

Análisis Geostadístico de la Variabilidad en la precipitación pluvial en República Dominicana.

Aleira Del Jesús, Grace Soriano, Wilnellia Fabián *Estudiantes de la Maestría en Teledetección y Ciencias de la Información Geográfica, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD).*

Resumen. El clima anualmente se ve afectado por los cambios que se producen en la superficie terrestre. Estos se los podemos atribuir, tanto al impacto humano como a la naturaleza. La precipitación es una parte muy importante de la composición del ciclo hidrológico, es por ello, que en la actualidad existe gran interés por conocer los factores que controlan el clima, en virtud del incremento en los desastres naturales que afectan la población. Por lo que, con la finalidad de poder obtener conocimiento sobre el valor trascendental de los cambios observados en las provincias de la República Dominicana, se analizó la variabilidad pluviométrica de la precipitación, correspondiente al año 1994.

Keywords: Variabilidad Pluviométrica, Precipitación, Clima

1 Introducción

La Finalidad de realizar este proyecto, es lograr conocer la variabilidad en la precipitación pluvial en la República Dominicana, específicamente para el año 1994. Con el objetivo de conocer la cantidad de lluvia en cada provincia durante ese período, dicha información nos permite identificar las zonas vulnerables a inundaciones o deslizamiento ante un fenómeno atmosférico.

Desarrollaremos nuestro trabajo mediante el Análisis Geoestadístico, el cual está basado en el hecho de que los datos esten correlacionados espacialmente, o sea, que un dato va a estar relacionado con otros datos cercanos, por lo que, a medida que nos alejamos del dato, esta dependencia va perdiendo fuerza. En ese mismo sentido, podemos decir, que la geoestadística, es una ciencia aplicada, la cual estudia las variables que se distribuyen espacialmente y toma muestras que son referencias del fenómeno objeto de estudio.

Según artículo publicado por (???) {garcía2009variabilidad, dice que los cambios climáticos anuales y de un periodo a otro se pueden atribuir tanto a la variabilidad natural del clima como al cambio ocasionado por las actividades antropogénicas, por lo que, es importante conocer las zonas de nuestro país que son vulnerables a esos cambios.

2 Metodología

-Utilizamos el entorno de programación estadística R y el entorno de desarrollo integrado RStudio para el progreso de nuestro proyecto.

-Clonamos desde el Github la carpeta de “mi proyecto”, la cual contiene los datos correspondientes para realizar los análisis espaciales.

-Los datos fueron suministrados por el profesor, el cual los obtuvo a través de la Oficina Nacional de Meteorología (ONAMET), que es el ente encargado de regular la investigación y producción de la información meteorológica en el país.

-Haciendo una evaluación de los datos proporcionados, decidimos trabajar con el año 1994, ya

que posee pocos datos perdidos, lo que a nuestro entender arrojaría buenos resultados.

-Realizamos una serie de cálculos previos, a efectuar la interpolación por Kriging ordinario, como es, el cálculo de los Variogramas Muestrales y de los Variogramas Modelos, para luego obtener un resultado respecto a los datos analizados.

-Los datos de las precipitaciones del año 1994, fueron extraídos de la siguiente tabla:

```
prep %>% st_drop_geometry()
```

##	Estación	a1979	a1980	a1981	a1982	a1983	a1984	a1985	
## 1	Barahona	1740.0	1053.6	1435.3	815.30	1183.00	584.1	997.80	
## 2	Bayaguana	2794.3	1761.5	2412.4	1758.60	1857.10	1645.6	1928.30	
## 3	Cabrera	2035.0	1276.8	NA	2136.90	1703.80	1888.7	1557.10	
## 4	Constanza	1652.1	1166.9	1343.3	921.20	828.40	NA	892.80	
## 5	Gaspar Hernández	NA	1443.8	2174.9	1844.10	1688.80	2208.8	1895.50	
## 6	Hondo Valle	1823.6	1778.2	2203.7	1709.90	1841.30	1796.6	1309.50	
## 7	Jimaní	1060.7	639.1	960.2	507.50	610.70	641.5	689.60	
## 8	La Unión	1781.5	1630.6	2304.4	1413.10	1288.40	1499.4	1157.10	
## 9	La Vega	1833.5	1304.3	1993.7	1483.20	1353.90	1550.1	1084.90	
## 10	Las Américas	1958.4	958.7	1513.4	787.40	975.50	954.9	1398.20	
## 11	Moca	1571.2	1169.8	1493.6	1426.30	975.40	1256.8	1183.60	
## 12	Monte Cristi	835.0	991.6	642.7	439.20	447.30	579.4	683.70	
## 13	Padre Las Casas	1345.0	845.4	743.0	567.90	627.30	824.6	598.90	
## 14	Polo	3054.2	1523.2	2124.8	1687.60	1320.20	1429.9	2227.30	
## 15	Punta Cana	1449.5	1078.2	1663.1	1224.00	920.70	1095.8	964.60	
## 16	Rancho Arriba	NA	453.8	1760.0	1376.35	1230.35	1583.1	1549.95	
## 17	Río San Juan	3621.0	1627.2	3004.5	2651.30	2300.90	2350.1	1993.50	
## 18	Sabana de la Mar	3621.0	1627.2	3004.5	2651.30	2300.90	2350.1	1993.50	
## 19	Salcedo	NA	NA	1546.9	1419.70	1195.10	1278.4	1266.10	
## 20	Samaná	3106.2	1859.4	2449.0	2515.00	2201.40	2362.9	1959.30	
## 21	San Cristóbal	2925.8	938.1	1184.9	1316.60	1234.30	1384.7	NA	
## 22	Santiago	1550.8	934.3	1326.9	950.60	913.60	1268.2	847.20	
## 23	Santiago Rodríguez	1407.0	1206.7	968.0	1024.40	1012.70	1189.3	1252.10	
## 24	Santo Domingo	2232.6	1257.8	1623.2	1278.70	1355.00	1331.5	1749.30	
## 25	Villa Vázquez	NA	1072.3	903.2	418.80	393.10	687.8	489.80	
##	a1986	a1987	a1988	a1989	a1990	a1991	a1992	a1993	a1994
## 1	1080.00	1423.90	704.7	1011.600	1075.20	983.1	1112.500	968.5	1622.40
## 2	2182.20	2273.50	1813.2	1730.600	1823.40	1850.3	1765.700	1606.2	1892.80
## 3	1597.00	2059.70	NA	1176.900	1183.40	957.6	NA	NA	NA
## 4	715.80	786.90	837.7	671.500	875.35	NA	858.600	858.6	900.70
## 5	2874.70	2360.80	1426.3	1214.200	1530.70	NA	1257.500	1345.3	1824.90
## 6	1589.70	1778.80	1766.5	1722.800	1596.10	1088.4	1731.000	1887.0	1772.00
## 7	802.40	648.90	521.0	680.700	880.00	311.6	809.200	472.9	840.20
## 8	1313.10	1786.50	1888.8	1222.800	1808.00	1250.4	1555.200	1484.8	1035.90
## 9	1767.10	1663.20	1934.9	1192.400	1664.40	1146.4	1565.600	1855.4	1455.70
## 10	1419.00	1866.40	1620.5	1151.700	NA	997.0	NA	NA	NA
## 11	1136.00	1257.00	1513.5	1034.900	1639.50	780.3	935.950	1158.4	1182.10
## 12	511.60	870.00	670.5	454.500	679.90	NA	420.400	466.8	650.05
## 13	816.80	873.30	764.0	683.200	785.40	523.0	734.300	763.8	750.40

