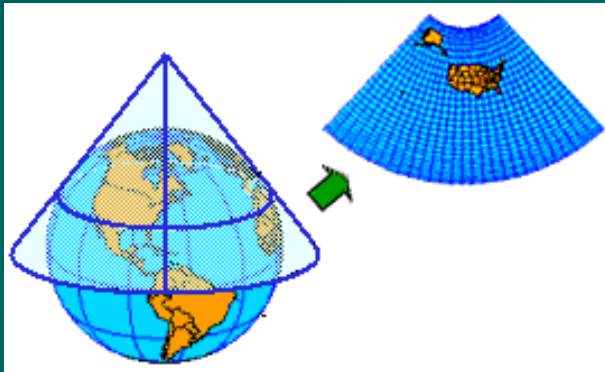
Cilindrica oblicua



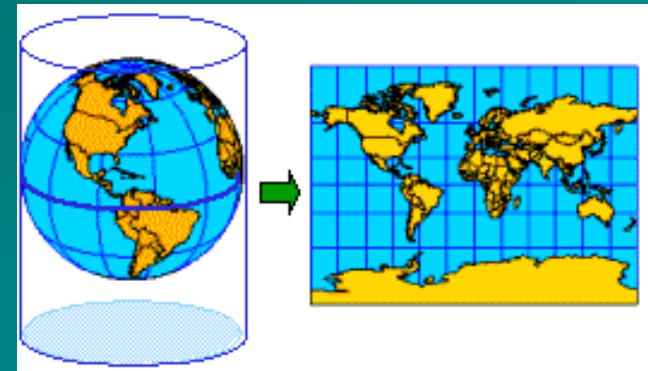
plana

# Proyecciones de un mapa

Cónica

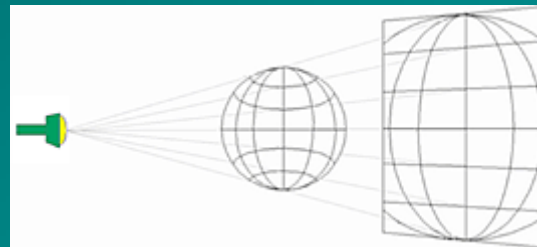
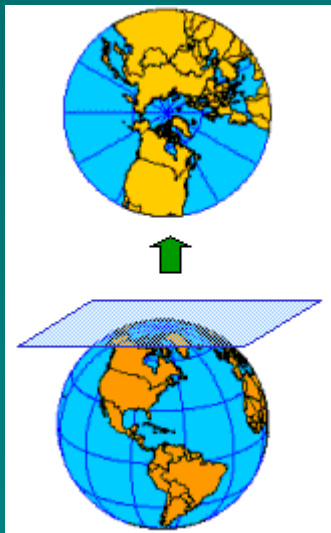


Cilíndrica

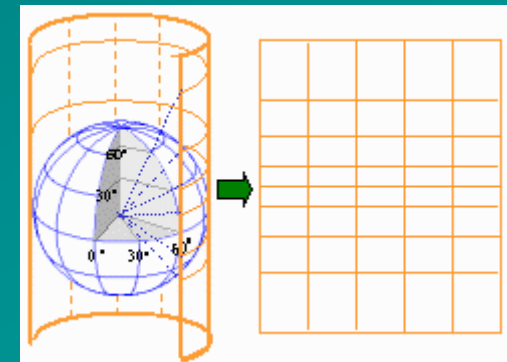


A

Plana



Transformación de una esfera a un plano usando formulas o expresiones matemáticas.



B



<p><b>Regular Azimuthal</b></p> 	<p><b>Regular Cylindrical</b></p> 	<p><b>Regular Conic</b></p> 
<p><b>Oblique Azimuthal</b></p> 	<p><b>Oblique Cylindrical</b></p> 	<p><b>Oblique Conic</b></p> 
<p><b>Transverse Azimuthal</b></p> 	<p><b>Transverse Cylindrical</b></p> 	<p><b>Transverse Conic</b></p> 

## UNA CLASIFICACION DE PROYECCIONES

Si se considera la fidelidad con que en los distintos sistemas de proyección se obtiene la representación en la carta de una pequeña figura de la superficie terrestre en lo referente a la conservación de los ángulos o de las superficies, clasifican las proyecciones en conformes, equivalentes y afilácticas.

- **CONFORMES:** Conservan los ángulos.
- **EQUIVALENTES:** Conservan las superficies.
- **AFILACTICAS:** No tienen ninguna de las propiedades anteriores.

## Desafios que una Proyeccion de Mapa debe afrontar:

**Conformalidad**\_(forma): *Deben preservar la forma de cualquier area, por mas pequena que sea. La escala del mapa debe permanecer invariante en cualquier direccion que se tome. Puede aplicarse a todo el mapa si el mapa representa areas pequenas (no es asi a lo largo de grandes extensiones como son los continentes). No se puede tener una variacion muy grande entre meridianos sin que haya distorsion, por eso se utilizan 'fajas meridianas'. Para la Argentina por ejemplo, la proyeccion 'Transverse Mercator' presenta 7 fajas, cada 3 grados de longitud.*

*Ej: Lambert Conformal Conic  
Transverse Mercator*

**Area:** *las areas en una porcion del mapa deben estar en escala con las areas de otra parte del mapa. Una proyeccion de "igual area" crea un mapa donde el area en el mapa es proporcional al area en el terreno sin importar en que parte del mapa se este posicionado. Puede ser aplicado a todo el mapa... pero distorsionando las formas para cumplir con la igualdad de area.*

*Ej: Albers Equal Area*

- Conformalidad (forma):
- Area:
- Direccion:
- Escala
- Distancia:

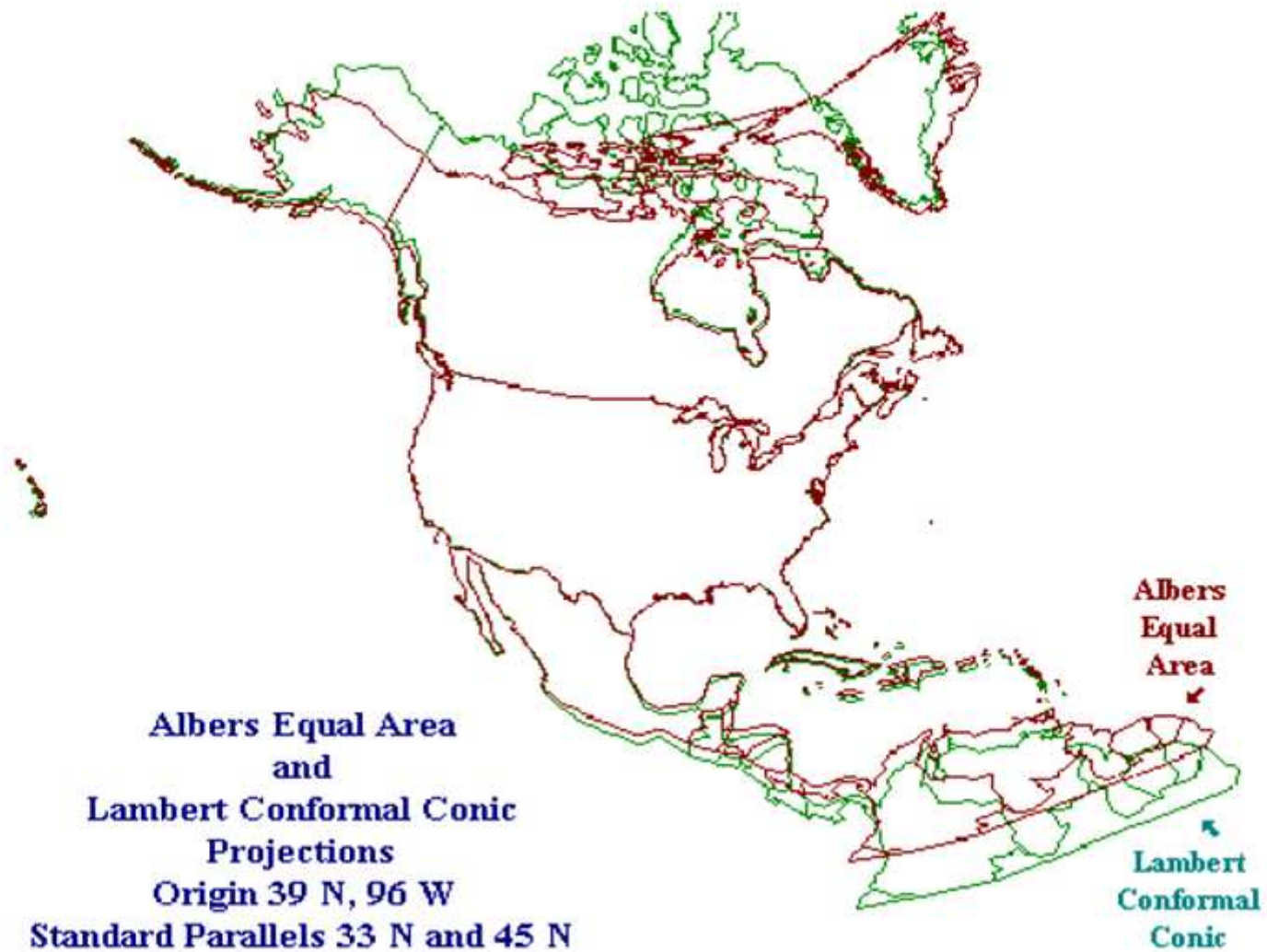
(Muchas de estas estan relacionadas unas con otras)

Peter H. Dana 9/20/94



**North America  
Lambert Conformal Conic  
Origin: 23N, 96W  
Standard Parallels: 20N, 60N**

Comparacion entre una proyeccion conforme y una de igual area



**Dirección:** Azimuths (ángulo desde un punto sobre una línea a cualquier otro punto) son correctos en todas las direcciones. Esto es imposible de realizar sobre el mapa completo, típicamente se trata de optimizar sobre el área de interés o a lo largo de ciertas líneas.

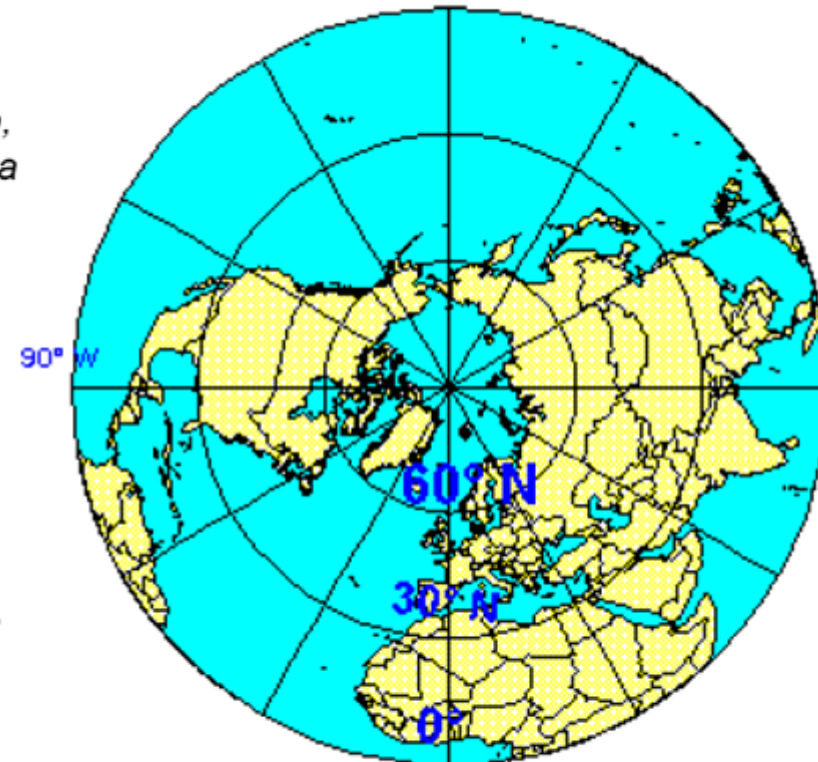
*Ej: Proyecciones de igual azimuth*

**Escala y Distancia:** La distancia es precisa cuando es medida desde uno o pocos puntos a todos los demás puntos. No puede ser universal, nunca funciona para mediciones de distancia desde todos los puntos a todos los puntos.

*Ej: Proyecciones Equidistantes*

## Equidistante Azimuthal

Peter H. Dana 9/20/94



## Azimuthal Equidistant

### Comparacion entre las propiedades de los distintos tipos de Proyecciones:

	Igual Area	Equidistantes	Azimuthales	Conformes
Igual Area	--	No	Si	No
Equidistantes (Escala y Distancia)	No	--	Si	No
Azimuthales (Direccion)	Si	Si	--	Si
Conformes (Igual forma)	No	No	Si	--

#### En resumen...

•Sin importar que tipo de proyeccion se esta usando, es inevitable que algun tipo de error o distorsion ocurra al transformar la superficie esferica en plana. Todas las proyecciones pueden preservar características de interes (ej: distancia, forma, area), pero siempre a expensas de otras características.

