

# Introducción a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

José Luis Texcalac Sangrador

# Contenido de la sesión

- Introducción
- ¿Qué es un SIG?
- Tipos de datos en un SIG
- Ejemplos de aplicación

# Para empezar...

- La epidemiología investiga la **distribución**, frecuencia y determinantes de las condiciones de salud en las poblaciones humanas...

Hernández Ávila M, 2007



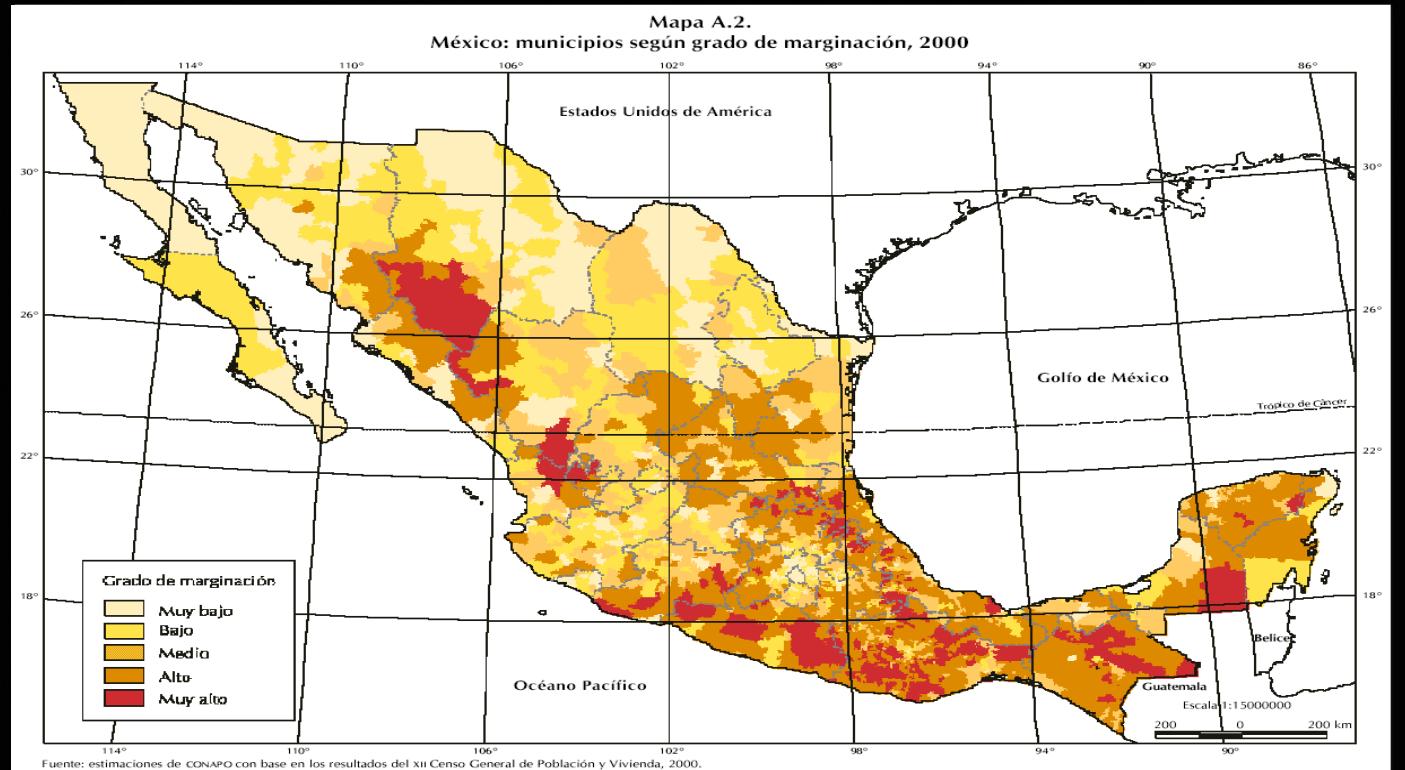
# Datos en un sistema típico de información

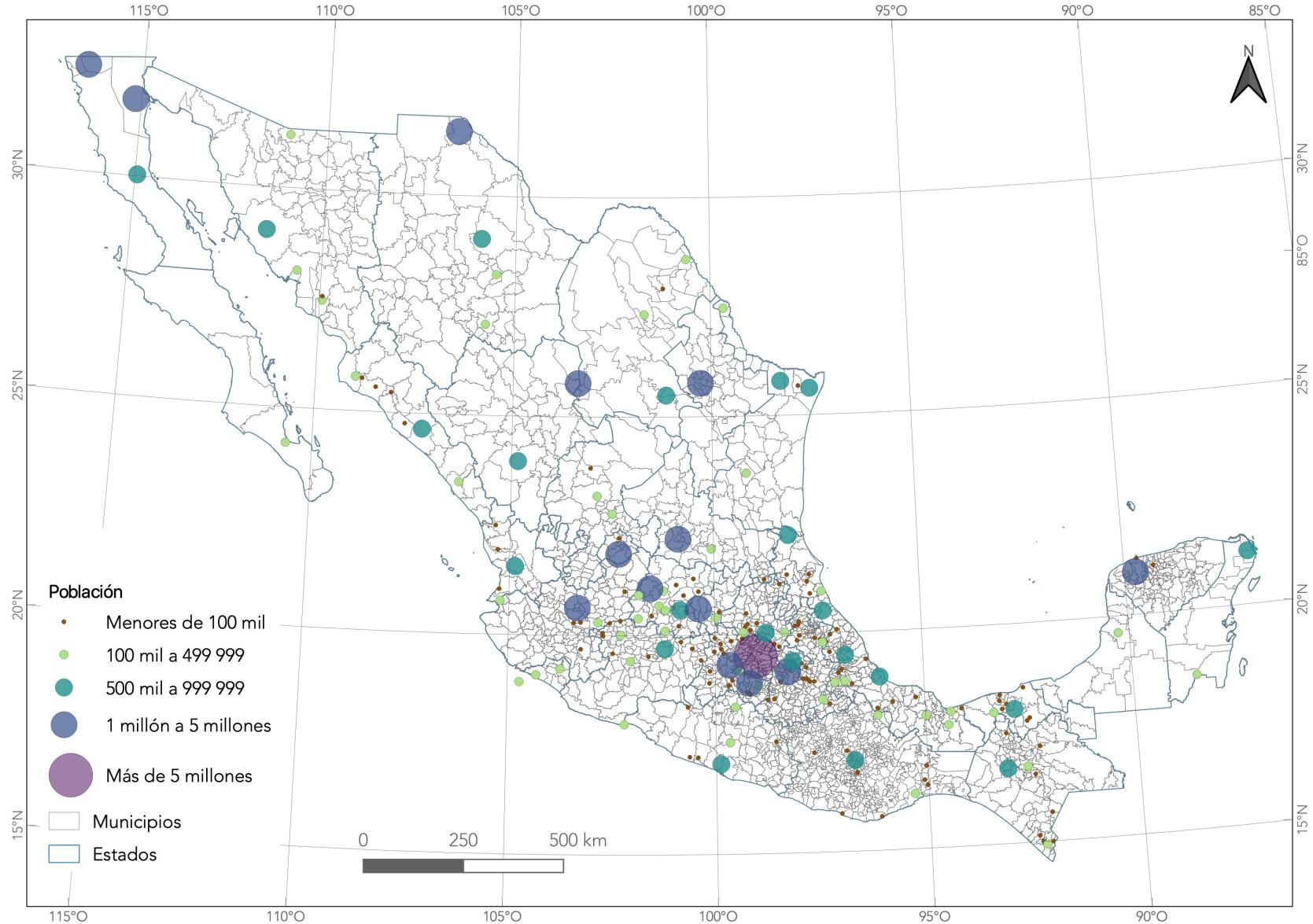
| Clave y Entidad Federativa | Grado de marginación | Índice de marginación | Lugar que ocupa en el contexto nacional | Población total | % Población analfabeta de 15 años o más | % Población completa de 15 años o más | % Ocupantes en viviendas sin drenaje ni servicio sanitario exclusivo | % Ocupantes en viviendas sin energía eléctrica | % Ocupantes en viviendas sin agua entubada | % Viviendas con algún nivel de hacinamiento | % Ocupantes en viviendas con piso de tierra | % Población en localidades con menos de 5 000 habitantes | % Población ocupada con ingreso de hasta 2 salarios mínimos |
|----------------------------|----------------------|-----------------------|---|-----------------|---|---------------------------------------|--|--|--|---|---|--|---|
| Nacional                   |                      |                       |   | 97,483,412      | 9.46                                    | 28.46                                 | 9.90   | 4.79   | 11.23                                      | 45.94                                       | 14.79                                       | 30.97  | 50.99   |
| 07 Chiapas                 | Muy alto             | 2.25073               | 1                                       | 3,920,892       | 22.94                                   | 50.31                                 | 19.33  | 12.01  | 24.99                                      | 65.03                                       | 40.90                                       | 61.21  | 75.89   |
| 12 Guerrero                | Muy alto             | 2.11781               | 2                                       | 3,079,649       | 21.57                                   | 41.92                                 | 35.29  | 11.04  | 29.54                                      | 59.67                                       | 39.97                                       | 53.44  | 66.16   |
| 20 Oaxaca                  | Muy alto             | 2.07869               | 3                                       | 3,438,765       | 21.49                                   | 45.53                                 | 18.07  | 12.54  | 26.95                                      | 59.45                                       | 41.60                                       | 64.01  | 71.93   |
| 30 Veracruz- Llave         | Muy alto             | 1.27756               | 4                                       | 6,908,975       | 14.87                                   | 39.17                                 | 10.21  | 11.11  | 29.47                                      | 51.50                                       | 29.29                                       | 48.50  | 68.64   |
| 13 Hidalgo                 | Muy alto             | 0.87701               | 5                                       | 2,235,591       | 14.92                                   | 34.09                                 | 17.19  | 7.66   | 15.25                                      | 49.69                                       | 19.02                                       | 58.52  | 65.27   |
| 24 San Luis Potosí         | Alto                 | 0.72114               | 6                                       | 2,299,360       | 11.29                                   | 34.10                                 | 11.43  | 11.54  | 20.92                                      | 43.85                                       | 23.70                                       | 44.64  | 58.82   |
| 21 Puebla                  | Alto                 | 0.72048               | 7                                       | 5,076,686       | 14.61                                   | 35.20                                 | 11.89  | 4.75   | 16.26                                      | 54.73                                       | 24.09                                       | 41.49  | 63.90   |
| 04 Campeche                | Alto                 | 0.70170               | 8                                       | 690,689         | 11.81                                   | 34.22                                 | 17.27  | 8.79   | 14.61                                      | 56.63                                       | 14.92                                       | 34.51  | 64.12   |
| 27 Tabasco                 | Alto                 | 0.65540               | 9                                       | 1,891,829       | 9.73                                    | 32.27                                 | 8.58   | 5.85   | 26.49                                      | 54.52                                       | 13.47                                       | 56.10  | 62.29   |
| 16 Michoacán de Ocampo     | Alto                 | 0.44913               | 10                                      | 3,985,667       | 13.90                                   | 40.19                                 | 11.40  | 4.41   | 10.87                                      | 46.04                                       | 19.90                                       | 43.09  | 57.29   |
| 31 Yucatán                 | Alto                 | 0.38133               | 11                                      | 1,658,210       | 12.30                                   | 36.94                                 | 24.01  | 4.12   | 5.69                                       | 52.52                                       | 5.62  | 28.82  | 67.57   |
| 32 Zacatecas               | Alto                 | 0.29837               | 12                                      | 1,353,610       | 7.97                                    | 37.50                                 | 19.68  | 4.03   | 11.05                                      | 42.68                                       | 9.12  | 55.13  | 58.91   |
| 11 Guanajuato              | Alto                 | 0.07966               | 13                                      | 4,663,032       | 11.99                                   | 35.75                                 | 16.10  | 3.19   | 6.86                                       | 47.10                                       | 10.93                                       | 37.39  | 47.29   |
| 18 Nayarit                 | Alto                 | 0.05813               | 14                                      | 920,185         | 9.05                                    | 31.97                                 | 9.52   | 4.75   | 9.53                                       | 44.14                                       | 13.25                                       | 43.68  | 56.25   |
| 25 Sinaloa                 | Medio                | -0.09957              | 15                                      | 2,536,844       | 7.96                                    | 30.06                                 | 10.62  | 3.35   | 7.22                                       | 47.52                                       | 14.53                                       | 39.17  | 48.63   |
| 22 Querétaro de Arteaga    | Medio                | -0.10726              | 16                                      | 1,404,306       | 9.80                                    | 26.14                                 | 16.37  | 5.76   | 6.58                                       | 43.74                                       | 10.06                                       | 42.14  | 41.72   |
| 10 Durango                 | Medio                | -0.11390              | 17                                      | 1,448,661       | 5.41                                    | 28.75                                 | 13.67  | 6.57   | 7.00                                       | 40.30                                       | 13.73                                       | 42.12  | 50.12   |
| 29 Tlaxcala                | Medio                | -0.18493              | 18                                      | 962,646         | 7.80                                    | 23.42                                 | 8.43   | 2.05   | 2.48                                       | 54.61                                       | 8.98  | 36.88  | 63.38   |
| 17 Morelos                 | Medio                | -0.35571              | 19                                      | 1,555,296       | 9.25                                    | 25.76                                 | 7.17   | 1.40   | 7.30                                       | 44.26                                       | 14.80                                       | 23.93  | 54.28   |
| 23 Quintana Roo            | Medio                | -0.35917              | 20                                      | 874,963         | 7.52                                    | 25.18                                 | 9.23   | 4.36   | 5.34                                       | 53.01                                       | 11.37                                       | 21.19  | 40.37   |
| 15 México                  | Bajo                 | -0.60460              | 21                                      | 13,096,686      | 6.40                                    | 20.84                                 | 8.14   | 1.80   | 6.23                                       | 47.65                                       | 7.19  | 19.38  | 49.41   |
| 06 Colima                  | Bajo                 | -0.68709              | 22                                      | 542,627         | 7.16                                    | 27.20                                 | 2.56   | 1.96   | 2.18                                       | 40.90                                       | 12.53                                       | 18.20  | 48.00   |
| 28 Tamaulipas              | Bajo                 | -0.69053              | 23                                      | 2,753,222       | 5.13                                    | 23.35                                 | 2.65   | 4.97   | 5.01                                       | 42.36                                       | 8.95  | 16.89  | 46.72   |
| 26 Sonora                  | Bajo                 | -0.75590              | 24                                      | 2,216,969       | 4.40                                    | 22.40                                 | 4.19   | 3.23   | 3.47                                       | 42.18                                       | 13.18                                       | 21.25  | 40.95   |
| 14 Jalisco                 | Bajo                 | -0.76076              | 25                                      | 6,322,002       | 6.45                                    | 26.71                                 | 4.93   | 2.14   | 6.78                                       | 38.46                                       | 7.36  | 19.40  | 40.93   |
| 08 Chihuahua               | Bajo                 | -0.78007              | 26                                      | 3,052,907       | 4.79                                    | 23.30                                 | 5.30   | 6.27   | 5.88                                       | 36.53                                       | 6.96  | 19.64  | 37.67   |
| 03 Baja California Sur     | Bajo                 | -0.80173              | 27                                      | 424,041         | 4.21                                    | 20.98                                 | 3.71   | 4.62   | 6.32                                       | 38.80                                       | 10.42                                       | 25.41  | 35.82   |
| 01 Aguascalientes          | Bajo                 | -0.97340              | 28                                      | 944,285         | 4.84                                    | 23.03                                 | 3.38   | 1.78   | 1.30                                       | 37.82                                       | 3.57  | 24.54  | 42.23   |
| 05 Coahuila de Zaragoza    | Muy bajo             | -1.20202              | 29                                      | 2,298,070       | 3.87                                    | 18.79                                 | 3.42   | 1.42   | 2.18                                       | 37.74                                       | 4.55  | 13.37  | 34.68   |
| 02 Baja California         | Muy bajo             | -1.26849              | 30                                      | 2,487,367       | 3.53                                    | 19.59                                 | 1.95   | 2.33   | 6.83                                       | 36.58                                       | 4.59  | 11.62  | 22.22   |
| 19 Nuevo León              | Muy bajo             | -1.39258              | 31                                      | 3,834,141       | 3.32                                    | 16.49                                 | 1.59   | 1.04   | 3.62                                       | 36.97                                       | 3.30  | 7.57   | 28.93   |
| 09 Distrito Federal        | Muy bajo             | -1.52944              | 32                                      | 8,605,239       | 2.91                                    | 12.16                                 | 0.44   | 0.17   | 1.47                                       | 34.82                                       | 1.34  | 0.32   | 42.43   |

Fuente: Estimaciones de CONAPO con base en INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda 2000.