## 14	703.20	2203.70	2050.9	1744.792	2077.10	NA	1929.635	NA	1646.90
## 15	1145.75	1297.70	1236.0	746.900	917.60	NA	1190.600	821.1	1119.70
## 16	1290.50	1639.60	2062.2	1494.300	1608.40	1217.6	1858.200	1651.9	1391.00
## 17	2529.40	2872.90	2670.0	2072.000	2261.20	NA	2429.200	2047.4	1879.70
## 18	2529.40	2872.90	2670.0	NA	2248.70	1890.7	2429.200	2034.9	1879.70
## 19	1386.20	1564.40	2001.3	1101.400	1462.80	941.0	1272.200	1095.3	1042.10
## 20	2880.90	2286.60	2613.5	2335.100	1861.50	NA	2087.200	2244.4	1793.00
## 21	NA	1481.90	1768.2	1420.600	1371.90	1286.6	1759.600	1772.3	1933.70
## 22	870.60	1424.70	1288.4	724.000	1104.40	496.5	1045.300	953.4	736.90
## 23	622.90	1269.25	1186.6	1003.100	1175.30	NA	1035.700	1463.7	978.30
## 24	1815.00	2003.10	2024.6	1613.600	1482.30	NA	1224.800	1478.4	1219.50
## 25	405.40	735.80	663.8	499.500	512.80	NA	508.300	677.0	955.90
##	a1995	a1996	a1997	a1998	a1999	a2000	a2001	a2002	a2003
## 1	956.00	965.65	662.60	684.60	662.70	600.0	600.00	997.6	942.60
## 2	1360.10	1867.70	1618.60	2156.60	1712.50	1868.5	1796.10	1658.0	2117.30
## 3	NA	NA	NA	NA	NA	1538.6	1852.90	946.9	1810.95
## 4	839.40	1167.30	525.10	1492.70	1077.80	951.3	787.10	959.2	1084.10
## 5	1665.45	2656.80	984.80	2147.90	1791.90	1716.9	2178.80	1093.4	2058.50
## 6	1288.30	1447.90	912.65	1813.90	1762.20	2285.9	1604.30	1477.4	1628.10
## 7	909.00	816.20	358.20	824.10	1037.00	833.9	488.40	510.1	656.70
## 8	877.70	1980.50	554.20	1744.10	1314.30	1148.5	1360.50	972.1	1802.00
## 9	1175.40	1772.50	1018.80	1549.60	1817.90	1368.6	1522.00	1200.7	2290.60
## 10	1017.50	1019.60	651.20	1218.60	1125.90	809.7	747.60	933.4	1083.60
## 11	1026.10	1345.70	646.20	1036.40	1270.00	852.4	1045.20	677.3	1734.60
## 12	NA	787.00	649.30	929.40	714.10	818.3	NA	581.6	1058.10
## 13	634.30	794.50	374.00	1084.80	696.70	431.0	543.70	569.2	771.10
## 14	1451.10	1688.90	1486.40	1641.50	1151.40	NA	1228.10	1602.5	1777.80
## 15	1029.10	1483.60	1072.30	1284.90	875.20	994.7	1106.50	943.4	1220.10
## 16	1361.10	2043.40	698.70	1988.20	1690.15	1364.8	1294.75	1477.3	1856.30
## 17	2394.70	2729.90	1752.30	3011.30	2669.10	1555.7	1913.60	1594.6	1894.60
## 18	2394.70	4108.40	1752.30	3011.30	2669.10	1555.7	1913.60	1594.6	1888.60
## 19	1218.00	NA	NA	1580.55	1875.50	1235.8	1735.30	1189.1	1401.30
## 20	2020.90	3299.90	1559.00	2550.30	2177.40	1316.5	2011.70	1815.3	2061.00
## 21	1849.20	1824.40	1108.10	1878.70	1193.80	1156.2	1085.30	1498.4	1695.60
## 22	652.80	992.20	398.00	NA	NA	744.0	764.20	528.2	1518.90
## 23	1188.30	1245.00	1033.60	1265.80	1392.20	925.4	1390.50	1157.3	1485.40
## 24	1620.50	1369.40	1271.30	1987.10	1529.50	1241.1	1261.10	1208.8	1561.80
## 25	820.40	787.00	649.30	929.40	714.10	818.3	776.20	581.6	1058.10
##	a2004	a2005	a2006	a2007	a2008	a2009	a2010	a2011	a2012
## 1	972.60	1274.600	1118.40	1531.30	1136.80	583.30	1036.3	1280.2	1726.3
## 2	1554.20	2102.800	2097.10	2137.60	1831.20	1607.90	1881.6	1849.9	2350.8
## 3	2053.30	1451.100	1957.90	NA	NA	NA	2411.4	1920.1	2821.3
## 4	985.90	1245.200	1162.20	1661.40	1072.90	902.80	1024.5	1008.2	1188.1
## 5	1906.80	2001.850	1992.00	3282.65	1866.30	2386.10	2639.2	1727.2	2524.0
## 6	1617.70	1554.650	1487.15	1487.15	1399.15	1461.90	2005.6	1309.0	1736.8
## 7	866.90	929.300	963.90	1084.00	751.10	694.90	807.1	879.5	1037.3
## 8	2550.10	2034.300	2106.60	2764.80	1536.30	1605.80	2255.6	1719.2	2484.3
## 9	1825.70	1245.200	1162.20	1661.40	1072.90	2867.40	1486.4	1434.1	2204.7

```

## 10 1338.90 1744.600 1141.70 1457.50 1718.40 1369.10 2422.4 1885.5 1658.7
## 11 1541.20 1916.600 1392.90 2429.80 1144.30 1342.30 1360.9 1291.5 1799.5
## 12 896.20 912.600 766.70 1027.70 560.50 525.10 1096.9 424.1 1351.4
## 13 691.35 914.500 636.15 636.15 659.10 782.00 684.9 868.6 1001.5
## 14 1646.90 2145.701 1734.00 2417.30 2129.60 1633.50 2373.4 2173.5 2726.4
## 15 1229.40 1125.200 1323.30 1356.10 1490.80 1292.60 1305.0 1577.6 1555.6
## 16 1831.90 1835.600 1521.80 2467.30 2112.10 1582.40 1683.2 1042.4 1918.3
## 17 2053.30 1451.100 2465.30 2763.50 2376.00 2350.50 2101.3 1325.9 1681.4
## 18 2053.30 2280.400 1788.80 2165.60 1688.00 2684.15 2695.0 2520.4 2599.0
## 19 2014.00 2135.700 1682.30 2363.20 1611.70 1627.60 1884.3 2100.3 1700.9
## 20 1891.20 2382.200 2135.70 1682.30 2363.20 1611.70 1627.6 1884.3 2100.3
## 21 1685.90 1641.700 1361.60 1689.00 1704.20 1613.70 1361.8 1417.4 1885.3
## 22 1394.70 1411.600 1209.90 1992.30 878.30 1170.90 1499.7 1353.1 1687.2
## 23 1104.40 1317.500 1528.10 1818.10 1021.80 1445.20 1421.1 1207.6 1434.7
## 24 1509.40 1505.900 1209.70 1916.00 2098.90 1559.20 1876.3 2118.8 1554.0
## 25 896.20 912.600 766.70 1209.10 721.60 866.30 869.2 654.5 962.8
##      a2013 a2014
## 1 576.2 845.9
## 2 2108.0 1505.6
## 3      NA 1975.6
## 4 1016.3 764.1
## 5 1448.2 1928.7
## 6 1390.2 908.9
## 7 292.9 502.0
## 8 1299.2 1741.5
## 9 1227.0 1812.5
## 10 1039.6 909.4
## 11 1384.2 1094.2
## 12 425.7 603.7
## 13 938.5 872.3
## 14 2058.5 1798.4
## 15 1027.1 876.8
## 16 868.8 1410.3
## 17 890.1 1251.2
## 18 2197.6 1499.0
## 19 1877.1 1723.4
## 20 1700.9 1931.3
## 21 1188.4 1352.8
## 22 1139.4 991.0
## 23 1096.4 1287.4
## 24 1262.9 1242.8
## 25 587.0 1040.0

