

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

Facultad Politécnica



Diplomado en Computación Estadística y Análisis de Datos

Módulo 7: Métodos de Geoestadística

**Introducción a la estructura y manejo de datos
espaciales en R**

Profesor: Carlos Giménez

email: charlieswall@gmail.com

1. DATOS ESPACIALES

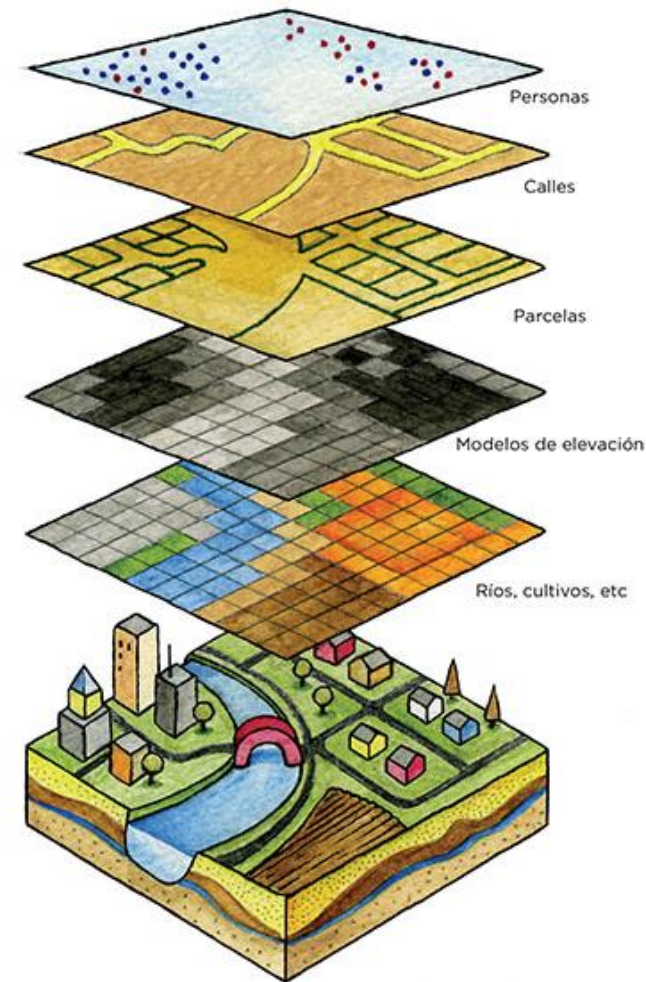
- Los datos espaciales tienen coordenadas, es decir ubicaciones
 - La ubicación en sí es información espacial
 - Comúnmente los datos espaciales tienen atributos (Información adicional a las coordenadas)
- Las coordenadas son ubicaciones absolutas en una, dos o tres dimensiones
 - En un sistema de coordenadas de referencia (CRS en inglés)
 - Si se refiere a objetos reales referenciados a la Tierra, debe tener definida una proyección y datum

1.1 Información geográfica

La información geográfica corresponde a datos acerca de un elemento referenciado en la superficie de la Tierra, es el conocimiento sobre la localización y una propiedad particular que puede ser una medida, o un rasgo cualitativo en determinado lugar.

Características de la información geográfica:

- Es multidimensional: (x,y, latitud, longitud).
- Comúnmente es estática o varia lentamente
- Dependiendo de la resolución espacial: los datos geográficos de un cierto elemento pueden ser muy detallados y precisos (La mínima información que puede ser captada a través de un sensor) o muy genéricos



Fuente:

https://d3lqdljps13i2n.cloudfront.net/recursos/119/3823504/imagen_1_1529682908.jpg

1.2 Tipos de objetos espaciales

A- Datos vectoriales

- Puntos: definidos por (x,y o latitud y longitud)
- Líneas: sucesiones de puntos
- Polígonos: sucesiones de puntos y líneas que se cierran

Formatos comunes: shapefiles (ESRI), gkpg (Nuevo formato espacial), kml, kmz

B- Datos en raster o grilla

- Grillas (rasters): normalmente regulares, tienen un punto de origen y resolución

Formatos comunes: TIF, IMG, JPEG

1.2.1 Datos vectoriales: Puntos, Líneas y Polígonos

Capas

- ☒ ser_0000_2012
- ☒ HIDRO_PARAGUAY_2012_1ra_version
- ☒ VIAS_0000_2012
- ☒ man_0000_2012_f
- ☒ OSM Standard

