

GEOGRAFÍA FÍSICA
MANUAL PRÁCTICO

4

PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
1. LAS PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS	1
1.1. CONCEPTO	1
1.2. EL PROBLEMA DE LA DEFORMACIÓN	1
2. CLASIFICACIÓN DE LAS PROYECCIONES	2
2.1. SEGÚN LA SUPERFICIE DE PROYECCIÓN	2
PROYECCIONES CILÍNDRICAS	2
PROYECCIONES CÓNICAS	2
PROYECCIONES ACIMUTALES O PLANAS	3
OTRAS PROYECCIONES	3
2.2. SEGÚN LA POSICIÓN DE LA SUPERFICIE	4
2.3. SEGÚN EL CONTACTO CON LA ESFERA	4
3. PROPIEDADES DE LAS PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS	5
4. LA PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)	5
4.1. FUNDAMENTOS	5
4.2. EL SISTEMA DE COORDENADAS UTM	7
4.3. EL SISTEMA UTM EN ESPAÑA	8
5. MODELO DE COMENTARIO DE UNA PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA	8
5.1. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN	8
5.2. ANÁLISIS	8
5.3. COMENTARIO	10
5.4. CONCLUSIÓN	10
6. EJERCICIOS PRÁCTICOS RESUELTOS	11
6.1. IDENTIFICACIÓN DE PROYECCIONES A PARTIR DE LA RETÍCULA	11
6.2. CÁLCULO DE LA ZONA Y LA BANDA UTM	11
6.3. INTERPRETACIÓN DE UNA COORDENADA UTM	12
6.4. MADRID (2014)	12

INTRODUCCIÓN

La Tierra es un cuerpo tridimensional de forma aproximadamente esférica, mientras que los mapas son superficies planas. Trasladar la una a los otros exige un procedimiento matemático denominado **proyección cartográfica**, sin el cual no sería posible elaborar ningún mapa. Toda proyección implica, además, una inevitable **deformación** de la realidad, por lo que la elección de una u otra depende siempre de la finalidad del mapa.

En las oposiciones de Geografía e Historia es frecuente que se pida identificar y comentar una proyección a partir de su retícula de paralelos y meridianos, como ocurrió en el supuesto práctico de **Madrid (2014)**. También resulta imprescindible conocer el sistema **UTM**, base de la cartografía topográfica oficial en España.

En este documento se abordan:

- El concepto de proyección cartográfica y el problema de la deformación.
- La clasificación de las proyecciones según la superficie, la posición y el contacto con la esfera.
- Las propiedades de las proyecciones: conformes, equivalentes, equidistantes y afilácticas.
- La proyección y el sistema de coordenadas UTM.
- Un modelo de comentario y una batería de ejercicios prácticos resueltos.

1. LAS PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

1.1. CONCEPTO

Una **proyección cartográfica** es un sistema de correspondencia matemática que permite trasladar de forma ordenada los puntos de la superficie curva de la Tierra a una superficie plana. Ese traslado se realiza a través de la red de paralelos y meridianos, que en el mapa recibe el nombre de **retícula o caneavá**.

En su origen, muchas proyecciones se concibieron de forma geométrica, imaginando una fuente de luz que proyectaba el globo sobre un plano, un cilindro o un cono. En la actualidad, la mayoría se definen mediante **ecuaciones matemáticas** que se resuelven con medios informáticos, lo que ha permitido diseñar proyecciones que reducen las distorsiones según las necesidades de cada mapa.

1.2. EL PROBLEMA DE LA DEFORMACIÓN

La superficie de una esfera no puede desarrollarse sobre un plano sin estirarse o romperse. Este principio, demostrado matemáticamente por **Carl Friedrich Gauss** en el siglo XIX, implica que **ningún mapa plano puede representar la Tierra sin deformaciones**. Estas afectan a cuatro elementos:

- **Los ángulos** y, por tanto, las formas.
- **Las superficies** o áreas.
- **Las distancias**.
- **Las direcciones**.

Cada proyección conserva algunas de estas propiedades a costa de otras. El análisis de estas deformaciones se realiza a menudo mediante la **indicatriz de Tissot**, un conjunto de pequeños círculos dibujados sobre el mapa cuya alteración de forma y tamaño muestra el tipo y la intensidad de la distorsión.

2. CLASIFICACIÓN DE LAS PROYECCIONES

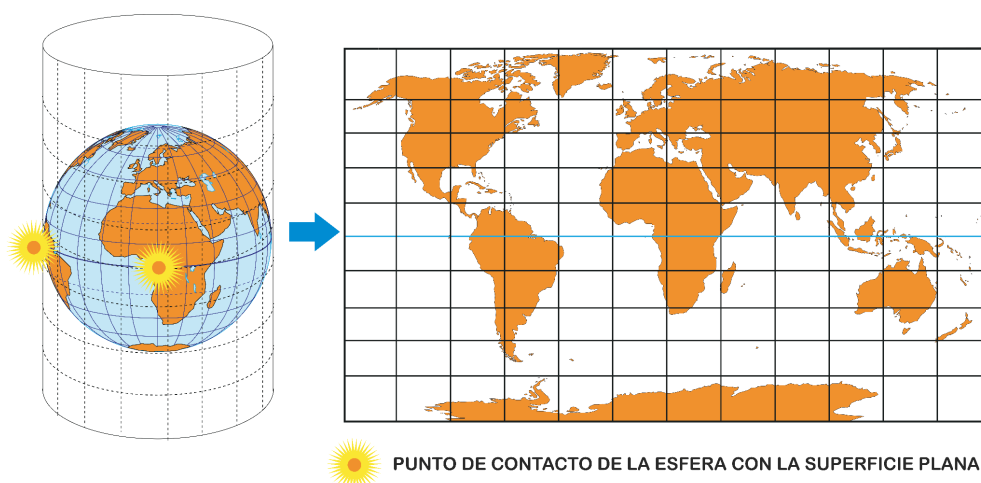
Las proyecciones pueden clasificarse según tres criterios complementarios: la **superficie** sobre la que se proyecta, la **posición** de esa superficie respecto al eje terrestre y el **tipo de contacto** con la esfera.