```

3 Resultados

En el análisis realizado de los datos de precipitación, podemos visualizar mediante el variograma que los mismos tienen un incremento gradual de la semivarianza hasta que se alcanza la

meseta en el rango, por lo que, la semivarianza inicia en cero o cercana a éste. Por ende, existe autocorrelación espacial.

En el histograma visualiza que los datos están sesgado hacia la derecha con relación a su distribución. En ese mismo orden, podemos resaltar que en el país tenemos 25 observatorios, de los cuales para ese año sólo 2 tienen datos no encontrados.

El mapa generado nos muestra que el valor de la precipitación para ese año oscila entre 700-1000, notándose que las provincias donde tuvieron una precipitación mayor durante ese período fueron las que poseen el color azul mas intenso, algunas de ellas son: Sánchez Ramírez, Espaillat, Monte Plata, Distrito Nacional, Hato Mayor y San Pedro de Macoris, y las que poseen un color azul menos intenso, indican que la precipitación fue menor, pudiendo mencionar dentro de esta a Monte Cristi, Santiago, Azua y Pedernales, entre otras.

```
#ESTADÍSTICOS BÁSICOS PARA EL AÑO 1994.
```

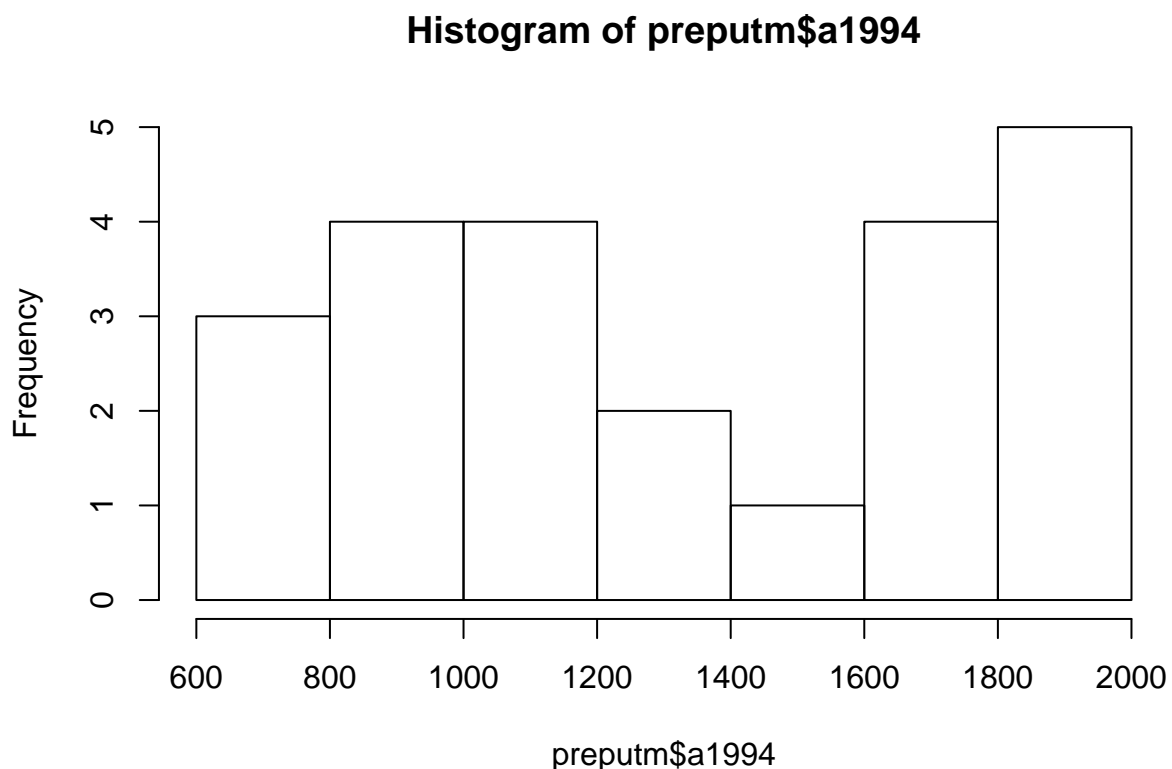
```
nrow(preputm)
```

```
## [1] 25
```

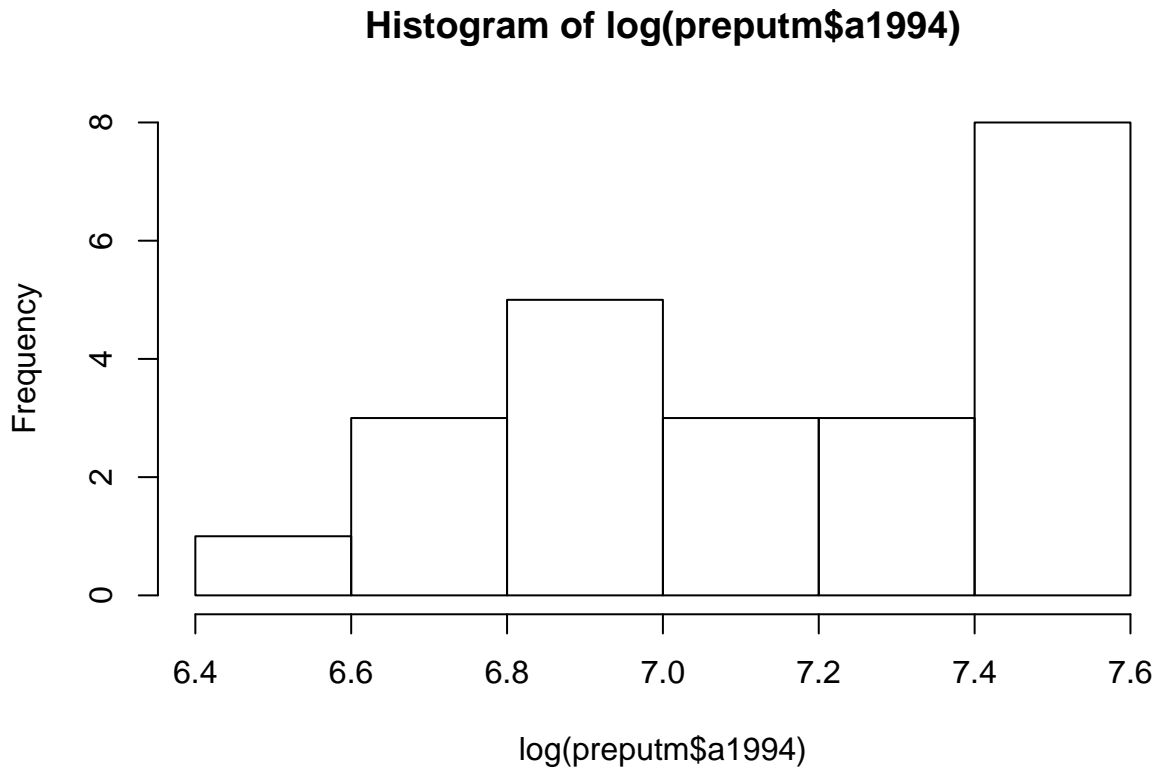
```
summary(preputm$a1994)
```

```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.     NA's  
##    650.0   967.1  1219.5  1326.2  1782.5  1933.7         2
```

```
hist(preputm$a1994)
```



```
hist(log(preputm$a1994))
```



```
shapiro.test(preputm$a1994)
```

```
##  
##  Shapiro-Wilk normality test  
##  
## data:  preputm$a1994  
## W = 0.9062, p-value = 0.03399
```

```
shapiro.test(log(preputm$a1994))
```

```
##  
##  Shapiro-Wilk normality test  
##  
## data:  log(preputm$a1994)  
## W = 0.91635, p-value = 0.05567
```