LÍNEAS

POLÍGONOS

PUNTOS

VIAS_0000_2012— Objetos Totales: 15007, Filtrados: 15007, Seleccionados: 0

	NOMBRE	ANCHO	TIPO	pavimento
7651	MAYOR BLAS FLEITAS	8	7	A
7652	MAYOR BLAS FLEITAS	8	7	A
7653	MAYOR BLAS FLEITAS	8	7	A
7654	MAYOR BLAS FLEITAS	8	7	A
7655	MAYOR BLAS FLEITAS	8	7	A
7656	MAYOR BLAS FLEITAS	8	7	A
7657	MAYOR BLAS FLEITAS	8	7	A

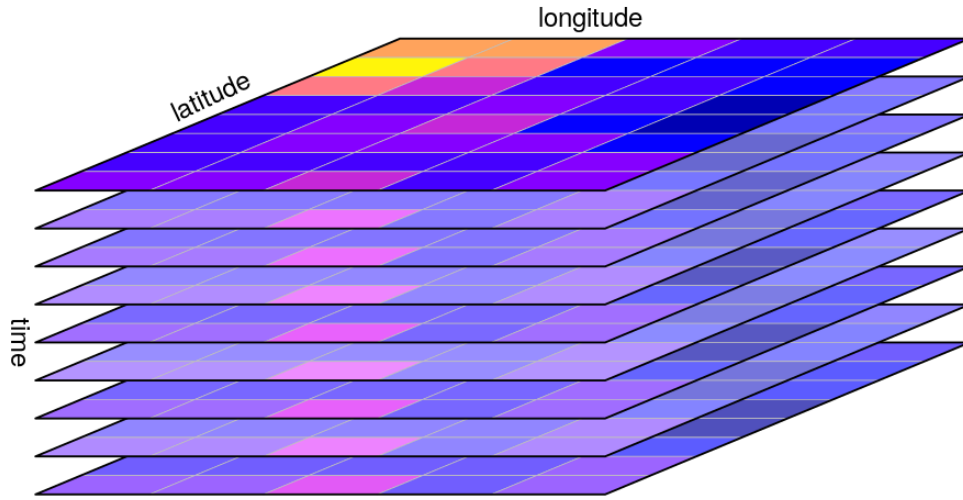
Mostrar todos los objetos espaciales

ser_0000_2012— Objetos Totales: 56805, Filtrados: 56805, Seleccionados: 0

VIAS_0000_2012— Objetos Totales: 15007, Filtrados: 15007, Seleccionados: 0

ATRIBUTOS NO
ESPACIALES

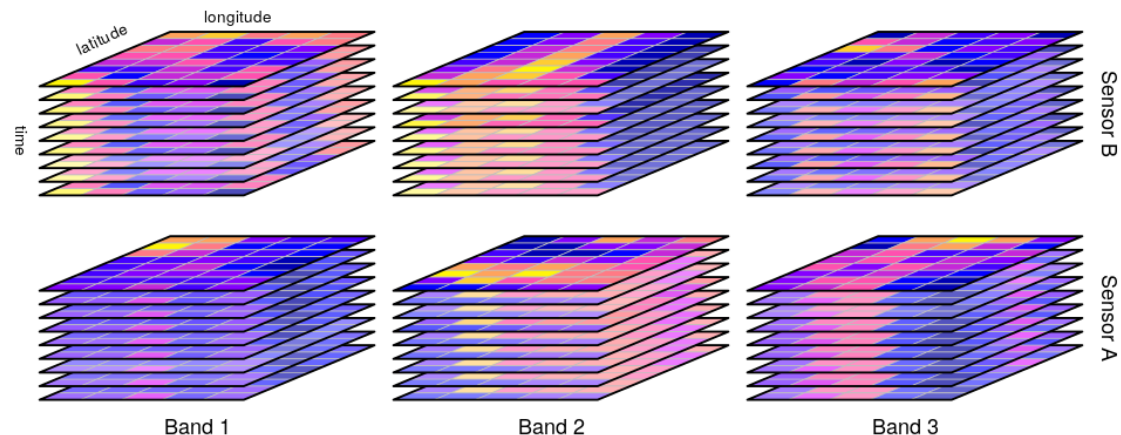
1.2.2 Grillas o Rasters



“brick”, “cube”; z-dimension es tiempo

“hypercube”; w-dimension puede ser cualquier otra variable, comunmente organizada en bandas para el format raster

https://docs.ggis.org/2.14/es/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html