2.1. SEGÚN LA SUPERFICIE DE PROYECCIÓN

PROYECCIONES CILÍNDRICAS

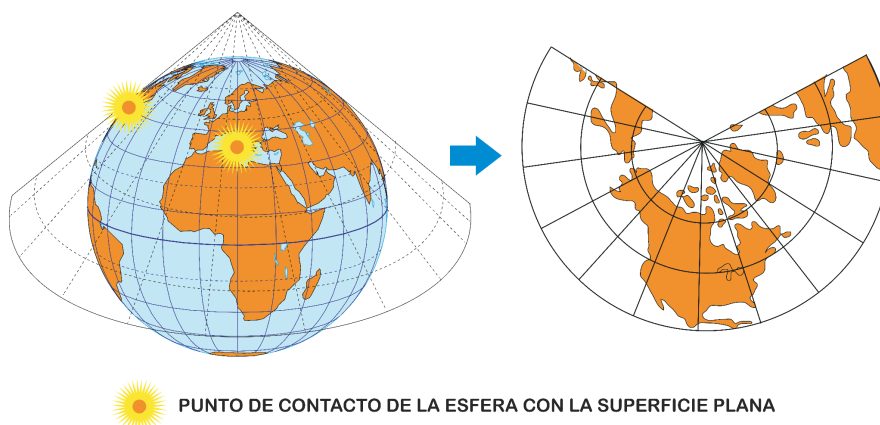
La esfera se proyecta sobre un **cilindro** que después se desarrolla en un plano, por lo que el resultado es un mapa de forma rectangular. En su posición normal, los meridianos son rectas verticales paralelas y los paralelos, rectas horizontales que los cortan en ángulo recto. Se utilizan con frecuencia para mapamundis. Algunos ejemplos son:

- La **proyección de Mercator** (1569).
- La **proyección de Gall-Peters**.
- La **proyección transversal de Mercator**, base del sistema UTM.



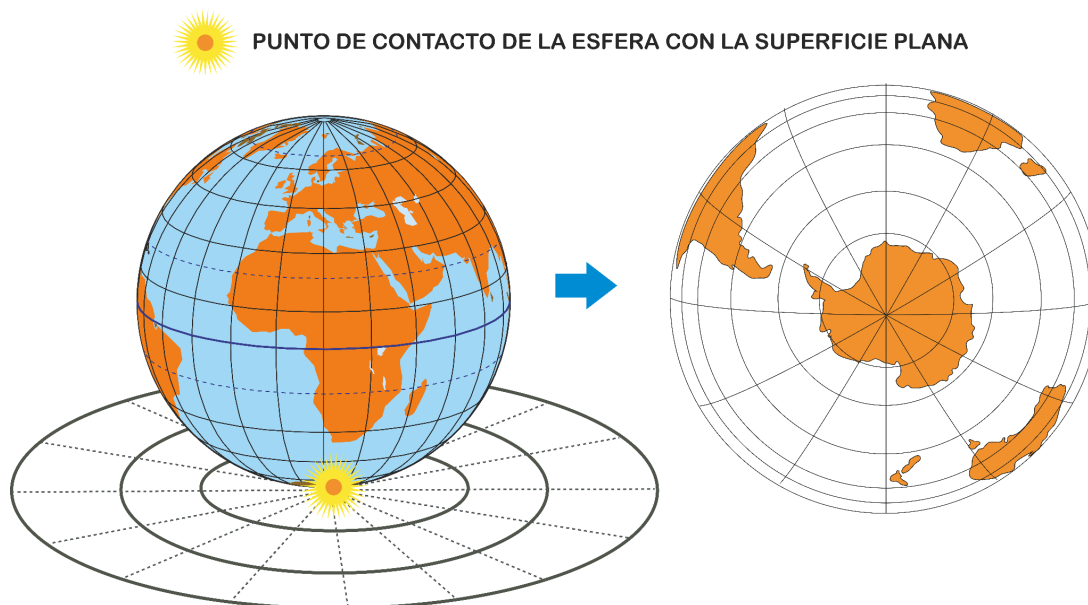
PROYECCIONES CÓNICAS

La esfera se proyecta sobre un **cono**, lo que da como resultado un mapa en forma de abanico. En su posición normal, los meridianos son rectas que convergen en un punto y los paralelos, arcos de circunferencia concéntricos. Son idóneas para representar territorios de **latitudes medias** y de mayor extensión en sentido oeste-este, como Europa o Estados Unidos. Un ejemplo destacado es la **proyección cónica conforme de Lambert**.



PROYECCIONES ACIMUTALES O PLANAS

La esfera se proyecta sobre un **plano** tangente a ella, lo que produce un mapa de forma circular. En su posición polar, los paralelos son circunferencias concéntricas y los meridianos, rectas radiales que parten del polo. Se emplean habitualmente para representar hemisferios o regiones polares. Algunos ejemplos son la **proyección estereográfica**, la **gnomónica**, la **acimutal equidistante** y la **acimutal equivalente de Lambert**.



OTRAS PROYECCIONES

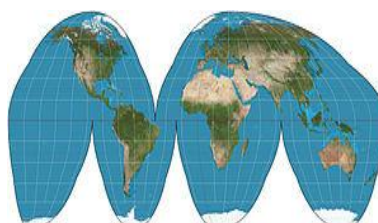
Existe un amplio grupo de proyecciones que no derivan directamente de una superficie geométrica, sino de ecuaciones diseñadas para fines concretos. Entre ellas destacan:

- **Pseudocilíndricas:** los paralelos son rectas y los meridianos, curvas. Por ejemplo, la **sinusoidal**, la de **Mollweide** o la de **Robinson**.
- **Pseudocónicas:** como la **proyección de Werner**, en forma de corazón.
- **Interrumpidas:** fragmentan los océanos para reducir la deformación de los continentes, como la **homolosa de Goode**.
- **Poliédricas:** proyectan la Tierra sobre las caras de un poliedro, como la **Dymaxion de Fuller** o la **mariposa de Waterman**.