4 Discusión o Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos para el año 1994, concluimos que los datos visualizados a través de los variogramas muestrales generados del ajuste del variograma modelo, indican que tienen un incremento gradual hasta alcanzar el rango, por lo que podemos concluir que nuestros datos arrojan un 95% de confianza, ya que $p\text{-valor} > 0.05$.

Se llevó a cabo la realización del Análisis Geoestadístico, con el objetivo principal de emplear la técnica Kriging Ordinario, para así poder obtener una predicción de los valores desconocidos de la precipitación correspondiente al año 1994, con la finalidad de poder identificar las provincias que son vulnerables a los fenómenos atmosféricos. En aras, de que el país pueda establecer las medidas necesarias ante un evento inesperado.

5 Script reproducible

```
library(sf)
library(tidyverse)
library(spdep)
library(lmtest)
library(tmap)
library(RColorBrewer)
library(ggplot2)
library(gstat)
library(stars)

#Cargamos los datos correspondientes a las provincias y los observatorios
rutaprep <- 'data/onamet_prec_anual_sf.gpkg'
rutadiv <- 'data/divisionRD.gpkg'
st_layers(rutaprep)
```

```
## Driver: GPKG
## Available layers:
##           layer_name geometry_type features fields
## 1 onamet_prec_anual_sf          Point          25      37
```

```
prep <- st_read(rutaprep)
```

```
## Reading layer 'onamet_prec_anual_sf' from data source '/home/wilne/unidad-0-asignacion-99-mi-
## Simple feature collection with 25 features and 37 fields
## geometry type:  POINT
## dimension:      XY
## bbox:           xmin: -71.7 ymin: 18.067 xmax: -68.367 ymax: 19.85
## epsg (SRID):    4326
## proj4string:     +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs
```

```
prep
```

```
## Simple feature collection with 25 features and 37 fields
## geometry type:  POINT
## dimension:      XY
## bbox:           xmin: -71.7 ymin: 18.067 xmax: -68.367 ymax: 19.85
## epsg (SRID):    4326
```

```

## proj4string:      +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs
## First 10 features:
##           Estación a1979 a1980 a1981 a1982 a1983 a1984 a1985
## 1          Barahona 1740.0 1053.6 1435.3 815.3 1183.0 584.1 997.8
## 2          Bayaguana 2794.3 1761.5 2412.4 1758.6 1857.1 1645.6 1928.3
## 3          Cabrera 2035.0 1276.8      NA 2136.9 1703.8 1888.7 1557.1
## 4          Constanza 1652.1 1166.9 1343.3 921.2 828.4      NA 892.8
## 5 Gaspar Hernández      NA 1443.8 2174.9 1844.1 1688.8 2208.8 1895.5
## 6          Hondo Valle 1823.6 1778.2 2203.7 1709.9 1841.3 1796.6 1309.5
## 7          Jimaní 1060.7 639.1 960.2 507.5 610.7 641.5 689.6
## 8          La Unión 1781.5 1630.6 2304.4 1413.1 1288.4 1499.4 1157.1
## 9          La Vega 1833.5 1304.3 1993.7 1483.2 1353.9 1550.1 1084.9
## 10         Las Américas 1958.4 958.7 1513.4 787.4 975.5 954.9 1398.2
##           a1986 a1987 a1988 a1989 a1990 a1991 a1992 a1993 a1994 a1995
## 1 1080.0 1423.9 704.7 1011.6 1075.20 983.1 1112.5 968.5 1622.4 956.00
## 2 2182.2 2273.5 1813.2 1730.6 1823.40 1850.3 1765.7 1606.2 1892.8 1360.10
## 3 1597.0 2059.7      NA 1176.9 1183.40 957.6      NA      NA      NA      NA
## 4 715.8 786.9 837.7 671.5 875.35      NA 858.6 858.6 900.7 839.40
## 5 2874.7 2360.8 1426.3 1214.2 1530.70      NA 1257.5 1345.3 1824.9 1665.45
## 6 1589.7 1778.8 1766.5 1722.8 1596.10 1088.4 1731.0 1887.0 1772.0 1288.30
## 7 802.4 648.9 521.0 680.7 880.00 311.6 809.2 472.9 840.2 909.00
## 8 1313.1 1786.5 1888.8 1222.8 1808.00 1250.4 1555.2 1484.8 1035.9 877.70
## 9 1767.1 1663.2 1934.9 1192.4 1664.40 1146.4 1565.6 1855.4 1455.7 1175.40
## 10 1419.0 1866.4 1620.5 1151.7      NA 997.0      NA      NA      NA 1017.50
##           a1996 a1997 a1998 a1999 a2000 a2001 a2002 a2003 a2004
## 1 965.65 662.60 684.6 662.7 600.0 600.0 997.6 942.60 972.6
## 2 1867.70 1618.60 2156.6 1712.5 1868.5 1796.1 1658.0 2117.30 1554.2
## 3      NA      NA      NA      NA 1538.6 1852.9 946.9 1810.95 2053.3
## 4 1167.30 525.10 1492.7 1077.8 951.3 787.1 959.2 1084.10 985.9
## 5 2656.80 984.80 2147.9 1791.9 1716.9 2178.8 1093.4 2058.50 1906.8
## 6 1447.90 912.65 1813.9 1762.2 2285.9 1604.3 1477.4 1628.10 1617.7
## 7 816.20 358.20 824.1 1037.0 833.9 488.4 510.1 656.70 866.9
## 8 1980.50 554.20 1744.1 1314.3 1148.5 1360.5 972.1 1802.00 2550.1
## 9 1772.50 1018.80 1549.6 1817.9 1368.6 1522.0 1200.7 2290.60 1825.7
## 10 1019.60 651.20 1218.6 1125.9 809.7 747.6 933.4 1083.60 1338.9
##           a2005 a2006 a2007 a2008 a2009 a2010 a2011 a2012 a2013
## 1 1274.60 1118.40 1531.30 1136.80 583.3 1036.3 1280.2 1726.3 576.2
## 2 2102.80 2097.10 2137.60 1831.20 1607.9 1881.6 1849.9 2350.8 2108.0
## 3 1451.10 1957.90      NA      NA      NA 2411.4 1920.1 2821.3      NA
## 4 1245.20 1162.20 1661.40 1072.90 902.8 1024.5 1008.2 1188.1 1016.3
## 5 2001.85 1992.00 3282.65 1866.30 2386.1 2639.2 1727.2 2524.0 1448.2
## 6 1554.65 1487.15 1487.15 1399.15 1461.9 2005.6 1309.0 1736.8 1390.2
## 7 929.30 963.90 1084.00 751.10 694.9 807.1 879.5 1037.3 292.9
## 8 2034.30 2106.60 2764.80 1536.30 1605.8 2255.6 1719.2 2484.3 1299.2
## 9 1245.20 1162.20 1661.40 1072.90 2867.4 1486.4 1434.1 2204.7 1227.0
## 10 1744.60 1141.70 1457.50 1718.40 1369.1 2422.4 1885.5 1658.7 1039.6
##           a2014 geom
## 1 845.9 POINT (-71.1 18.2)