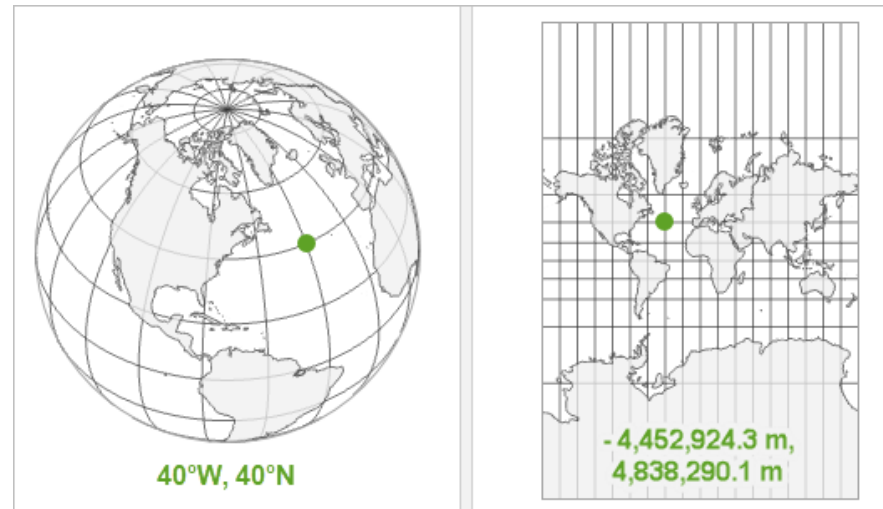
1.3 Sistemas de coordenadas - Proyecciones Cartográficas

Las proyecciones cartográficas intentan representar la superficie de la tierra o una parte de ella, en una superficie plana de papel o en la pantalla del computador.

Un **sistema de coordenadas de referencia** (SCR o CRS) define entonces con la ayuda de las coordenadas, cómo el mapa bidimensional proyectado se relaciona con lugares reales en la tierra.

La decisión sobre el sistema de proyección cartográfica y el sistema de coordenadas de referencia a usar, depende de la extensión regional de la zona que se desea trabajar, del análisis que se quiere hacer y, a menudo de la disponibilidad de datos (QGIS Project, 2022).

Cuando se observa de cerca, la Tierra parece ser relativamente plana. Sin embargo, cuando se observa desde el espacio, podemos ver que es relativamente esférica. Los mapas, como veremos en el siguiente punto sobre elaboración de mapas, son representaciones de la realidad. Están diseñados no sólo para representar objetos, sino también su forma y distribución espacial. Cada proyección cartográfica presenta **ventajas** e **inconvenientes**. La mejor proyección para un mapa dependerá de la **escala** del mapa, y de los propósitos con los que se va a utilizar.



1.3.1 Familias de proyecciones Cartográficas

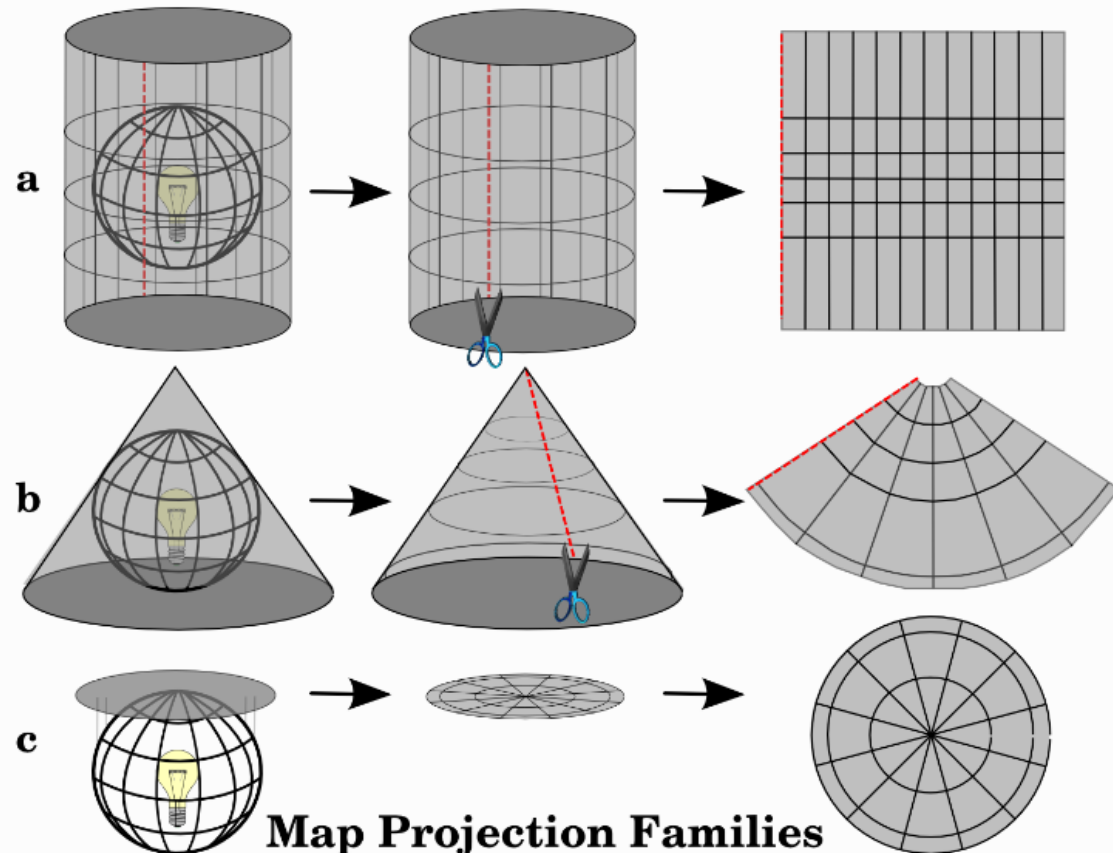
Se pueden generar diferentes formas de proyección rodeando el globo en una forma **cilíndrica**, en un **cono** o incluso sobre una **superficie plana**. Cada uno de estos métodos produce lo que se llama una **familia de proyección de mapas**. Por lo tanto, existe una familia de **proyecciones planas**, una familia de **proyecciones cilíndricas** y otra llamada **proyecciones cónicas**