PROYECCIÓN DE WATERMAN

FUENTE: Strebe, CC BY-SA 3.0
via Wikimedia Commons



PROYECCIÓN DE GOODE

FUENTE: Strebe, CC BY-SA 3.0
via Wikimedia Commons



PROYECCIÓN DE WERNER

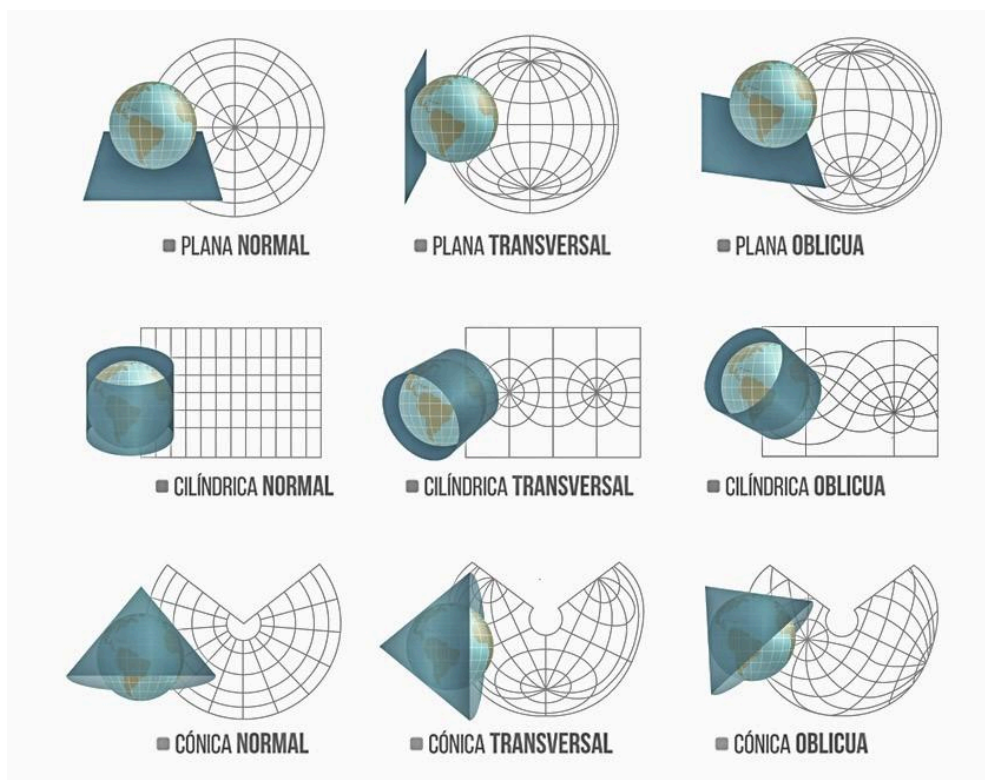
FUENTE: Strebe, CC BY-SA 3.0
via Wikimedia Commons

2.2. SEGÚN LA POSICIÓN DE LA SUPERFICIE

La superficie de proyección puede situarse en distintas posiciones respecto al eje de rotación terrestre, lo que modifica por completo el aspecto de la retícula:

- **Normal:** el eje del cilindro o del cono coincide con el eje terrestre. En las acimutales, la posición normal es la **polar**, con el plano tangente en un polo.
- **Transversal:** el eje de la superficie es perpendicular al eje terrestre, de modo que el cilindro toca la esfera a lo largo de un meridiano. En las acimutales se denomina **ecuatorial**, con el plano tangente en un punto del Ecuador.
- **Oblicua:** el eje de la superficie forma cualquier otro ángulo con el eje terrestre, y el contacto se produce en un punto o una línea distintos de los anteriores.

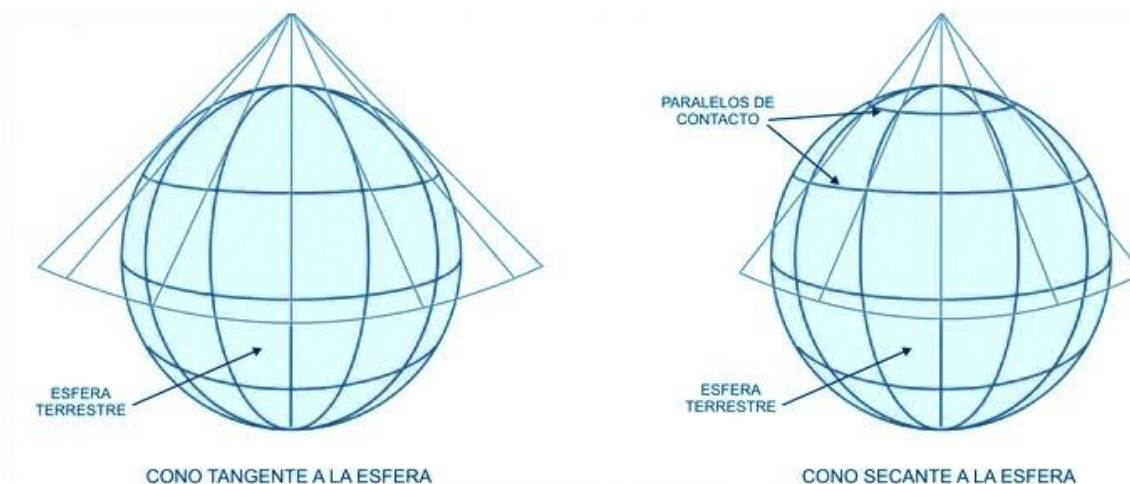
La observación de la retícula permite identificar ambos criterios a la vez: si los paralelos y meridianos son rectos y perpendiculares, la proyección es cilíndrica normal; si aparecen curvados, se trata casi siempre de una posición transversal u oblicua.



2.3. SEGÚN EL CONTACTO CON LA ESFERA

- **Tangentes:** la superficie toca la esfera en un punto (acimutales) o a lo largo de una línea (cilíndricas y cónicas). En una cónica tangente, esa línea es un paralelo, denominado **paralelo estándar** o paralelo de contacto.
- **Secantes:** la superficie atraviesa la esfera y la corta a lo largo de dos líneas. En una cónica secante, el cono corta la esfera en **dos paralelos estándar**.

En ambos casos, la deformación es nula a lo largo de las líneas de contacto y aumenta al alejarse de ellas. Las proyecciones secantes reparten mejor la deformación, ya que la zona comprendida entre ambas líneas presenta distorsiones muy reducidas.



