
La cartografia

PID_00254199

Jesús Burgueño Rivero
Montserrat Guerrero Lladós

Temps mínim de dedicació recomanat: 2 hores



Jesús Burgueño Rivero

Montserrat Guerrero Lladós

Índex

Introducció.....	5
1. Definició de la cartografia.....	7
1.1. Les escales	9
2. La representació del relleu.....	13
3. Les distàncies.....	17
4. Els nordos.....	19
5. El pendent.....	22
6. Recursos.....	24

Introducció

En aquest mòdul parlarem de la cartografia i dels elements que componen els mapes.

L'objectiu d'aquest apartat és entendre els conceptes fonamentals d'un mapa, com l'escala, el llenguatge del mapa temàtic, el pendent, l'orientació...

1. Definició de la cartografia

Per començar podem definir què és la cartografia.

L'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) defineix la cartografia de la manera següent:

«Disciplina que abasta tot el conjunt d'estudis i operacions científiques, artístiques i tècniques que tracten de l'elaboració, la lectura i la interpretació, l'anàlisi i l'explotació, la recerca, la història, la conservació i l'estudi en general de productes com el mapa, el plànol, la carta, la fotografia aèria, el perfil, el model tridimensional o el globus, destinats tots ells a representar, de forma proporcionada, el territori.»

ICGC

En un altre mòdul es defineix un mapa com una eina per a representar la realitat geogràfica. Els mapes empen simbologia per a simplificar la realitat. Això ens permet mostrar possibles relacions espacials i representar dades descriptives o qualitatives sobre la superfície representada.

Vegeu també

Vegeu la definició de *mapa* al mòdul «El mapa» d'aquesta assignatura.

L'ICGC defineix el **mapa** d'una manera simple i prou entenedora:

«Representació proporcional del territori on les informacions s'expressen de forma selectiva, simplificada i convencional. En un sentit més genèric i popular, és anomenat *mapa* qualsevol document que mostri una representació a vista d'ocell d'un territori.»

ICGC

També resulten molt planeres les definicions i distincions que fa l'ICGC dels conceptes **mapa**, **plànol** i **carta**:

«En un sentit cartogràfic més professional, un **mapa**, pròpiament dit, és un document destinat a representar un territori relativament extens, que ha estat elaborat tenint en compte la curvatura de la superfície terrestre i recolza, en conseqüència, en una projecció cartogràfica. D'aquesta manera, queda particularment diferenciat del **plànol** que, destinat a representar un territori de superfície molt limitada, ha estat elaborat, a efectes pràctics, considerant plana la Terra, i no es basa, per tant, en cap projecció cartogràfica. D'altra banda, pròpiament és denominada **carta**, qualsevol representació cartogràfica dissenyada per a ser destinada específicament per a la navegació, ja sigui marítima, aèria o, fins i tot, terrestre.»

Tot mapa té uns objectius que en condicionaran el disseny durant el procés d'elaboració. El cartògraf estarà condicionat pels elements que vol representar (topogràfics o temàtics) o pel públic a qui vagi dirigit.

Els mapes topogràfics són aquells que representen els elements naturals del territori com el relleu o els rius, i informacions complementàries com poden ser les divisions administratives, o les carreteres, o altres infraestructures humanes.

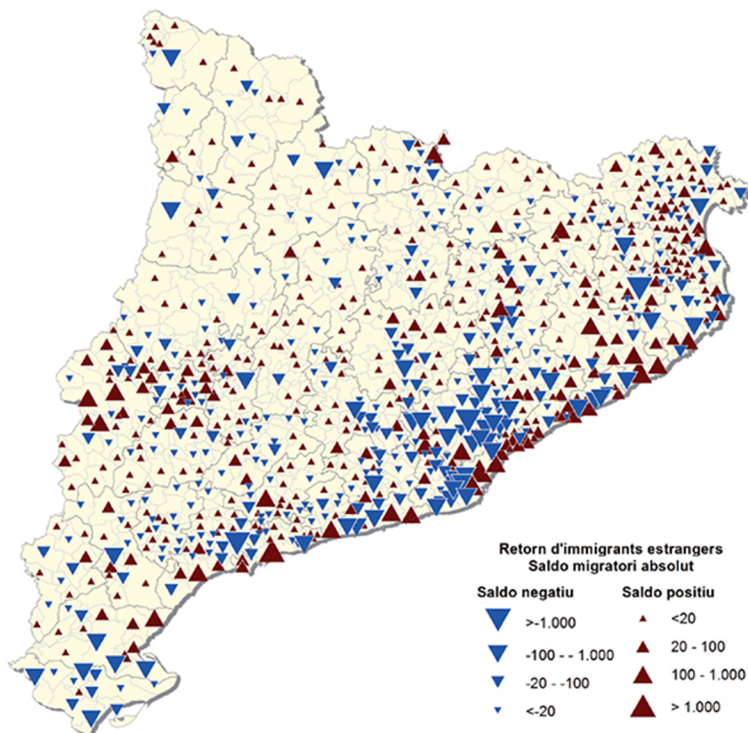
Mapa topogràfic de Catalunya



Font: ICGC

Els mapes temàtics, en canvi, representen variables del territori representat. Sovint utilitzen una cartografia de base topogràfica simplificada i afegeixen alguna dada numèrica o qualitativa. De mapes temàtics, n'hi ha molts exemples: mapes d'usos del sòl, d'estadístiques de població, del temps...

Mapa temàtic de migració exterior d'origen estranger (2011-2013)



Font: *Atlas de la nova ruralitat*. FMR

Tant els mapes topogràfics com els temàtics poden presentar-se a gran escala o a petita escala. A continuació, definirem els conceptes bàsics que ens ajudaran a interpretar un mapa.