Visualización de información estadística y temática en un contexto espacial





# y todo comenzó ...

- Hablar de la historia de los SIG es hablar del desarrollo de civilizaciones, tecnologías, herramientas y disciplinas que sin ellas no tendríamos los sistemas que conocemos hoy en día
- Tres disciplinas han sido fundamentales para originar los SIG a como los conocemos hoy en día.
  - **Geodesia:** Se encarga de la forma y dimensiones terrestres
  - **Cartografía:** Se ocupa de la representación terrestre y su transformación a un plano
  - **Geografía:** Estudia la distribución espacial de las actividades humanas y su relación con el mundo físico





John Snow (1813-1858)

# Un poquito de historia...

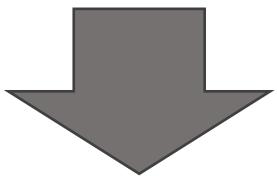
- Una figura legendaria en la historia de la salud pública, la epidemiología, la geografía médica y la anestesiología
- Analizó y resolvió el problema de la epidemia de cólera en Londres durante 1854

# ¿Qué hizo el Dr. Snow en su análisis de los casos de cólera de 1854?

- Observó 89 muertes en la semana del 28 de agosto al 2 de septiembre de 1854
- Mapea las muertes casa por casa
- Sólo 5 en el edificio de asistencia social "Work House" donde vivían más de 500 personas
- El resto en las tres calles que la rodeaban donde habitaban 412 personas
- Busca un denominador común en el área de afectación
- Piensa que debe existir una relación espacial entre la causa y el efecto.



Todas las muertes ocurren  
en un radio de 250 yardas  
de una toma de agua



La toma de agua es  
cerrada y en tres días se  
detiene la epidemia



# En resumen ¿Que hizo John Snow?

¡ Modelando el “Mundo REAL” !

- Mapeo de “polígonos” y “puntos”
- Distribución espacial de casos
- Ubicación de Fuentes

¡ Análisis espacial !

Este tipo de análisis es conocido hoy en día como *“point pattern analysis”* y es ampliamente utilizado en epidemiología

S I G



El concepto de Sistema de Información Geográfica (SIG) ha cambiado considerablemente a lo largo de su historia.

A partir de las definiciones se pueden establecer tres categorías:

- Las que hacen referencia a los SIG como software.
- Las que establecen a los SIG como una base de datos.
- Las que establecen a los SIG como un conjunto de procedimientos de análisis de datos

# Algunas definiciones

Burrough y McDonell (1997): "Un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar, y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetos".

ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.): Sistema que integra hardware, software y data para capturar, visualizar, manejar y analizar todas las formas de la información geográficamente referenciada.

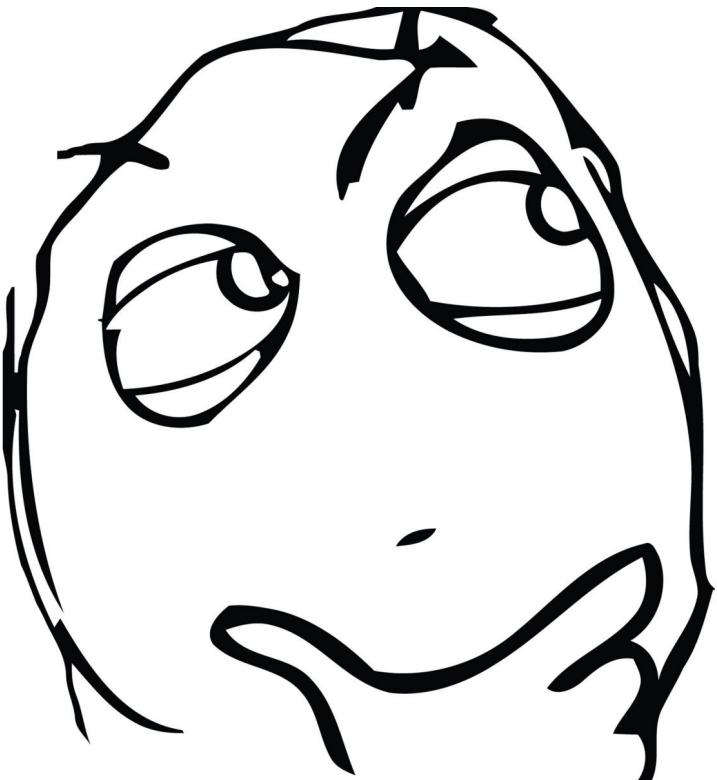
De manera informal podemos decir que es el **arte de expresar y explicar de la forma más abstracta posible la realidad**.

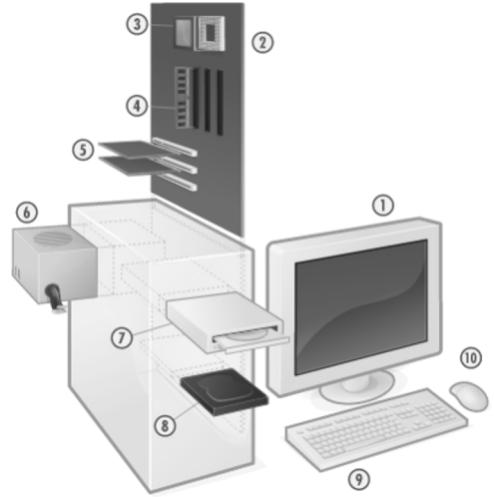
NCGIA (1990) (National Center for Geographic Information an Analysis): "Sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión".



# ¿A qué nos llevan las definiciones?

- Busca responder preguntas, por ejemplo:
- ¿Porqué un evento se da en cierto espacio y no en otro?
- ¿Cuáles son los factores que desencadenan un evento y cuál es su distribución?
- ¿Existe un patrón espacial o es un fenómeno azaroso?
- ¿Es posible modelar los eventos de interés?





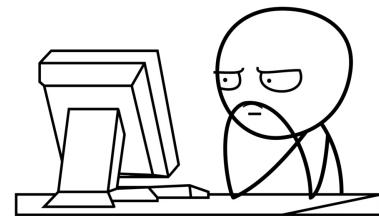
Hardware

Software

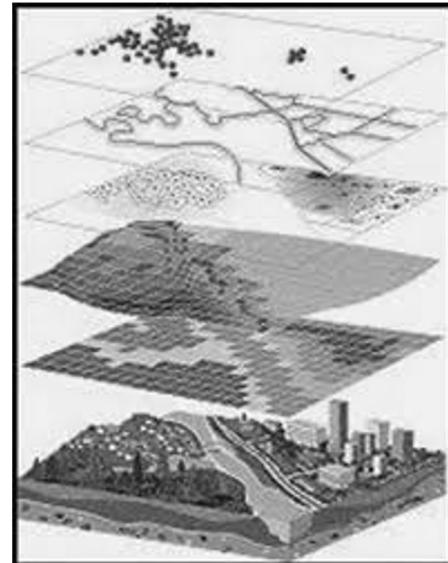
Componentes  
esenciales de un

SIG

Personal  
especializado  
(métodos)



Información  
estadística y  
espacial





Muy importante el  
identificar qué...

**Un SIG no es**

- ✗ Comprar un software
- ✗ Google Earth o Google Maps
- ✗ Tomar coordenadas con GPS y adquirir mapas
- ✗ Un programa para hacer mapas

La función de un SIG y un especialista en la materia...

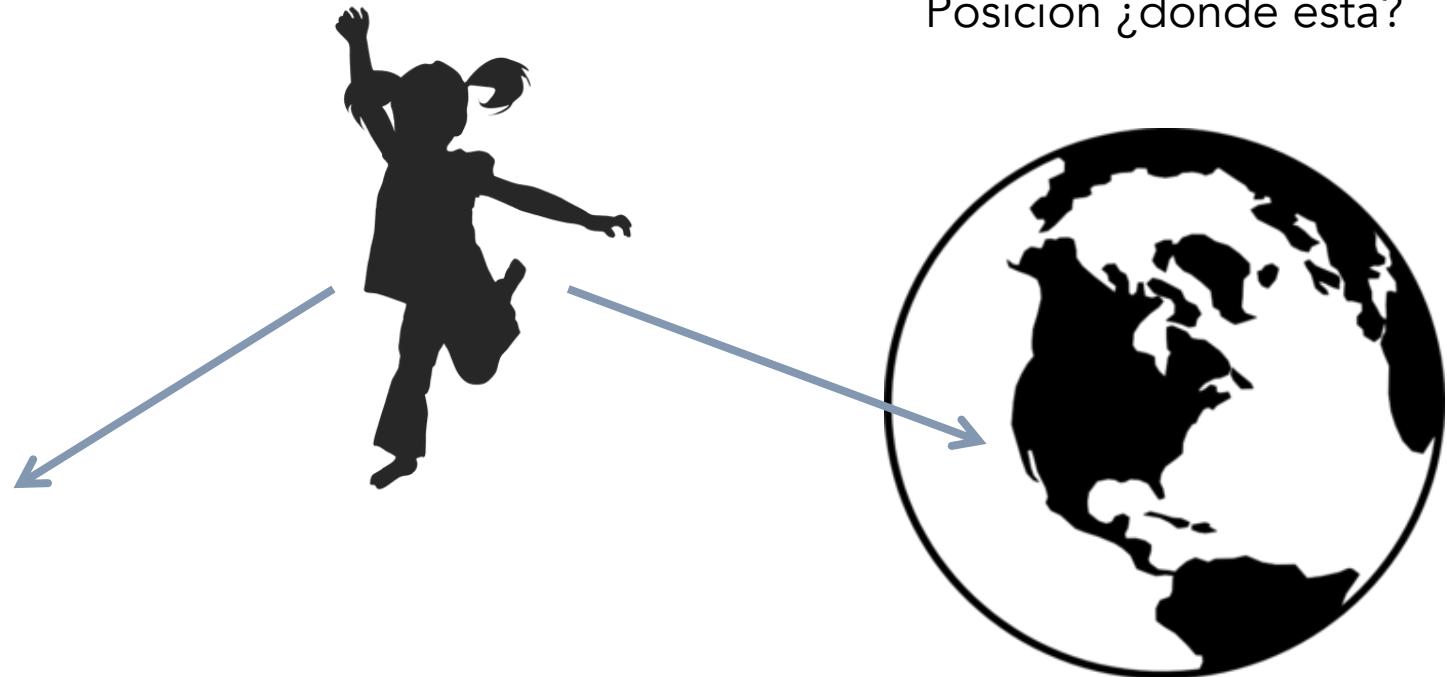
No es hacer mapas

# ¿Diferencia entre un SIG y otros sistemas de información?

Atributos ¿qué es?

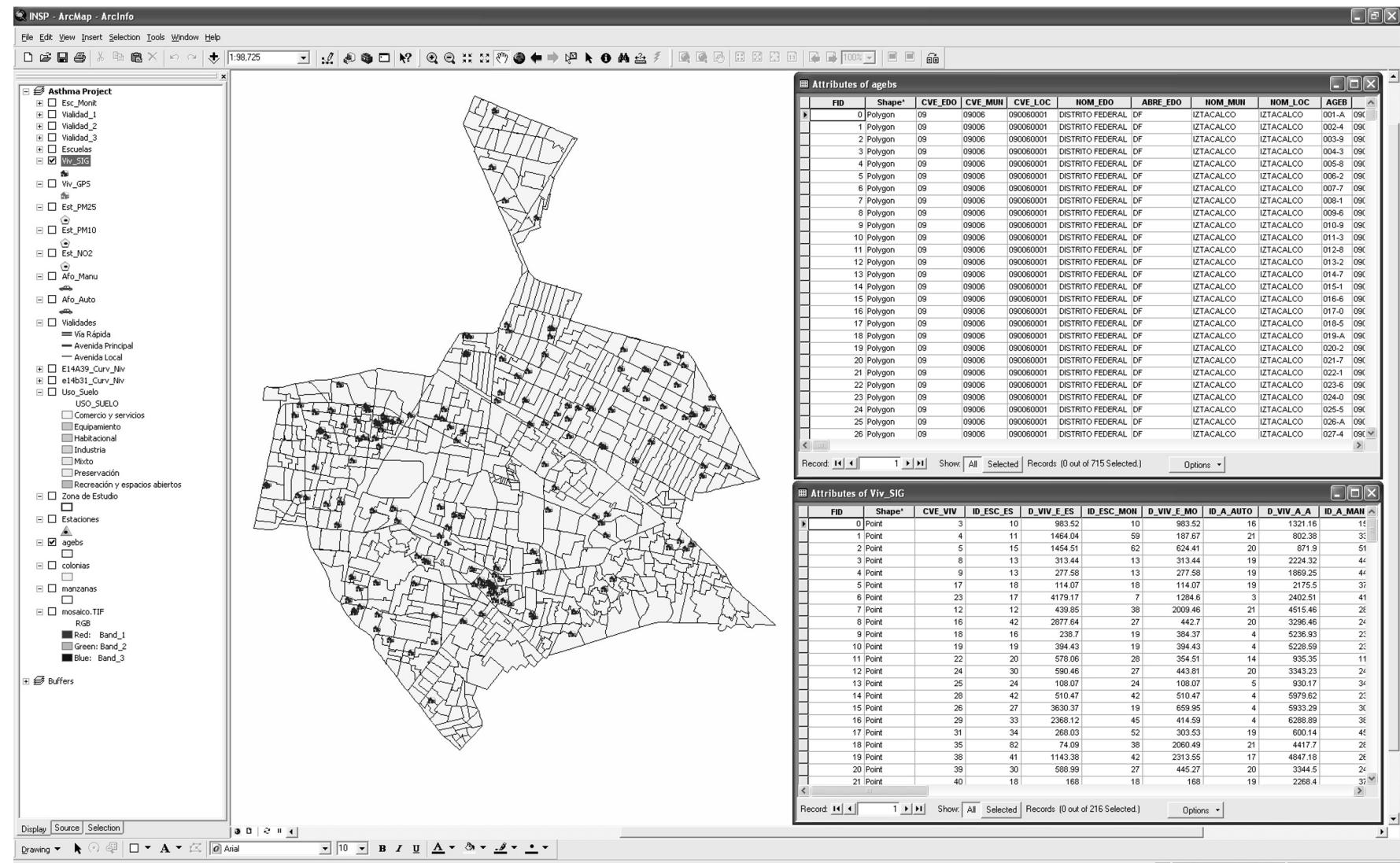
| folio  | edo | mu<br>n | nom_mu<br>n | sexo       | eda<br>d |
|--------|-----|---------|-------------|------------|----------|
| 090003 | 02  | 001     | Ensenada    | Mujer      | 17       |
| 090004 | 02  | 002     | Mexicali    | Mujer      | 15       |
| 090011 | 02  | 004     | Tijuana     | Homb<br>re | 12       |
| 090014 | 02  | 001     | Ensenada    | Mujer      | 11       |
| 090017 | 02  | 002     | Mexicali    | Mujer      | 12       |
| 090018 | 02  | 004     | Tijuana     | Mujer      | 14       |
| 090020 | 02  | 001     | Ensenada    | Homb<br>re | 15       |
| 090023 | 02  | 002     | Mexicali    | Mujer      | 16       |
| 090025 | 02  | 004     | Tijuana     | Homb<br>re | 16       |

Posición ¿dónde está?