•El usuario debe decidir que proyeccion usar en funcion de los objetivos del trabajo

# Proyección azimutal Equal Area de Lambert.

$$x = k' \cos \phi \sin(\lambda - \lambda_0)$$

$$y = k' [\cos \phi_1 \sin \phi - \sin \phi_1 \cos \phi \cos(\lambda - \lambda_0)],$$

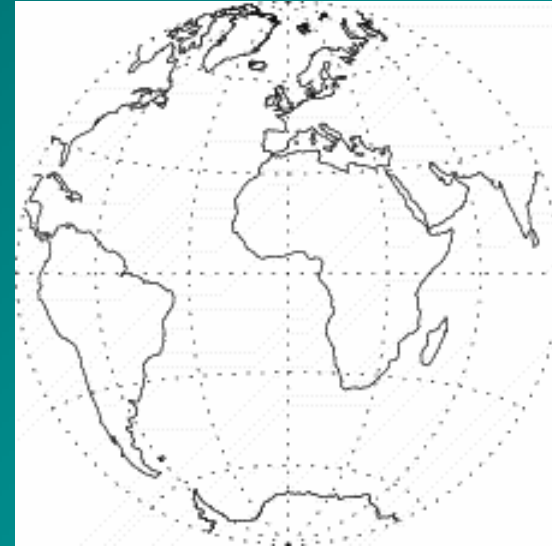
donde

$$k' = \sqrt{\frac{2}{1 + \sin \phi_1 \sin \phi + \cos \phi_1 \cos \phi \cos(\lambda - \lambda_0)}}.$$

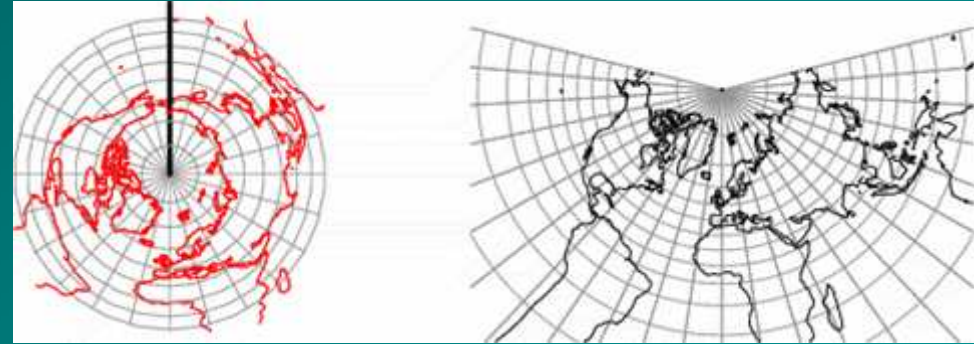
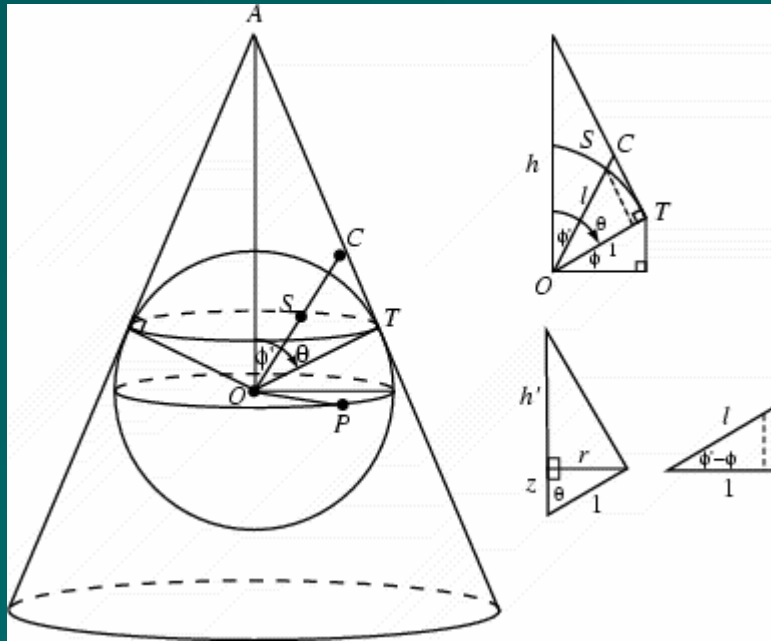
Transformación inversa

$$\phi = \sin^{-1} \left( \cos c \sin \phi_1 + \frac{y \sin c \cos \phi_1}{\rho} \right)$$

$$\lambda = \lambda_0 + \tan^{-1} \left( \frac{x \sin c}{\rho \cos \phi_1 \cos c - y \sin \phi_1 \sin c} \right),$$



# Proyección Cónica



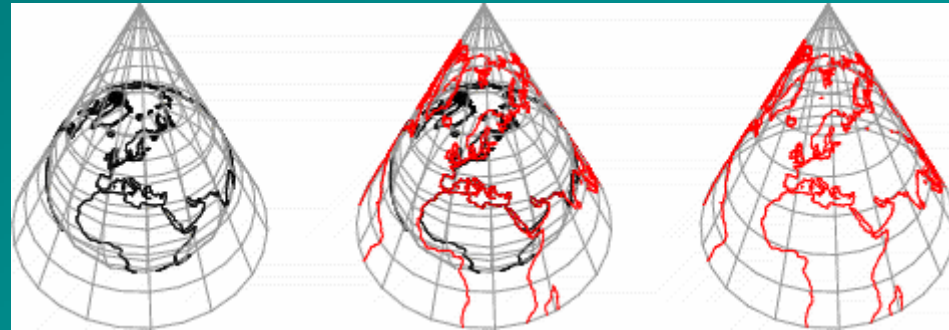
$$\theta = \sec^{-1} h,$$

$$r = \sin \theta = \frac{\sqrt{h^2 - 1}}{h}$$

$$z = \cos \theta = \frac{1}{h}.$$

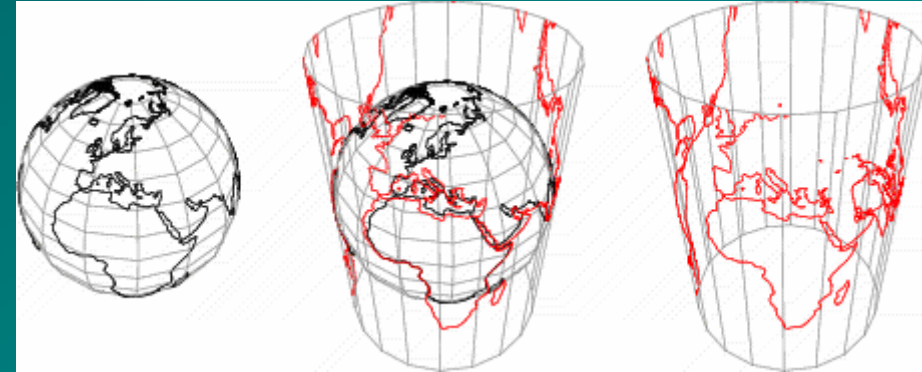
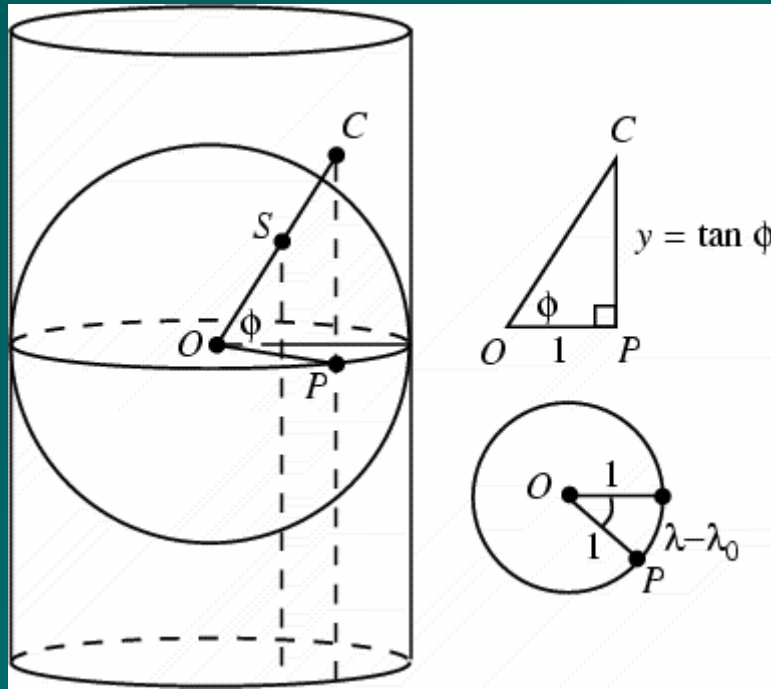
$$x = \csc(\sec^{-1} h + \phi) \cos \phi \sin \left( \frac{\lambda}{\sqrt{h^2 - 1}} \right)$$

$$y = \csc(\sec^{-1} h + \phi) \cos \phi \cos \left( \frac{\lambda}{\sqrt{h^2 - 1}} \right).$$





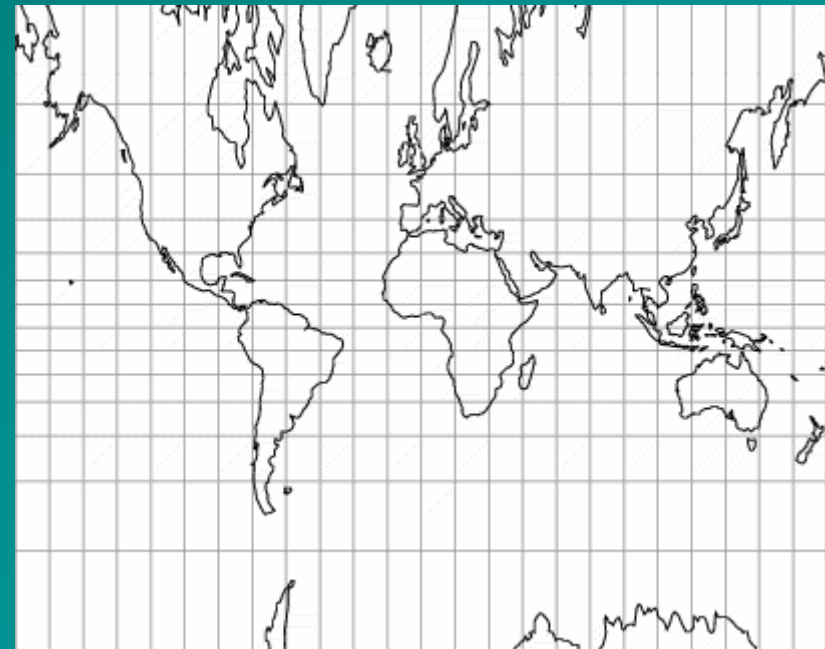
# Proyección Cilíndrica



$$\begin{array}{l} x = \lambda - \lambda_0 \\ y = \tan \phi. \end{array}$$

En la Mercator, en lugar de  $\tan \phi$

$$y = \ln\left[\tan\left(\frac{1}{4}\pi + \frac{1}{2}\phi\right)\right]$$



## Volviendo a las Proyecciones... cual elegir ?

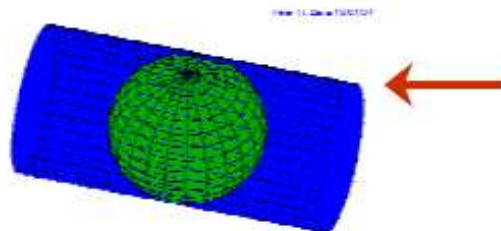
Dependiendo de las aplicaciones para las cuales se usaran los mapas que se decide crear, se podran usar algunas o muchas proyecciones de mapas. Los factores de peso a considerar al seleccionar un tipo de proyeccion son:

- *Tipo de mapa*
- *Propiedades especiales que deben preservarse*
- *Tipos de datos a ser mapeados*
- *Exactitud del mapa*
- *Escala*

Si se esta mapeando una area relativamente pequena, virtualmente cualquier proyeccion de mapa servira. Si en cambio se mapean grandes areas (países enteros, continentes, y el mundo), la decision de la proyeccion se hace mas critica. En pequenas areas, la cantidad de distorsion en una proyeccion en particular es despreciable. En grandes areas, puede haber poco o nada de distorsion en el centro del mapa, pero esta se incrementa cuando uno se desplaza desde el centro hacia los bordes del mapa.

### Proyecciones para Argentina

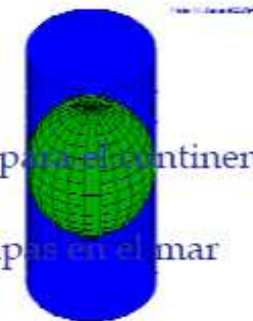
Para representar mapas de Argentina se utilizan proyecciones conformes:



Cilindrica Transversa  
(ej: Transverse Mercator)

Transverse Mercator, para el continente

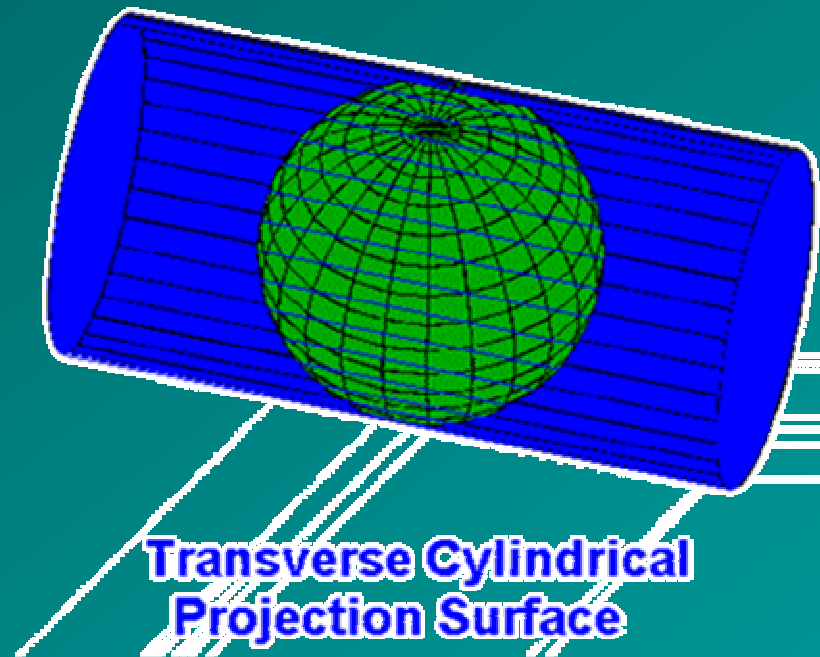
Mercator, para los mapas en el mar



Cilindrica  
(ej: Mercator)



**Gauss Karl Friederich (1777-1855)**



# Marcos de Referencia Geodésicos en Argentina

**INCHAUSPE 69** : Datum ubicado en Inchauspe (Prov. Bs. As. Referencia hasta el año 1997.

**POSGAR 94** : Posiciones Geodésicas Argentinas

127 puntos separados unos 200 Km. entre sí medidos con receptores GPS en los años 1993 y 1994.