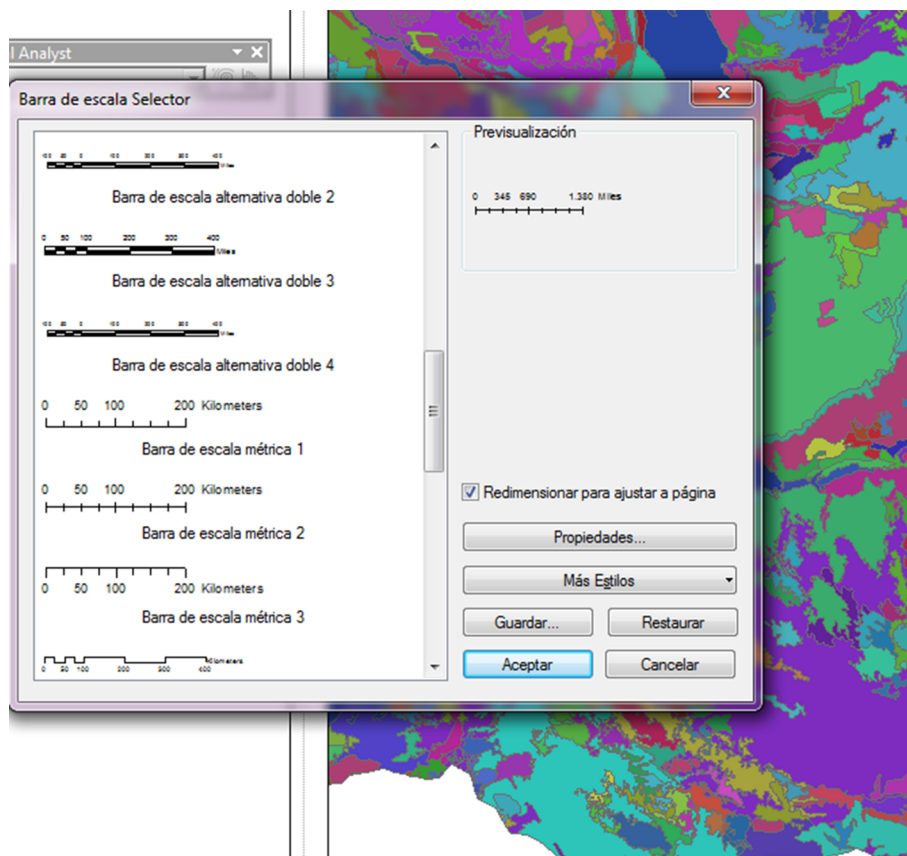
1.1. Les escales

L'escala és la relació o raó constant que hi ha entre una distància mesurada sobre un mapa o plànol i aquesta distància mesurada en la realitat (es tracta, per tant, de la distància reduïda, resultat de la seva projecció en un pla).

En l'escala numèrica, el numerador i el denominador empen la mateixa unitat, i el valor d'escala no presenta una concreció en cap unitat determinada. Això significa que és vàlid per a qualsevol sistema, i el numerador i el denominador tenen les mateixes unitats (un pam del mapa = x pams de la realitat).

Els mapes empen l'escala numèrica i l'escala gràfica. Aquesta darrera és imprescindible per a un mapa imprès o escanejat, atès que si hi ha una alteració de grandària (una ampliació o una reducció) podem continuar sabent la relació entre el mapa i la realitat que representa.

Exemples d'escales gràfiques: aplicació d'ArcGis per a configurar una escala



Diem que una escala és gran com més petit sigui el denominador. Per contra, quan el denominador és gran, més petita és l'escala.

Exemple

- Escala gran; denominadors amb valors inferiors a 10.000
- Escala petita; denominadors amb valors superiors a 100.000

Habitualment en l'elaboració d'un plànol es prescindeix de l'esfericitat terrestre i s'empren escales grans, generalment més grans d'1:25.000.

Quan volem conèixer una distància real a partir d'un mapa, cal que mesurem la distància sobre el mapa i la multipliquem per l'escala del mapa. Per contra, si volem conèixer a què correspon una distància real sobre l'escala d'un mapa, dividirem la distància per l'escala. Els valors que obtinguem d'aquesta regla de tres seran amb les mateixes unitats amb les quals fem les mesures.

A mode d'exemple, adjuntem una taula en què figuren els diferents valors que representa 50 metres del terreny sobre uns mapes que estan en escales diferents.

Taula 1. Valors obtinguts en relació amb una distància de 50 metres a escales diferents

Escala del mapa	Mesura en el mapa
1:500	10 cm
1:5.000	1cm
1:50.000	1 mm
1:500.000	0,1 mm

Vegeu també

Per aprofundir en aquest tema, us suggerim que practiqueu aquests senzills exercicis.

Exercicis

Regla de tres:

$$\begin{array}{l} \text{mapa} : \text{realitat} \\ 1 : x \end{array}$$

a) Incògnita: la distància real. Quants metres són 7,2 cm d'un mapa d'escala 1:300.000?

$$\begin{array}{l} 1 : 300.000 \\ 7,2 : x \text{ cm} \end{array}$$

$$x = 300.000 \cdot 7,2 = 2.160.000 \text{ cm} = 21.600 \text{ m}$$

b) Incògnita: la distància en el mapa; escala 1:500. Quant fa una muralla de 320 m de longitud?

$$\begin{array}{l} 1 \quad : \quad 500 \\ x \text{ m} \quad : \quad 320 \text{ m} \end{array}$$

$$x = \frac{320}{500} = 0,64 \text{ m} = 640 \text{ mm}$$

c) Incògnita: l'escala d'un mapa que no s'indica.