51°N, 112°W

# Datos en un SIG: Localización y atributos



# Básico e importante a considerar

## Resolución

Capacidad para distinguir objetos individuales en un mapa

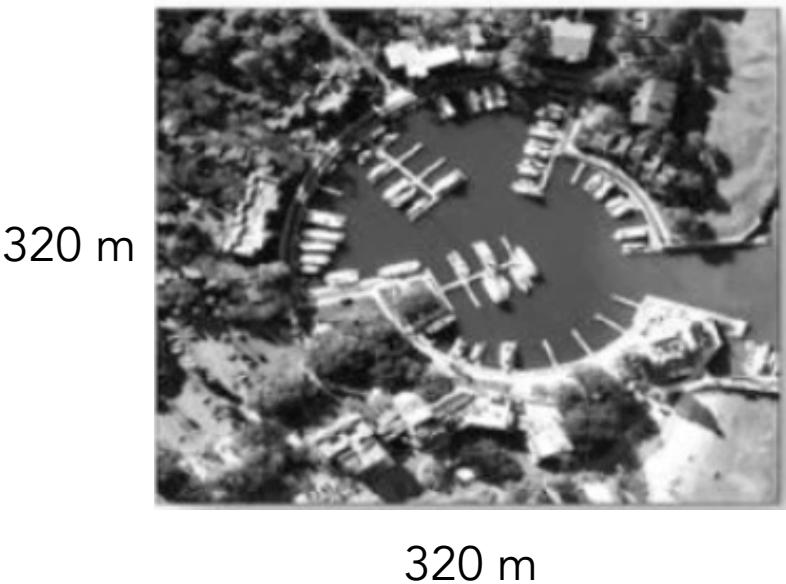
## Escala

Razón media de las distancias representadas en un mapa a su dimensión sobre la superficie de la tierra.

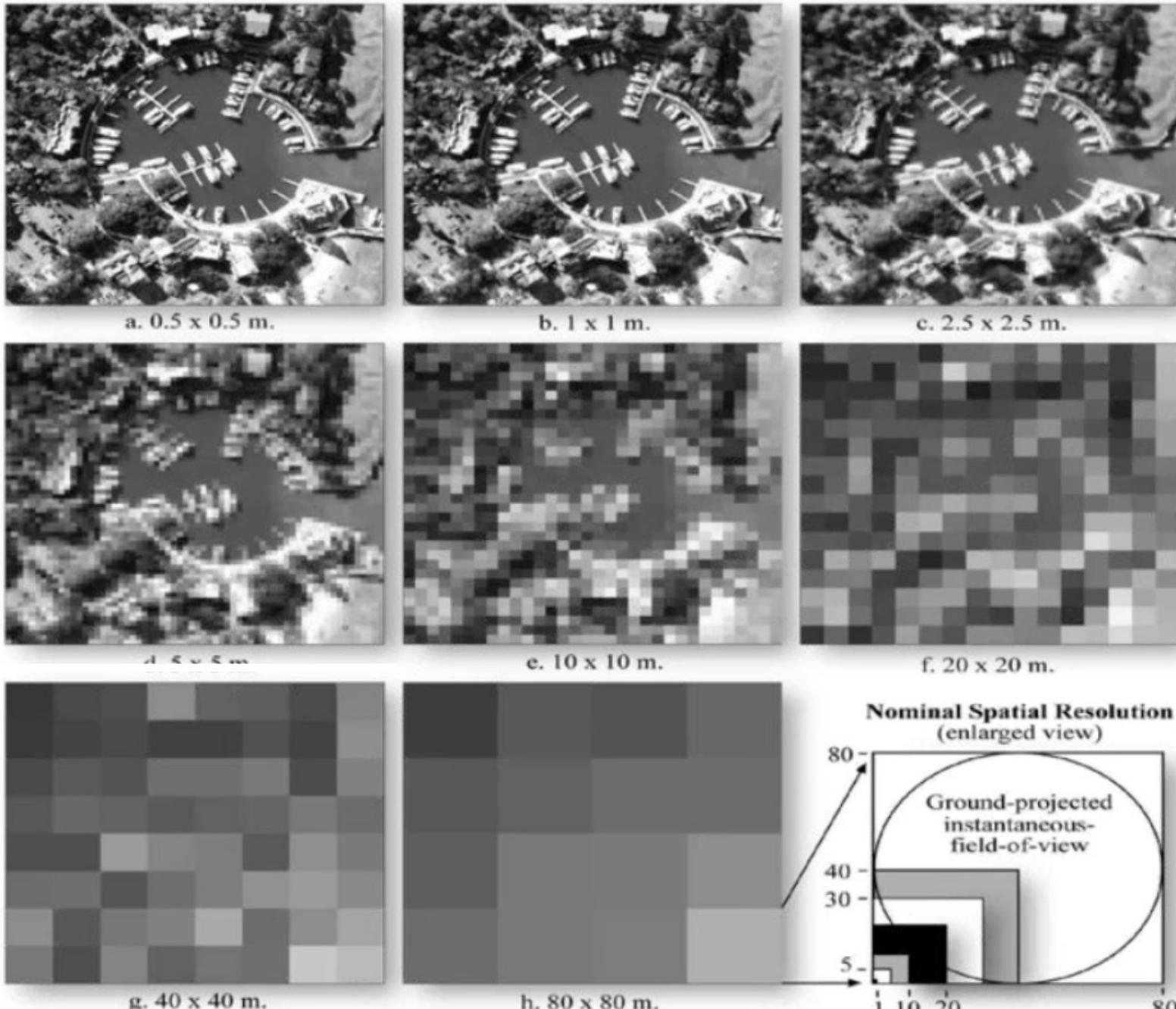
## Proyección

Métodos para representar características de la superficie de la tierra sobre un plano

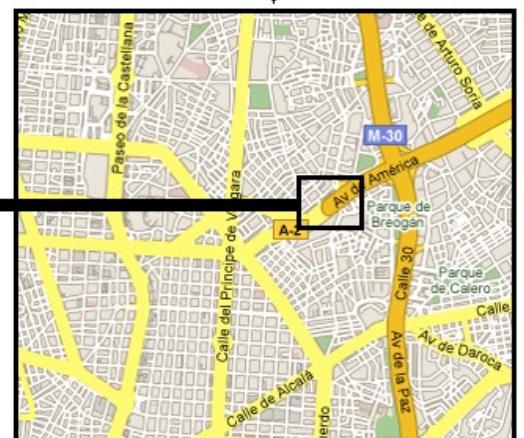
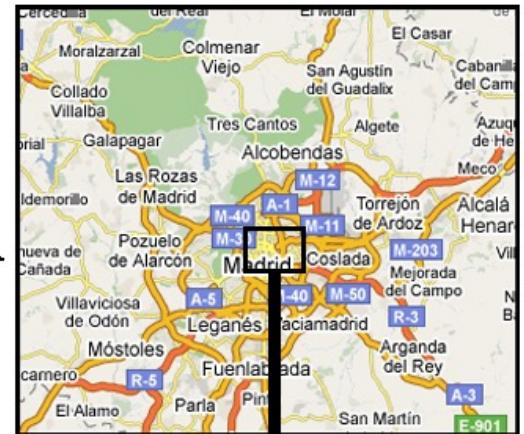
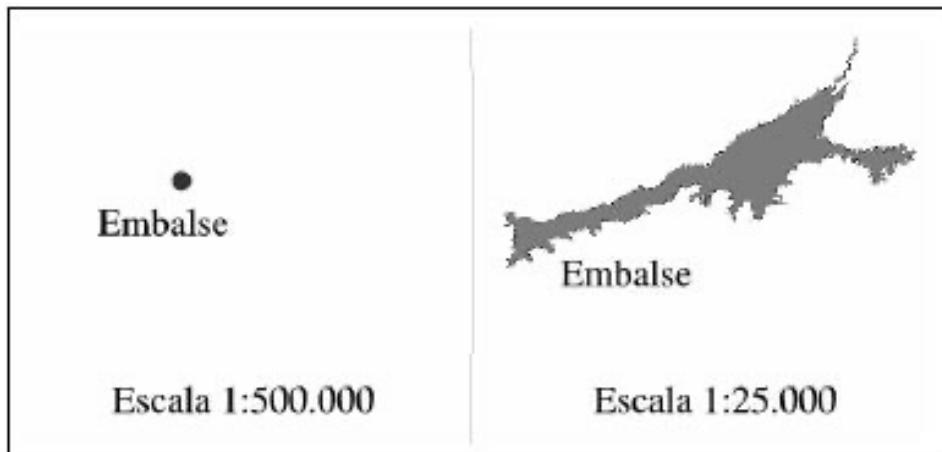
# Importancia de la resolución

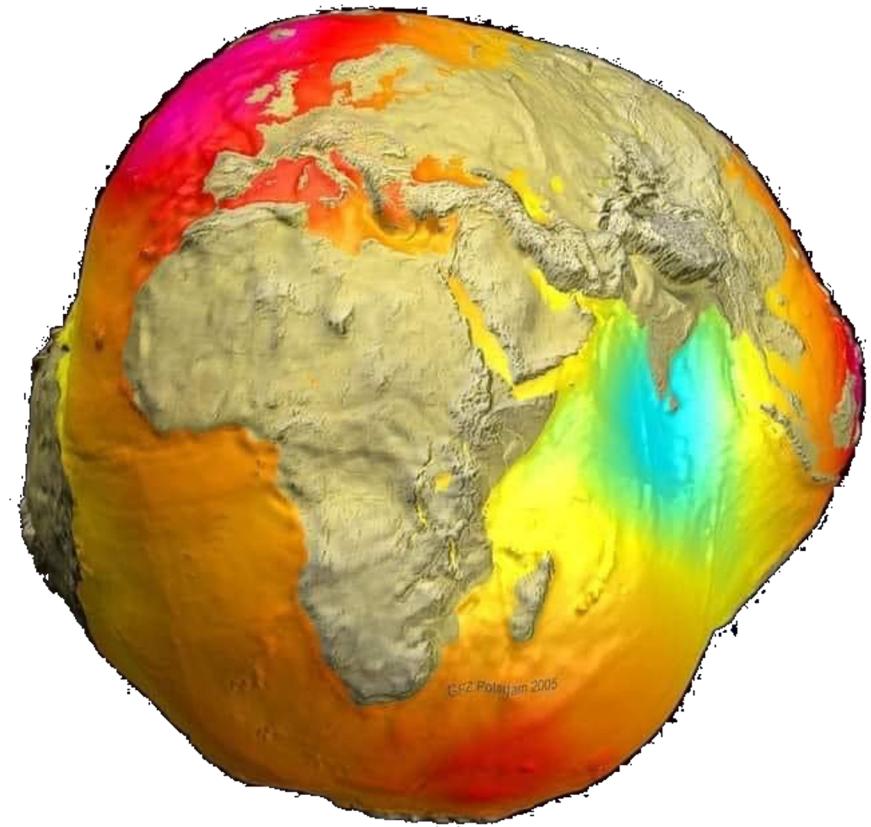


Imagery of Harbor Town in Hilton Head, SC, at Various Nominal Spatial Resolutions



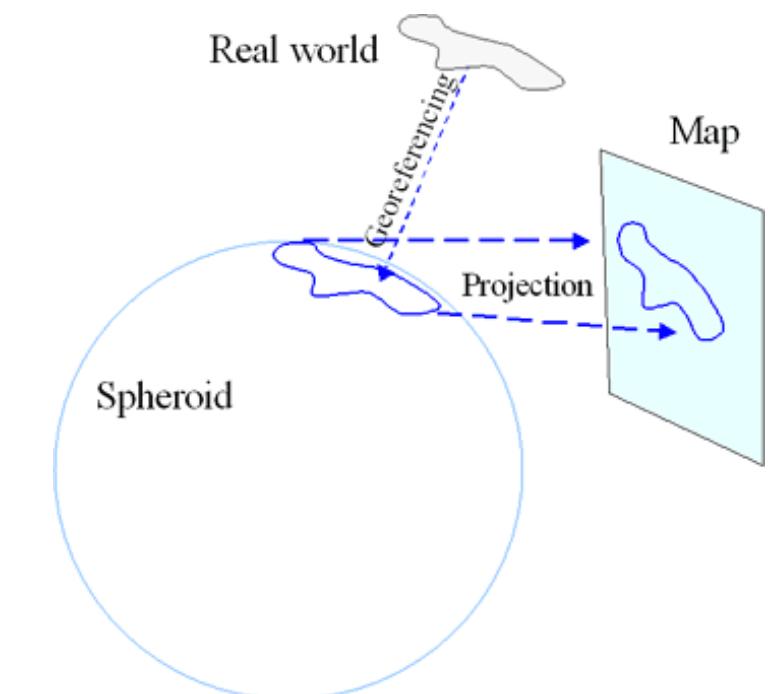
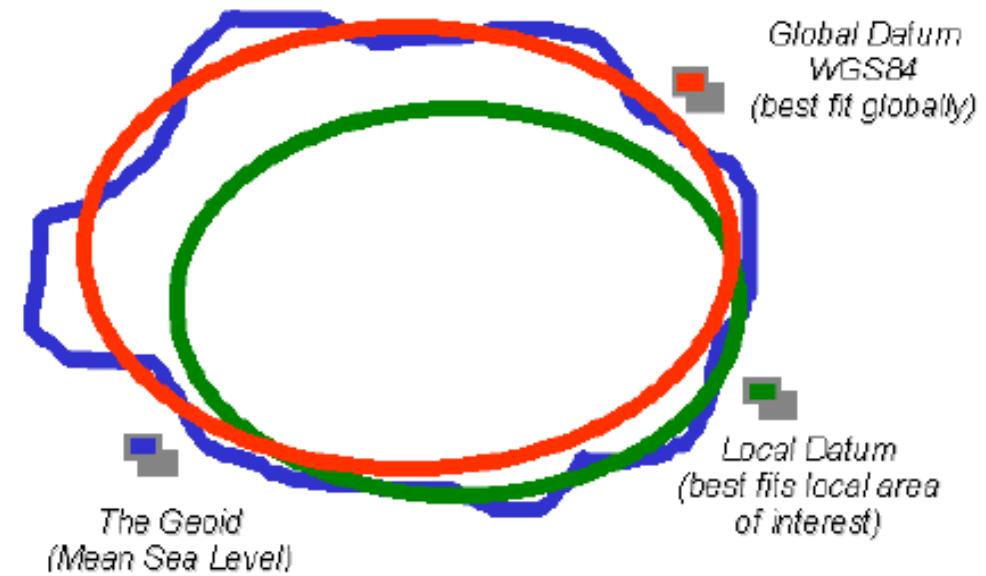
# Escala