**SIRGAS 2000** : Proyecto de densificación y y definición de un nuevo Marco de Referencia Geodésico Nacional.

# Geodesia Espacial

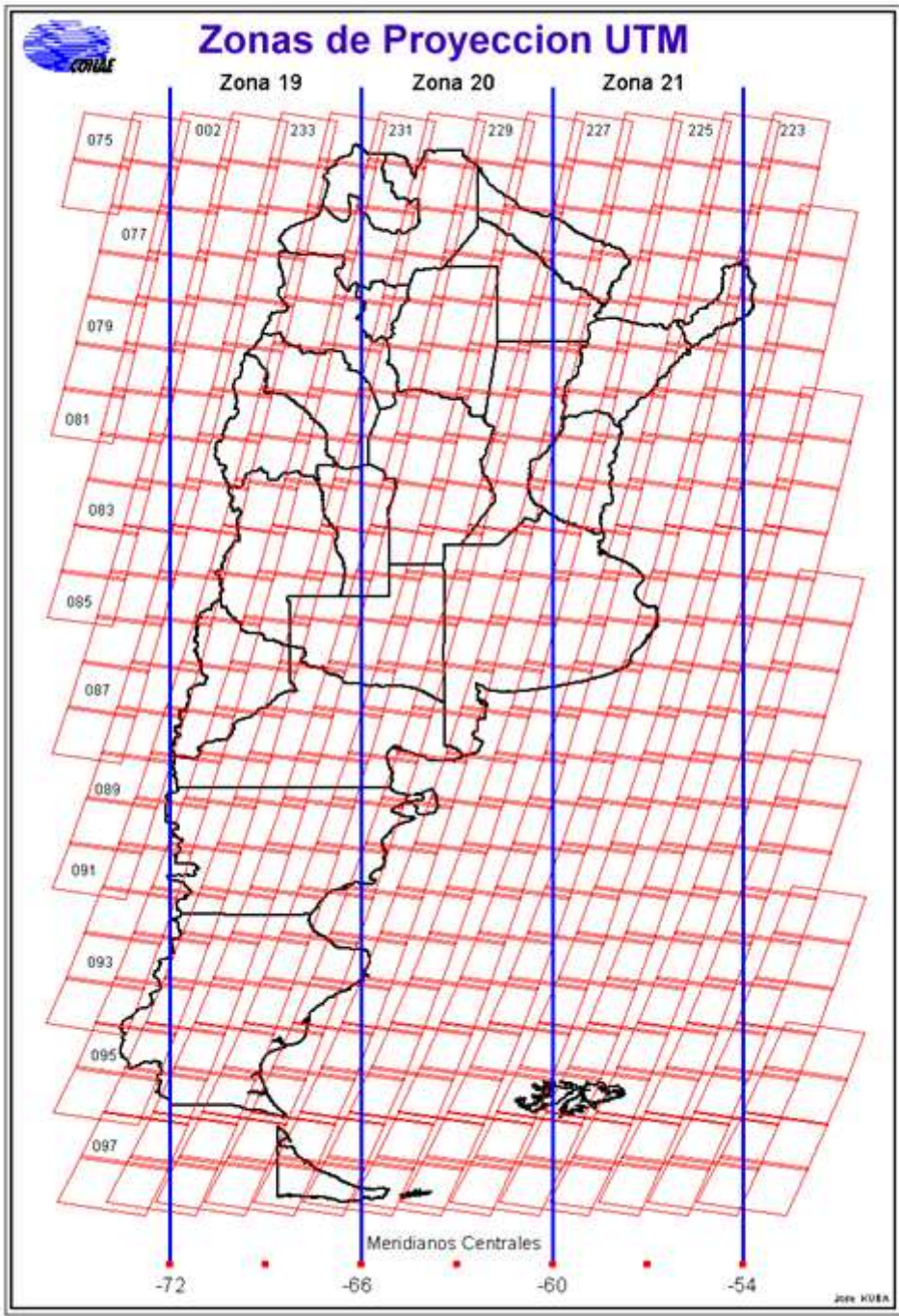
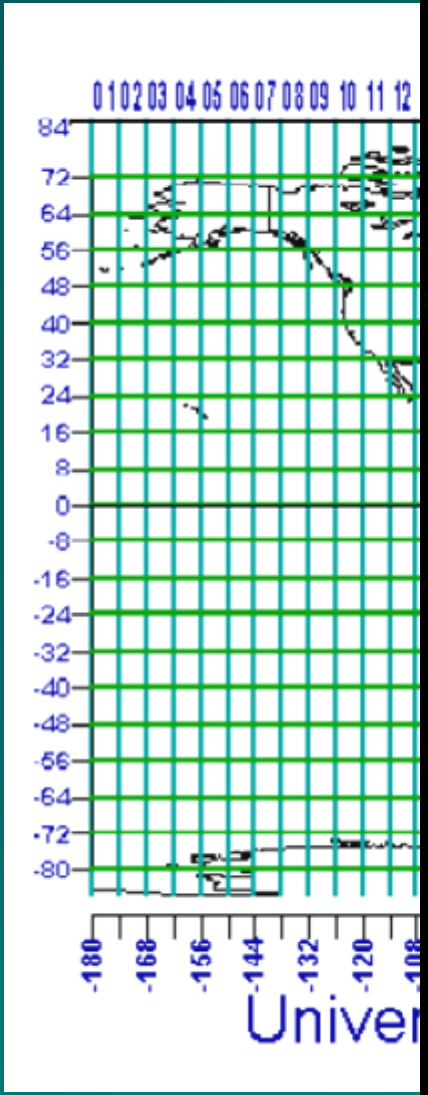
- **GPS** (Global Positioning System)

Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (**RAMSAC**)

12 Estaciones que operan permanentemente (**IGM**).

- Proyecto Asistencia al Sector Minero Argentino (**PASMA**)

2000 puntos materializados en el terreno, redes provinciales, municipales y catastrales de todo el país.



# UTM Zone Designators

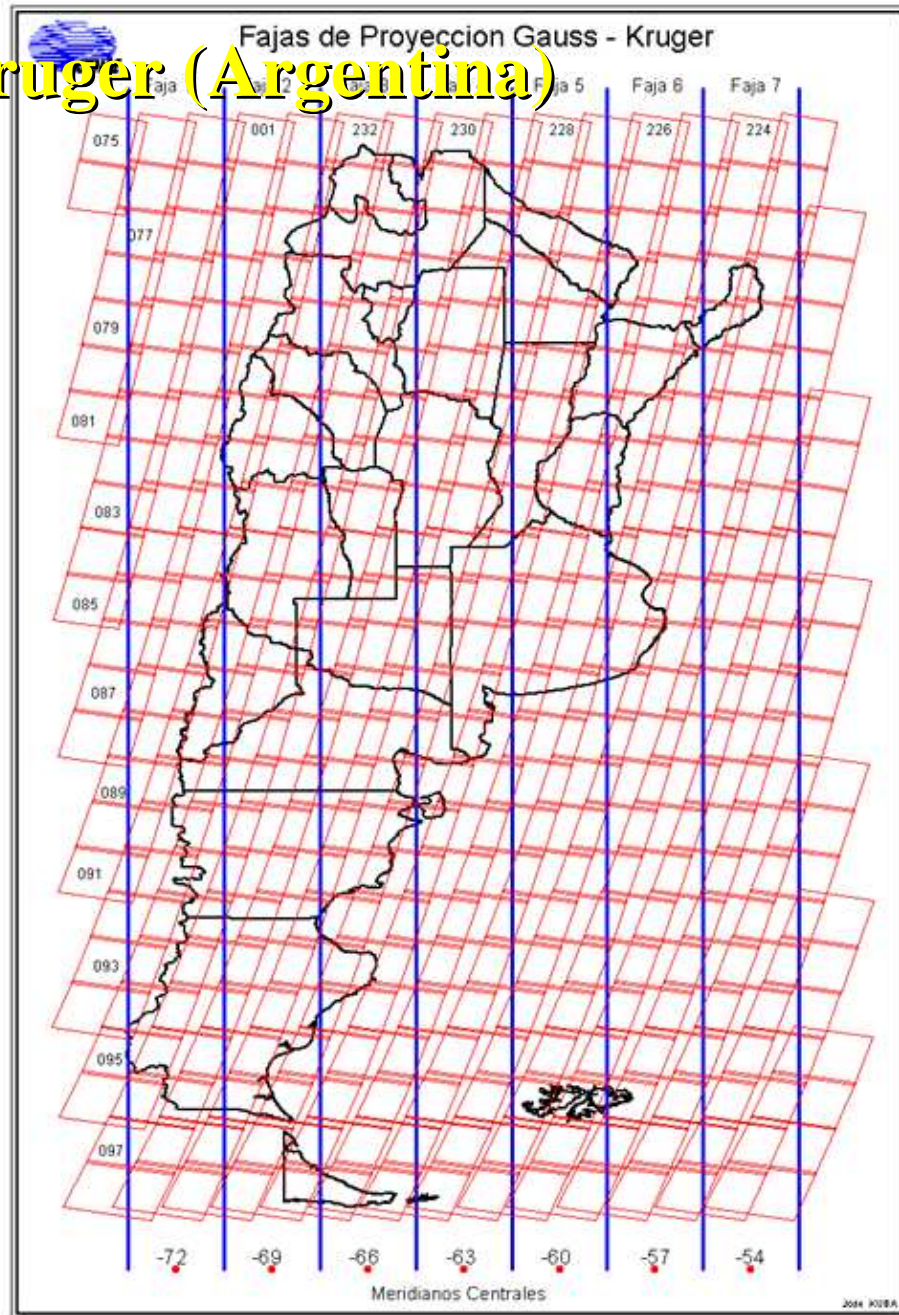
# Proyección Gauss-Kruger (Argentina)

## Parametros para Argentina...

	Mercator	Tra
Uso	Mar/ Oceano	
Esferoide	Internacional 1909	
Datum	Campo Inchauspe	
Scale Factor	--	
Longitud Meridiano Central	segun faja	
Latitud de origen de la proyeccion	-90	
False Northing	0	
False Easting	segun faja	

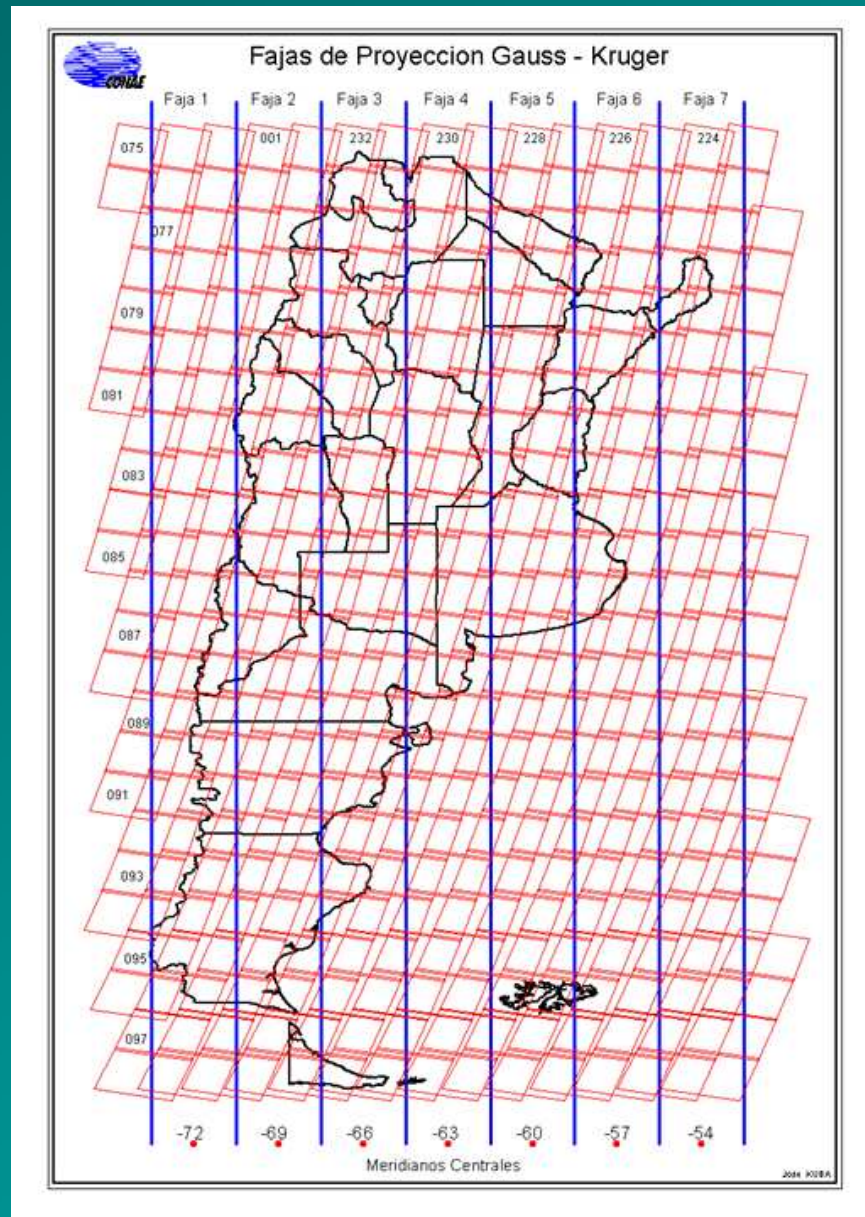
*Longitud del meridiano central:* Depende de la faja que se este utilizando. El pais se encu Oeste a Este y cada faja tiene sus propios parametros. Si tuviera mas de una faja que con que convertir la faja que menos aparezca en el mapa a la otra

faja	1	2	3	4	5
meridiano central	-72	-69	-66	-63	-60



# Proyección Gauss-Kruger (Argentina)

- 7 fajas meridianas numeradas de oeste a este.
- Cada faja de la grilla mide 3° de ancho (longitud) por 34° de largo (latitud) y tiene como propio origen la intersección del Polo Sur con el meridiano central de cada faja.
- La proyección es conforme (como la UTM)