- Calcular l'escala numèrica a partir de l'escala gràfica; per exemple, si 10 km reals en l'escala del mapa són 10 cm, aleshores $1.000.000 \text{ cm} / 10 \text{ cm} = 100.000$ (1:100.000) (igual que en el primer exercici).
- Indicis: buscar en el mapa algun element que faci d'escala gràfica (punt quilomètrics en un tram recte de carretera, coordenades UTM), o bé calcular-hi una distància de valor conegut.

Exemple:

Distància real Ciutadella-Maó: 38 km; al mapa: 19 cm. Quina és l'escala del mapa?

$$\begin{array}{l} 1 \quad : \quad x \\ 19 \text{ cm} \quad : \quad 3.800.000 \text{ cm} \end{array}$$

$$x = \frac{3.800.000}{19} = 200.000 \rightarrow 1:200.000$$

Escala numèrica d'un mapa antic

a) A partir d'una distància coneguda (igual que l'exercici anterior)

Aragó (Lavanha, 1619): Jaca/Terol 250 km = 78,1 cm

$$\begin{array}{l} 1 \quad : \quad x \\ 78,1 \text{ cm} \quad : \quad 25.000.000 \text{ cm} \end{array}$$

$$x = \frac{25.000.000}{78,1} = 320.000$$

b) A partir de l'escala gràfica:

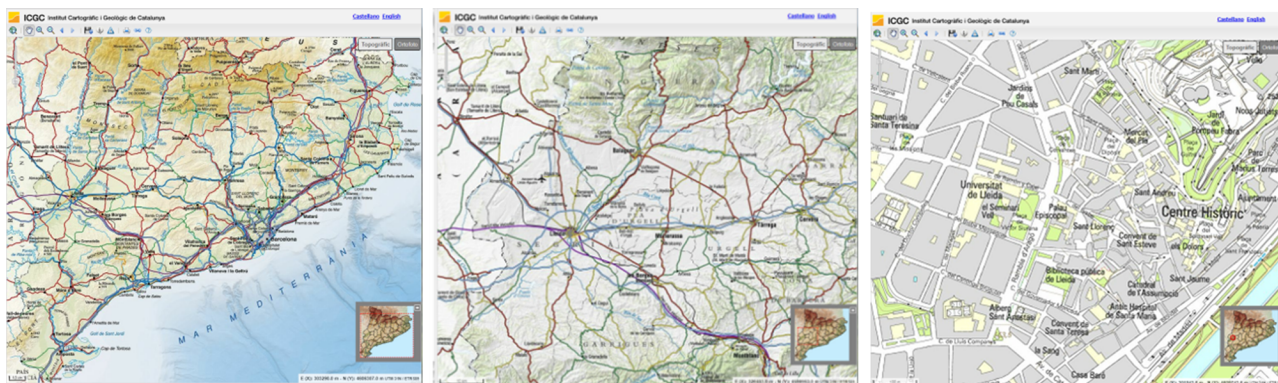
Granada (T. López, 1795): 1 «legua de 20 al grado» = 5.555,5 m; és a dir: 10 llegües a l'escala gràfica (10 millor que 1, per reduir l'error) = 135 mm.

$$\begin{array}{l} 1 \quad : \quad x \\ 0,135 \text{ cm} \quad : \quad 10 \cdot 5.555,5 \text{ cm} \end{array}$$

$$x = 411.518 \rightarrow 1:411.518$$

Com és natural, la selecció d'una escala en el procés d'elaboració d'un mapa estarà condicionada pel contingut i l'àrea que volem representar.

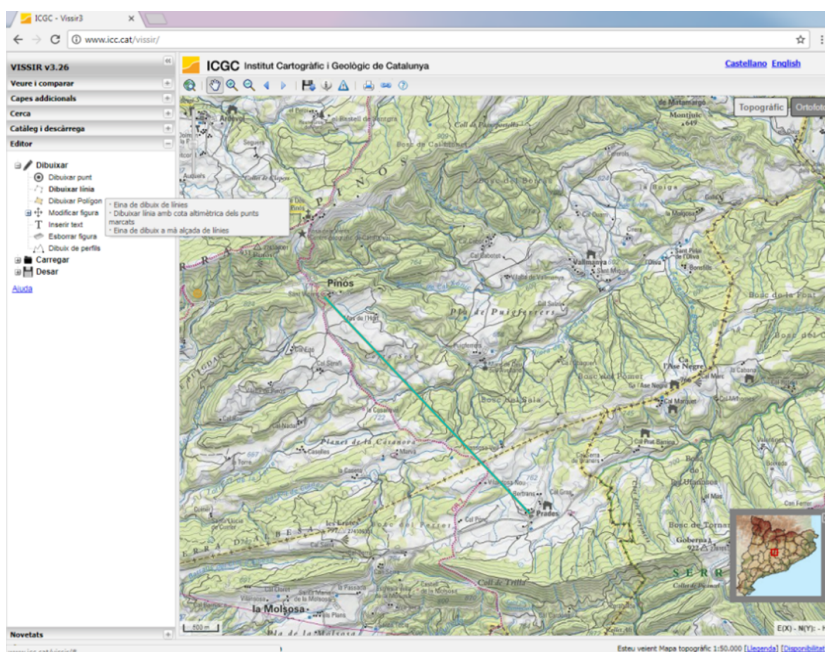
A continuació teniu diverses imatges de mapes a diferents escales corresponents al visor de l'ICGC.