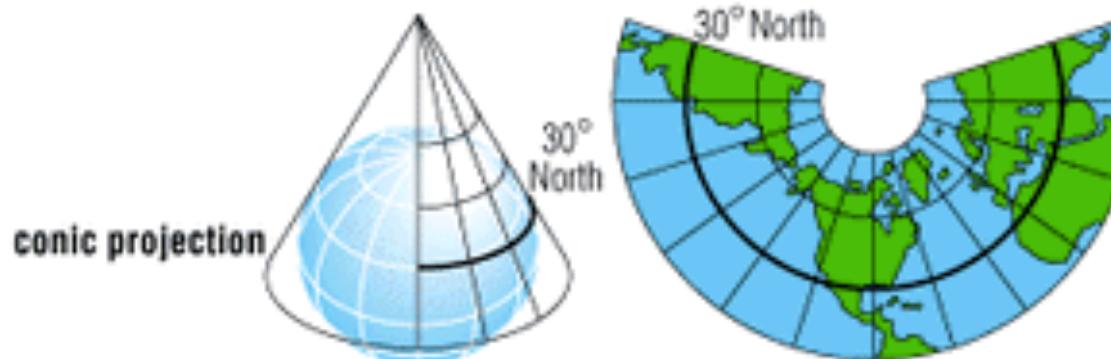
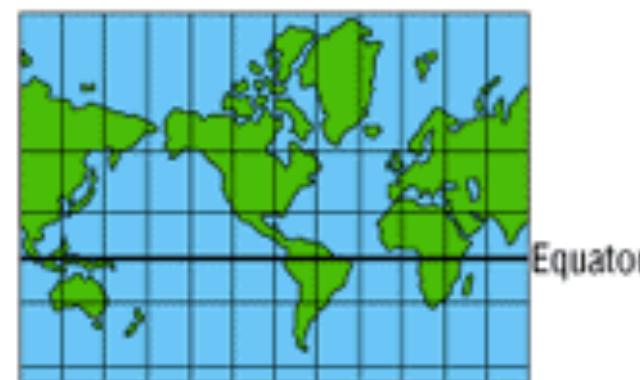
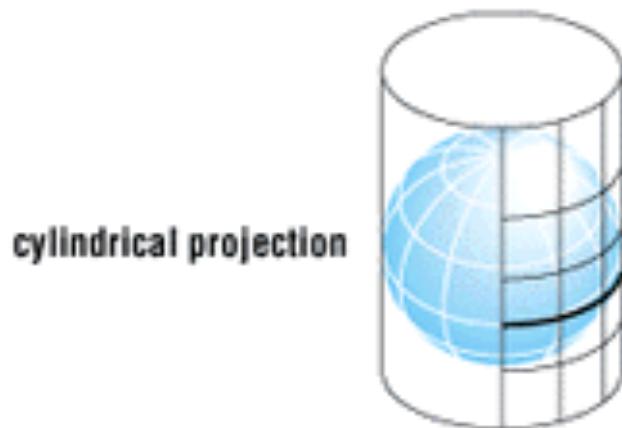
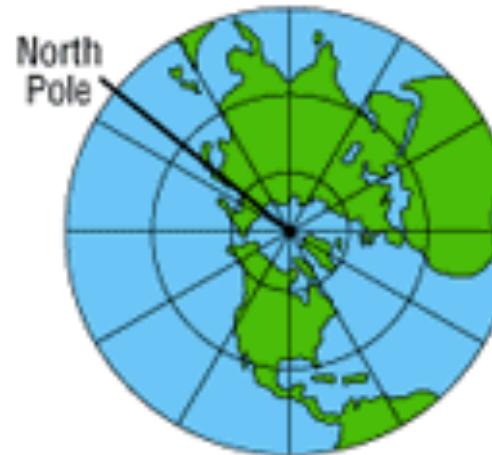
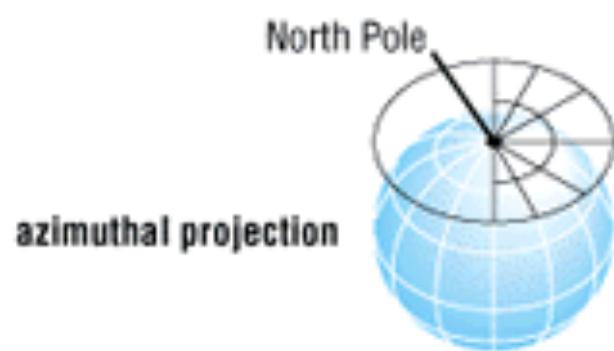




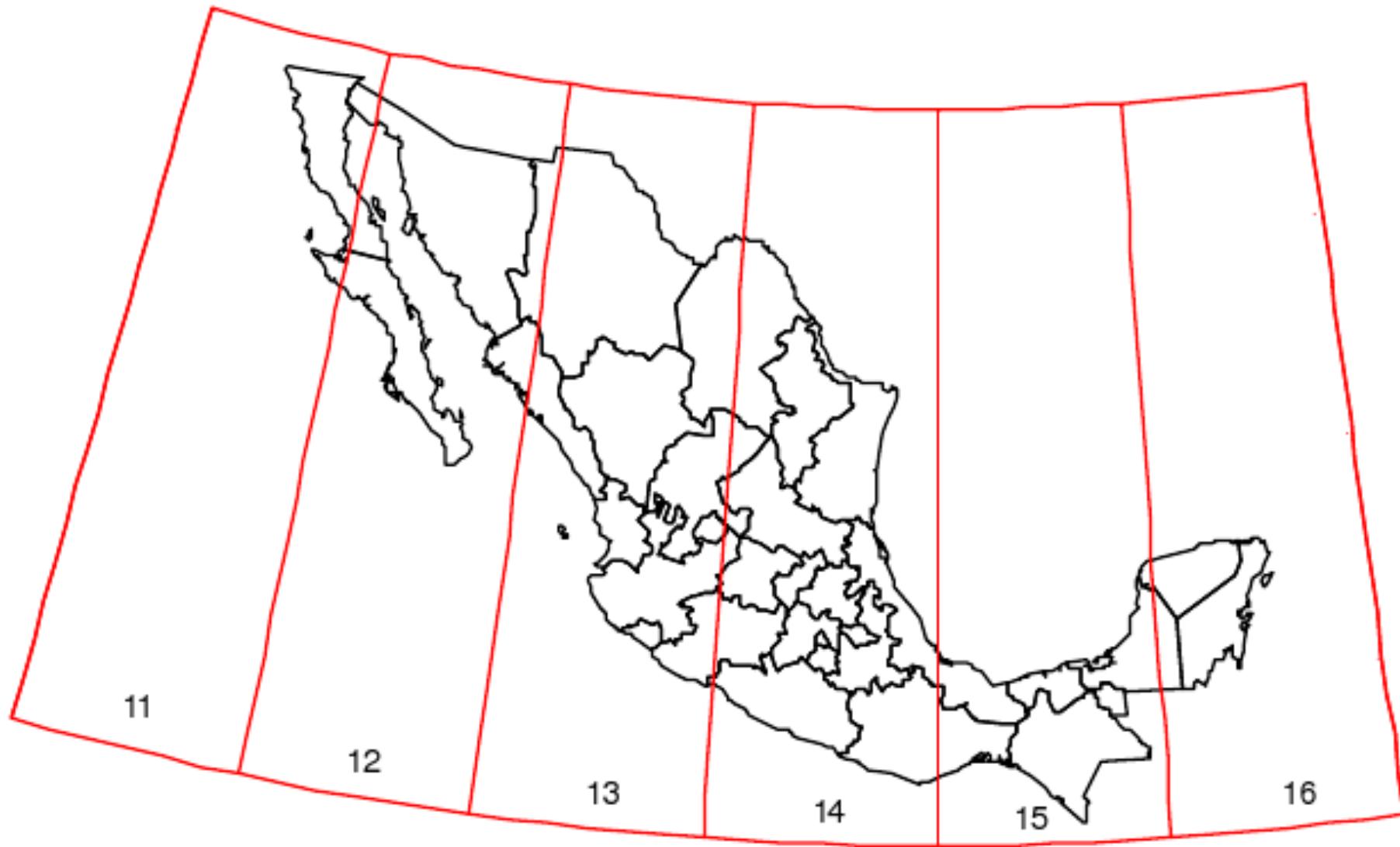
# Proyecciones

- Los mapas no son un dibujo
- La única forma de representar la superficie terrestre sin distorsiones es un globo terráqueo
- Los mapas son representaciones planas y del proceso de transformación de coordenadas esféricas tridimensionales a un plano bidimensional se denomina proyección geográfica.





Toda la información en un  
proyecto debe ser  
consistente en la proyección



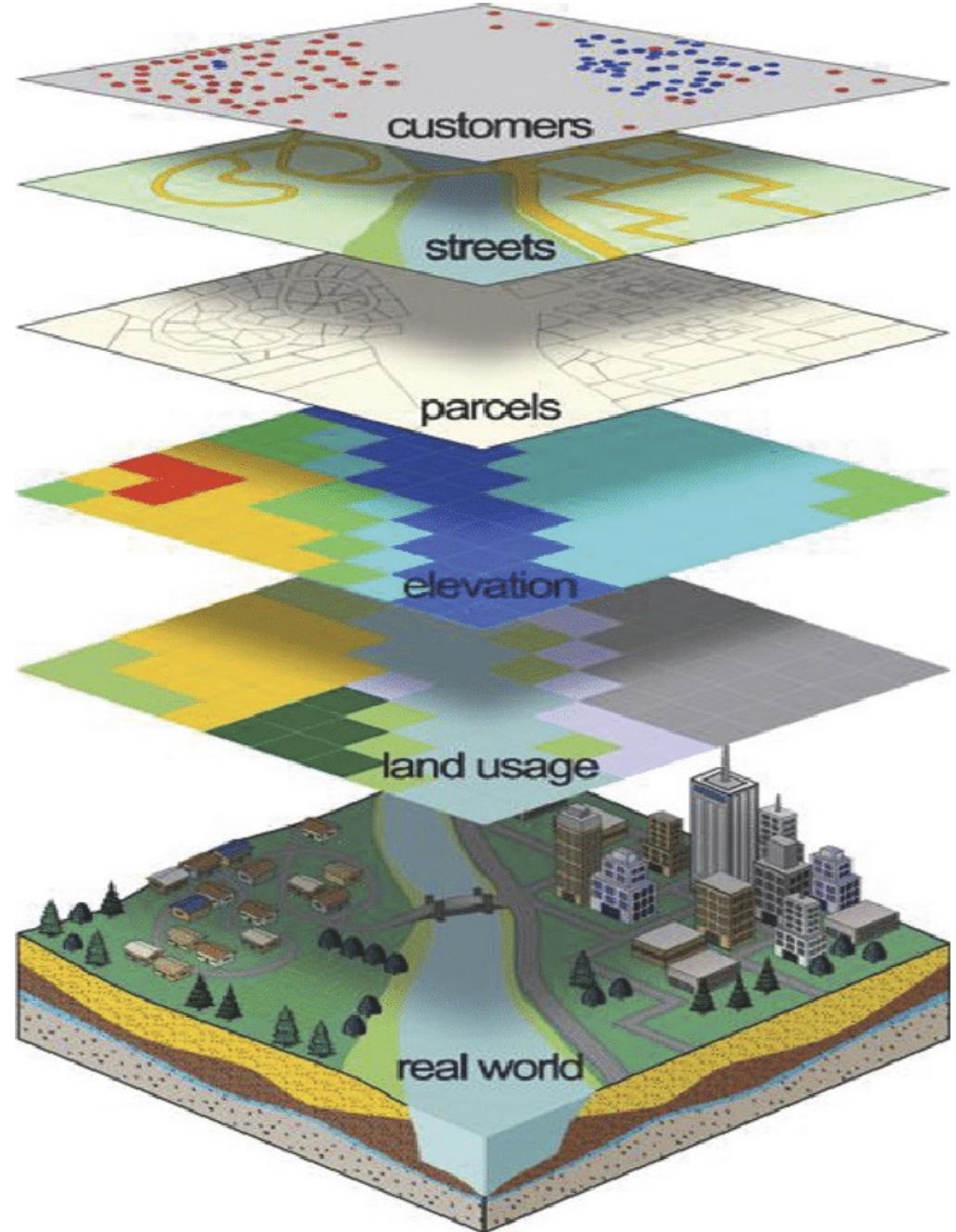
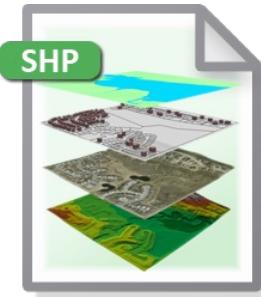
# Construcción de una base de datos geográfica

---

- Proceso de abstracción para pasar de la complejidad del “mundo real” a capas temáticas de información geográfica.
- Los modelos de datos predominantes son:
  - **Vectoriales**: La complejidad de la realidad se reduce a puntos, líneas o polígonos.
  - **Raster**: Matriz de celdas (píxeles) organizadas en filas y columnas (cuadrícula), cada celda contiene un valor que representa información.

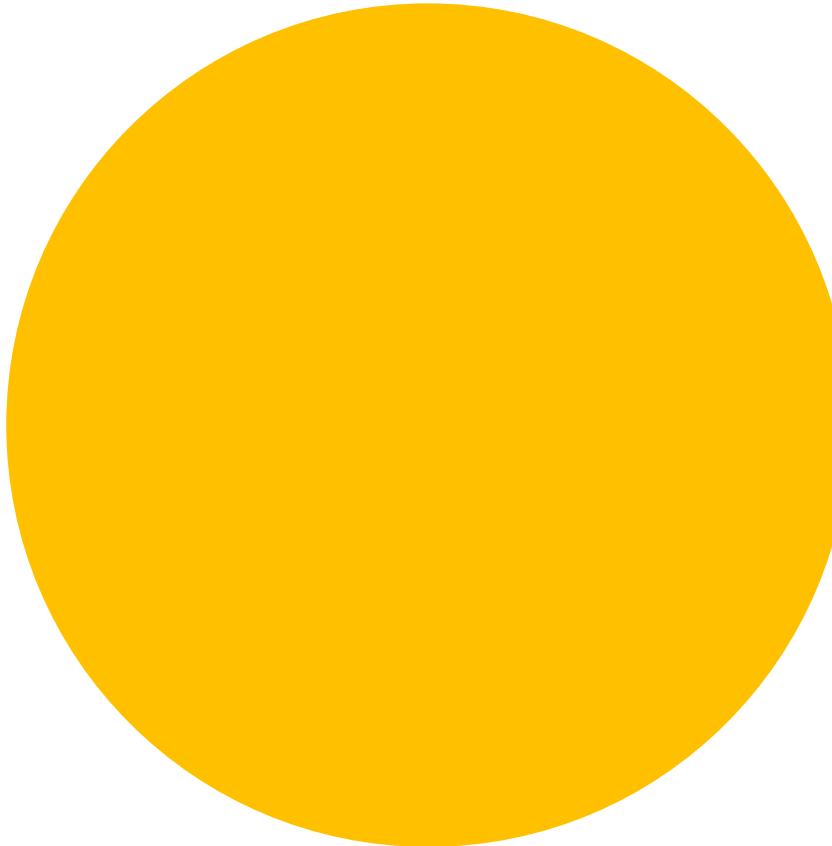


Información  
georeferenciada  
organizada en  
capas





Puntos



Polígonos

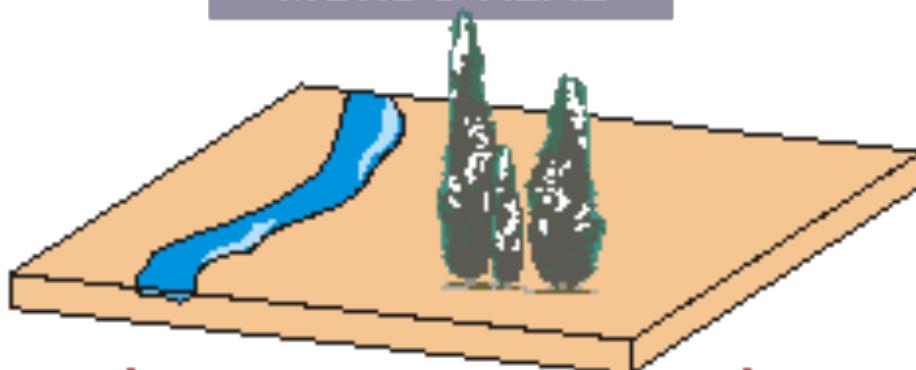


Líneas



Sobreposición de capas

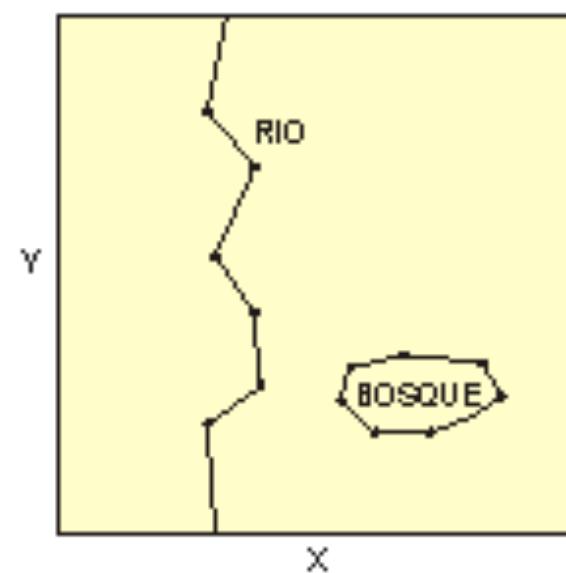
## MUNDO REAL



### Modelo de datos RASTER

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 |   |   |   |   |
| 1 |   |   |   |   |
|   | 1 |   |   |   |
|   | 1 |   |   |   |
|   | 1 |   |   |   |
|   | 1 |   |   |   |
|   | 1 |   | 2 |   |
| 1 |   | 2 | 2 | 2 |
| 1 |   | 2 | 2 | 2 |
| 1 |   |   |   |   |

### Modelo de datos VECTORIAL



Vectorial

Polígonos

Líneas

Puntos



# Shapefile

Un shapefile se compone de varios Archivos.