```



```
## 2 1505.6 POINT (-69.63333 18.75)
## 3 1975.6 POINT (-69.9 19.633)
## 4 764.1 POINT (-70.7 18.9)
## 5 1928.7 POINT (-70.3 19.617)
## 6 908.9 POINT (-71.7 18.717)
## 7 502.0 POINT (-71.633 18.483)
## 8 1741.5 POINT (-70.55 19.75)
## 9 1812.5 POINT (-70.533 19.217)
## 10 909.4 POINT (-69.667 18.433)
```

```
st_layers(rutadiv)
```

```
## Driver: GPKG
## Available layers:
##      layer_name geometry_type features fields
## 1 PROVCenso2010 Polygon      32      4
## 2 MUNCenso2010 Polygon     155      5
## 3 REGCenso2010 Polygon      10      2
```

```
prov <- st_read(rutadiv, layer = 'PROVCenso2010')
```

```
## Reading layer 'PROVCenso2010' from data source '/home/wilne/unidad-0-asignacion-99-mi-proyecto'
## Simple feature collection with 32 features and 4 fields
## geometry type: MULTIPOLYGON
## dimension: XY
## bbox: xmin: 182215.8 ymin: 1933532 xmax: 571365.3 ymax: 2205216
## epsg (SRID): 32619
## proj4string: +proj=utm +zone=19 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
```

```
prov
```