La primera imatge correspon a una escala 1.100.000, la següent a 1:500.000, i la tercera a 1:10.000.
Font: ICGC

Exercici pràctic d'escala

Una bona manera de comprendre com funciona l'escala és obrir el visor de l'ICGC (accessible en línia), dibuixar-hi línies amb l'eina «Editor», i a continuació variar-ne l'escala. D'aquesta manera podem observar com la línia varia de grandària i el contingut del mapa es modifica en funció de l'escala. Com més gran sigui l'escala (denominador petit), més informació descriptiva de la zona hi haurà.



Font: visor de l'ICGC (accessible en línia)

2. La representació del relleu

Un mapa, a banda de la informació topogràfica i toponímica, pot contenir una informació rellevant com és l'altitud. La representació del relleu pot fer-se a través de diverses tècniques com són les corbes de nivell, les cotes o la il·luminació (generalment des del NW).

A continuació exposarem els conceptes principals que cal saber per a entendre un mapa o plànol que conté la tercera dimensió.

Les **normals**¹ són els segments que representen línies de pendent màxim. Hi ha versions –proporcionades i quantificades en relació amb el pendent representat– graduades de manera subjectiva amb l'orientació, a manera d'ombrejat (com per exemple el mapa de Galícia de D. Fontán, 1845). En canvi, el sistema de Lehmann atorga un negre ple a un angle de 45°, graduant l'amplada de les normals en funció del grau d'inclinació (parteix de dos triangles de 45° en contacte i igual alçada que amplada).

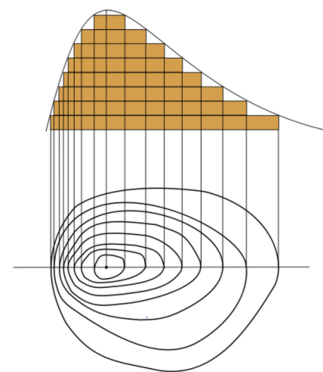
⁽¹⁾Hachure, en francès i anglès.

Les **corbes de configuració** són les línies discontinües amb una disposició similar a les corbes de nivell, sense altimetria (exemple Fco. Coello, 1850).

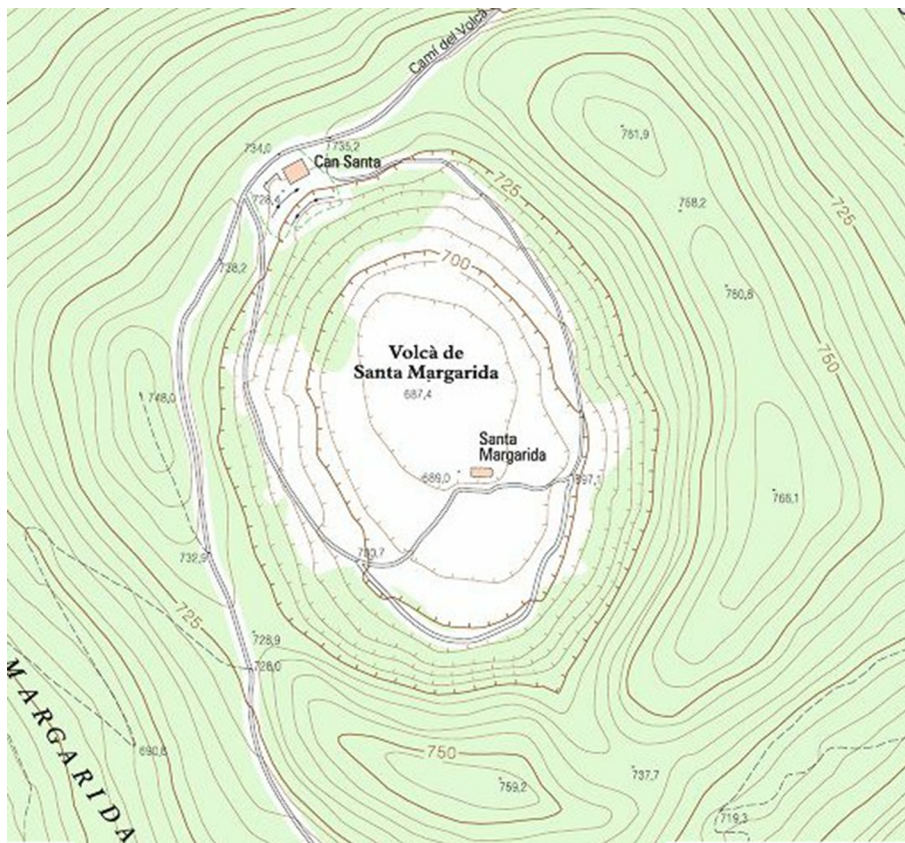
Les **corbes de nivell** o **isohipses**² són les línies que uneixen punts d'igual altitud o cota. De corbes, n'hi ha de diferents tipus:

⁽²⁾En anglès, *contour line*.

- **Corba mestra** (o **directora**), més gruixuda, numerada; d'acord amb un múltiple de l'equidistància (normalment ho és una de cada 5 línies).
- **Corba batimètrica** o **isòbata**, per a representar les fondàries en masses d'aigua.
- **Corba de depressió**, generalment indicada amb petites normals cap endins.
- La cota d'una corba de nivell és aquell punt amb l'alçada indicada en el mapa.