3. PROPIEDADES DE LAS PROYECCIONES CARTOGRÁFICAS

Según la propiedad que conservan, las proyecciones pueden ser:

- **Conformes:** conservan los **ángulos**, por lo que mantienen la forma de los elementos a escala local. Los meridianos y los paralelos se cortan siempre en ángulo recto. Son esenciales para la navegación y la cartografía topográfica. Ejemplos: Mercator, cónica conforme de Lambert, estereográfica, Gauss-Krüger y UTM.
- **Equivalentes:** conservan las **superficies**, de modo que las áreas representadas son proporcionales a las reales, a costa de deformar las formas. Ejemplos: Gall-Peters, Mollweide, sinusoidal y acimutal equivalente de Lambert.
- **Equidistantes:** conservan las **distancias**, pero solo a lo largo de determinadas líneas o desde un punto concreto, nunca en todo el mapa. Por ejemplo, la acimutal equidistante conserva las distancias desde su punto central.
- **Afilácticas:** no conservan ninguna propiedad de forma exacta, sino que buscan un **compromiso** que reduzca el conjunto de las deformaciones. Ejemplos: Robinson y Winkel Tripel.

Estas propiedades son en buena medida excluyentes. **Ninguna proyección puede ser a la vez conforme y equivalente**, y ninguna puede ser equidistante en todas las direcciones. Mantener las formas obliga a variar la escala y, por tanto, a alterar las áreas; conservar las áreas obliga, por el contrario, a deformar los contornos. Por eso la elección de una proyección depende siempre del **propósito del mapa**.

En los siguientes enlaces encontrarás más información sobre algunas proyecciones cartográficas:

- [Proyección de Aitoff](#)
- [Proyección de Dymaxion](#)
- [Proyección de Goode](#)
- [Proyección de Robinson](#)
- [Proyección de Van der Grinten](#)
- [Proyección de Winkel-Tripel](#)

4. LA PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR (UTM)

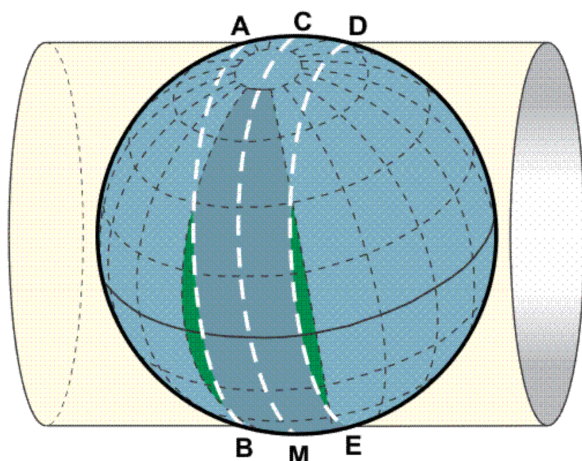
4.1. FUNDAMENTOS

La proyección **Universal Transversal de Mercator (UTM)** se basa en la **proyección transversal de Mercator**, formulada por **Johann Heinrich Lambert** en 1772 y desarrollada después por Gauss y Krüger.

Se construye como la proyección de Mercator, pero con el cilindro girado 90°, de forma que no toca la esfera a lo largo del Ecuador, sino de un meridiano.

Como la deformación crece rápidamente al alejarse de la línea de contacto, el sistema UTM no proyecta toda la Tierra de una vez, sino que la divide en **60 husos o zonas de 6° de longitud**. Cada zona se proyecta por separado sobre un cilindro transversal tomando como referencia su **meridiano central**. Sus principales características son:

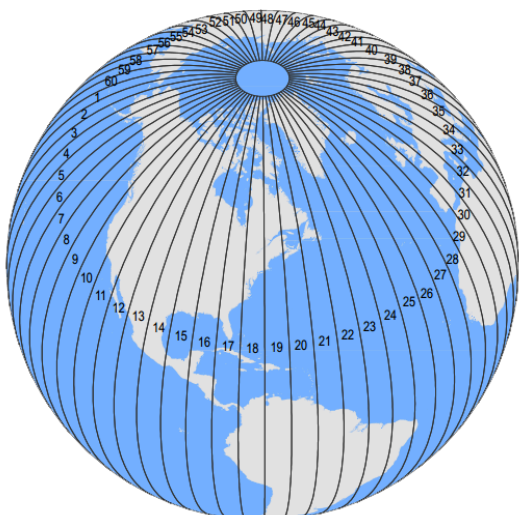
- Es una proyección **cilíndrica, transversal y conforme**.
- Es **secante**: el cilindro corta la esfera a lo largo de dos líneas situadas a unos 180 km a cada lado del meridiano central, donde la deformación es nula.
- Cubre la superficie terrestre entre los **80° S y los 84° N**. Las regiones polares se representan con el sistema **UPS** (Universal Polar Estereográfica).
- La deformación dentro de cada zona es muy pequeña, lo que la convierte en la proyección idónea para la **cartografía topográfica** a gran escala.



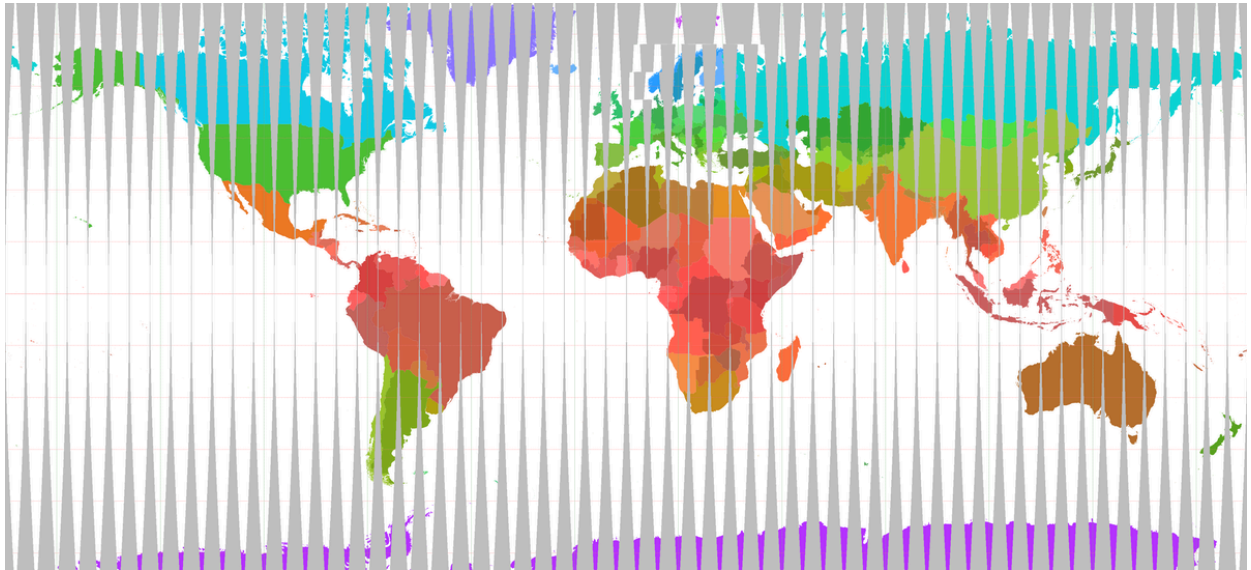
Para la realización se toma un meridiano central y se proyecta una franja de 6° de latitud.