a-) Proyecciones cilíndricas

b-) Proyecciones cónicas

c-) Proyecciones planas

Las proyecciones de mapas nunca son representaciones absolutamente precisas de la tierra esférica. Como resultado del proceso de proyección del mapa, cada mapa muestra **distorsiones de conformidad angular, distancia y área**. Una proyección de mapa puede combinar varias de estas características, o puede tener un compromiso que distorsione todas las propiedades de área, distancia y conformidad angular, dentro de algún límite aceptable.



1.3.2 Tipos de proyecciones para distintos usos

Generalmente es imposible preservar a la vez todas las propiedades en una proyección cartográfica. Esto significa que cuando se quieren realizar operaciones analíticas de precisión, es necesario utilizar una proyección de mapa que proporcione las mejores propiedades para dichos análisis. Por ejemplo, si se necesita medir distancias en el mapa, se debería tratar de usar una proyección cartográfica que proporcione alta precisión para las distancias.

- **Proyecciones cartográficas con conformidad angular:** Estas proyecciones se utilizan cuando la conservación de las relaciones angulares es importante. Se utilizan comúnmente para tareas de navegación o meteorológicas. Es importante recordar que mantener ángulos verdaderos en un mapa es difícil para áreas grandes y debe intentarse solo para pequeñas porciones de la tierra.
- **Proyecciones cartográficas equidistantes:** Si su objetivo al proyectar un mapa es medir distancias con precisión, debe seleccionar una proyección que esté diseñada para preservar bien las distancias. Tales proyecciones, llamadas proyecciones equidistantes, requieren que la escala del mapa se mantenga constante.
- **Proyecciones con áreas iguales:** Cuando un mapa representa áreas en todo el mapa, de modo que todas las áreas del mapa tienen la misma relación proporcional con las áreas de la Tierra que representan, el mapa es un mapa de áreas iguales. En la práctica, los mapas educativos y de referencia general a menudo requieren el uso de proyecciones de áreas iguales.

1.3.3 SRC comunes: 1- Sistema de Coordenadas Geográficas

En general, los SRC se pueden dividir en **sistemas de referencia de coordenadas proyectados** (también denominados Cartesianos o sistemas de referencia de coordenadas rectangulares) y **sistemas de referencia de coordenadas geográficos**.

Sistema de Coordenadas Geográficas: El uso de Sistemas de Referencia de Coordenadas geográficas es muy común. Utilizan grados de latitud y longitud y en ocasiones un valor de altitud para definir la situación de un punto sobre la superficie terrestre. El sistema más popular se denomina **WGS 84**.