Esquema de com es reproduïxen les corbes de nivell
Font: Wikipedia. Data de consulta 10 de juliol del 2017



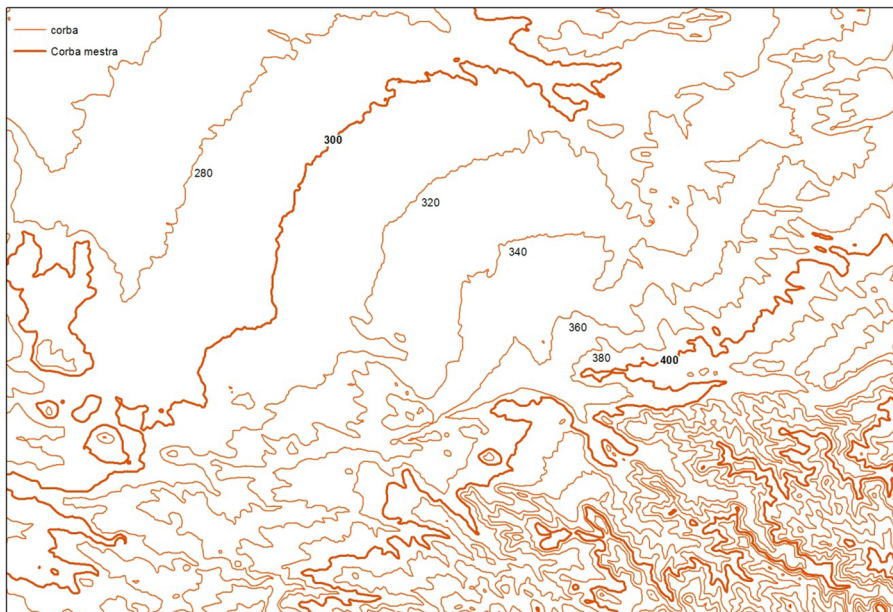
Font: ICGC

El principi gràfic d'unió de punts d'igual magnitud (isolínies) aparegué aplicat primerament a la declinació magnètica (mapes d'isògones d'Edmond Halley, 1701) i a la batimetria (mapes d'isòbates de Nicholas S. Cruquius, 1729). L'any 1771 el científic Du Carla proposà estendre el mètode de les isolínies a la representació del relleu, com a exercici teòric, però no fou fins l'any 1791 que l'enginyer Jean Louis Dupain-Triel aplicà aquest mètode nou a la representació del relleu de França.

El Mapa Topogràfic Nacional (MTN) emprà les corbes de nivell des del 1875. Convencionalment, les corbes terrestres es retolen de color sèpia, i per al mar o gel, es retolen de color blau.

L'**equidistància** és la diferència d'altitud entre dues corbes de nivell consecutives. Aquest tret és invariable per al mapa (tret de corbes intercalades, amb traç discontinu, i mapes de petita escala i amb tints hipsomètriques).

Si tenim present que una mateixa corba té la mateixa cota en tot el traçat, la distància entre corbes ens indicarà quin és el pendent. Per exemple, dues corbes d'un mapa que es troben molt separades indica que hi ha un pendent molt suau; en canvi, un conjunt de corbes molt juntes indica un desnivell fort. Dues corbes mai es poden tallar entre si. El que sí que podem trobar és una corba tancada en cercle, fet que significa que hi ha un cim (o, més rarament, un clot o una depressió).



Font: elaboració pròpia a partir de la base cartogràfica ICGC.

Exemple de com es dibuixen les corbes de nivell a partir d'uns punts d'alçada coneguda