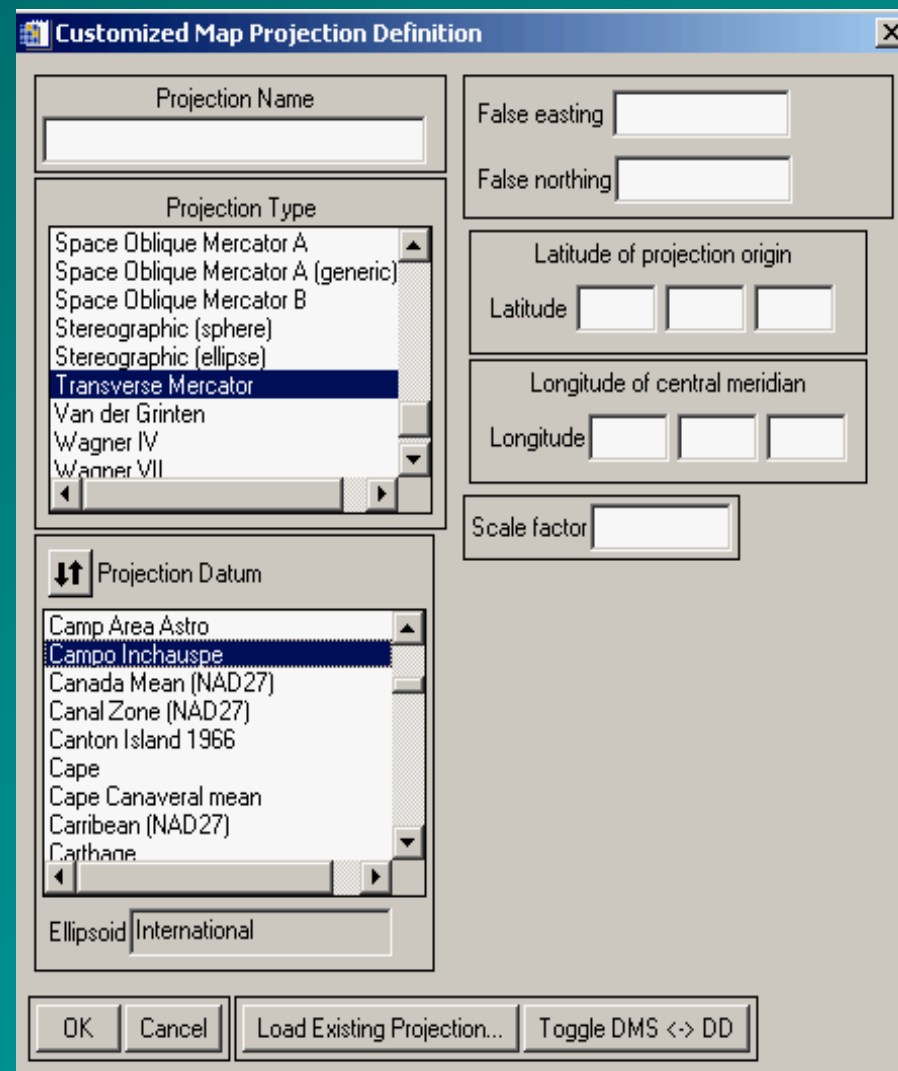




# Proyección Gauss-Kruger (Argentina)

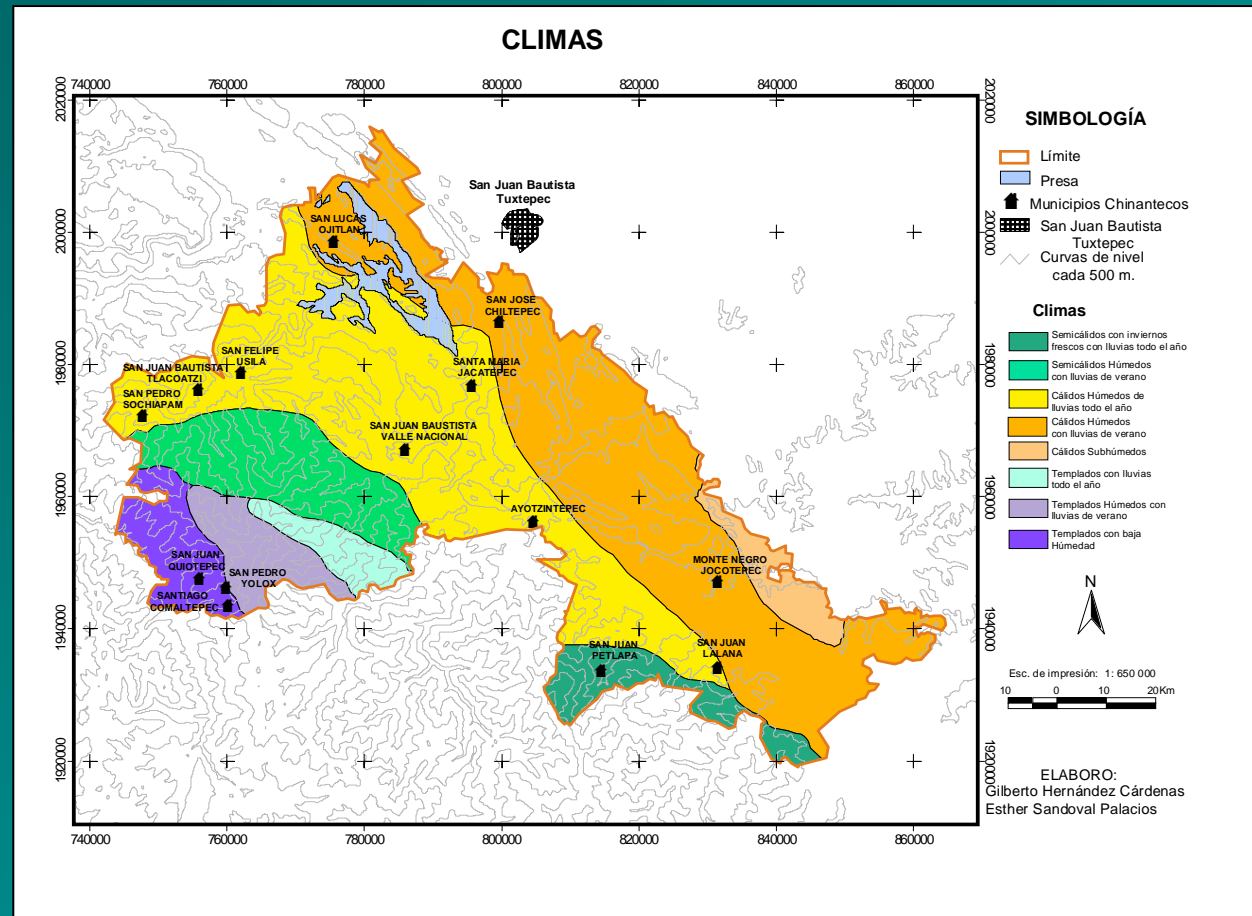
## Parámetros definidos por el usuario

- **Proyección:** Transverse Mercator
- **Datum:** Campo Inchauspe (Int. 1909)
- **False Easting** =  $N^{\circ} \text{ Faja} \times 10^6 + 5 \times 10^5$
- **False Northing** = 0
- **Latitud de origen:**  $-90^{\circ}$
- **Longitud de origen:** según la faja
- **Factor de escala:** 1



# Conceptos básicos de cartografía

La cartografía es un medio de comunicación que permite expresar ideas y conceptos relacionados al ámbito espacial.



- Escala
- Cuadrícula
- Leyenda
- Líneas del marco
- Sistema de numeración de hojas



# Clasificación de los mapas según su finalidad

## Mapas Generales:

Globos  
Planisferios  
Por continente  
Por países  
Por departamentos o regiones.

**Cartas de Navegación:**  
de navegación marítima  
de navegación aérea

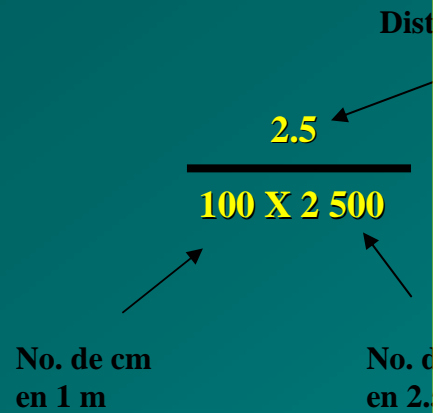
## Mapas Topográficos:

Generales  
Semidetallados  
Detallados

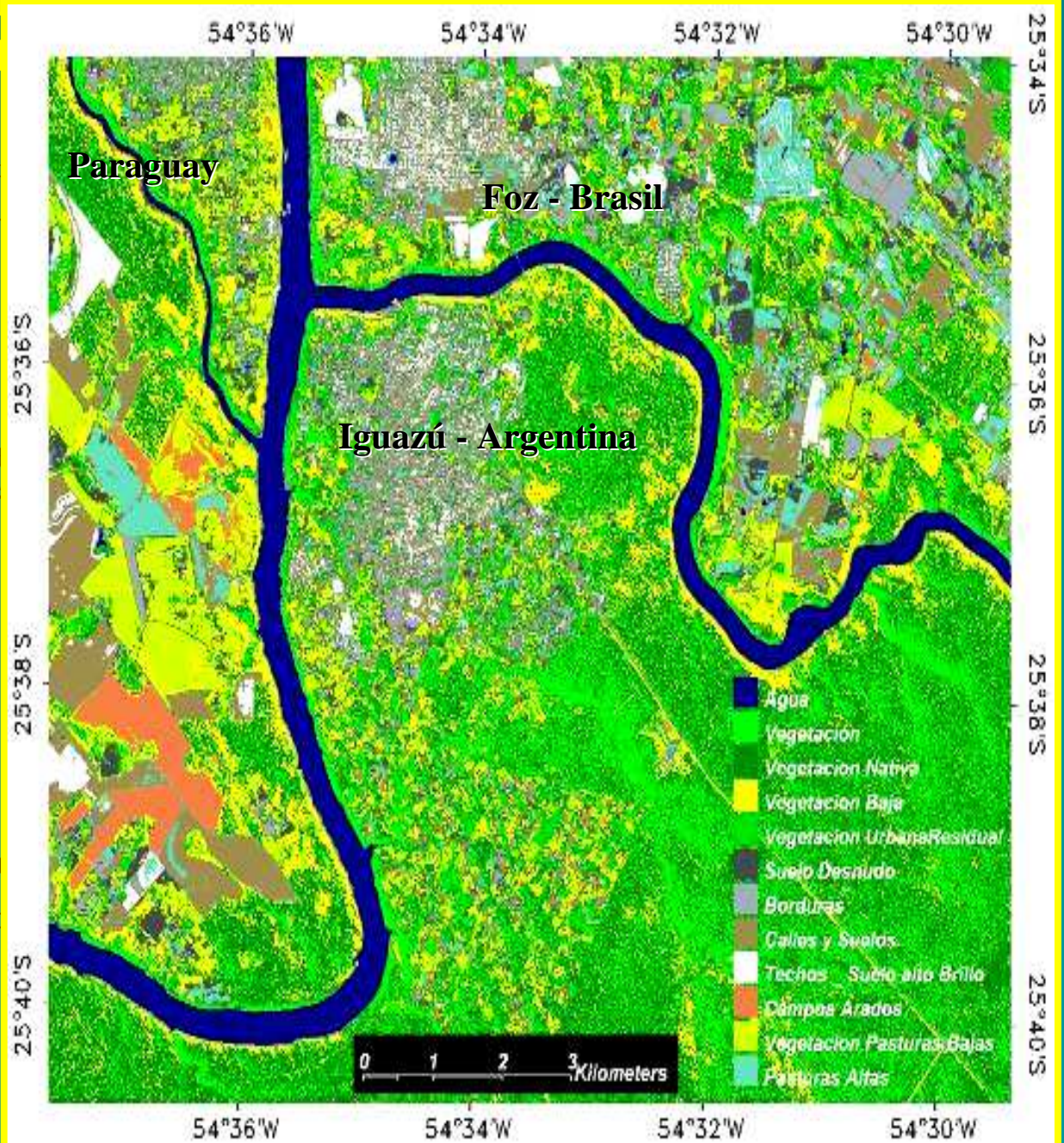
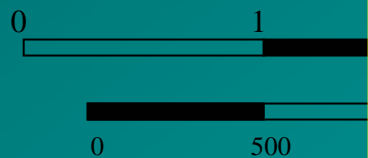
## Mapas Temáticos:

Cualitativos  
Cuantitativos

- **Escala:** Relación de proporción entre las distancias reales y las que se representan sobre el mapa



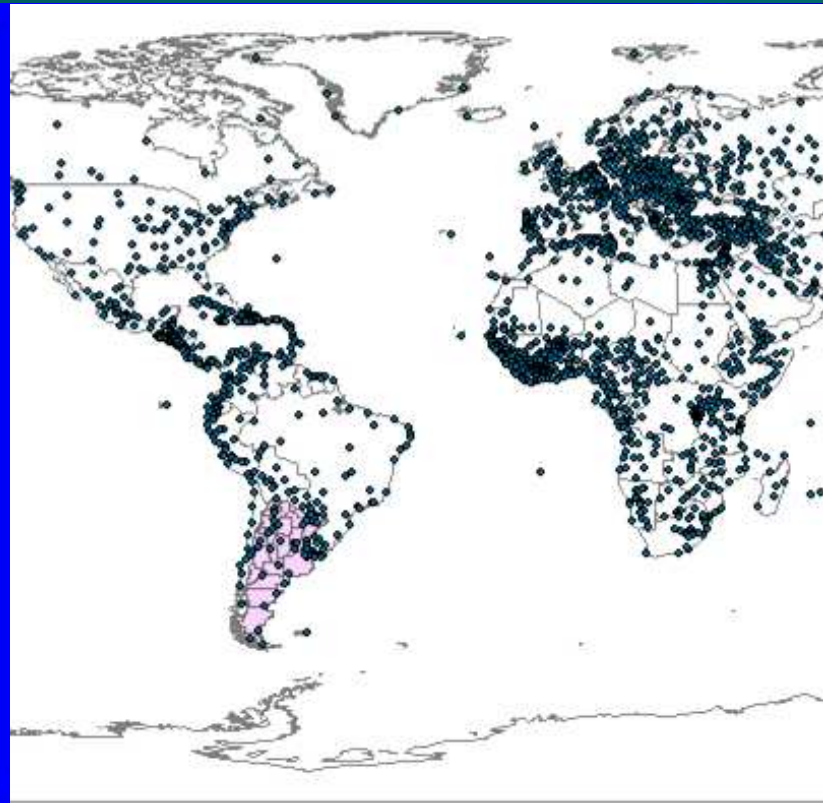
La escala gráfica:



# Clasificación de los mapas en función de su escala

- **Mapas de escalas pequeñas.** 1:5.000.000 a 1:250.000. Tienen fines de reconocimiento, información preliminar, para estudios generales o didácticos. Representan países, regiones o provincias. Son mapas de síntesis.
- **Mapas de escalas medias.** 1:100.000 a 1:50.000. Mapas semidetallados. Con baja o media densidad de observaciones. Aportan ya importantes datos.
- **Mapas de escalas grandes.** 1:25.000 a 1:10.000. Mapas detallados. Estudios a nivel de finca. Necesitan de una muy alta densidad de observaciones, con constantes controles de