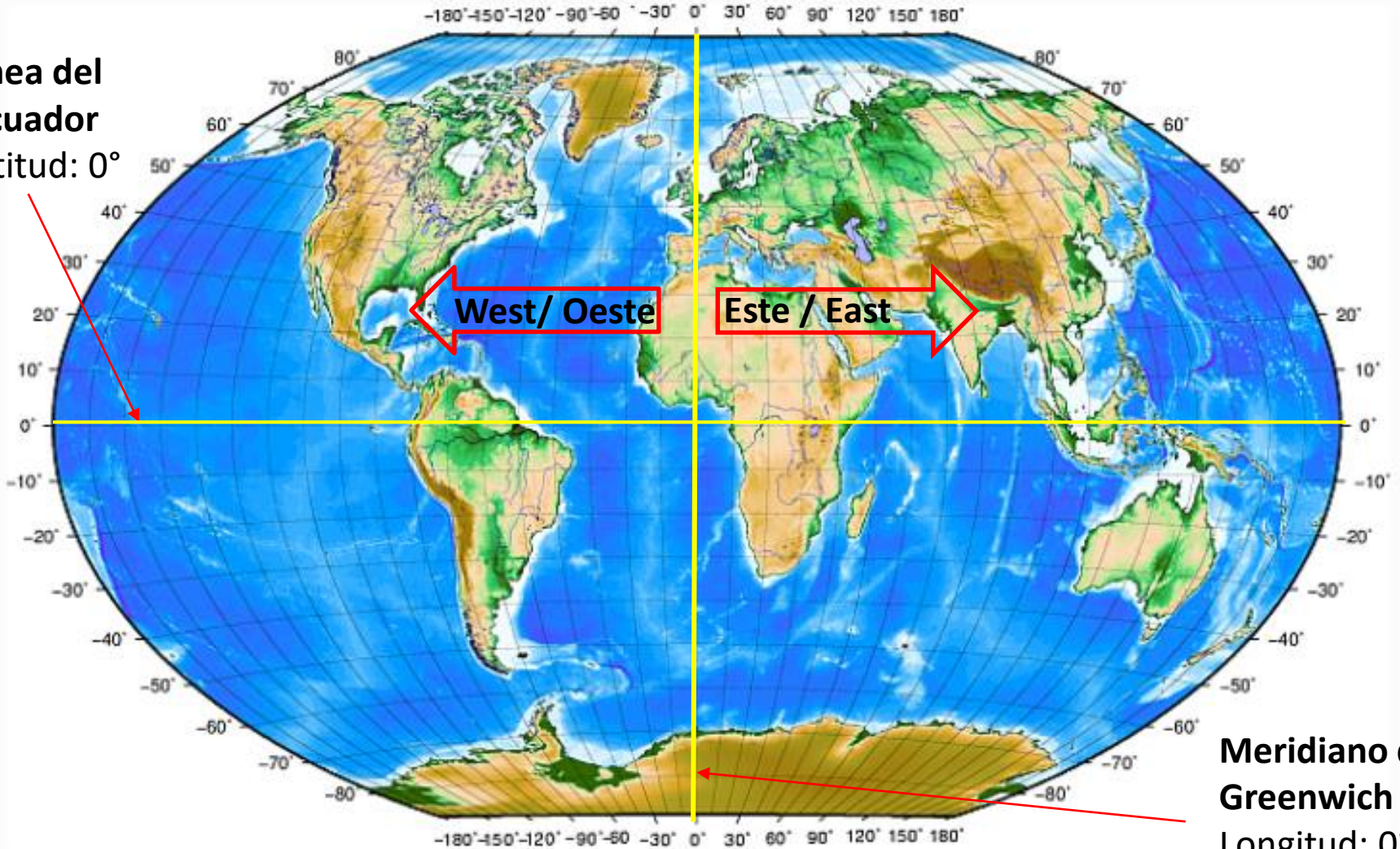
Las líneas de latitud corren paralelas al ecuador y dividen la tierra en 180 secciones igualmente espaciadas de norte a sur (o de sur a norte). La línea de referencia para la latitud es el ecuador y cada **hemisferio** está dividido en noventa secciones, cada una de las cuales representa un grado de latitud. En el hemisferio norte, los grados de latitud se miden desde cero en el ecuador hasta noventa en el polo norte. En el hemisferio sur, los grados de latitud se miden desde cero en el ecuador hasta noventa grados en el polo sur. Para simplificar la digitalización de mapas, a los grados de latitud en el hemisferio sur a menudo se les asignan valores negativos (0 a -90 °).

Las líneas de longitud, por otro lado, no resisten tan bien el estándar de uniformidad. Las líneas de longitud corren perpendiculares al ecuador y convergen en los polos. La línea de referencia para la longitud (el primer meridiano) va desde el polo norte al polo sur a través de Greenwich, Inglaterra. Las siguientes líneas de longitud se miden desde cero hasta 180 grados al este o al oeste del primer meridiano. Tenga en cuenta que a los valores al oeste del primer meridiano se les asignan valores negativos para su uso en aplicaciones de cartografía digital.