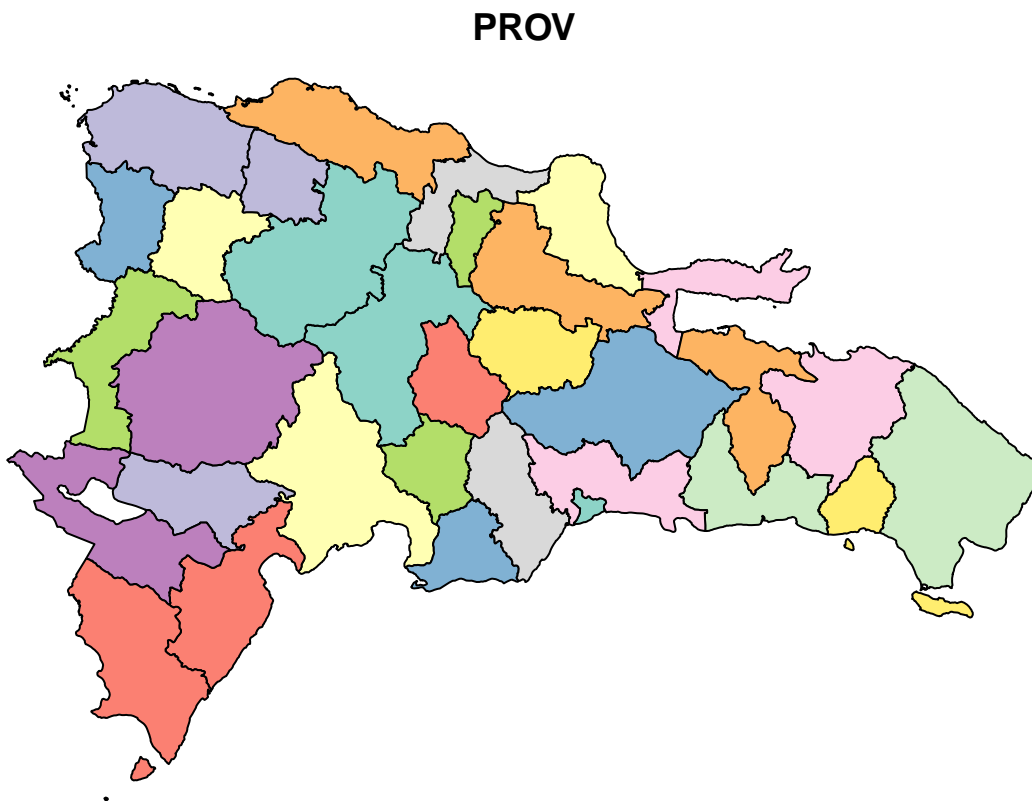
```
## Simple feature collection with 32 features and 4 fields
## geometry type: MULTIPOLYGON
## dimension: XY
## bbox: xmin: 182215.8 ymin: 1933532 xmax: 571365.3 ymax: 2205216
## epsg (SRID): 32619
## proj4string: +proj=utm +zone=19 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
## First 10 features:
##      PROV REG      TOPONIMIA ENLACE geom
## 1 01 10 DISTRITO NACIONAL 1001 MULTIPOLYGON (((406845.9 20...
## 2 02 05 AZUA 0502 MULTIPOLYGON (((322129.5 20...
## 3 03 06 BAORUCO 0603 MULTIPOLYGON (((271940 2060...
## 4 04 06 BARAHONA 0604 MULTIPOLYGON (((291856.5 20...
## 5 05 04 DAJABÓN 0405 MULTIPOLYGON (((245433.3 21...
## 6 06 03 DUARTE 0306 MULTIPOLYGON (((374434.8 21...
## 7 07 07 ELÍAS PIÑA 0707 MULTIPOLYGON (((235630.8 21...
## 8 08 08 EL SEIBO 0808 MULTIPOLYGON (((523436.4 20...
```

```
## 9      09 01      ESPAILLAT  0109 MULTIPOLYGON (((385993.5 21...
## 10     10 06     INDEPENDENCIA  0610 MULTIPOLYGON (((205698.2 20...
```

```
prov <- st_read(dsn = 'data/divisionRD.gpkg', layer = 'PROVCenso2010')
```

```
## Reading layer 'PROVCenso2010' from data source '/home/wilne/unidad-0-asignacion-99-mi-proyect
## Simple feature collection with 32 features and 4 fields
## geometry type:  MULTIPOLYGON
## dimension:      XY
## bbox:           xmin: 182215.8 ymin: 1933532 xmax: 571365.3 ymax: 2205216
## epsg (SRID):    32619
## proj4string:     +proj=utm +zone=19 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
```

```
plot(prov['PROV'])
```



```
st_crs(prepare)
```

```
## Coordinate Reference System:
##   EPSG: 4326
##   proj4string: "+proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs"
```

```
crsdestino <- 32619
preputm <- prepare %>% st_transform(crs = crsdestino)
preputm
```

```

## Simple feature collection with 25 features and 37 fields
## geometry type: POINT
## dimension: XY
## bbox: xmin: 215264.1 ymin: 1999092 xmax: 566794.7 ymax: 2197035
## epsg (SRID): 32619
## proj4string: +proj=utm +zone=19 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
## First 10 features:
##      Estación a1979 a1980 a1981 a1982 a1983 a1984 a1985
## 1 Barahona 1740.0 1053.6 1435.3 815.3 1183.0 584.1 997.8
## 2 Bayaguana 2794.3 1761.5 2412.4 1758.6 1857.1 1645.6 1928.3
## 3 Cabrera 2035.0 1276.8 NA 2136.9 1703.8 1888.7 1557.1
## 4 Constanza 1652.1 1166.9 1343.3 921.2 828.4 NA 892.8
## 5 Gaspar