Los mínimo son tres:

El .shp

Almacena las entidades geométricas.

El .shx

Almacena el índice de las entidades geométricas.

El .dbf

Es la base de datos, en formato dBASE

También pueden tener un .prj, .sbn, .sbx, .fbn, .fbx .ain, .aih, .shp.xml.



## TIPO DE DATOS QUE ALMACENA.

Punto



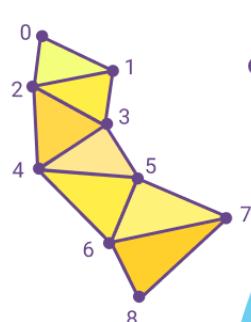
Línea



Polígono



MultiPach



MultiPunto



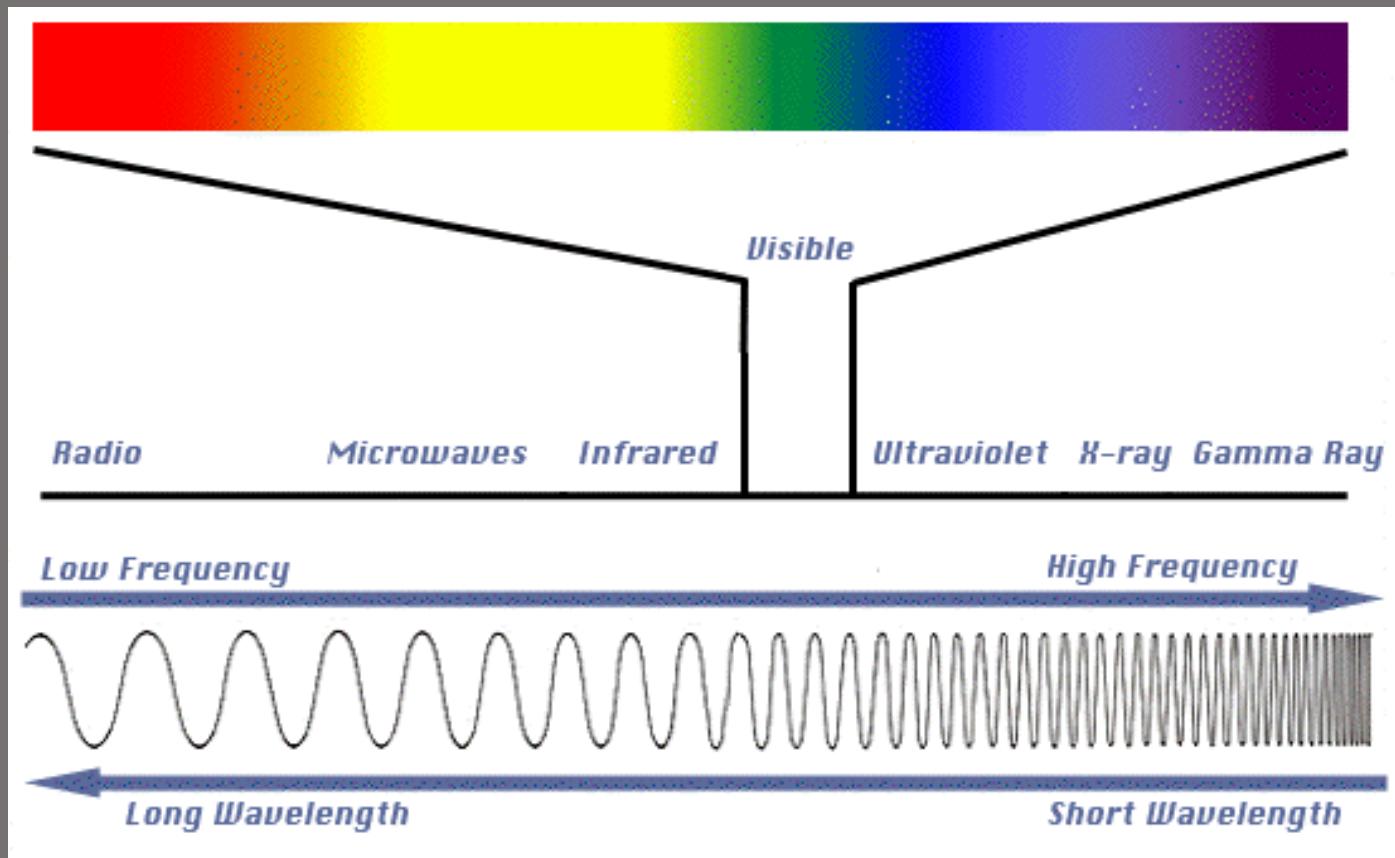
Es el formato más extendido y popular entre la comunidad GIS.



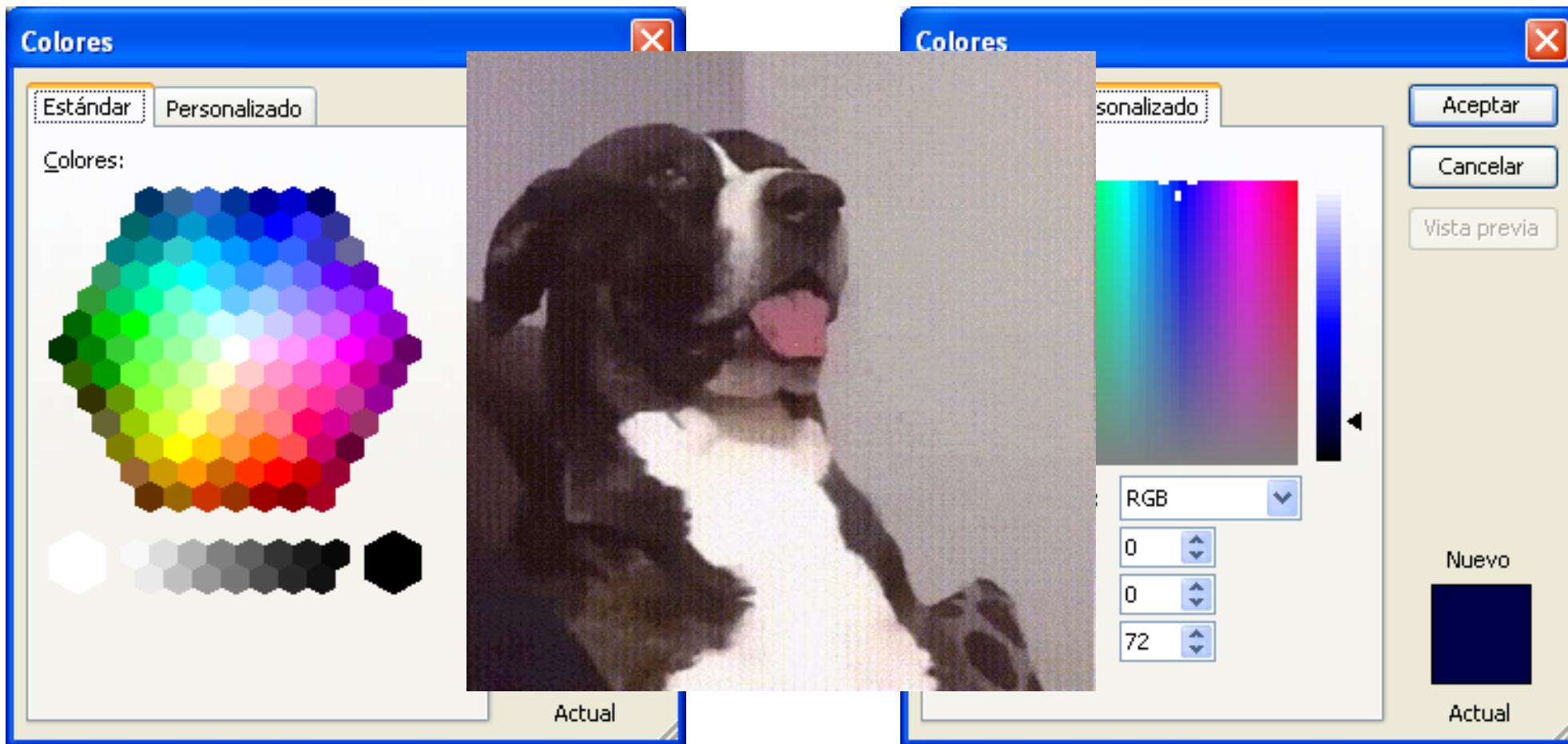
Raster

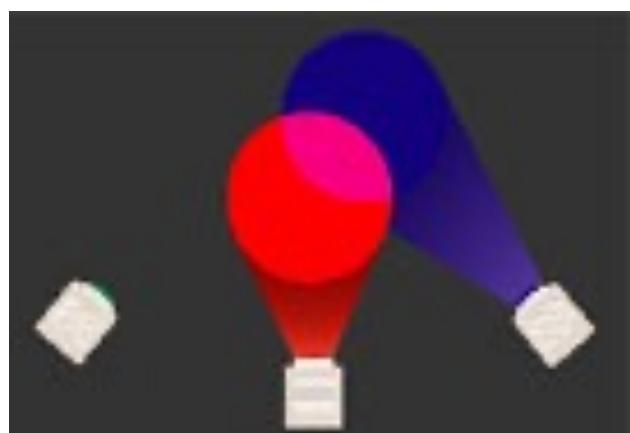
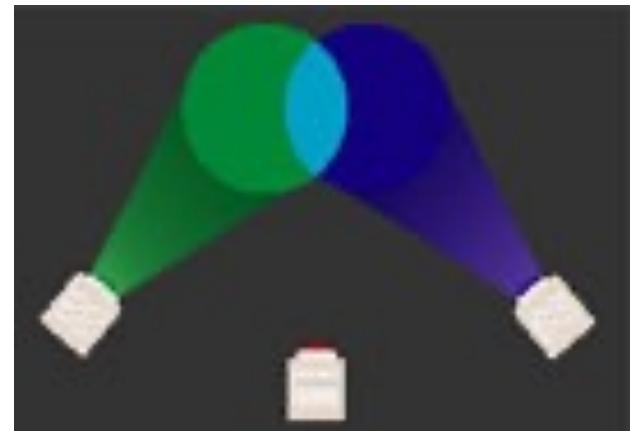
# ¡No podemos ver el 99.9% de la energía en el universo!

- Regiones espectrales
- Rayos X
- Ultravioleta
- Visible
- Infrarrojo
  - Cercano
  - Medio
  - Térmico
- Microondas



# ¿colores normalizados?





Teoría aditiva del color

Imagen  
RGB de  
24 bits

RGB



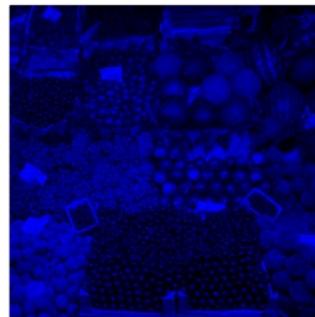
R      G      B



Red



Green



Blue





@physicsfun

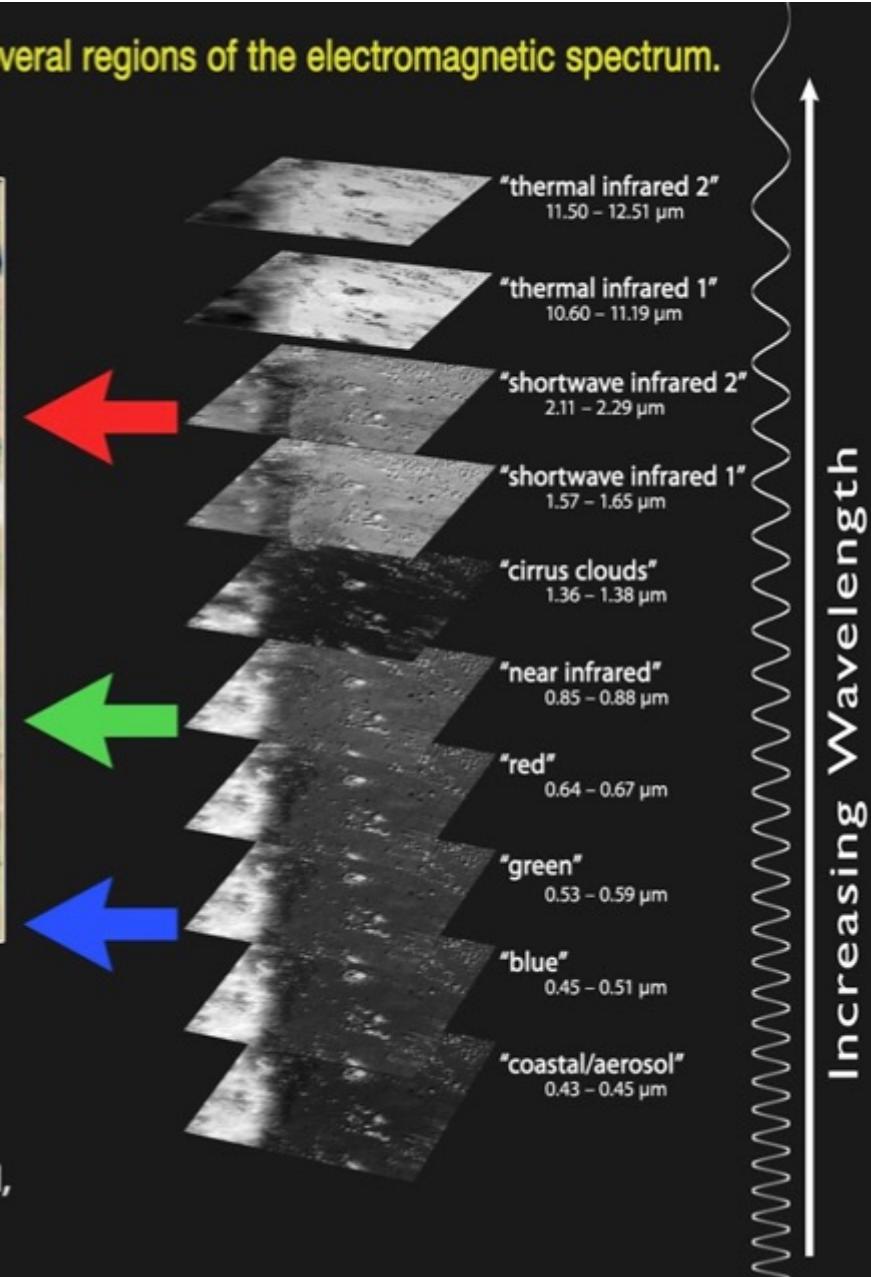


The Landsat Data Continuity Mission collects data from several regions of the electromagnetic spectrum. This is the first data from the mission.