1.3.3.1 Sistema de coordenadas geográficas: WGS

84

Línea del
ecuador
Latitud: 0°



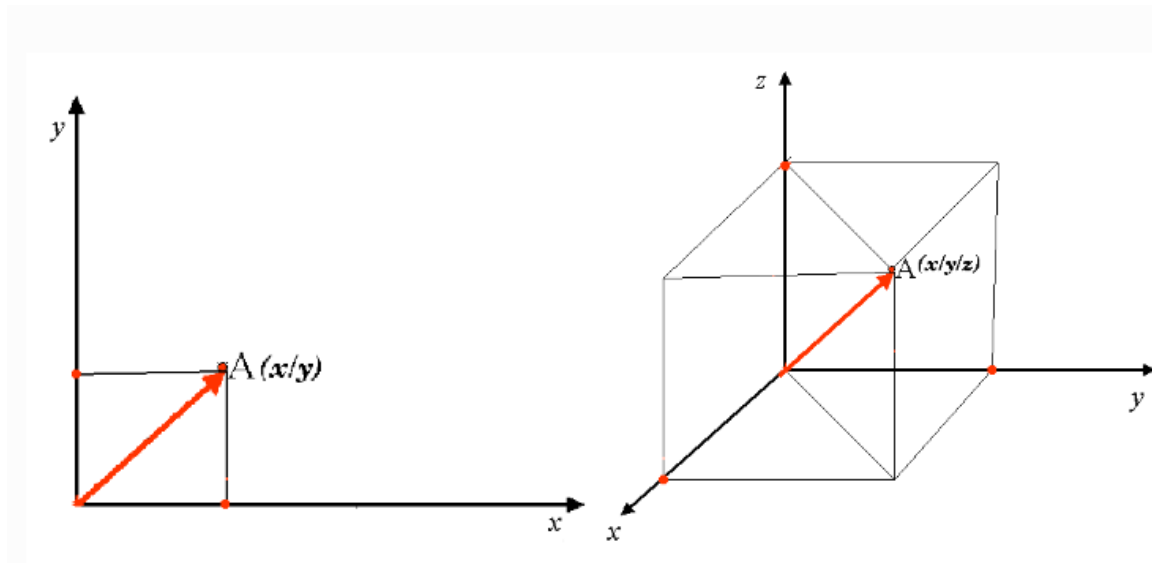
Meridiano de
Greenwich
Longitud: 0°

https://docs.qgis.org/3.22/es/docs/gentle_gis_introduction/coordinate_reference_systems.html