CM= Meridiano central

AB/DE= son las líneas de intersección.



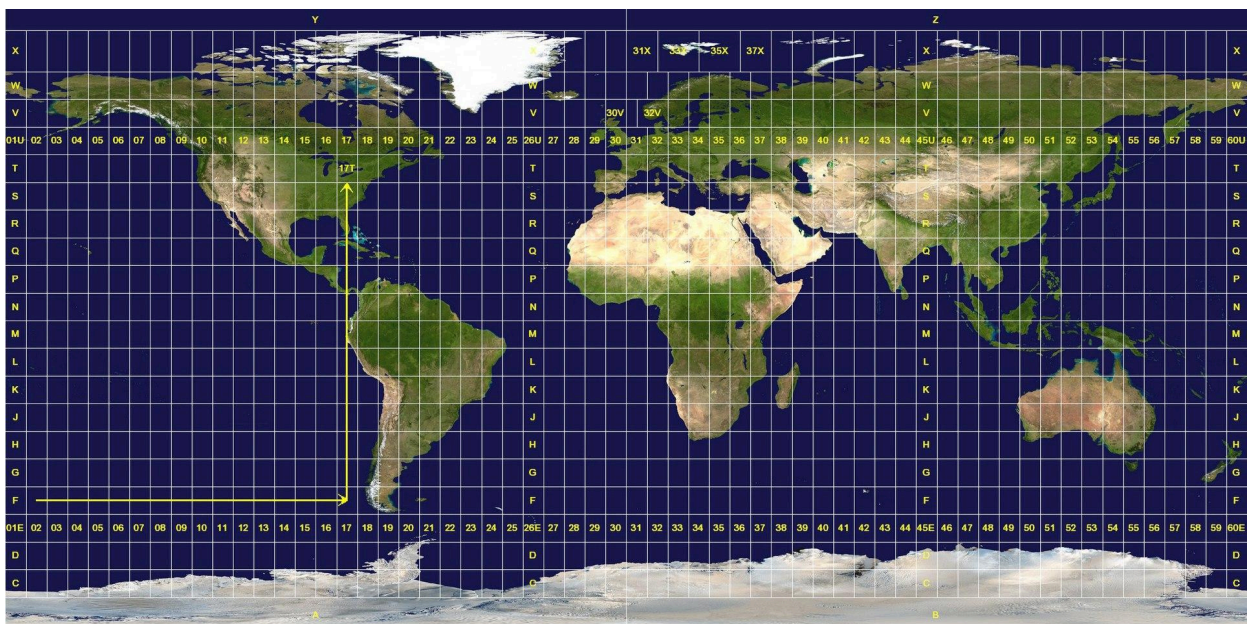
En realidad, una proyección UTM son un conjunto de 60 proyecciones cilíndricas transversales, que abarcan 6° de latitud yuxtapuestas. Esto permite minimizar las distorsiones propias de la proyección de Mercator.



4.2. EL SISTEMA DE COORDENADAS UTM

A partir de esta proyección se desarrolló un sistema de coordenadas métricas, adoptado por el **Ejército de los Estados Unidos** a finales de la década de 1940 y extendido después a escala internacional. Cada punto se identifica mediante cuatro elementos:

- **Zona o huso:** número del 1 al 60. La zona 1 comienza en el meridiano 180° y la numeración avanza hacia el este. Cada zona mide 6° de longitud.
- **Banda de latitud:** letra de la C a la X, excluidas la I y la O para no confundirlas con números. Hay 20 bandas de **8° de latitud**, salvo la X, que mide 12°.
- **Coordenada X o Este (*easting*):** distancia en metros respecto al meridiano central de la zona, al que se asigna convencionalmente el valor de **500.000 m** para evitar números negativos. Un valor inferior a 500.000 indica que el punto está al oeste del meridiano central; uno superior, que está al este.
- **Coordenada Y o Norte (*northing*):** distancia en metros respecto al Ecuador. En el hemisferio sur se asigna al Ecuador el valor de **10.000.000 m** para evitar también números negativos.



Para calcular la zona y la banda de un punto a partir de sus coordenadas geográficas se aplican estas reglas:

- **Zona:** se suma 180 a la longitud (negativa si es oeste), se divide entre 6 y se toma la parte entera más 1.
- **Meridiano central de la zona:** $6 \times \text{número de zona} - 183$.
- **Banda:** se suma 80 a la latitud (negativa si es sur), se divide entre 8 y la parte entera indica la posición de la letra, contando desde C = 0.

4.3. EL SISTEMA UTM EN ESPAÑA

El **Real Decreto 1071/2007**, de 27 de julio, adopta el sistema de referencia geodésico **ETRS89** como oficial en España y establece la proyección UTM para la cartografía oficial a escalas mayores de 1:500.000. El territorio español se reparte entre varias zonas:

- **Zona 29:** Galicia y el extremo occidental peninsular.
- **Zona 30:** la mayor parte de la península.
- **Zona 31:** el extremo oriental peninsular y las islas Baleares.
- **Zonas 27 y 28:** las islas Canarias.