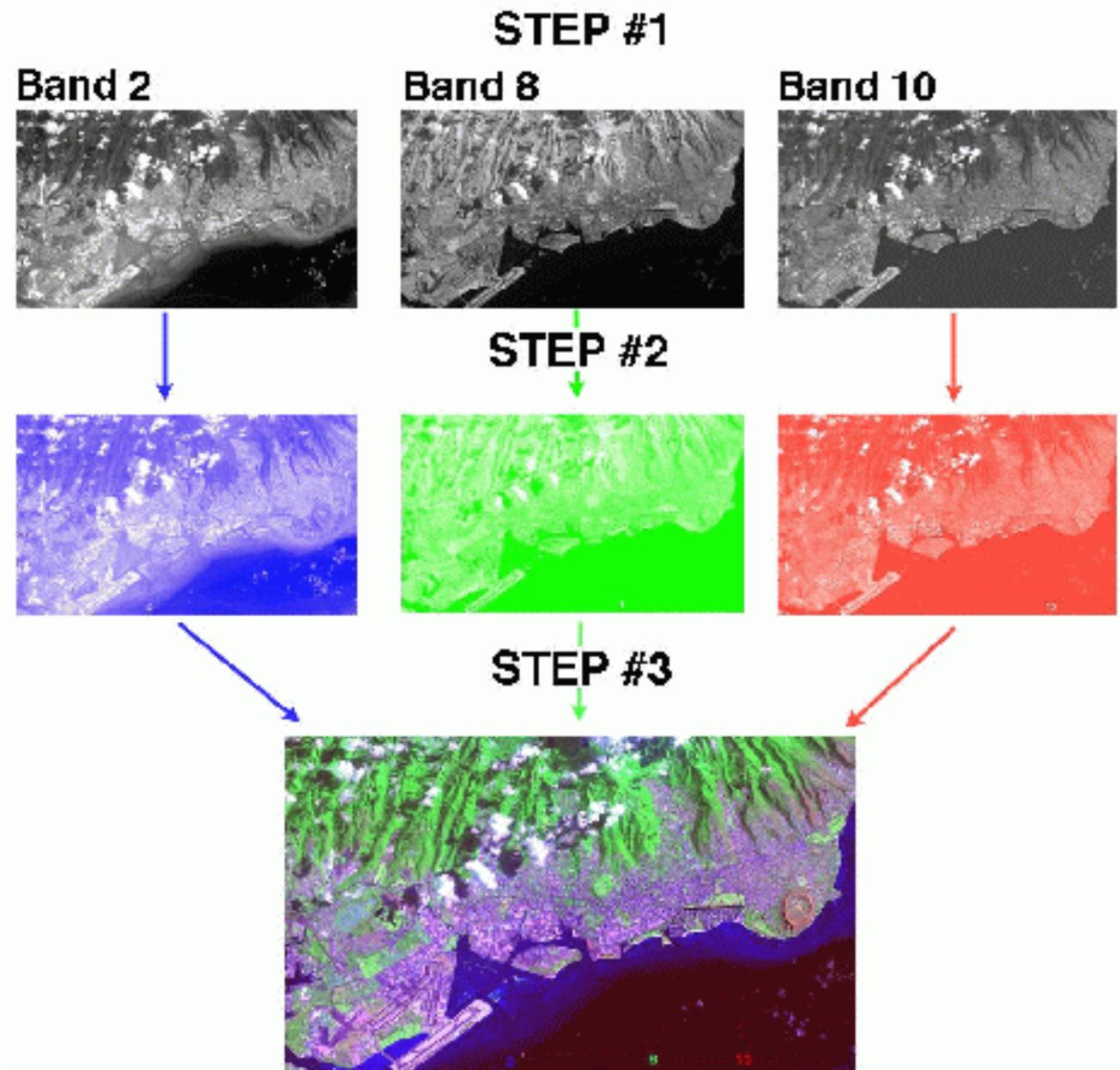


Three wavelengths are colored red, green, and blue, and then combined to make a single image.

Different features of the landscape can be highlighted by combining different wavelengths. The burned area after a wildfire reflects strongly in the shortwave infrared, therefore the fire scar in the image is a strong red color.



# Bandas espectrales



# IR vs Color “natural”



Fuente: UNAM, Laboratorio de Percepción Remota y Fotointerpretación.

# IR vs Térmico



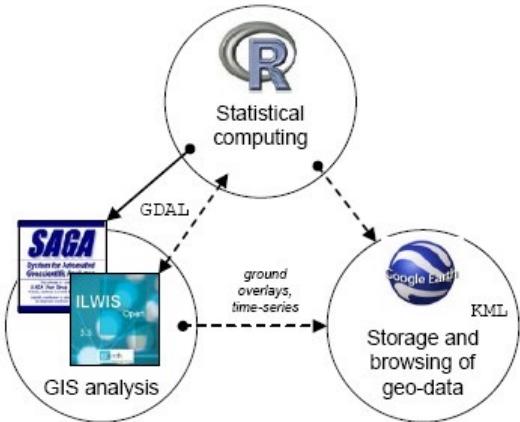
Fuente: UNAM, Laboratorio de Percepción Remota y Fotointerpretación.

# IR vs Térmico



Fuente: UNAM, Laboratorio de Percepción Remota y Fotointerpretación.

# Software



QGIS

R Studio®

idrisi

MapInfo

Powered by  
Google™  
Maps

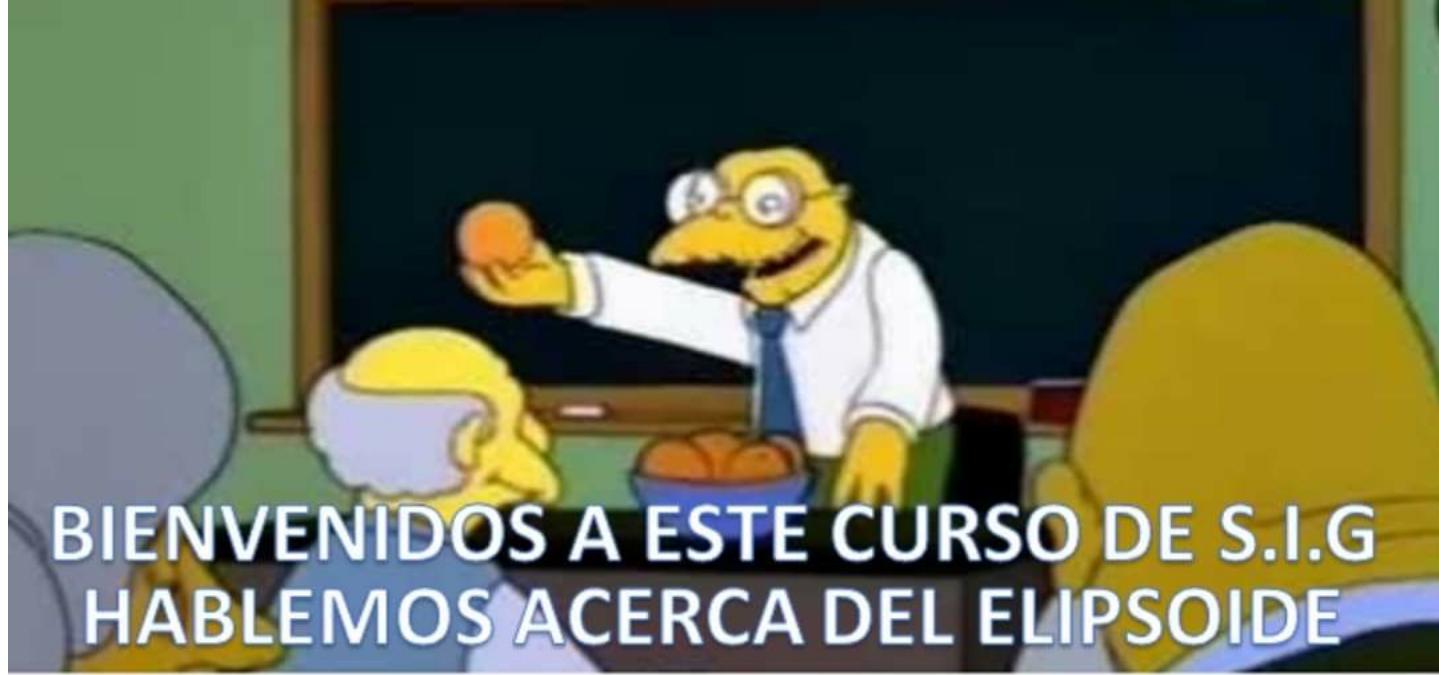


Arc  
ESRI  
GIS



# Gestión de información con atributos espaciales en R

José Luis Texcalac Sangrador



- Trabaje en su proyecto “clase\_r”
- Genere su script de la sesión
- Genere la carpeta “shapefiles”
- Copie los archivos de Baja California en la carpeta “shapefiles”

| Nombre  |
|---|
| >  code              |
| >  data              |
| >  markdown          |
| >  output            |
| ▼  shapefiles        |
| ▼  02_bajacalifornia |
| >  catalogos         |
| >  conjunto_de_datos |
| >  metadatos         |
| >  slides            |
|  clase_r.Rproj       |

# Modelo geométrico de rasgo simple (*simple feature* o *simple feature access*)

- Estándar formal (ISO 19125-1: 2004) que describe cómo los objetos en el mundo real pueden ser representados en las computadoras, con énfasis en la geometría espacial de estos objetos.
- Estándar de código abierto desarrollado y respaldado por el Open Geospatial Consortium (OGC)
- Permite representar una amplia gama de información geográfica.
- Modelo de datos jerárquico que simplifica los datos geográficos al condensar un amplio rango de formas geográficas en una única clase de geometría.
- Describe cómo los objetos se pueden almacenar y recuperar de las bases de datos, y las operaciones geométricas que deberían definirse para ellos.
- Modelo de datos ampliamente respaldado que subyace a las estructuras de datos en muchas aplicaciones de SIG, permitiendo la transferencia de datos a otras configuraciones (software, librerías, etc.).

# *feature*

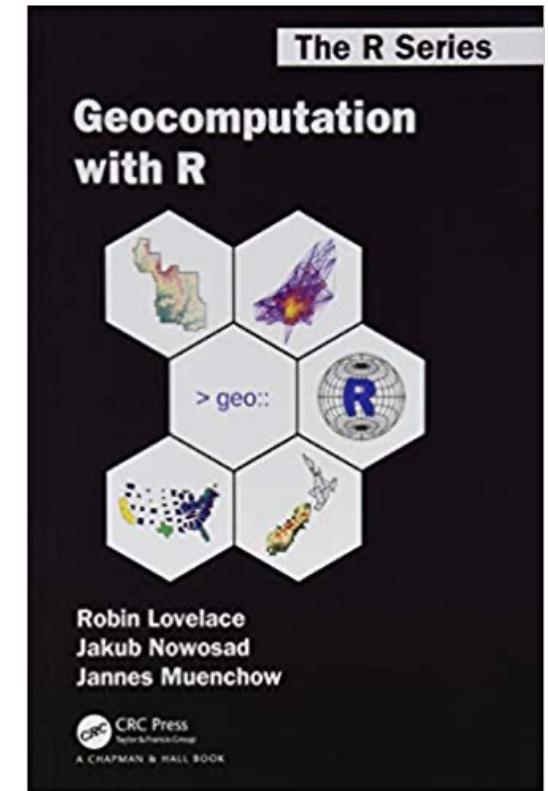
- Se considera una cosa o un objeto en el mundo real (un edificio o un árbol)
- Como en la vida areal, los objetos, a menudo conforman otros objetos. Un conjunto de *features* puede formar un solo *feature*.
  - Un árbol puede ser un *feature*, un bosque es un *feature*.
  - Un edificio puede ser un *feature* y una ciudad es un *feature*.
  - Un píxel de una imagen satelital es un *feature*, y la imagen completa también es un *feature*.
- Tienen una geometría que describe su posición sobre la superficie terrestre.
- Tienen atributos que describen propiedades adicionales.
  - La geometría de un árbol puede ser la delineación de su corona, de su tallo o el punto que indica su centro.
  - Otras propiedades pueden incluir su altura, color, diámetro a la altura del pecho en una fecha particular, y así sucesivamente.
- El estándar dice: "La OpenGIS Abstract especifica que un *simple feature* posee ambas características, es decir, atributos espaciales y no espaciales."

# Paquete *sf*

- Compatible con los tipos de *simple feature* utilizados en la mayoría de las operaciones de análisis espacial: puntos, líneas, polígonos y sus respectivas versiones “múltiples”.
- Permite también crear colecciones de geometrías, que pueden contener diferentes tipos de geometría en un solo objeto.
- Incorpora de forma integral la funcionalidad de los tres paquetes principales de *sp*.
  - *sp*: Para el sistema de clases de objetos espaciales;
  - *rgdal*: para leer y escribir datos;
  - *rgeos*: para operaciones espaciales.

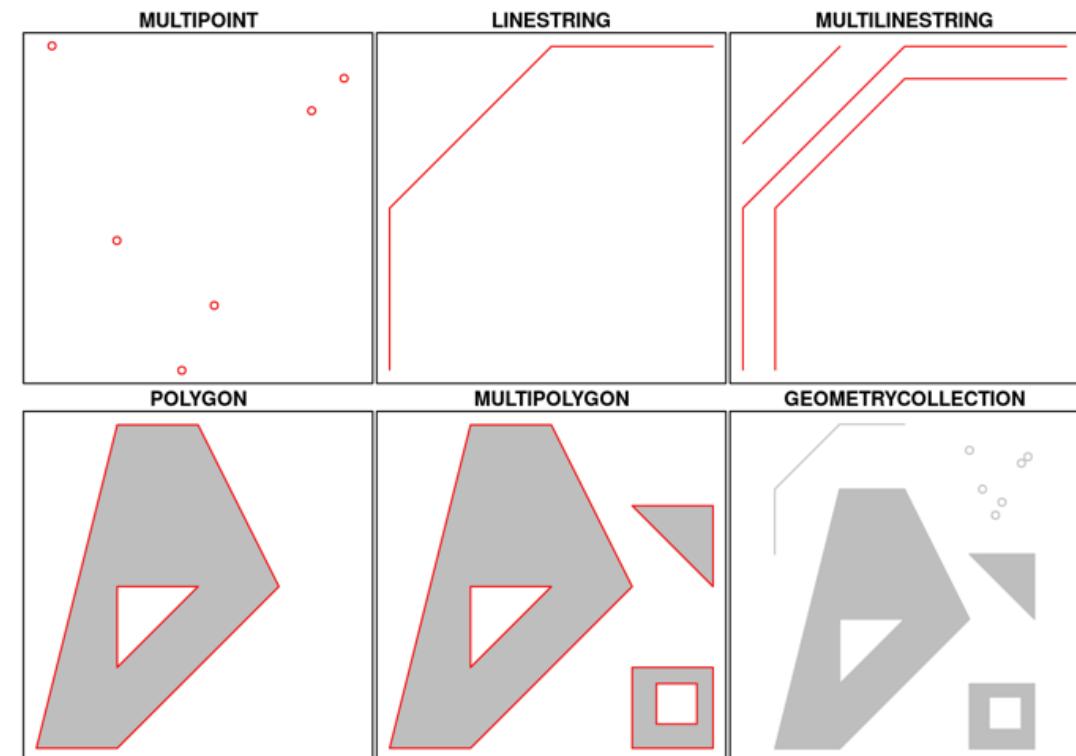
# Ventajas del uso del paquete *sf*

- Proporciona una interfaz casi directa para las funciones GDAL y GEOS C ++
- La lectura y escritura de datos son rápidas.
- El rendimiento de despliegue.
- Los nombres de las funciones de *sf* son relativamente consistentes e intuitivas (todos comienzan con *st\_*).
- Los objetos *sf* pueden procesarse como un *tibble* o *data frame*.
- Las funciones pueden combinarse usando el operador pipe `%>%`
- Funcionan bien con la colección de librerías de tidyverse.