Hernández NA 1443.8 2174.9 1844.1 1688.8 2208.8 1895.5
## 6 Hondo Valle 1823.6 1778.2 2203.7 1709.9 1841.3 1796.6 1309.5
## 7 Jimaní 1060.7 639.1 960.2 507.5 610.7 641.5 689.6
## 8 La Unión 1781.5 1630.6 2304.4 1413.1 1288.4 1499.4 1157.1
## 9 La Vega 1833.5 1304.3 1993.7 1483.2 1353.9 1550.1 1084.9
## 10 Las Américas 1958.4 958.7 1513.4 787.4 975.5 954.9 1398.2
##      a1986 a1987 a1988 a1989 a1990 a1991 a1992 a1993 a1994 a1995
## 1 1080.0 1423.9 704.7 1011.6 1075.20 983.1 1112.5 968.5 1622.4 956.00
## 2 2182.2 2273.5 1813.2 1730.6 1823.40 1850.3 1765.7 1606.2 1892.8 1360.10
## 3 1597.0 2059.7 NA 1176.9 1183.40 957.6 NA NA NA NA
## 4 715.8 786.9 837.7 671.5 875.35 NA 858.6 858.6 900.7 839.40
## 5 2874.7 2360.8 1426.3 1214.2 1530.70 NA 1257.5 1345.3 1824.9 1665.45
## 6 1589.7 1778.8 1766.5 1722.8 1596.10 1088.4 1731.0 1887.0 1772.0 1288.30
## 7 802.4 648.9 521.0 680.7 880.00 311.6 809.2 472.9 840.2 909.00
## 8 1313.1 1786.5 1888.8 1222.8 1808.00 1250.4 1555.2 1484.8 1035.9 877.70
## 9 1767.1 1663.2 1934.9 1192.4 1664.40 1146.4 1565.6 1855.4 1455.7 1175.40
## 10 1419.0 1866.4 1620.5 1151.7 NA 997.0 NA NA NA 1017.50
##      a1996 a1997 a1998 a1999 a2000 a2001 a2002 a2003 a2004
## 1 965.65 662.60 684.6 662.7 600.0 600.0 997.6 942.60 972.6
## 2 1867.70 1618.60 2156.6 1712.5 1868.5 1796.1 1658.0 2117.30 1554.2
## 3 NA NA NA NA 1538.6 1852.9 946.9 1810.95 2053.3
## 4 1167.30 525.10 1492.7 1077.8 951.3 787.1 959.2 1084.10 985.9
## 5 2656.80 984.80 2147.9 1791.9 1716.9 2178.8 1093.4 2058.50 1906.8
## 6 1447.90 912.65 1813.9 1762.2 2285.9 1604.3 1477.4 1628.10 1617.7
## 7 816.20 358.20 824.1 1037.0 833.9 488.4 510.1 656.70 866.9
## 8 1980.50 554.20 1744.1 1314.3 1148.5 1360.5 972.1 1802.00 2550.1
## 9 1772.50 1018.80 1549.6 1817.9 1368.6 1522.0 1200.7 2290.60 1825.7
## 10 1019.60 651.20 1218.6 1125.9 809.7 747.6 933.4 1083.60 1338.9
##      a2005 a2006 a2007 a2008 a2009 a2010 a2011 a2012 a2013
## 1 1274.60 1118.40 1531.30 1136.80 583.3 1036.3 1280.2 1726.3 576.2
## 2 2102.80 2097.10 2137.60 1831.20 1607.9 1881.6 1849.9 2350.8 2108.0
## 3 1451.10 1957.90 NA NA NA 2411.4 1920.1 2821.3 NA
## 4 1245.20 1162.20 1661.40 1072.90 902.8 1024.5 1008.2 1188.1 1016.3
## 5 2001.85 1992.00 3282.65 1866.30 2386.1 2639.2 1727.2 2524.0 1448.2
## 6 1554.65 1487.15 1487.15 1399.15 1461.9 2005.6 1309.0 1736.8 1390.2
## 7 929.30 963.90 1084.00 751.10 694.9 807.1 879.5 1037.3 292.9