5. MODELO DE COMENTARIO DE UNA PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA

El comentario de una proyección cartográfica puede organizarse en cuatro apartados fundamentales: **identificación y clasificación, análisis, comentario y conclusión**, a los que se añade la bibliografía.

5.1. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN

En este apartado se presenta el documento y se sitúa en su contexto. Debe incluir:

- **Identificación y definición** del documento como proyección cartográfica.
- **Territorio representado:** mundo, hemisferio, continente o región.
- **Tipo de proyección:** plana, cilíndrica o cónica; normal, transversal u oblicua; tangente o secante, si puede deducirse.
- **Punto o línea de contacto:** suele coincidir con el centro de la proyección o con la línea recta que atraviesa la retícula sin deformarse.
- **Referencia curricular:** relación con los saberes básicos de Geografía e Historia de ESO (**Real Decreto 217/2022**) y de Geografía de 2.º de Bachillerato (**Real Decreto 243/2022**), citando también el decreto de currículo de la comunidad autónoma correspondiente.

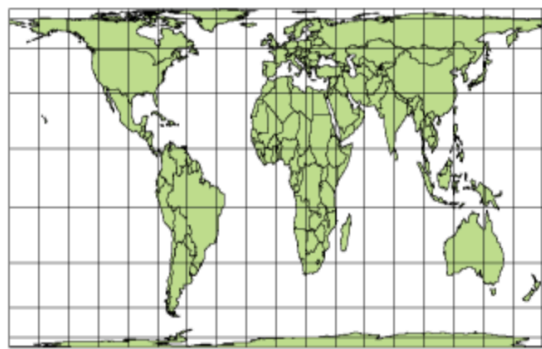
5.2. ANÁLISIS

En esta parte se descompone la proyección observando la retícula de paralelos y meridianos. Conviene analizar tres aspectos:

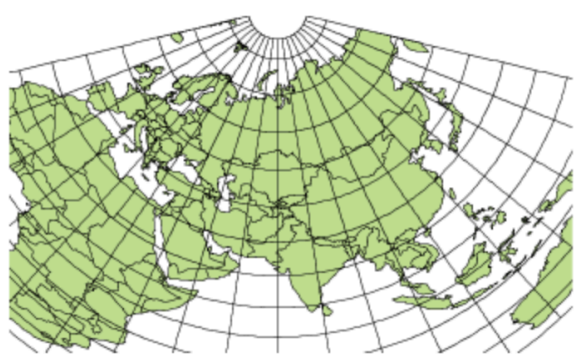
- **Formas:** si paralelos y meridianos se cortan siempre en ángulo recto y la escala aumenta por igual en todas las direcciones, la proyección es **conforme**. En la proyección de Mercator se reconoce porque la separación entre paralelos **aumenta** hacia los polos, lo que agranda enormemente las altas latitudes (Groenlandia aparece casi tan grande como África, cuando en realidad es unas catorce veces menor).

	
Proyección de Mercator	Proyección de Miller

- **Áreas:** si los ángulos son rectos pero la separación entre paralelos **disminuye** hacia los polos, compensando el ensanchamiento en sentido oeste-este, la proyección es **equivalente**, como la de Gall-Peters. Las formas aparecen alargadas en la zona intertropical y achatadas en las altas latitudes.

	
Proyección de Peters	Proyección Mollweide

- **Distancias:** si los paralelos aparecen **igualmente espaciados** a lo largo de los meridianos, la proyección conserva las distancias en esa dirección y es **equidistante**, como la cilíndrica equidistante o la acimutal equidistante polar.

	
Proyección estereográfica	Proyección cónica equidistante

En las proyecciones acimutales polares se aplica una lógica similar: paralelos igualmente espaciados indican una proyección equidistante; separación decreciente hacia el borde, una equivalente; y separación creciente hacia el borde, una conforme, como la estereográfica.

5.3. COMENTARIO

Si se identifica con seguridad la proyección, el comentario debe centrarse en ella: autor, época, finalidad, ventajas, limitaciones y usos actuales, estableciendo comparaciones con otras proyecciones. Si no se reconoce con precisión, es preferible un comentario de carácter general, sin afirmaciones técnicas dudosas, que puede enfocarse como una breve historia de la cartografía:

- **Mercator (1569):** proyección conforme que permitió trazar los rumbos constantes como líneas rectas y dominó la navegación durante siglos, aunque exagera el tamaño de las altas latitudes.
- **Gall-Peters:** proyección equivalente descrita por James Gall en 1855 y difundida por **Arno Peters** en 1973 como alternativa a la visión eurocéntrica de Mercator, pues refleja el tamaño real de África y de los países del Sur.
- **Acimutal equidistante polar:** empleada en el emblema de las **Naciones Unidas**, centrado en el polo norte, que muestra todos los continentes alrededor de un mismo punto.
- **UTM:** proyección transversal conforme que sustenta el sistema de coordenadas métricas de uso militar, topográfico y civil.
- **Otras proyecciones:** Goode, Mollweide, Robinson, Winkel Tripel o Dymaxion, que ilustran la búsqueda de soluciones para reducir las deformaciones.

5.4. CONCLUSIÓN

La conclusión debe valorar la importancia de las proyecciones y su relación con el propósito del mapa. Pueden abordarse cuestiones como la evolución de la cartografía en la era digital, los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**, los servicios de cartografía en línea o la geolocalización por GPS, así como la dimensión didáctica del análisis crítico de los mapas.

6. EJERCICIOS PRÁCTICOS RESUELTOS

6.1. IDENTIFICACIÓN DE PROYECCIONES A PARTIR DE LA RETÍCULA

ENUNCIADO

Identifique el tipo de proyección y la propiedad que conserva en cada uno de los siguientes casos:

- A. Meridianos rectos, paralelos y verticales; paralelos rectos y horizontales cuya separación aumenta hacia los polos.
- B. Meridianos rectos y verticales; paralelos rectos y horizontales cuya separación disminuye hacia los polos.
- C. Paralelos en forma de circunferencias concéntricas igualmente espaciadas; meridianos rectos que parten del centro.
- D. Meridianos rectos convergentes en un punto exterior al mapa; paralelos en forma de arcos concéntricos; mapa en forma de abanico.