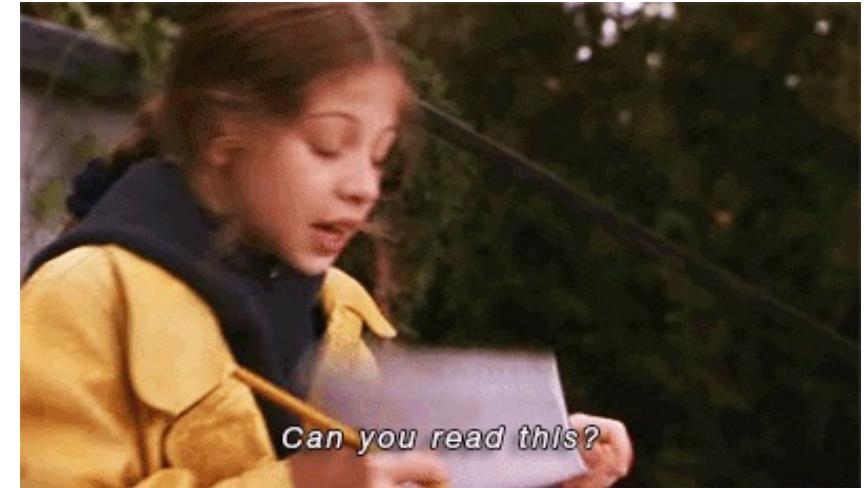
# Objetos espaciales en el paquete *sf*

- Existen diferentes clases de objetos espaciales dependiendo del tipo de información que almacenan
- Permiten gestionar coberturas de puntos, líneas y polígonos.
  - *Point* y *Multipoint*,
  - *Linestring* y *Multilinestring*
  - *Polygon* y *Multipolygon*
- La clase *Geometrycollection* permite juntar, en un mismo objeto, diferentes geometrías.



# *Shapefiles*

- El formato ESRI Shapefile (SHP) es un formato de archivo de datos espaciales desarrollado por la compañía ESRI, quien crea y comercializa software para Sistemas de Información Geográfica como Arc/Info o ArcGIS.
- Originalmente se creó para la utilización con su producto ArcView GIS, pero actualmente se ha convertido en formato estándar de facto para el intercambio de información geográfica entre Sistemas de Información Geográfica.
  - Requiere de 4 archivos para su uso (.shp, .shx, .dbf, .prj)
  - Límite de 10 caracteres para nombres de campo
  - Problemas con el almacenamiento de fechas
  - Limitado para almacenar valores nulos
  - Límite de 2 Gb
  - No puede contener algunos tipos de geometrías
- El más usado y el que trabajaremos durante el curso.



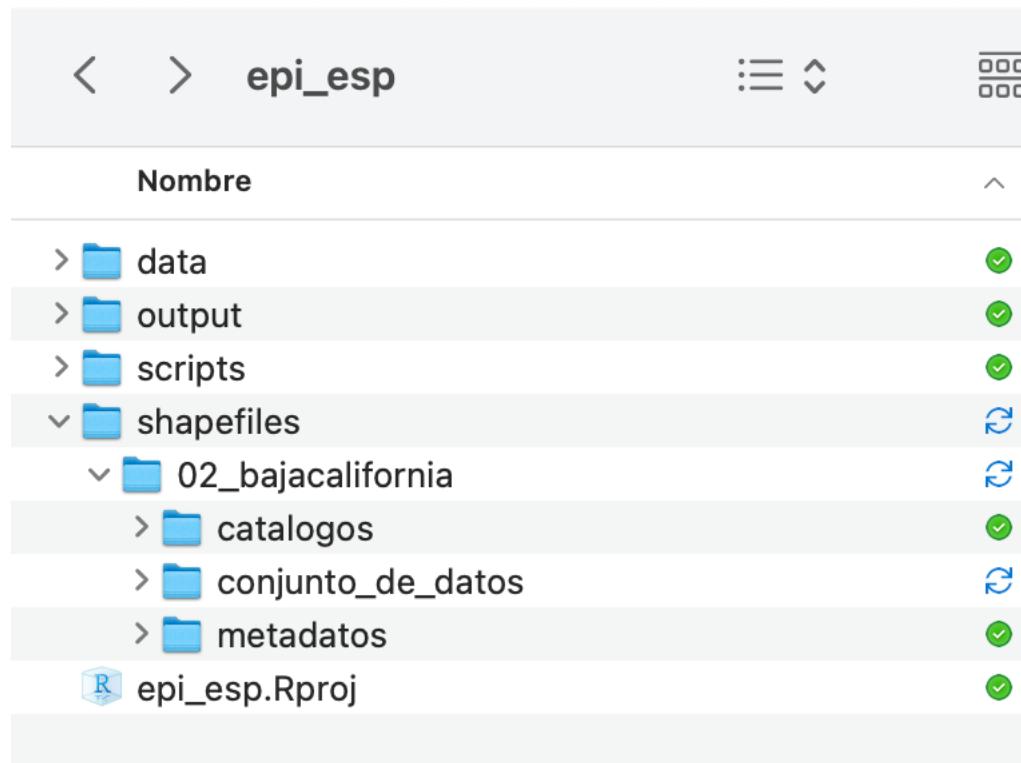
# Shapefiles del marco geoestadístico nacional

| shp_inegi_2019                      |   |
|-------------------------------------|---|
| Nombre                              |   |
| 02_bajacalifornia                   | ↻ |
| catalogos                           | ↻ |
| contenido.pdf                       | ↻ |
| contenido.txt                       | ↻ |
| entidades_federativas.csv           | ↻ |
| entidades_federativas.pdf           | ↻ |
| leme.pdf                            | ↻ |
| leme.txt                            | ↻ |
| localidades_islas.csv               | ↻ |
| localidades_islas.pdf               | ↻ |
| localidades_rura...basan_AGEB.csv   | ↻ |
| localidades_rura...basan_AGEB.pdf   | ↻ |
| localidades_rura...su_municipio.csv | ↻ |
| localidades_rura...su_municipio.pdf | ↻ |
| localidades_urb...su_municipio.csv  | ↻ |
| localidades_urb...su_municipio.pdf  | ↻ |
| localidades_urb...amanzanadas.csv   | ↻ |
| localidades_urb...amanzanadas.pdf   | ↻ |
| municipios.csv                      | ↻ |
| municipios.pdf                      | ↻ |
| > conjunto_de_datos                 | ↻ |
| > metadatos                         | ↻ |

| shp_inegi_2019      |   |
|---------------------|---|
| Nombre              |   |
| 02_bajacalifornia   | ✓ |
| > catalogos         | ✓ |
| > conjunto_de_datos | ✓ |
| 02a.cpg             | ✓ |
| 02a.dbf             | ✓ |
| 02a.prj             | ✓ |
| 02a.sbn             | ✓ |
| 02a.sbx             | ✓ |
| 02a.shp             | ✓ |
| 02a.shx             | ✓ |
| 02ar.cpg            | ✓ |
| 02ar.dbf            | ✓ |
| 02ar.prj            | ✓ |
| 02ar.shp            | ✓ |
| 02ar.shx            | ✓ |
| 02cd.cpg            | ✓ |
| 02cd.dbf            | ✓ |
| 02cd.prj            | ✓ |
| 02cd.sbn            | ✓ |
| 02cd.sbx            | ✓ |
| 02cd.shp            | ✓ |
| 02cd.shx            | ✓ |

| shp_inegi_2019                   |   |
|----------------------------------|---|
| Nombre                           |   |
| 02_bajacalifornia                | ↻ |
| > catalogos                      | ↻ |
| > conjunto_de_datos              | ↻ |
| > metadatos                      | ↻ |
| 02_mg_septiembre2019.rtf         | ↻ |
| 02_mg_septiembre2019.txt         | ↻ |
| 02_mg_septiembre2019.xml         | ↻ |
| metadatos_mg_...ptiembre2019.txt | ↻ |

# Shapefiles en nuestro proyecto



# Importando datos con atributos espaciales en R

```
library(tidyverse)
```

```
library(sf)
```

```
objeto <- st_read("ruta_archivo.shp")
```

- Alias

```
objeto <- read_sf("ruta_archivo.shp")
```

# st\_read( )

```
objeto <-  
  st_read("ruta_archivo.shp",  
          stringsAsFactors = FALSE,  
          options = "ENCODING = WINDOWS-1252")
```

# Estructura de un *simple feature*

```
> bc_mun
```

Simple feature collection with 5 features and 4 fields

geometry type: MULTIPOLYGON

dimension: XY

bbox: xmin: 911292 ymin: 1810279 xmax: 1493532 ymax: 2349615

projected CRS: MEXICO\_ITRF\_2008\_LCC

| CVEGEO  | CVE_ENT | CVE_MUN | NOMGEO             | geometry                       |
|---------|---------|---------|--------------------|--------------------------------|
| 1 02001 | 02      | 001     | Ensenada           | MULTIPOLYGON (((1493197 184... |
| 2 02002 | 02      | 002     | Mexicali           | MULTIPOLYGON (((1437921 188... |
| 3 02003 | 02      | 003     | Tecate             | MULTIPOLYGON (((1113633 234... |
| 4 02004 | 02      | 004     | Tijuana            | MULTIPOLYGON (((1058854 233... |
| 5 02005 | 02      | 005     | Playas de Rosarito | MULTIPOLYGON (((1077326 233... |

*Simple feature*

*Simple feature geometry list-column (sfc)*

*Simple feature geomtry (sfg)*

# Polígonos

# Su turno...

- Cargue la capa "02mun"
- Nombre al nuevo objeto como bc\_mun

```
library(tidyverse)
```

```
library(sf)
```

```
objeto <- st_read("ruta_archivo.shp")
```

# Leyendo datos de Baja California

```
bc_mun <-  
  st_read("./shapefiles/02_bajacalifornia/conjunto_de_datos/02mun.shp") %>%  
  clean_names() %>%  
  print()
```

```
> bc_mun <-  
+   st_read("./shapefiles/02_bajacalifornia/conjunto_de_datos/02mun.shp") %>%  
+   clean_names() %>%  
+   print()  
Reading layer `02mun' from data source  
  `/Users/tex/OneDrive/Docencia/PASPE_R_EPI_Espacial/epi_esp/shapefiles/02_bajacalifornia/conjunto_de_datos/02mun.shp'  
    using driver 'ESRI Shapefile'  
Simple feature collection with 5 features and 4 fields  
Geometry type: MULTIPOLYGON  
Dimension: XY  
Bounding box: xmin: 911292 ymin: 1810279 xmax: 1493532 ymax: 2349615  
Projected CRS: MEXICO_ITRF_2008_LCC  
Simple feature collection with 5 features and 4 fields  
Geometry type: MULTIPOLYGON  
Dimension: XY  
Bounding box: xmin: 911292 ymin: 1810279 xmax: 1493532 ymax: 2349615  
Projected CRS: MEXICO_ITRF_2008_LCC  
  cvegeo cve_ent cve_mun      nomgeo          geometry  
1 02001     02    001      Ensenada MULTIPOLYGON (((1493197 184...  
2 02002     02    002      Mexicali MULTIPOLYGON (((1437921 188...  
3 02003     02    003      Tecate MULTIPOLYGON (((1113633 234...  
4 02004     02    004      Tijuana MULTIPOLYGON (((1058854 233...  
5 02005     02    005 Playas de Rosarito MULTIPOLYGON (((1077326 233...
```

```
plot(st_geometry(bc_mun))
```

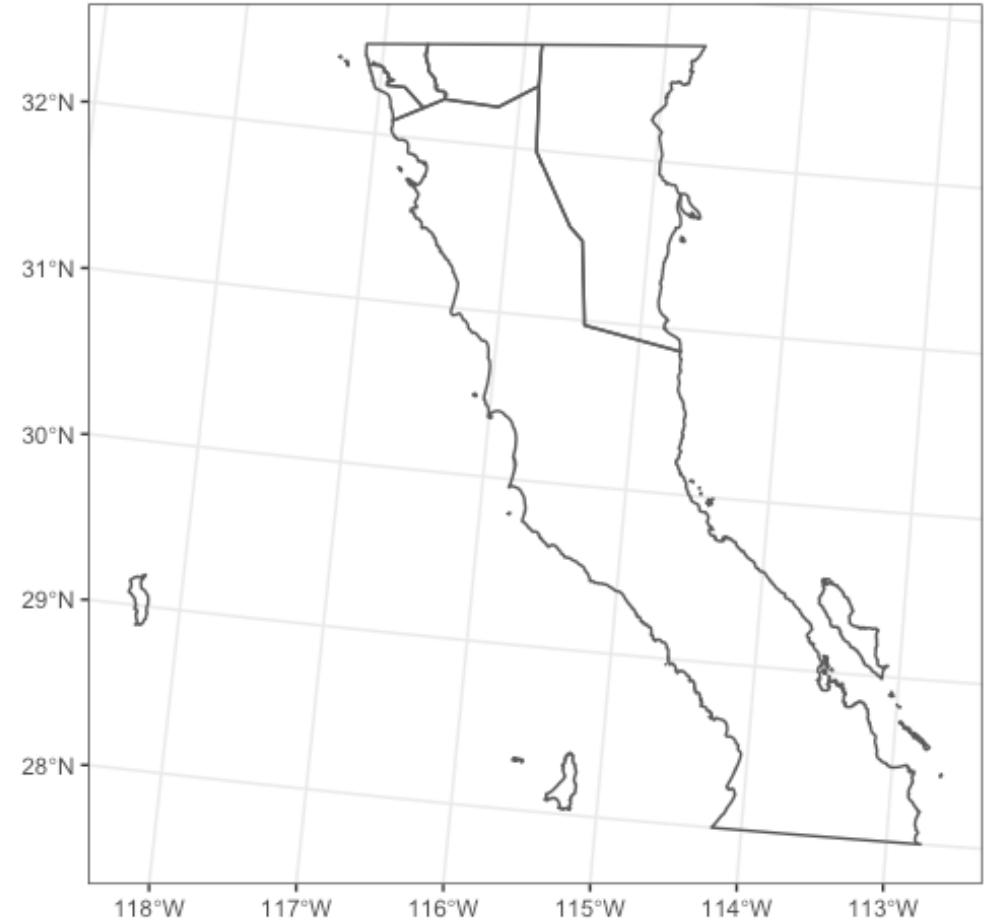
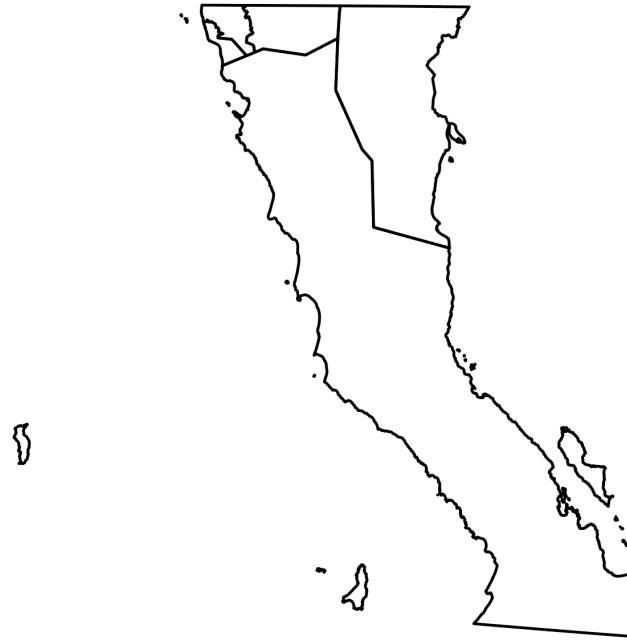
- `st_geometry` nos permite visualizar sólo la geometría de la capa.
- Intente el plot omitiendo `st_geometry`  
`plot(bc_mun)`