1.3.3.2 Sistemas de referencia de coordenadas proyectados

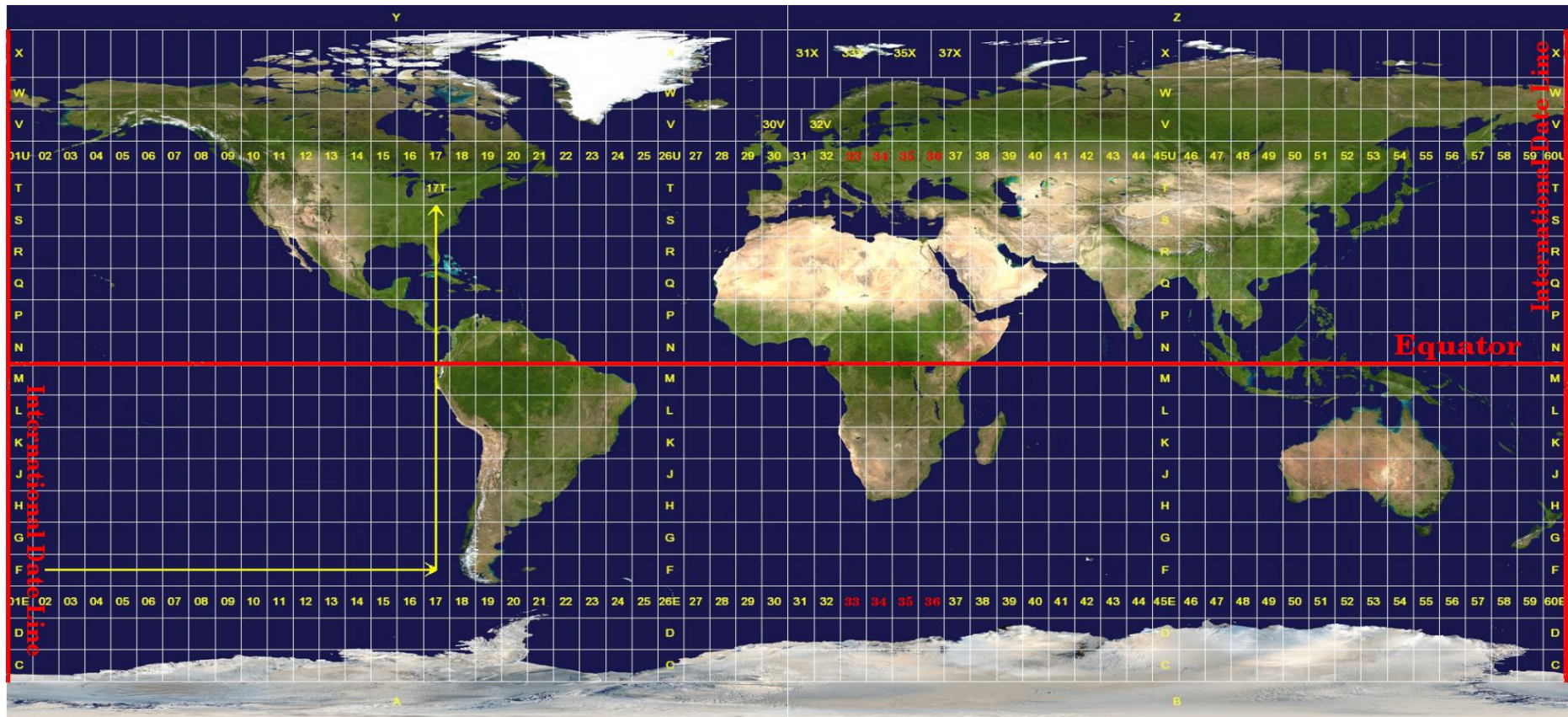
Un sistema de referencia de coordenadas bidimensional se define comúnmente por dos ejes. En ángulos rectos entre sí, forman el llamado plano XY. En un sistema de referencia de coordenadas tridimensional, se agrega otro eje, normalmente etiquetado **Z**. También forma un ángulo recto con los ejes **X** e **Y**. El eje **Z** proporciona la tercera dimensión del espacio.

Cada punto que se expresa en coordenadas esféricas se puede expresar como una coordenada **X Y Z**.



1.3.3.2 El SRC Universal Transversa de Mercator (UTM)

El sistema de referencia de coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM) tiene su origen en el **ecuador** en una **Longitud** específica. Ahora los valores de Y aumentan hacia el sur y los valores de X aumentan hacia el oeste. Para evitar demasiada distorsión, el mundo está dividido en **60 zonas iguales** que tienen **6 grados** de ancho de longitud de este a oeste. Las **zonas UTM** están numeradas **del 1 al 60**, comenzando en la **antimeridiana** (zona 1 a 180 grados de longitud oeste) y progresando hacia el este de regreso a la **antemeridiana** (zona 60 a 180 grados de longitud este)



1.4 Paquetes para el manejo de datos espaciales en R

- rgdal: Geospatial Data Abstraction Library o GDAL
- terra: Lectura, escritura, procesamiento de datos raster
- sf: Lectura, escritura, procesamiento de datos vectoriales: <https://r-spatial.github.io/sf/articles/sf1.html>
- sp:
- raster: Predecesor de Terra, lectura, escritura, procesamiento de datos raster
- tidyverse: Conjunto de paquetes para manipulación abreviada y flujo de procesos

1.4.1 Manejo de datos vectoriales: SF

- Representa simple features como registros en un dataframe o tibble con una columna-lista llamada geometry
- Puede representar nativamente en R los 17 tipos de simple features para todas las dimensiones (XY, XYZ, XYM, XYZM)
- Lee y escribe a bases de datos espaciales como PostGis utilizando DBI
- Requiere Rtools en windows

Las simple features o simple feature access se refieren a un estándar formal (ISO 19125-1:2004) que describe cómo los objetos del mundo real se pueden representar en las computadoras, con énfasis en la geometría espacial de estos objetos. También describe cómo dichos objetos pueden almacenarse y recuperarse de bases de datos, y qué operaciones geométricas deben definirse para ellos.



Fuente:: <https://r-spatial.github.io/sf/>, <https://gdal.org>, <https://libgeos.org>

1.4.2 Manejo de datos vectoriales: SF

Una simple feature se considera como una cosa o un objeto en el mundo real, como un edificio o un árbol. Como es el caso de los objetos, a menudo consisten en otros objetos.

Este es el caso también con las funciones: un conjunto de funciones puede formar una sola función. Una masa forestal puede ser una feature, un bosque puede ser una feature, una ciudad puede ser una feature. Un píxel de imagen satelital puede ser una feature, una imagen completa también puede ser una feature.