**1:100.000.000**

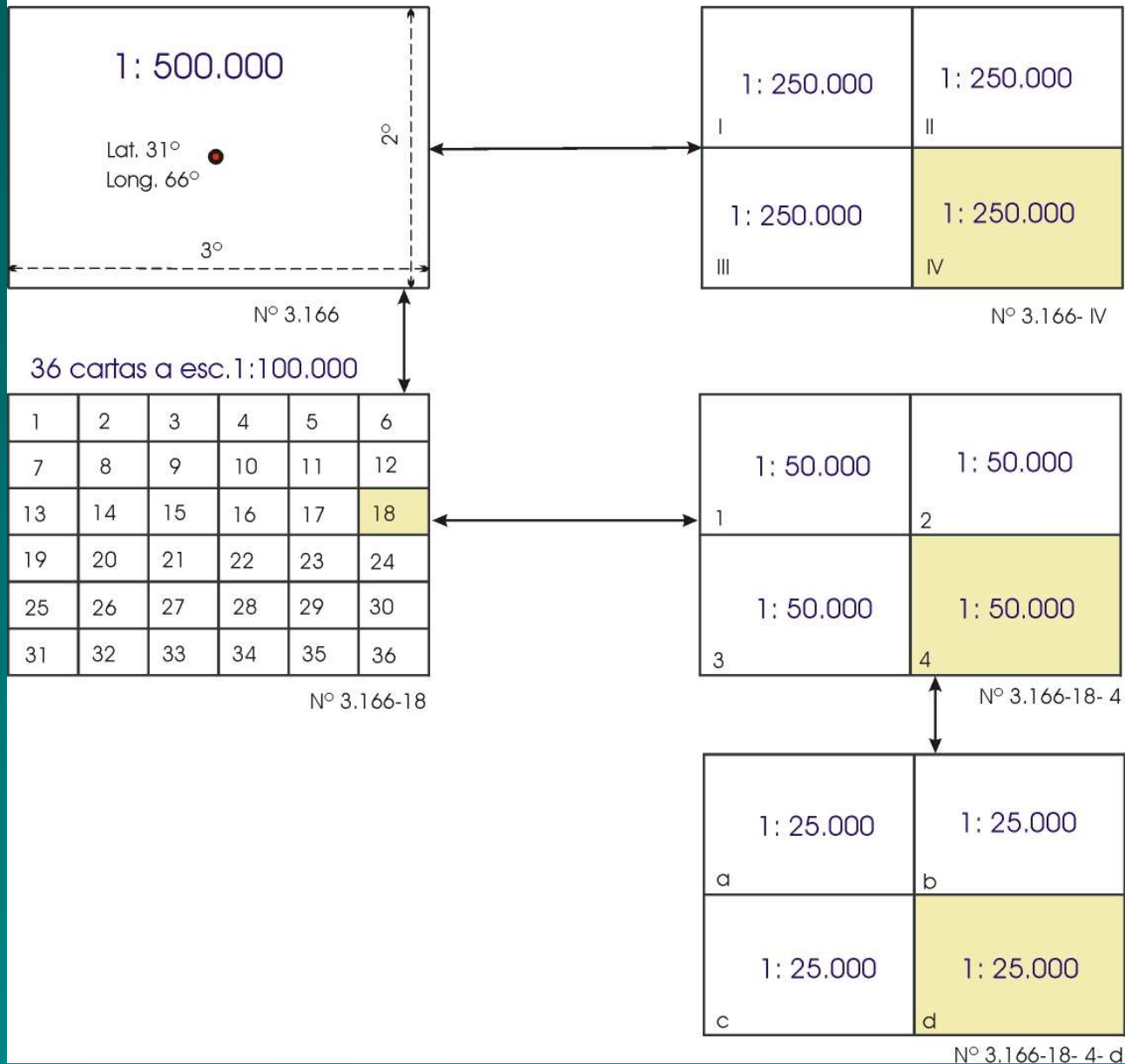


**1:15.000**

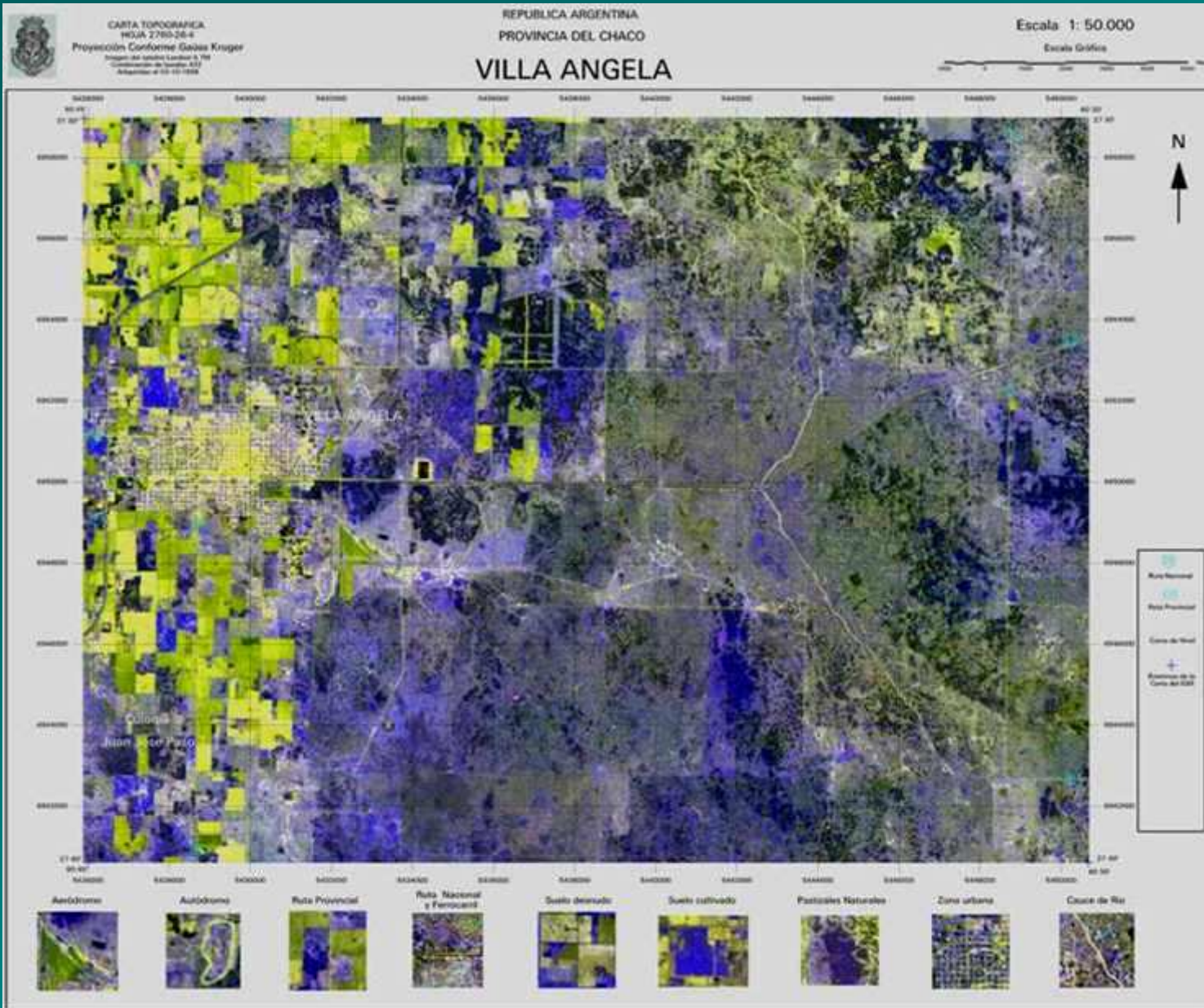
**1:50.000**



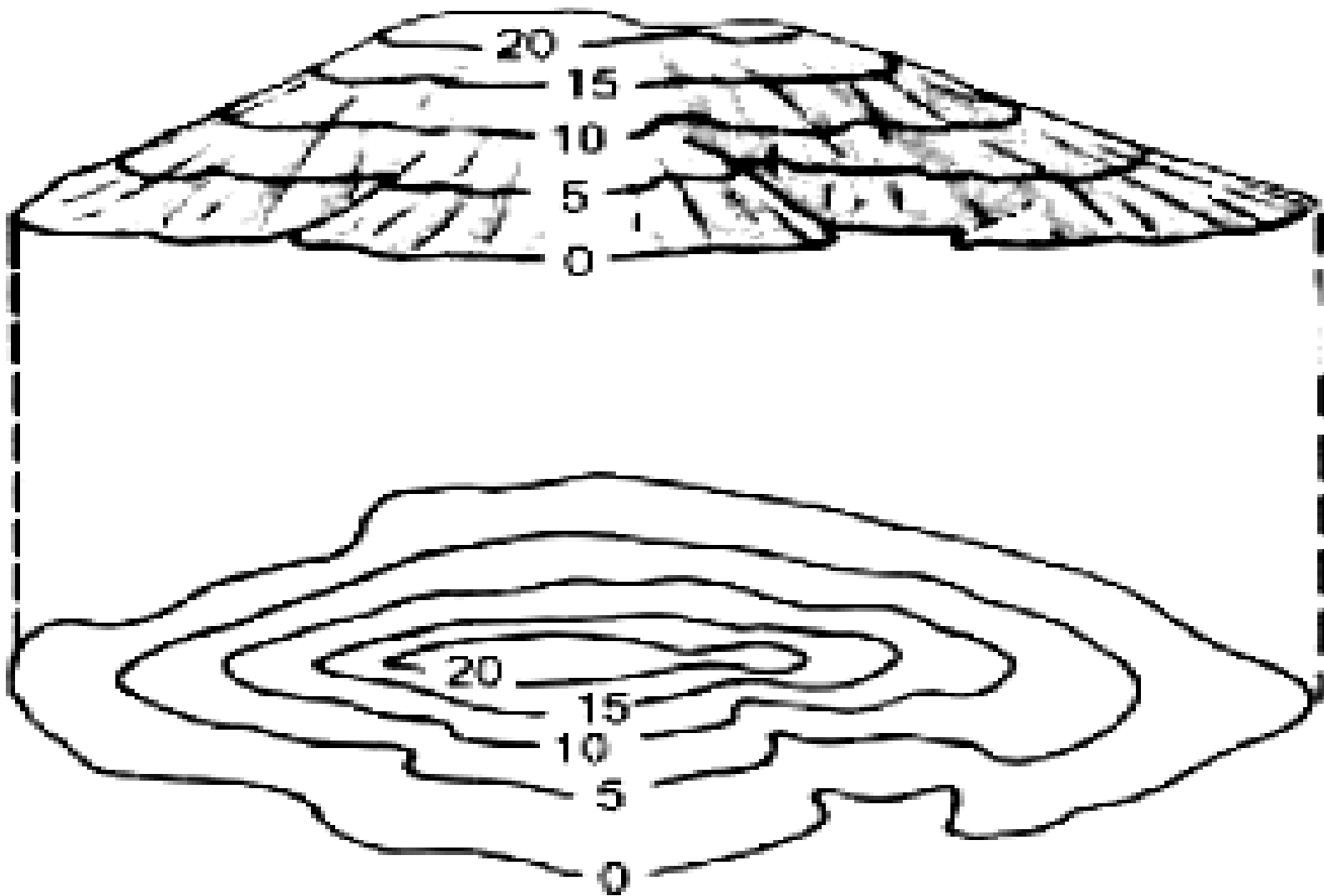
# Plan Cartográfico Nacional







# Mapas Topográficos



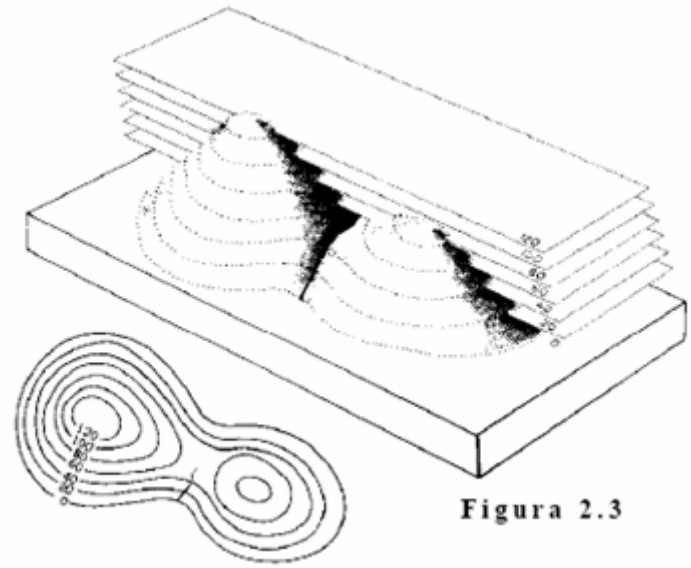
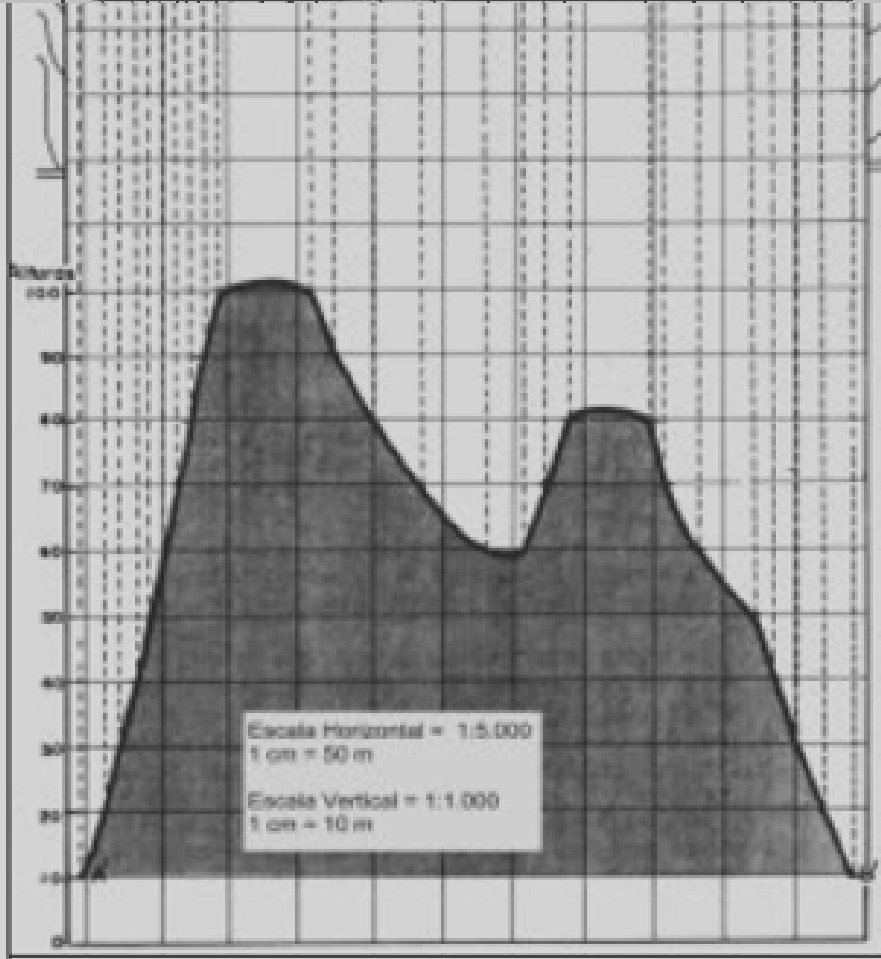
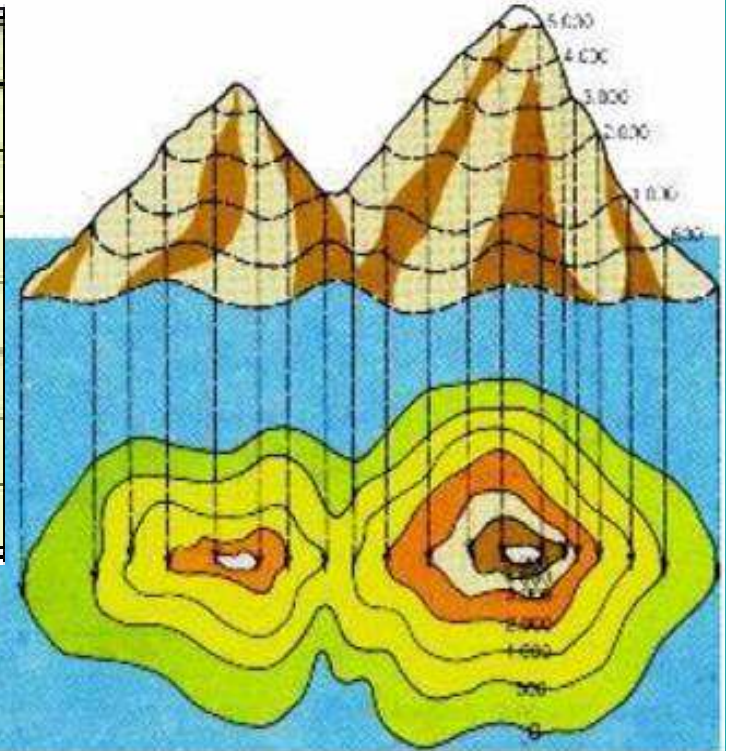
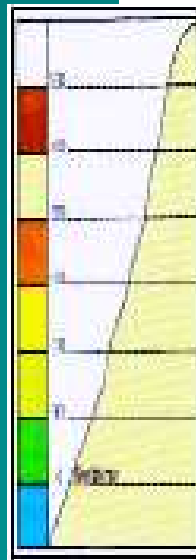
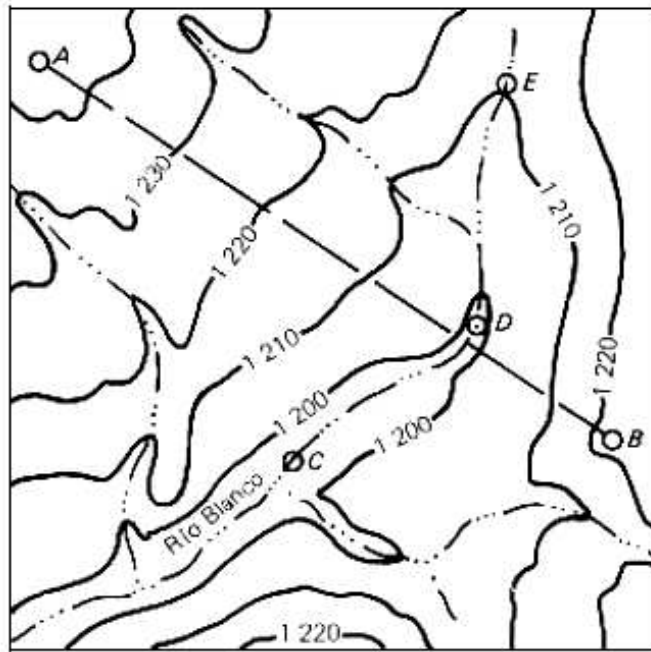


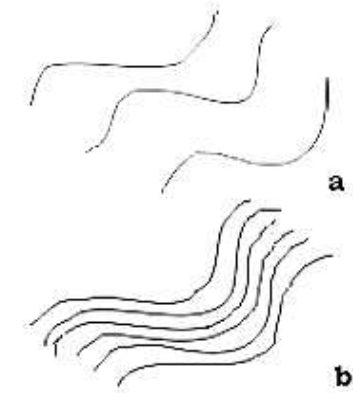
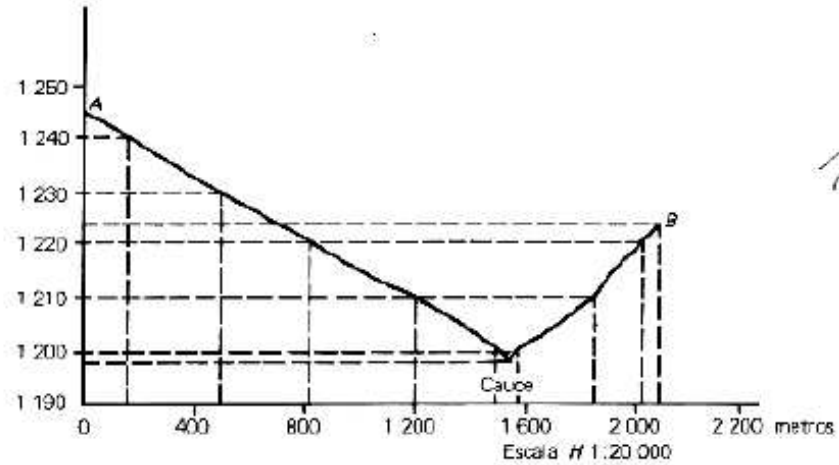
Figura 2.3

## Matices hipsométricos





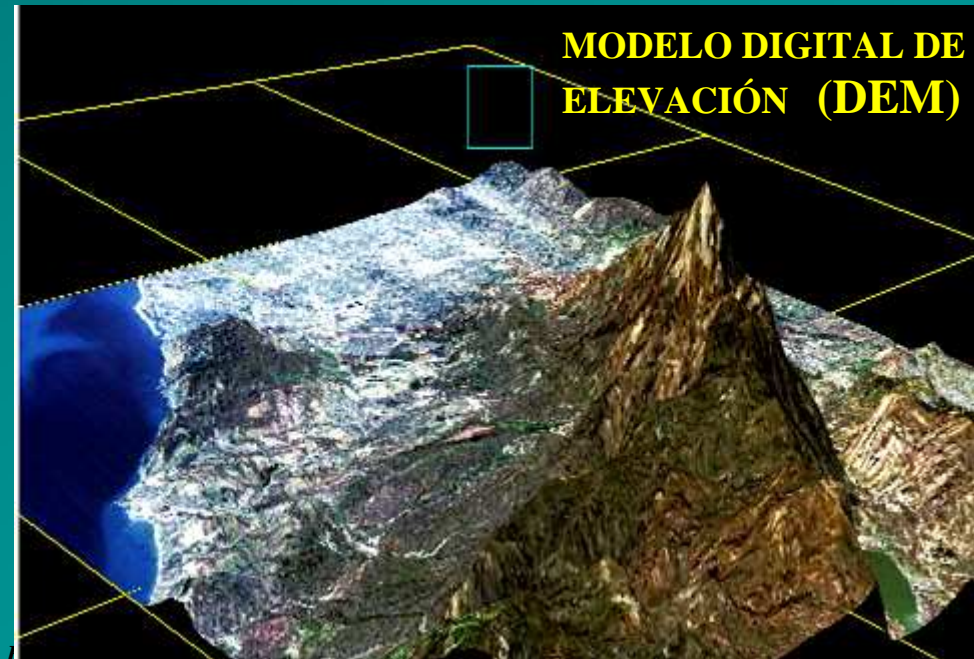
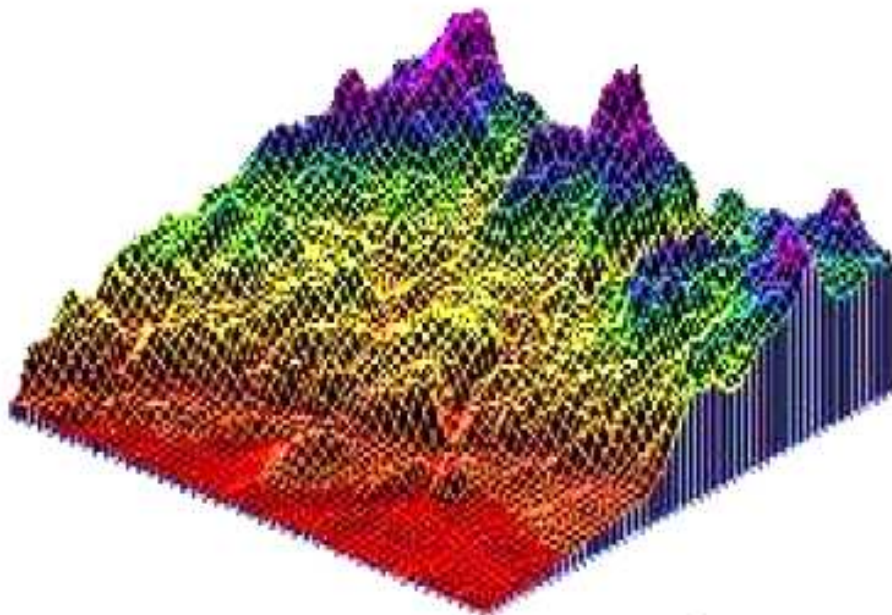
## PERFIL TOPOGRÁFICO



### PENDIENTES

Suave a

Pronunciada b



### MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (DEM)

# Cálculo la distancia real

Debemos hallar el valor de la hipotenusa de un triángulo rectángulo. El valor de un cateto es la distancia en metros entre dos puntos, el valor del otro cateto es el valor en metros de la diferencia en altitud entre los dos puntos.

$$r^2 = h^2 + a^2$$

**r = distancia real**

**h = distancia horizontal en la realidad entre los dos puntos**

**a = diferencia de altura en la realidad entre dos puntos**

Para medir trazados sinuosos entre dos puntos se pueden usar dos métodos:

- 1) Colocar un hilo sobre el recorrido y luego medir la longitud del hilo.
- 2) Usando un instrumento creado al para esto llamado “curvímetro”.

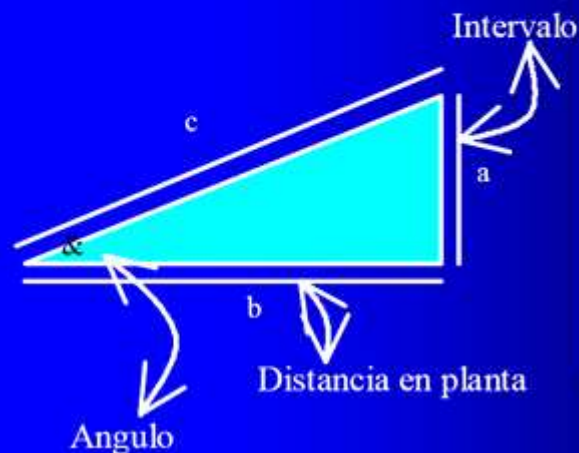
- **Cálculo de pendiente en Porcentaje:**

$$\text{Distancia en vertical} \times 100 / \text{Distancia en horizontal}$$

- **Pendiente en grados:**

$$\text{Tangente } \alpha = \text{Altura} / \text{Distancia}$$

Calculo del ángulo de inclinación del terreno o pendiente



$$a^2 + b^2 = c^2$$

Calculo del Angulo

$$\text{Sen } \alpha = \frac{\text{cat opuesto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{a}{c}$$

$$\text{Cos } \alpha = \frac{\text{cat adyacente}}{\text{hipotenusa}} = \frac{b}{c}$$

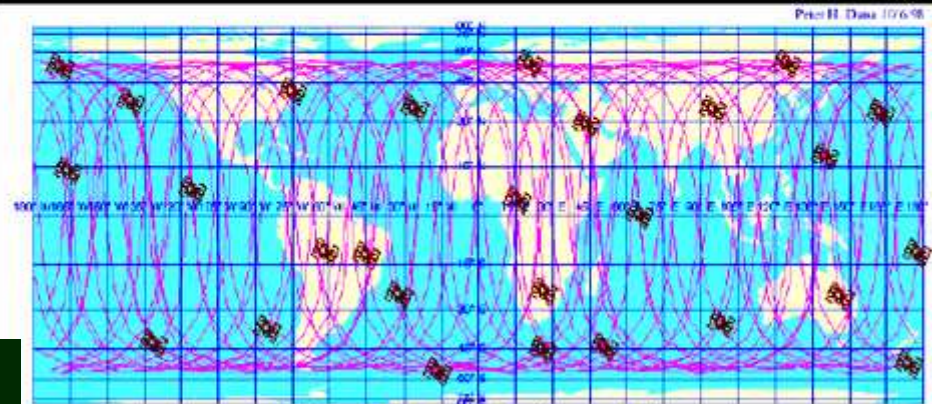
$$\text{Tan } \alpha = \frac{\text{cat opuesto}}{\text{cat adyacente}} = \frac{a}{b}$$



## El Sistema GPS



- 24 satélites se encuentran en órbitas situadas a (20.200 Km. Aprox.) y rodean la tierra cada 12 horas



Satellite Positions at 00:00:00 9/29/98 with 24 hours (2 orbits) of Ground Tracks to 00:00:00 9/30/98

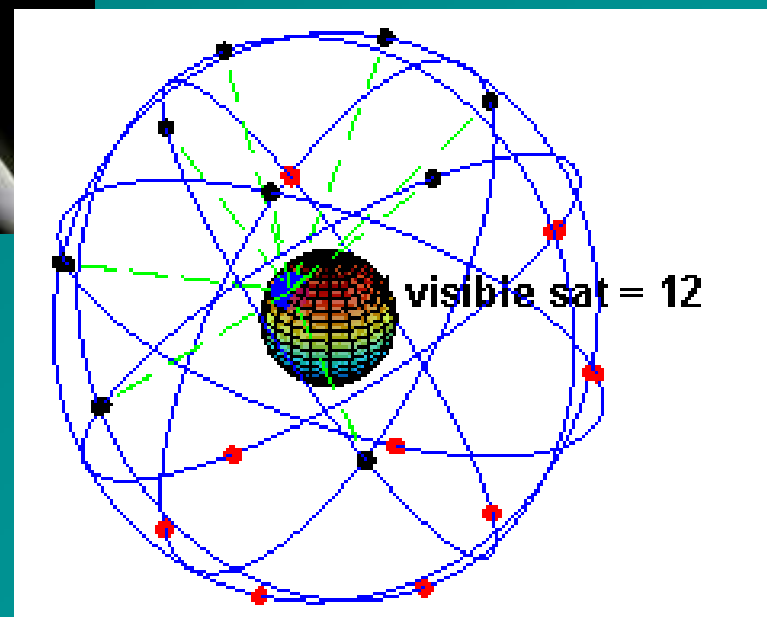
## Como funciona el GPS ?