# Mapa básico con ggplot

```
ggplot() %>%  
  geom_sf(...) %>%  
  print()
```

```
ggplot() +  
  geom_sf(data = bc_sf, fill = "transparent") +  
  theme_bw()
```



# st\_crs(bc\_mun)

```
> st_crs(bc_mun)
Coordinate Reference System:
  User input: MEXICO_ITRF_2008_LCC
  wkt:
PROJCRS["MEXICO_ITRF_2008_LCC",
  BASEGEOCRS["ITRF2008",
    DATUM["International Terrestrial Reference Frame 2008",
      ELLIPSOID["GRS 1980",6378137,298.257222101,
        LENGTHUNIT["metre",1]],
      ID["EPSG",1061]],
    PRIMEM["Greenwich",0,
      ANGLEUNIT["Degree",0.0174532925199433]]],
  CONVERSION["unnamed",
    METHOD["Lambert Conic Conformal (2SP)",
      ID["EPSG",9802]],
    PARAMETER["Latitude of false origin",12,
      ANGLEUNIT["Degree",0.0174532925199433],
      ID["EPSG",8821]],
    PARAMETER["Longitude of false origin",-102,
      ANGLEUNIT["Degree",0.0174532925199433],
      ID["EPSG",8822]],
    PARAMETER["Latitude of 1st standard parallel",17.5,
      ANGLEUNIT["Degree",0.0174532925199433],
      ID["EPSG",8823]],
    PARAMETER["Latitude of 2nd standard parallel",29.5,
      ANGLEUNIT["Degree",0.0174532925199433],
      ID["EPSG",8824]],
    PARAMETER["Easting at false origin",2500000,
      LENGTHUNIT["metre",1],
      ID["EPSG",8826]],
    PARAMETER["Northing at false origin",0,
      LENGTHUNIT["metre",1],
      ID["EPSG",8827]]],
  CS[Cartesian,2],
    AXIS["(E)",east,
      ORDER[1],
      LENGTHUNIT["metre",1,
        ID["EPSG",9001]]],
    AXIS["(N)",north,
      ORDER[2],
      LENGTHUNIT["metre",1,
        ID["EPSG",9001]]]]
```

# bc\_mun <- st\_transform(bc\_mun, 6372)

Original

```
> st_crs(bc_mun)
Coordinate Reference System:
  User input: MEXICO_ITRF_2008_LCC
  wkt:
PROJCRS["MEXICO_ITRF_2008_LCC",
  BASEGEOGCRS["ITRF2008",
    DATUM["International Terrestrial Reference Frame 2008",
      ELLIPSOID["GRS 1980",6378137,298.257222101,
        LENGTHUNIT["metre",1]],
      ID["EPSG",1061]],
    PRIMEM["Greenwich",0,
      ANGLEUNIT["Degree",0.0174532925199433]],
    CONVERSION["unnamed",
      METHOD["Lambert Conic Conformal (2SP)",
        ID["EPSG",9802]],
      PARAMETER["Latitude of false origin",12,
        ANGLEUNIT["Degree",0.0174532925199433],
        ID["EPSG",8821]],
      PARAMETER["Longitude of false origin",-102,
        ANGLEUNIT["Degree",0.0174532925199433],
        ID["EPSG",8822]],
      PARAMETER["Latitude of 1st standard parallel",17.5,
        ANGLEUNIT["Degree",0.0174532925199433],
        ID["EPSG",8823]],
      PARAMETER["Latitude of 2nd standard parallel",29.5,
        ANGLEUNIT["Degree",0.0174532925199433],
        ID["EPSG",8824]],
      PARAMETER["Easting at false origin",2500000,
        LENGTHUNIT["metre",1],
        ID["EPSG",8826]],
      PARAMETER["Northing at false origin",0,
        LENGTHUNIT["metre",1],
        ID["EPSG",8827]]],
    CS[Cartesian,2],
      AXIS["(E)",east,
        ORDER[1],
        LENGTHUNIT["metre",1,
          ID["EPSG",9001]]],
      AXIS["(N)",north,
        ORDER[2],
        LENGTHUNIT["metre",1,
          ID["EPSG",9001]]]]]
```

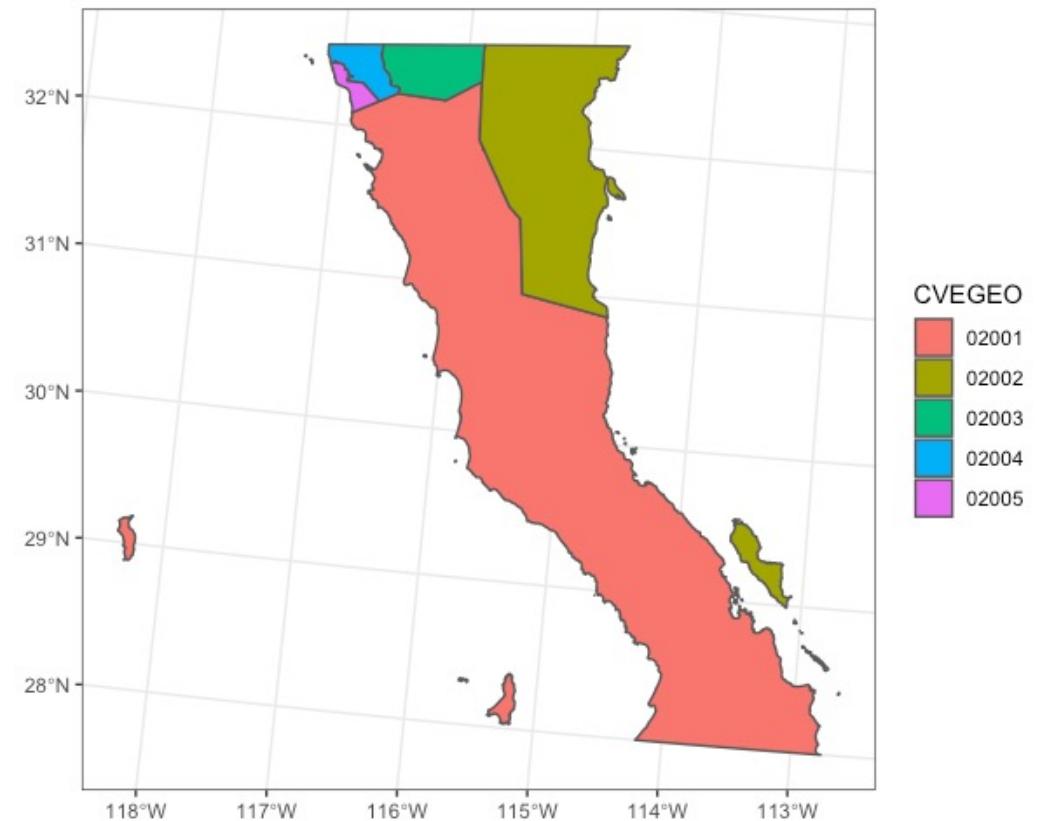
Reproyectado

```
> st_crs(bc_mun)
Coordinate Reference System:
  User input: EPSG:6372
  wkt:
PROJCRS["Mexico ITRF2008 / LCC",
  BASEGEOGCRS["Mexico ITRF2008",
    DATUM["Mexico ITRF2008",
      ELLIPSOID["GRS 1980",6378137,298.257222101,
        LENGTHUNIT["metre",1]],
      PRIMEM["Greenwich",0,
        ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433]],
      ID["EPSG",6365]],
    CONVERSION["Mexico LCC",
      METHOD["Lambert Conic Conformal (2SP)",
        ID["EPSG",9802]],
      PARAMETER["Latitude of false origin",12,
        ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433],
        ID["EPSG",8821]],
      PARAMETER["Longitude of false origin",-102,
        ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433],
        ID["EPSG",8822]],
      PARAMETER["Latitude of 1st standard parallel",17.5,
        ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433],
        ID["EPSG",8823]],
      PARAMETER["Latitude of 2nd standard parallel",29.5,
        ANGLEUNIT["degree",0.0174532925199433],
        ID["EPSG",8824]],
      PARAMETER["Easting at false origin",2500000,
        LENGTHUNIT["metre",1],
        ID["EPSG",8826]],
      PARAMETER["Northing at false origin",0,
        LENGTHUNIT["metre",1],
        ID["EPSG",8827]]],
    CS[Cartesian,2],
      AXIS["northing (N)",north,
        ORDER[1],
        LENGTHUNIT["metre",1]],
      AXIS["easting (E)",east,
        ORDER[2],
        LENGTHUNIT["metre",1]]],
    USAGE[
      SCOPE["Topographic mapping (small scale)."],
      AREA["Mexico - onshore and offshore."],
      BBOX[12.1,-122.19,32.72,-84.64]],
      ID["EPSG",6372]]]
```

```
ggplot() +  
  geom_sf(data = bc_mun, aes(fill = cvegeo)) +  
  theme_bw()
```

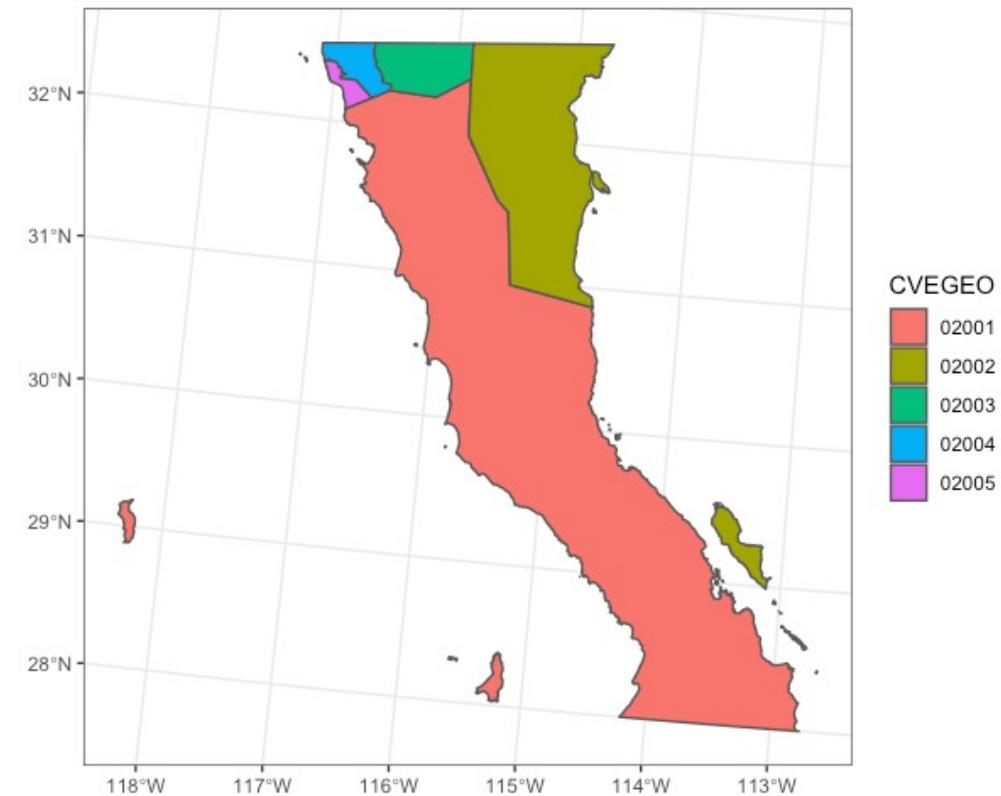
Podemos colorear polígonos tomando como base los valores de sus atributos.

- Población
- Contaminación
- Pobreza
- Vulnerabilidad

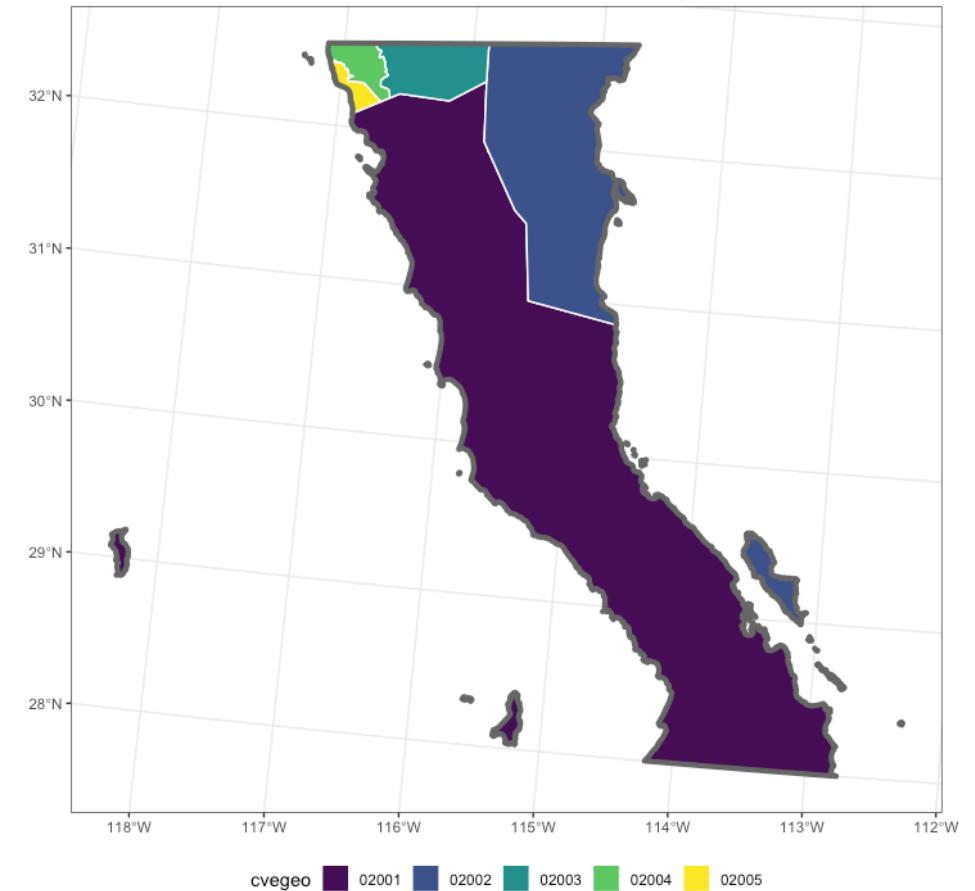


# Su turno... generando mapa

- Cargue la capa de entidad como `bc_ent`
- Contorno de municipios blanco
- Contorno de entidad con grosor de 1.5
- Paleta de colores viridis
- Aplique el tema `bw`
- Leyenda en la parte baja



```
ggplot() +  
  geom_sf(data = bc_mun, aes(FILL = CVEGEO), colour = "white") +  
  geom_sf(data = bc_ent, fill = "transparent", colour = "grey30", size = 1.5) +  
  scale_fill_viridis(discrete = T) +  
  theme_bw() +  
  theme(legend.position = "bottom")
```



# Gracias

jtexcalac@insp.mx