RESOLUCIÓN

- **Caso A:** la retícula rectangular indica una proyección **cilíndrica normal**. El aumento de la separación entre paralelos hacia los polos es característico de la **proyección de Mercator**, que es **conforme**.
- **Caso B:** se trata también de una **cilíndrica normal**, pero la disminución de la separación entre paralelos compensa el ensanchamiento en sentido oeste-este, lo que la hace **equivalente**, como la de Gall-Peters.
- **Caso C:** los paralelos concéntricos y los meridianos radiales indican una proyección **acimutal polar**. El espaciado uniforme de los paralelos corresponde a la **acimutal equidistante**, que conserva las distancias desde el polo.
- **Caso D:** la forma de abanico y los meridianos convergentes identifican una proyección **cónica normal**, propia de latitudes medias.

6.2. CÁLCULO DE LA ZONA Y LA BANDA UTM

ENUNCIADO

Calcule la zona UTM, su meridiano central y la banda de latitud de Madrid (40° 25' N, 3° 42' O), Barcelona (41° 23' N, 2° 10' E) y Las Palmas de Gran Canaria (28° 07' N, 15° 26' O).

RESOLUCIÓN

Expresamos las coordenadas en grados decimales, con signo negativo para las longitudes oeste, y aplicamos las reglas del sistema.

Para **Madrid** (40,42° N; -3,70°):

- **Zona:** $(-3,70 + 180) / 6 = 29,38 \rightarrow$ parte entera 29 + 1 = **zona 30**.
- **Meridiano central:** $6 \times 30 - 183 = -3$, es decir, **3° O**.
- **Banda:** $(40,42 + 80) / 8 = 15,05 \rightarrow$ posición 15 $\rightarrow$ **letra T**.

Para **Barcelona** (41,38° N; 2,17° E):

- **Zona:** $(2,17 + 180) / 6 = 30,36 \rightarrow$ **zona 31**, con meridiano central en **3° E**.

- **Banda:** $(41,38 + 80) / 8 = 15,17 \rightarrow$ **letra T**.

Para **Las Palmas de Gran Canaria** (28,12° N; -15,44°):

- **Zona:** $(-15,44 + 180) / 6 = 27,43 \rightarrow$ **zona 28**, con meridiano central en **15° O**.
- **Banda:** $(28,12 + 80) / 8 = 13,52 \rightarrow$ posición 13 $\rightarrow$ **letra R**.

Los resultados son, por tanto, **30T** para Madrid, **31T** para Barcelona y **28R** para Las Palmas de Gran Canaria.

6.3. INTERPRETACIÓN DE UNA COORDENADA UTM

ENUNCIADO

*Interprete la coordenada UTM **29T 548929 4801142**, correspondiente a un punto de la ciudad de A Coruña.*

RESOLUCIÓN

Cada elemento de la coordenada aporta una información distinta:

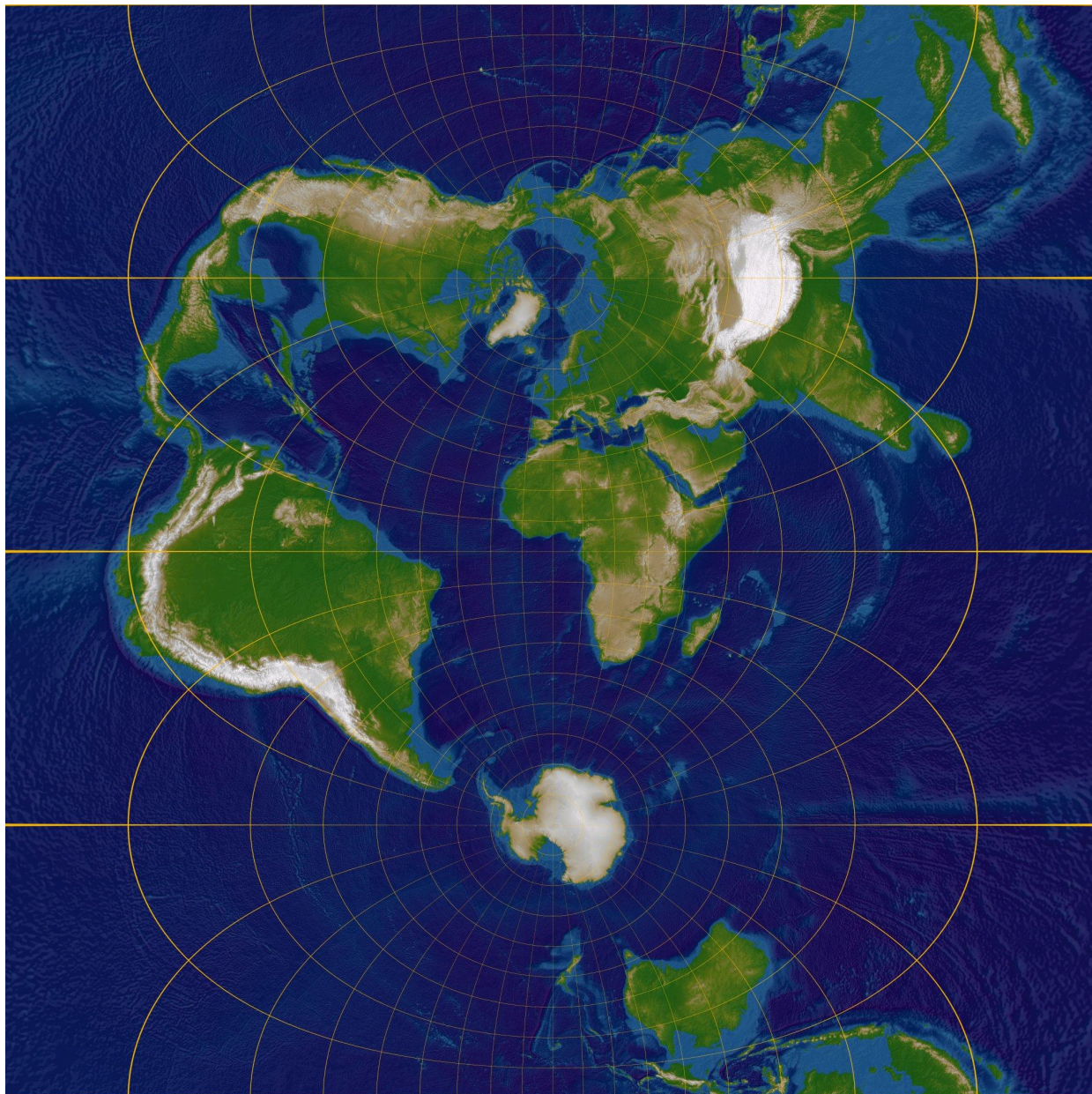
- **29:** zona UTM, que abarca de 12° O a 6° O y cuyo meridiano central es el **9° O** ($6 \times 29 - 183 = -9$).
- **T:** banda de latitud comprendida entre **40° N y 48° N**.
- **548929:** coordenada X. Al ser superior a 500.000, el punto se sitúa **48.929 m al este** del meridiano central de la zona.
- **4801142:** coordenada Y. El punto se encuentra a unos **4.801 km al norte del Ecuador**.