# GPS - Global Positioning System

## GPS - Triangulation



## DISMUNICIÓN DE LA PRESIÓN

Error	Valor (m)
Ionosfera	4.0
Reloj	2.1
Efemérides	2.1
Troposfera	0.7
Receptor	0.5
Rutas múltiples	1
<b>Total</b>	<b>10.4</b>

Además pueden haber errores al momento de la toma de las coordenadas debido a configuraciones equivocadas del receptor GPS.

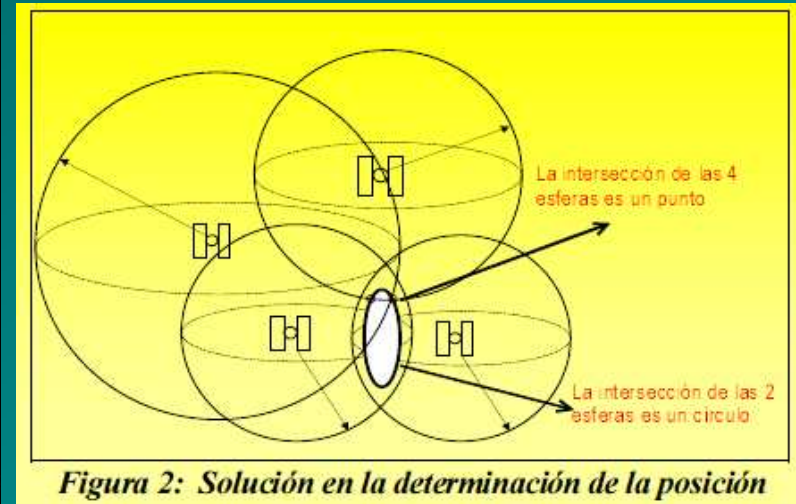
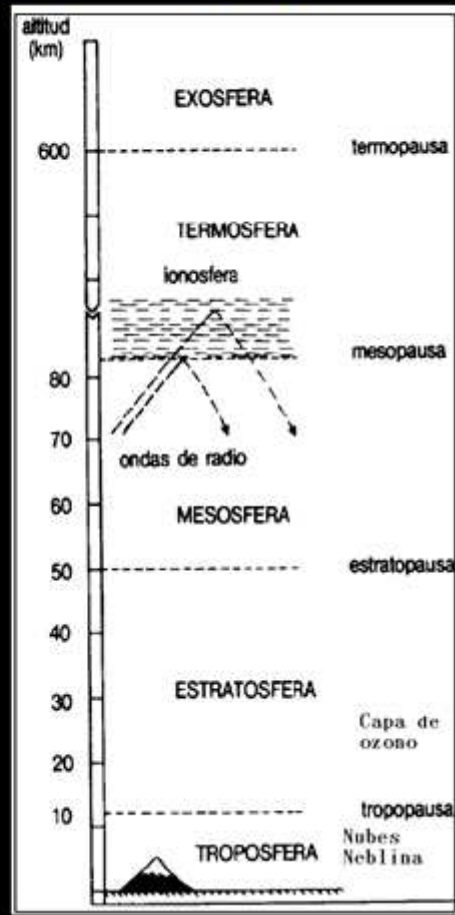


Figura 2: Solución en la determinación de la posición

### ERROR:

Con un elevado número de satélites siendo captados (7, 8 o 9 satélites) + una geometría adecuada (están dispersos) pueden obtenerse precisiones inferiores a 2,5 metros en el 95% del tiempo.

# Global Positioning System(s)

- Who / When

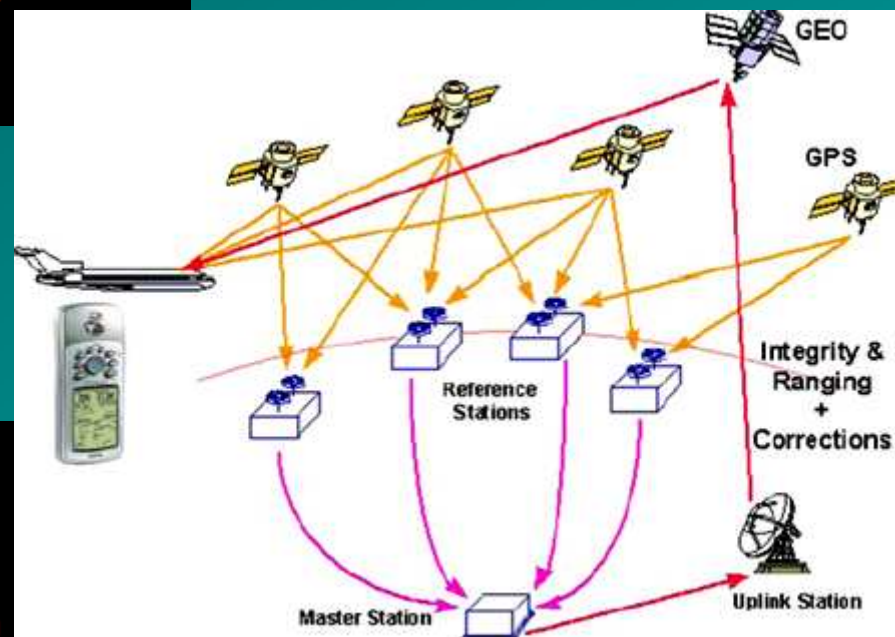
- United States → NAVSTAR GPS 1993
- Russia + India → GLONASS 1993-2009
- European Union → Galileo 2011
- China, Japan, India



## AMPLIACIONES AL GPS

- El Sistema Nacional del GPS Diferencial (NDGPS)
  - Son estaciones terrestres que mejoran la precisión e integridad para los usuarios en mar y tierra.

- El Sistema de Aumento de Zona Amplia (WAAS)
  - Son 5 satélites que proporcionan corrección en tiempo real, y debido a que las señales son similares a las del GPS pueden ser procesadas por receptores sencillos y sin necesidad de equipamiento adicional.



# APLICACIONES

## ■ Carreteras y autopistas

- Eficiencia y seguridad en autopistas calles y sistemas de tránsito evitando daños personales, materiales, menor contaminación y menor consumo de combustible
- Asignación de rutas y despacho de vehículos
- Sistemas de transporte público
- Mantenimiento de carreteras
- Operación de vehículos de emergencia
- Localización automática de vehículos y envíos
- Sistemas inteligentes en vehículos y transportes para prevenir colisiones.



# APLICACIONES

## ■ Aviación

- Seguridad y eficiencia de vuelos
- Posicionamiento y navegación desde el despegue hasta el aterrizaje
- Trafico aéreo y en aeropuertos
- Aproximación al aeropuerto
- Sistema de alerta de proximidad de tierra



# APLICACIONES

- Agricultura
  - Agricultura de precisión (GPS+SIG)
  - Posicionamiento exacto de plagas, insectos y malezas
- Navegación marina y vías férreas
  - Seguridad y eficiencia de navegación
  - Posicionamiento y navegación continua
  - Aproximación al puerto
  - Sistema de alerta de proximidad de obstáculos



## APLICACIONES

### ■ Cronometría

- Sistemas de comunicación
- Redes de distribución eléctrica
- Redes financieras
- Redes de teléfonos inalámbricos
- Transmisión radios-estaciones digitales
- Sello la hora de transacciones comerciales
- Ordenadores de todo el mundo
- Sincronización de inf. Meteorológica y atmosférica en la aviación.
- Redes de vigilancia sísmica
- Sincronización horaria de labs. De USA
- Estudios cinematográficos de hollywood para sincronización perfecta de audio y video.





# APLICACIONES

- Espacio exterior
  - Posiciones orbitales de gran precisión
  - Sensores de orientación a bordo
  - Relojes atómicos de sincronización precisa
  - Control de constelaciones como vehículos espaciales y telecomunicaciones
  - Interferometría
  - Seguimientos de vehículos lanzados
  - La luna, Marte y más allá.



## APLICACIONES

### ■ Medio ambiente

- Desde la toma de una coordenada de ubicación de personas, animales, sitios o cosas, hasta crear un equilibrio entre el medio ambiente y las necesidades humanas.
- Evaluación en flora y fauna, topografía e infraestructura humana
- Conservación y planificación estratégica
- Gestión de programas normativos
- Determinación de líneas fronterizas
- Mediciones
- Riesgos
- Transferencia lapida de inf. Digital
- Ciencias naturales



## APLICACIONES

- Seguridad Pública y Socorro en Casos de Desastre
  - Tiempo de respuesta.
  - Ubicaciones precisas de servicios de emergencia, socorro y rutas de evacuación
  - Incendios forestales
  - Zonas propensas a terremoto
  - Tormentas e inundaciones
  - Sistemas de respuesta e emergencias
  - Seguridad pública, policía, bomberos y rescate
  - Teléfonos móviles y vehículos



## APLICACIONES

- Cartografía y Geodesia
  - Obtención rápida de cartografía y medidas geodésicas precisas (+SIG)
  - Información tridimensional de puntos naturales o artificiales
  - Elaboración de mapas y modelos del mundo
  - composición, almacenamiento, manipulación y representación visualmente de información geográfica referenciada
  - Tecnologías de la teledetección
  - Accesibilidad en campo



# APLICACIONES

## ■ Recreación

- Reducción de peligros intrínsecos de las actividades al aire libre
- Ecoturismo
- La tecnología del GPS ha creado toda una nueva gama de deportes y actividades al aire libre. Ejemplo de ello es el "geoescondite", que combina un agradable día al aire libre con búsqueda de un 'tesoro'. Otro deporte es la "geocarrera", que consiste en una carrera a campo traviesa sin una ruta marcada previamente hasta alcanzar un punto específico determinado por el GPS.



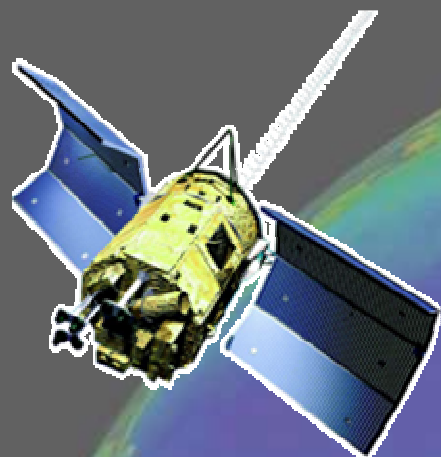


## IV Escuela Internacional de Entrenamiento Avanzado en Epidemiología Panorámica

# Correcciones Geométricas

Instituto Gulich

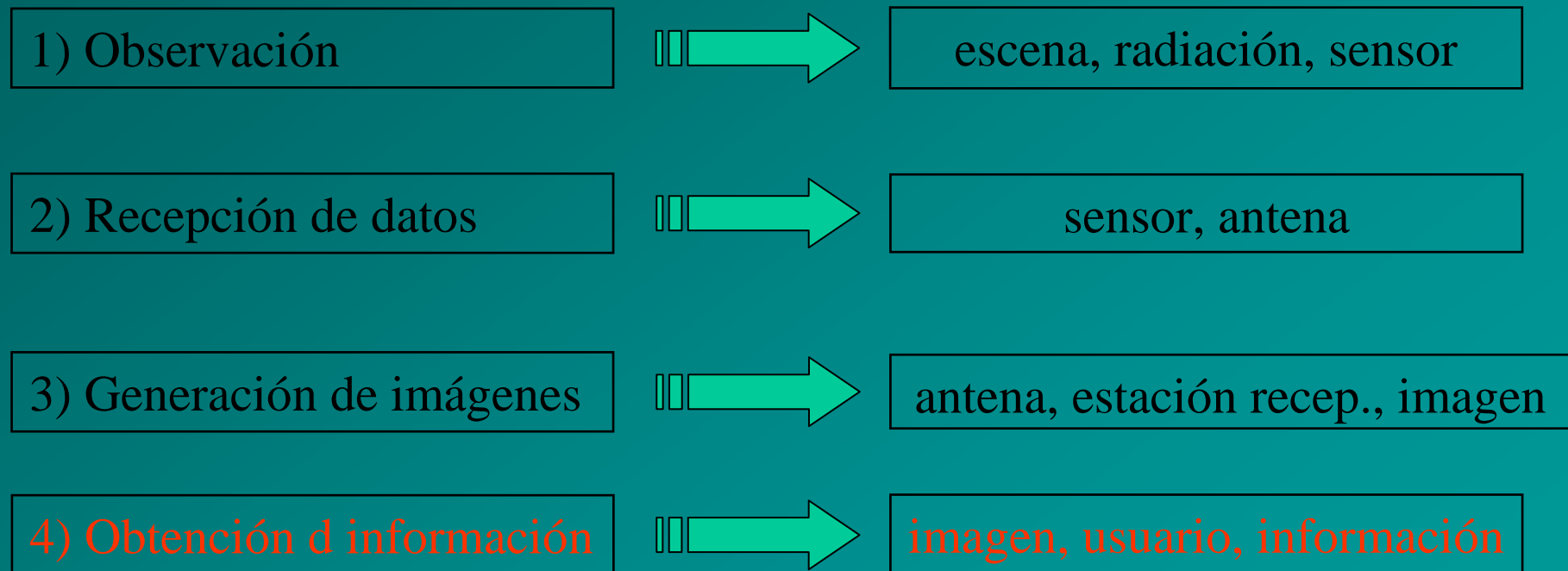
Comisión Nacional de Actividades Espaciales



# CADENA DE TELEDETECCIÓN

## Eslabones de la cadena

## Elementos de cada eslabón



1. visualización
2. **pre-procesamiento**
3. procesamiento para extracción de información

# ***PRE-PROCESAMIENTO***

Disminución de distorsiones, degradaciones y el ruido introducidos durante la captación de la imagen

- **Correcciones:**

- Radiométrica: Conversión de datos crudos a valores con significado físico
- Geométrica: Corrección de distorsiones espaciales y ajuste a un sistema de referencia o co-registro.
- Atmosférica: Minimización de los efectos de la atmósfera sobre la radiación recibida por el sensor