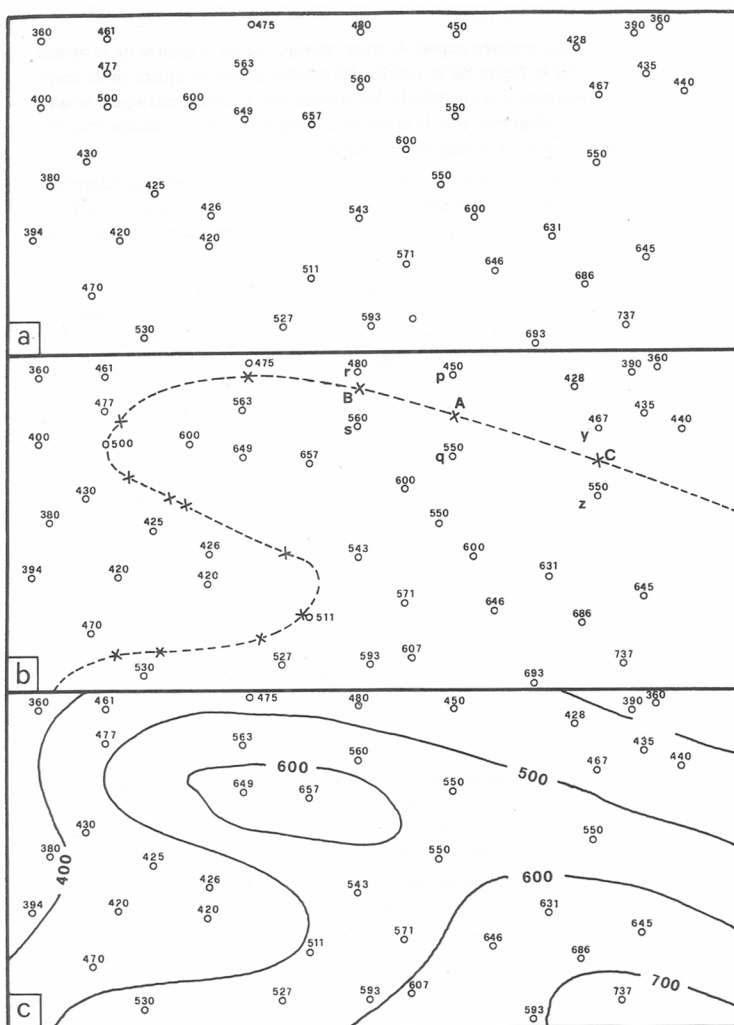


FIG. 8 METODO DE INTERPOLACION Fuente: Garnier. Op. cit. en Bibliografía

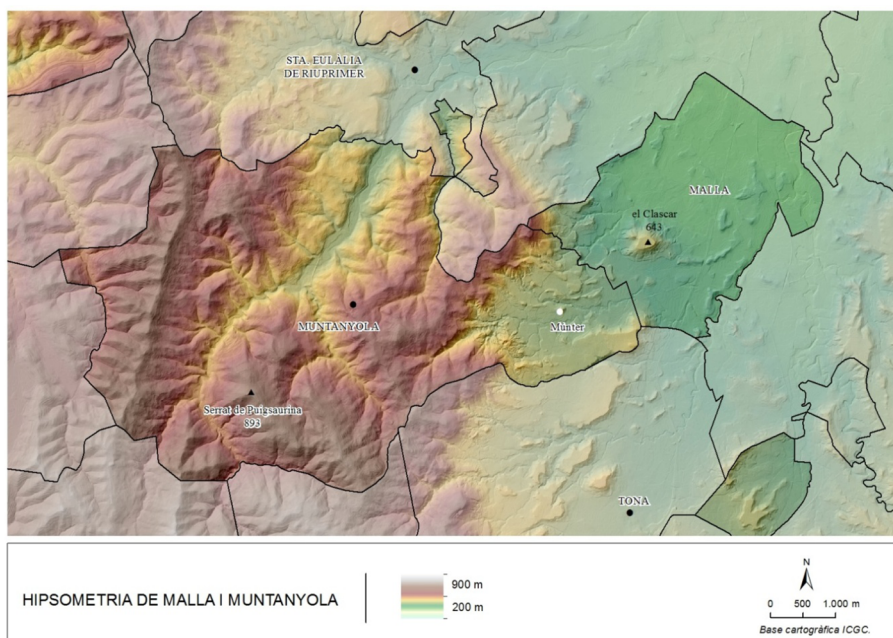
Font: R. Puyol i J. Estébanez (1976). *Análisis e interpretación del mapa topográfico*

Les corbes de nivell que representen depressions tancades del relleu (clots de llacunes, avencs, cràters...) duen dibuixades uns segments que apunten cap a l'interior de la depressió, per a diferenciar-les dels cims.

L'**ombrejat** és una tècnica molt emprada actualment per a representar el relleu del territori mitjançant la llum i el volum. Com a norma general s'utilitza una llum situada a 30° o 45° sobre l'horitzontal i situada a ponent o NW. D'aquesta manera es projecta una ombra cap al sud-est. Aquesta tècnica substitueix l'ús de les corbes de nivell per la seva facilitat de creació amb els sistemes d'informació geogràfica, i perquè es més fàcil d'interpretar per tot tipus d'usuaris.

El mapa següent mostra el relleu amb un ombrejat i una gamma de colors o tintes hipsomètriques en funció de l'alçada de cada punt.

Relleu amb ombrejat i hipsometria

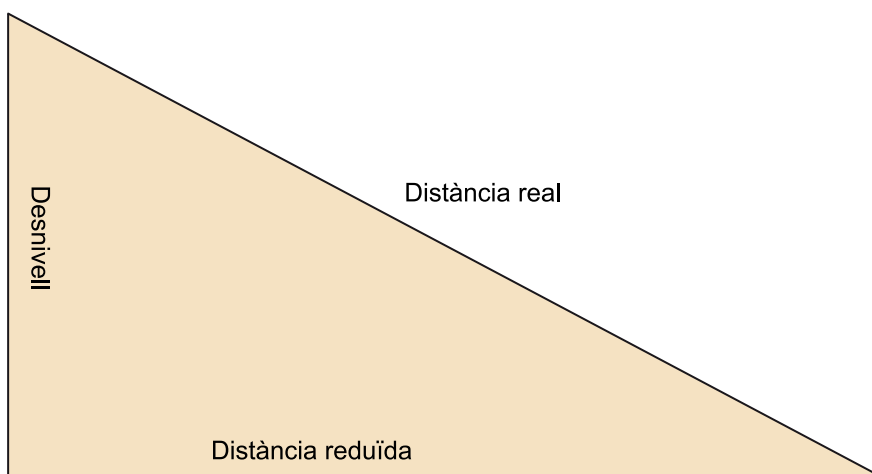


El recurs de posar un tel en la informació que no és rellevant per al nostre estudi per tal de deixar-la en segon terme, s'anomena *màscara*.
Font: elaboració pròpia a partir de la base cartogràfica ICGC.

3. Les distàncies

En un mapa hi ha la distància real i la reduïda. La **distància real** fa referència a la distància natural o geomètrica. En canvi, la **distància reduïda** és la distància projectada en el mapa i de lectura directa.

Per a obtenir la distància real, cal aplicar la formula següent:



$$H = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$$

On $C_1 = \text{Desnivell}$ i $C_2 = \text{Distància reduïda}$ (la que calculem sobre el mapa).

Exemple

A mode d'exemple, podem realitzar l'exercici següent.

Un sector de pendent uniforme del Montsec comprès entre els 1.600 i els 1.000 m presenta una distància de 35 mm sobre un mapa d'escala 1:40.000. Quina és la distància real entre els dos punts?