Estos datos son coherentes con la posición de A Coruña, situada aproximadamente a 43° 22' N y 8° 24' O, es decir, algo más de medio grado al este del meridiano 9° O.

6.4. MADRID (2014)

ENUNCIADO

Realice un comentario del siguiente documento geográfico.



IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN

Nos encontramos ante una **proyección cartográfica**, es decir, una representación plana de la superficie curva de la Tierra. En este caso representa la totalidad de la superficie terrestre sobre un soporte rectangular.

La observación de la retícula permite clasificarla. El formato rectangular sugiere una proyección **cilíndrica**, pero los paralelos y los meridianos no son rectas perpendiculares, sino curvas, lo que indica que no se trata de una posición normal. Los dos polos aparecen dentro del mapa, sobre una línea vertical que actúa como eje de simetría: se trata del **meridiano central**, la única línea de meridiano que se representa recta, junto con el Ecuador. Esta disposición corresponde a una proyección **cilíndrica transversal**, en la que el cilindro toca la esfera a lo largo de un meridiano, en este caso uno que atraviesa Europa y África.

Los contenidos del ejercicio se relacionan con los saberes básicos de Geografía e Historia de 1.º de ESO (**Real Decreto 217/2022**) y de Geografía de 2.º de Bachillerato (**Real Decreto 243/2022**), así como con el decreto de currículo de la comunidad autónoma correspondiente.

ANÁLISIS

Análisis de las formas. En torno al meridiano central, Europa y África presentan contornos muy próximos a la realidad. A medida que nos alejamos de él, las masas continentales se estiran y se deforman de manera muy evidente, como ocurre con América del Sur, Asia oriental o Australia. Sin embargo, paralelos y meridianos siguen cortándose en ángulo recto en todo el mapa, lo que revela que la proyección es **conforme**: conserva los ángulos a escala local, aunque la escala aumenta rápidamente al alejarse del meridiano central y deforma las formas de conjunto de los grandes territorios.

Análisis de las áreas. Las superficies se amplían de forma creciente al alejarse del meridiano central. Así, América del Sur aparece con un tamaño similar o superior al de África, cuando en realidad África es aproximadamente 1,7 veces mayor. Por tanto, la proyección **no es equivalente**.

Análisis de las distancias. La separación entre las líneas de la retícula aumenta progresivamente hacia los márgenes laterales del mapa. La escala solo se mantiene a lo largo del meridiano central, por lo que la proyección **no es equidistante**.

COMENTARIO

El análisis permite identificar el documento como una **proyección transversal de Mercator**, base del sistema **UTM**. Parte de la proyección ideada por **Gerardus Mercator** en 1569, pero con el cilindro girado 90°, de modo que la línea de contacto no es el Ecuador, sino un meridiano. Fue formulada por Lambert en 1772 y desarrollada por Gauss y Krüger.

Aplicada a todo el planeta, como en el documento, genera deformaciones muy acusadas lejos del meridiano central. Por eso su uso práctico se basa en dividir la Tierra en **60 zonas de 6° de longitud**, cada una proyectada sobre su propio meridiano central, con el cilindro secante a la esfera. Este es el fundamento de la proyección UTM, en la que la deformación dentro de cada zona es mínima.

A partir de ella se desarrolló el **sistema de coordenadas UTM**, adoptado por el Ejército de los Estados Unidos a finales de la década de 1940. Cada punto de la Tierra se identifica mediante la zona (del 1 al 60), la banda de latitud (letras de la C a la X, excepto la I y la O, con 8° de latitud cada una) y dos coordenadas métricas: la X o Este, referida al meridiano central de la zona, y la Y o Norte, referida al Ecuador.

Sus aplicaciones son numerosas. Constituye la base de la **cartografía topográfica** a gran escala, fundamental para la planificación de infraestructuras, la ordenación del territorio y los estudios medioambientales. En España, el **Real Decreto 1071/2007** la establece como proyección oficial para la cartografía a escalas mayores de 1:500.000. Es también esencial en la cartografía militar, en los **Sistemas de Información Geográfica** y en los dispositivos GPS.

Sus limitaciones derivan de su propia naturaleza: no sirve para representar el mundo en un único mapa, genera discontinuidades entre zonas contiguas y no cubre las regiones polares, que se representan con el sistema UPS.

CONCLUSIÓN

Las proyecciones cartográficas y los mapas han sido herramientas fundamentales a lo largo de la historia, desde la expansión marítima de los siglos XV al XVIII hasta la etapa imperialista y los conflictos bélicos del siglo XX. El documento analizado muestra que toda proyección implica una elección y que ninguna representa la Tierra sin deformaciones. En la actualidad, gracias a los avances tecnológicos, la cartografía

se ha convertido en una herramienta de uso cotidiano a través de los servicios de mapas en línea y los sistemas de geolocalización, lo que refuerza la necesidad de formar al alumnado en la lectura crítica de los mapas.

BIBLIOGRAFÍA

Joly, F. (1979). *La cartografía*. Ariel.

Monmonier, M. (2018). *How to lie with maps* (3.ª ed.). University of Chicago Press.

Robinson, A. H., Sale, R. D., Morrison, J. L. y Muehrcke, P. C. (1987). *Elementos de cartografía*. Omega.

Snyder, J. P. (1987). *Map projections: A working manual*. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/pp1395>