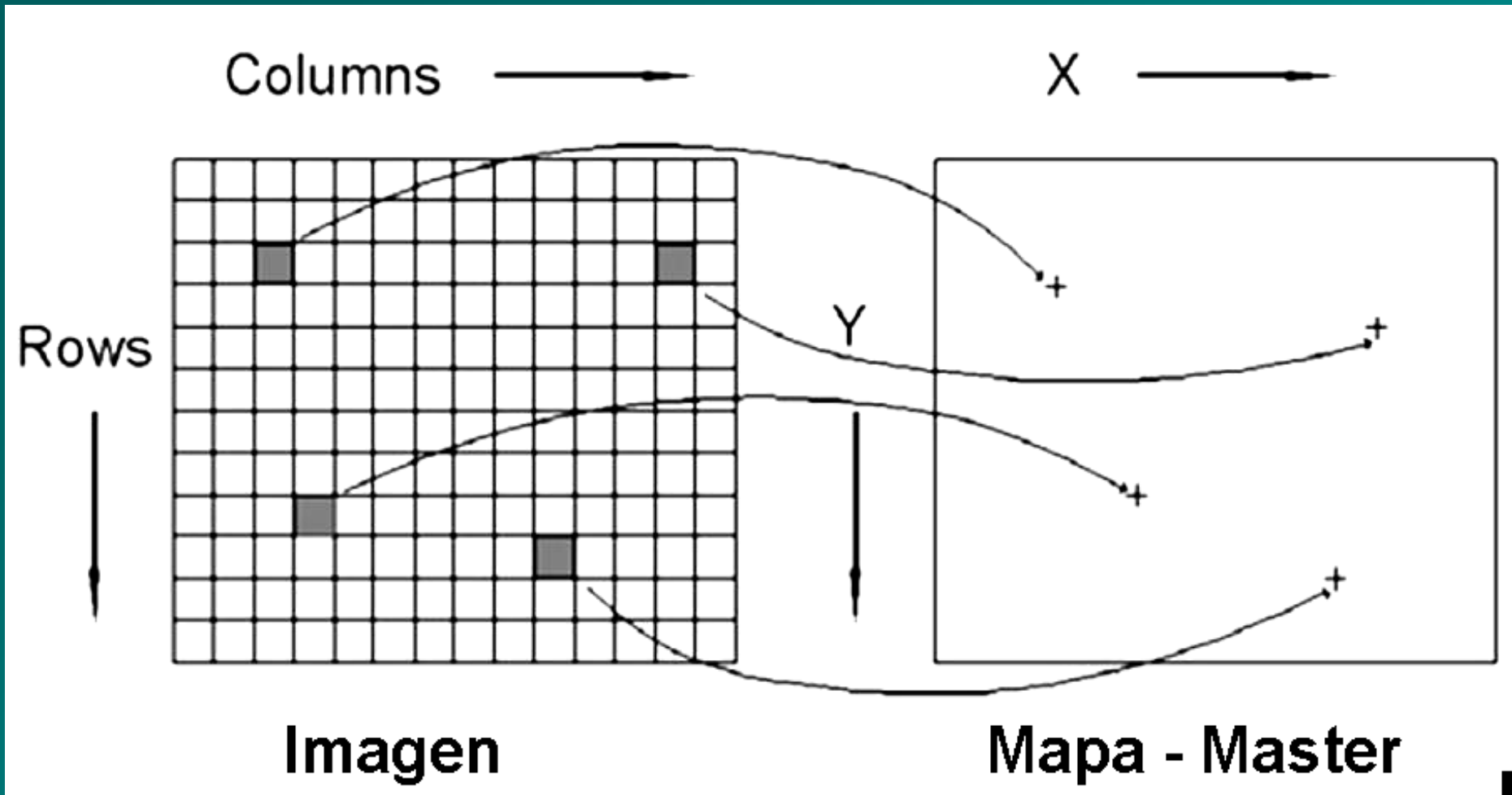


# *CORRECCIÓN GEOMÉTRICA*

Corrección de distorsiones geométricas y transformación/co-registro de los datos asignándoles un sistema de referencia geográfico (proyección y escala)

- Fuentes de errores geométricos en imágenes satelitales:
  - Error del instrumento: (i) distorsiones en el sistema óptico, (ii) escaneo no lineal, (iii) tasas de muestreo no uniformes
  - Distorsión panorámica: función del campo angular de observación (FOV) del sensor (es más importante en aquellos instrumentos con FOV amplio (AVHRR))
  - Rotación de la tierra y esfericidad
  - Inestabilidad de la plataforma
  - Relieve (ej. ángulo de incidencia local en imágenes SAR)
- La esencia de la corrección geométrica es generar funciones que permitan transformar a las coordenadas de la imagen a coordenadas de mapa (geográfica)
- Corrección de distorsiones geométricas y transformaciones de coordenadas mediante: -  
**Modelos orbitales - Puntos de control**

## Herramientas de georreferenciación - *TRANSFORMACIONES*



*La Georeferenciación, Define la relación entre las filas y columnas de un mapa Raster con las coordenadas geográficas de un Objeto (Master)*

## GCP: imagen-imagen

Usar *GCPs:Image to Image* para seleccionar interactivamente los GCPs para usar al registrar la imagen. Es posible seleccionar coordenadas de sub-píxel (fraccional). Una vez que se tienen los puntos suficientes para definir un polinomio de interpolación, es posible predecir la ubicación de los GCP en la imagen. Los GCPs pueden ser salvados o restituidos a/desde archivos.

Pueden ser referenciadas imágenes de una sola banda o multibandas.

## GCP: imagen-mapa



Selección de GCPs para registración imagen-mapa. Se puede usar la ventana de zoom para seleccionar los GCPs. Al hacerlo, es posible seleccionar coordenadas de subpíxel. Se ingresan las correspondientes coordenadas manualmente, desde una ventana de vectores, o desde un enlace GPS. Una vez que se tienen los puntos suficientes para definir un polinomio de interpolación, es posible predecir la ubicación de los GCP en la imagen. Los GCPs pueden ser salvados o restituidos a/desde archivos.

## *Las Funciones de Transformación a utilizar pueden ser:*

### *- LINEALES O DE PRIMER ORDEN*

Estas funciones sólo **rotan, escalan y trasladan** una imagen.

Son necesarios 3 puntos de control. A esta función se la denomina habitualmente

*RTS = - Rotate*

*- Translate*

*- Scale*

### *- TRANSFORMACIONES NO LINEALES O SEGUNDO ORDEN*

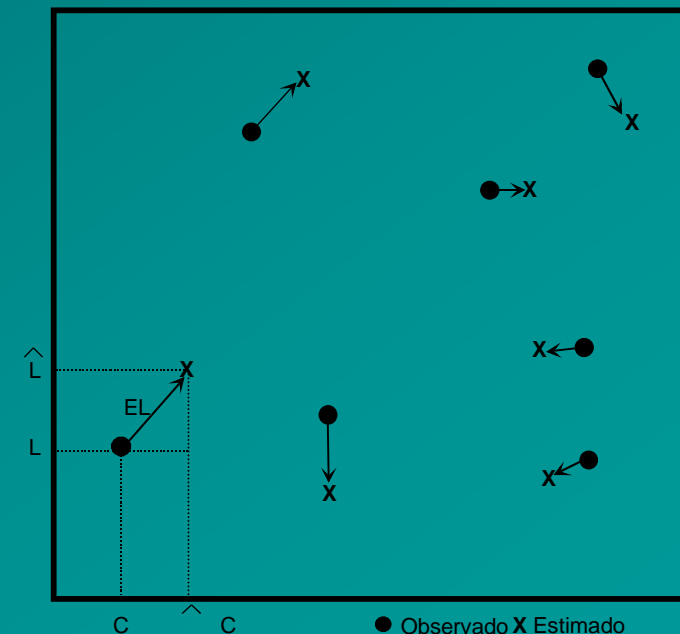
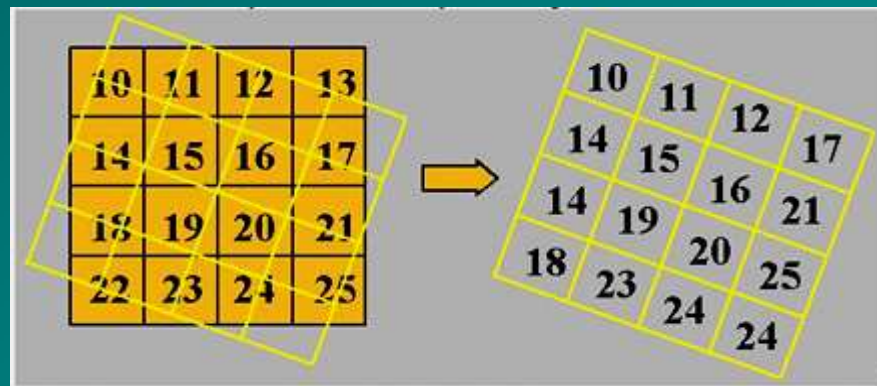
Con estas funciones podremos corregir las distorsiones internas de la imagen. Para su realización son necesarios como mínimo 4 puntos de control (en el caso de transformaciones de segundo orden), 5 para las transformaciones de tercer orden y así sucesivamente.

# CORRECCIÓN GEOMÉTRICA con puntos de control

Valoración del error: Error Medio Cuadrático

$$RMS = \frac{\sum_{i=1, n} \sqrt{(\hat{c}_i - c_i)^2 + (\hat{l}_i - l_i)^2}}{n}$$

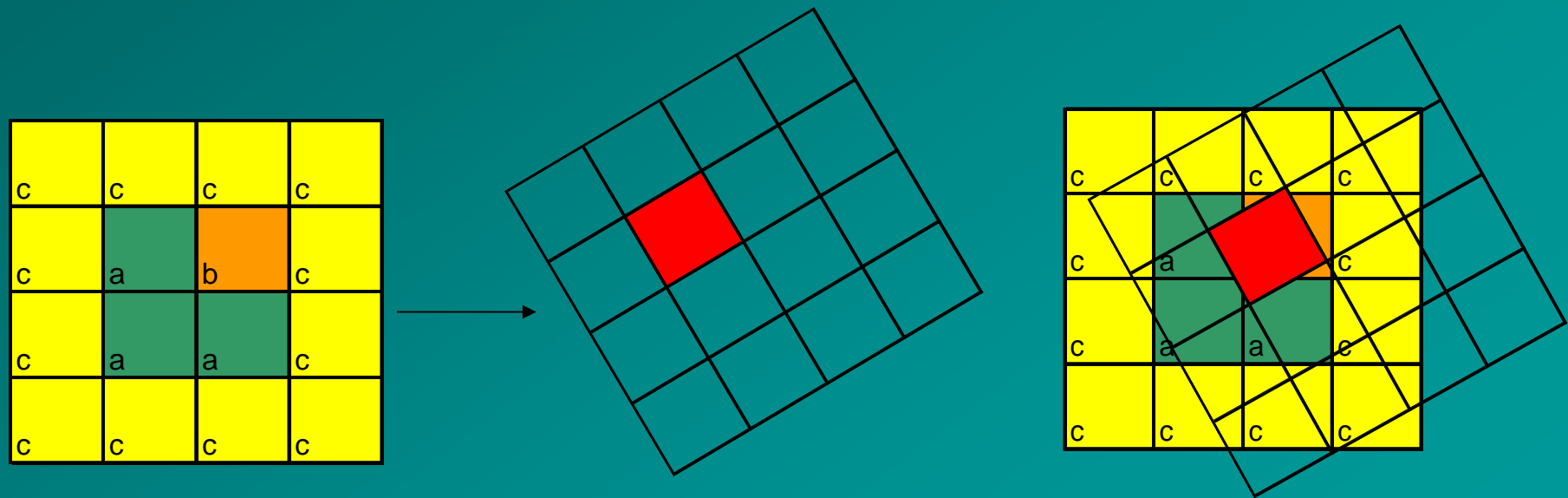
- Re-muestreo



# Procedimientos de Remuestreo

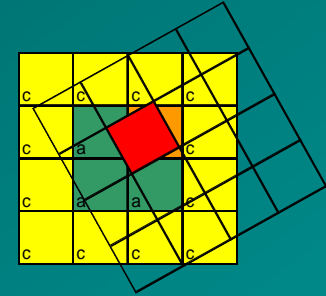
Las Transformaciones anteriores permiten calcular la posición correcta de cada píxel, implicando solamente un trasvase de coordenadas. El paso siguiente es la adjudicación de los valores de radiancia.

Ej: Normalmente el píxel de la imagen nueva se sitúa entre varios valores de radiancia de la imagen original.

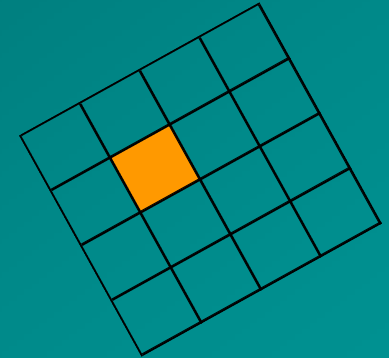


En éste caso no está claro si el nuevo píxel (rojo) pertenece al valor “a” o “b”

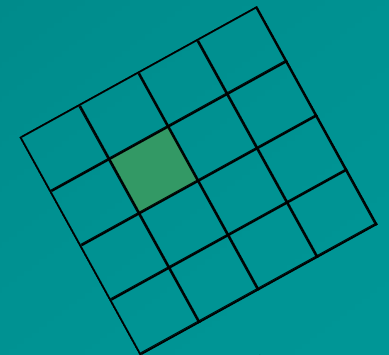
### 3 Métodos de llenado de la matriz corregida o de asignación de un valor al nuevo píxel.



**Vecino más cercano:** Toma el valor del píxel de la imagen original más cercano a las coordenadas calculadas. Ventajas: es el **más rápido** y asegura que el valor del píxel **existe en realidad, no es 'inventado'**. Desventaja: introduce rasgos no lineales, como fracturas en las líneas rectas, por lo cual **la imagen se ve escalonada**, especialmente en carreteras y ríos.



**Interpolación bilineal:** Este método interpola el valor de los **cuatro píxeles más cercanos al punto calculado**. Ventajas: resultado **más suave**, sin efecto escalón. Desventajas: se esfuman bordes y se pierde información.



**Interpolación cúbica:** se basa en un ajuste con un polinomio de tercer grado. **Se toman los 16 puntos más cercanos**. Este método es el más complicado pero el que proporciona la imagen más natural. Aparentemente es la más exacta. **Sin embargo no siempre da los mejores resultados**. Desventaja: Consume muchos recursos.