1.600 – 1.000 = 600 m de desnivell

$$\begin{array}{l} 1 \quad : \quad 40.000 \\ 35 \text{ mm} \quad : \quad x \text{ mm} \end{array}$$

$$\text{Distància reduïda} = 40.000 \cdot 35 \text{ mm} = 1.400 \text{ m}$$

$$\text{Distància real} = \sqrt{600^2 + 1.400^2} = 1.523,2 \text{ m}$$

També cal aplicar el teorema de Pitàgores per a obtenir la distància reduïda per coordenades UTM d'un mateix fus. Abans, però, cal tenir present els punts següents:

- Les coordenades expressen la distància en quilòmetres al punt d'origen (0,0) de la quadrícula.
- Cada quadrícula està centrada en un fus (la Terra resta dividida en seixanta fusos i, per tant, seixanta quadrícules). Tot Catalunya es troba en el mateix fus.
- Si convé, cada quadrícula es pot perllongar una mica pels fusos veïns.
- El punt $X = 0$ i $Y = 0$ de la quadrícula se situa en l'equador, en un punt arbitrari, extern al fus, situat uns 187 km a l'oest de l'extrem esquerre del fus de 6° d'ample.
- Per a afegir decimals a una coordenada, cal dividir la quadrícula del mapa en deu parts (1 decimal) o cent (2 decimals).

Exemple

A continuació teniu un exemple de càlcul de distància a partir de coordenades UTM:

Olesa de Montserrat: UTM $X_1 = 407$ km; UTM $Y_1 = 4.599,5$ km

El Port de la Selva: UTM $X_2 = 517$ km; UTM $Y_2 = 4.688$ km

$$X_1 - X_2 = 110 \text{ km}$$

$$Y_1 - Y_2 = 88,5 \text{ km}$$

$$\text{Distància} = \sqrt{110^2 + 88,5^2} = 141,18 \text{ km}$$

4. Els nordos

Un dels elements imprescindibles en un mapa és el nord, ja que facilita la lectura al possible usuari del mapa. Abans de parlar de l'orientació en un mapa, però, cal que diferenciem els diferents nordos.

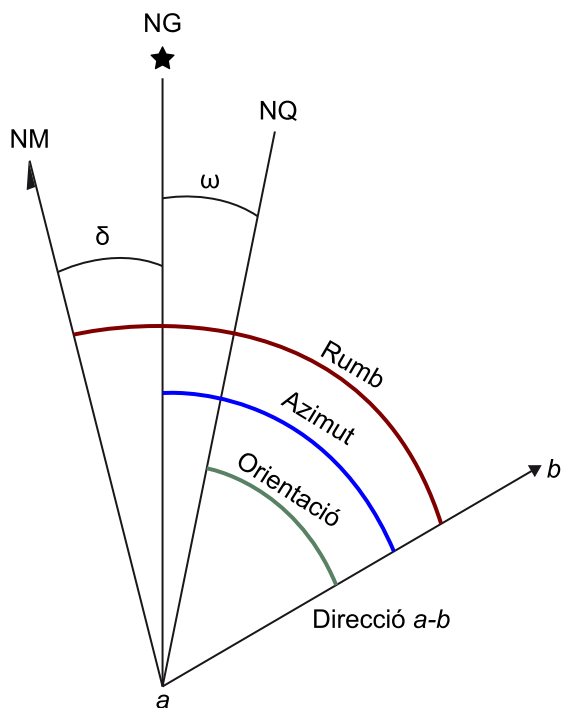
El **nord geogràfic (NG)**, o *true north*, és el que la Terra utilitza com a eix de rotació. Un angle de direcció que s'hi refereix és un **azimut**

El **nord magnètic (NM)** és el que estableix el camp magnètic. L'angle de direcció que s'hi refereix és un **rumb**. Cal tenir present que el nord magnètic no és estable i que varia uns metres d'un dia per un altre. És a la deriva. La brúixola indica la direcció al pol nord magnètic. L'eix de rotació no coincideix amb el camp magnètic terrestre.

La diferència de l'NM amb l'NG és la **declinació (δ)**. Les isolínies d'igual declinació s'anomenen **isògones**. Actualment, la declinació s'incrementa en direcció est uns 9' l'any. La isògona de valor 0° s'anomena *àgona*. Actualment s'atansa a Saragossa, procedent de Lleida. Per tant, avui dia la declinació és molt petita a casa nostra. En canvi, els mapes publicats en temps de la Guerra Civil tenien una declinació de 10°.

El **nord de la quadrícula UTM (NQ)** són línies verticals, paral·leles entre elles, que figuren als mapes: *grid north*, o també mal anomenat **nord de la projecció (NP)**. Un angle de direcció que s'hi refereix és una **orientació**. La diferència entre NG i NQ és la **convergència (ω)**.

A continuació teniu un esquema dels diferents nordos i els angles corresponents. La posició entre els tres tipus de nord varia d'un mapa a un altre i també en el temps. Per tant, l'exemple gràfic és només un dels casos possibles. Els mapes topogràfics inclouen un gràfic d'aquest estil.



Font: elaboració pròpia

Càlculs d'angle de direcció

a) **Orientació (NQ)**, directament sobre el mapa.

b) **Azimut** = Orientació \pm ω (+, si l'NG és a l'W de l'NQ; -, si n'és a l'E).

c) **Rumb**: cercar la δ del lloc; a la llegenda del mapa mateix (si s'ha publicat fa poc), o bé a les pàgines web següents:

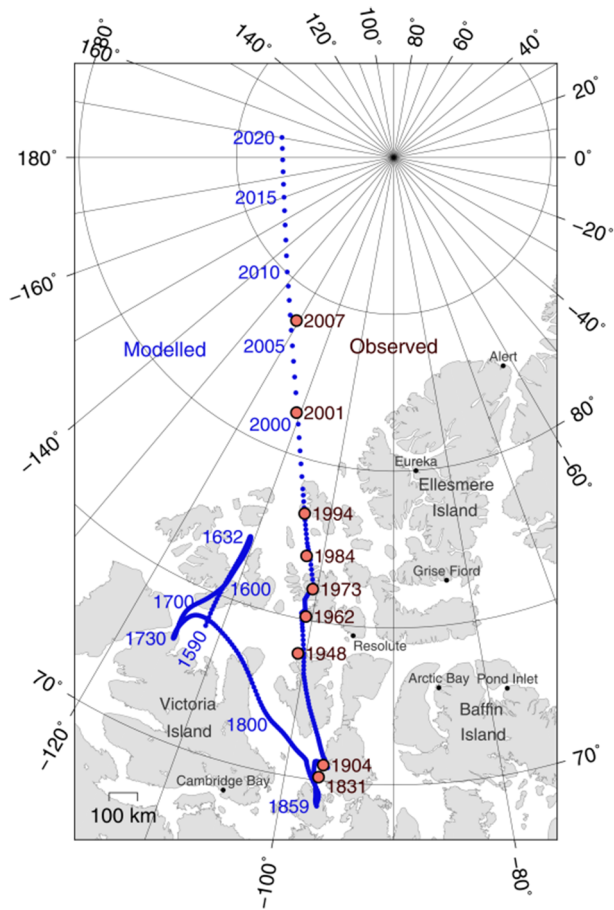
- «Geomagnetismo», IGN (accessible en línia)
- «Magnetic Field Calculators», NOAA (accessible en línia)

El 2015 el pol Nord es trobava a 159° W i 86° N. Els darrers anys es desplaça uns 55 km/any en direcció cap a Sibèria.

Altres portals interessants

Altres portals interessants en aquest àmbit:

- L'Observatori de l'Ebre (accessible en línia) dona la declinació en temps real.
- Mapa de declinació magnètica, 2015 (accessible en línia).

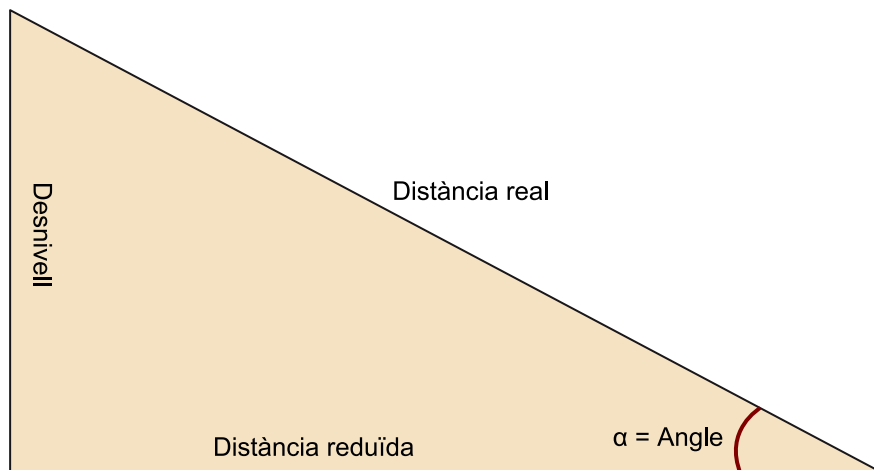


Font: «Campo magnético terrestre» (accessible en línia), Wikipedia

5. El pendent

El **pendent d'un territori** és la inclinació d'una superfície respecte d'un pla horitzontal.

El pendent



Font: elaboració pròpia

La inclinació d'una superfície o pendent es pot expressar en tant per cent (%) o en graus (°):

- En graus = $\tan^{-1} \frac{\text{Desnivell}}{\text{Distància}}$
- En % = $100 \frac{\text{Desnivell}}{\text{Distància}}$ (metres de desnivell per cada 100 metres de distància)

Exemple

Inclinació en graus: 70 m de desnivell en 350 m $\rightarrow \tan^{-1} \frac{70}{350} = 11,3^\circ$

Inclinació en percentatge: $100 \frac{70}{350} = 20\%$

Exercicis

a) Quin pendent mitjà hi ha entre l'Aneto (3.404 m) i el Vilaller (900 m), si la distància entre ambdós punts a escala 1:50.000 és de 355 mm? La distància entre ambdós punts és de 17.750 m.

$$\frac{2.504 \text{ m}}{17.750 \text{ m}} 100 = 14,1\%$$

$$\tan^{-1} \frac{2.504}{17.750} = 8^\circ$$

b) En un mapa d'escala 1:50.000, quin pendent hi ha entre dues corbes de nivell successives separades per 3 mm?

Entre corbes consecutives, el desnivell és l'equidistància (20 m):

$$\begin{array}{l} 1 \quad : \quad 50.000 \\ 3 \text{ mm} \quad : \quad x \text{ mm} \end{array}$$

$$x = 150 \text{ m}$$

$$\frac{20}{150} 100 = 13,33\%$$

c) Quina distància cal que hi hagi entre dues corbes de nivell consecutives d'un mapa d'escala 1:25.000 (equidistància = 10 m) per a trobar un pendent del 5%?

$$5\% = \frac{\text{Equidistància}}{x} \times 100$$

$$5\% = \frac{10 \text{ m}}{x} 100 \rightarrow x = \frac{10}{5} 100 = 200 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} 1 \quad : \quad 25.000 \\ x \quad : \quad 200 \text{ m} \end{array}$$

$$x = 0,008 \text{ m} = 8 \text{ mm}$$

6. Recursos

Vídeo: *La cartografia*

L'objectiu d'aquest documental és veure la producció de cartografia de l'ICGC, especialment a partir de les bases topogràfiques.

La cartografia



Temps: 12 minuts. Font: *La cartografia* (accessible en línia) (2011) - ICGC© Institut Cartogràfic i Geogràfic de Catalunya, YouTube

Lectura:

1) F. Vázquez; J. Martín (1989). *Lectura de mapas* (pàg. 165-176). Institut Geogràfic Nacional.