Las features tienen una geometría que describe en qué parte de la Tierra se encuentra la característica y tienen atributos que describen otras propiedades. La geometría de un árbol puede ser la delineación de su copa, de su fuste, o el punto que indica su centro. Otras propiedades pueden incluir su altura, color, diámetro a la altura del pecho en una fecha determinada, etc.

1.4.3 Tipos de simple features según geometrias

No	Tipo, descripción
1	PUNTO geometría de dimensión cero que contiene un solo punto
2	LINESTRING secuencia de puntos conectados por tramos lineales rectos que no se cortan a sí mismos; geometría unidimensional Geometría
3	POLYGON con área positiva (bidimensional); la secuencia de puntos forma un anillo cerrado que no se corta a sí mismo; el primer anillo indica el anillo exterior, cero o más anillos posteriores indican agujeros en este anillo exterior
4	MULTIPUNTO conjunto de puntos; un MULTIPUNTO es simple si no hay dos puntos iguales en el MULTIPUNTO
5	MULTILINESTRING conjunto de cadenas lineales
6	MULTIPOLYGON conjunto de polígonos
7	GEOMETRYCOLLECTION conjunto de geometrías de cualquier tipo excepto GEOMETRYCOLLECTION

Existen otros 10 tipos de estructuras o tipos de objetos manejados por sf, sin embargo, el uso de estos no es tan común (<https://r-spatial.github.io/sf/articles/sf1.html>)

Fuente:: <https://r-spatial.github.io/sf/>, <https://gdal.org>, <https://libgeos.org>

1.4.4 Estructura de un objeto sf

Como los atributos generalmente se almacenan en objetos dataframe (o el `tbl_df` muy similar), también almacenaremos geometrías de features en una columna del dataframe. Dado que las geometrías no tienen un solo valor, se colocan en una columna de lista, una lista de longitud igual al número de registros en el dataframe, con cada elemento de la lista que contiene la geometría simple feature de esa feature.

Las tres clases utilizadas para representar características simples son:

- `sf`, la tabla (`data.frame`) con atributos de características y geometrías de características, que contiene
- `sfc`, la lista-columna con las geometrías para cada característica (registro), que se compone de
- `sfg`, la geometría característica de una característica simple individual.

```
## Simple feature collection with 100 features and 6 fields
## geometry type:  MULTIPOLYGON
## dimension:      XY
## bbox:           xmin: -84.32385 ymin: 33.88199 xmax: -75.45698 ymax: 36.58965
## epsg (SRID):    4267
## proj4string:     +proj=longlat +datum=NAD27 +no_defs
## precision:      double (default; no precision model)
## First 3 features:
##   BIR74 SID74 NWBIR74 BIR79 SID79 NWBIR79 geom
## 1  1091     1      10  1364     0      19 MULTIPOLYGON((( -81.47275543...
## 2   487     0      10   542     3      12 MULTIPOLYGON((( -81.23989105...
## 3  3188     5     208  3616     6     260 MULTIPOLYGON((( -80.45634460...
```

Fuente:: <https://r-spatial.github.io/sf/>,
<https://gdal.org>, <https://libgeos.org>

Simple feature

Simple feature geometry list-column (sfc)

Simple feature geometry (sfg)

1.4.5 Transformaciones de sistemas de referencia de coordenadas.

Si cambiamos el sistema de referencia de coordenadas de un valor no perdido a otro valor no perdido, se cambia el CRS sin modificar ninguna coordenada, pero se emite una advertencia de que esto no reproyecta valores.

1.4.6 Bibliografía

- https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/gentle_gis_introduction/coordinate_reference_systems.html#:~:text=Un%20Sistema%20de%20Referencia%20de,y%20Sistema%20de%20Coordenadas%20Proyectada.
- <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/mapping/properties/GUID-70E253E7-407E-469E-91DA-975B382EA6C9-web.png>
- https://docs.qgis.org/3.22/es/docs/gentle_gis_introduction/coordinate_reference_systems.html

1.4.7 Referencias de interés

- Introducción a sistemas de referencia de coordenadas - <https://www.youtube.com/watch?v=mNG2vIBs7bU&t=866s>
- Tipos de datos vectoriales populares - <https://mappinggis.com/2013/11/los-formatos-gis-vectoriales-mas-populares/>
- Datos raster o grilla - https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html
- Blog sobre R y análisis de datos espaciales - <https://r-spatial.org/about/>

Muchas gracias!!

Carlos Giménez Larrosa
Correo: charlieswall@gmail.com