```

```
## 8 2034.30 2106.60 2764.80 1536.30 1605.8 2255.6 1719.2 2484.3 1299.2
## 9 1245.20 1162.20 1661.40 1072.90 2867.4 1486.4 1434.1 2204.7 1227.0
## 10 1744.60 1141.70 1457.50 1718.40 1369.1 2422.4 1885.5 1658.7 1039.6
##      a2014                      geom
## 1   845.9 POINT (277900.2 2013585)
## 2  1505.6 POINT (433242.1 2073284)
## 3   1975.6 POINT (405636 2171119)
## 4    764.1 POINT (320947.7 2090623)
## 5  1928.7 POINT (363678.2 2169619)
## 6    908.9 POINT (215264.1 2071669)
## 7    502.0 POINT (221953.7 2045651)
## 8  1741.5 POINT (337592.1 2184559)
## 9  1812.5 POINT (338847.1 2125548)
## 10   909.4 POINT (429562.7 2038222)
```

```
#Estadísticos Básicos del año 1994.
```

```
nrow(preputm)
```

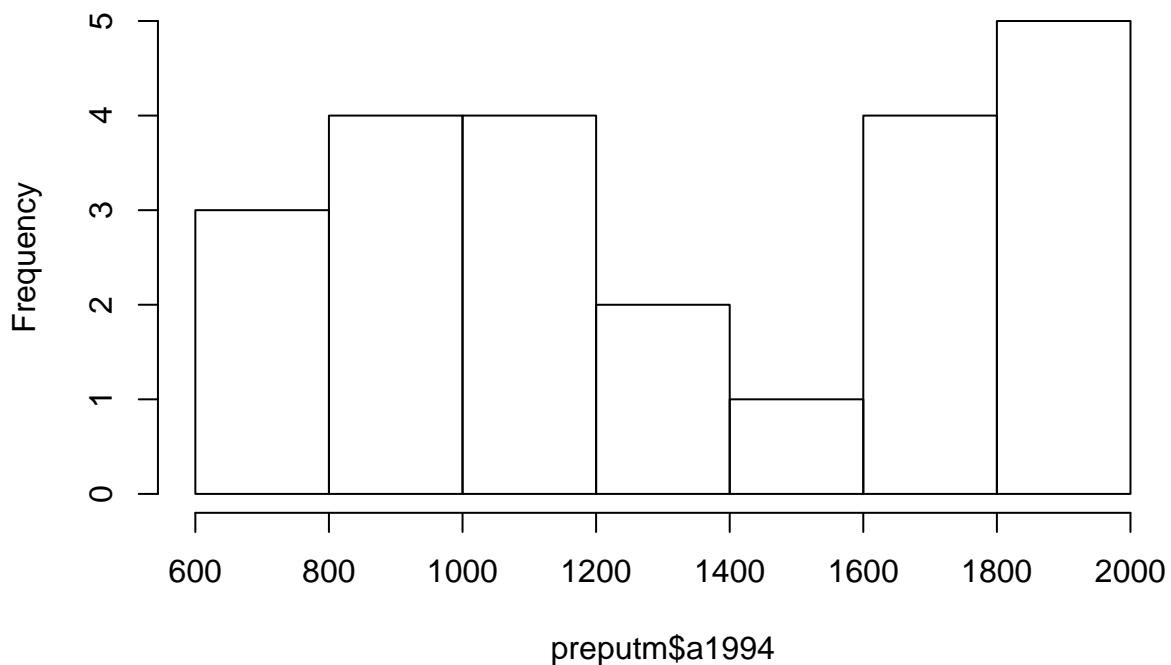
```
## [1] 25
```

```
summary(preputm$a1994)
```

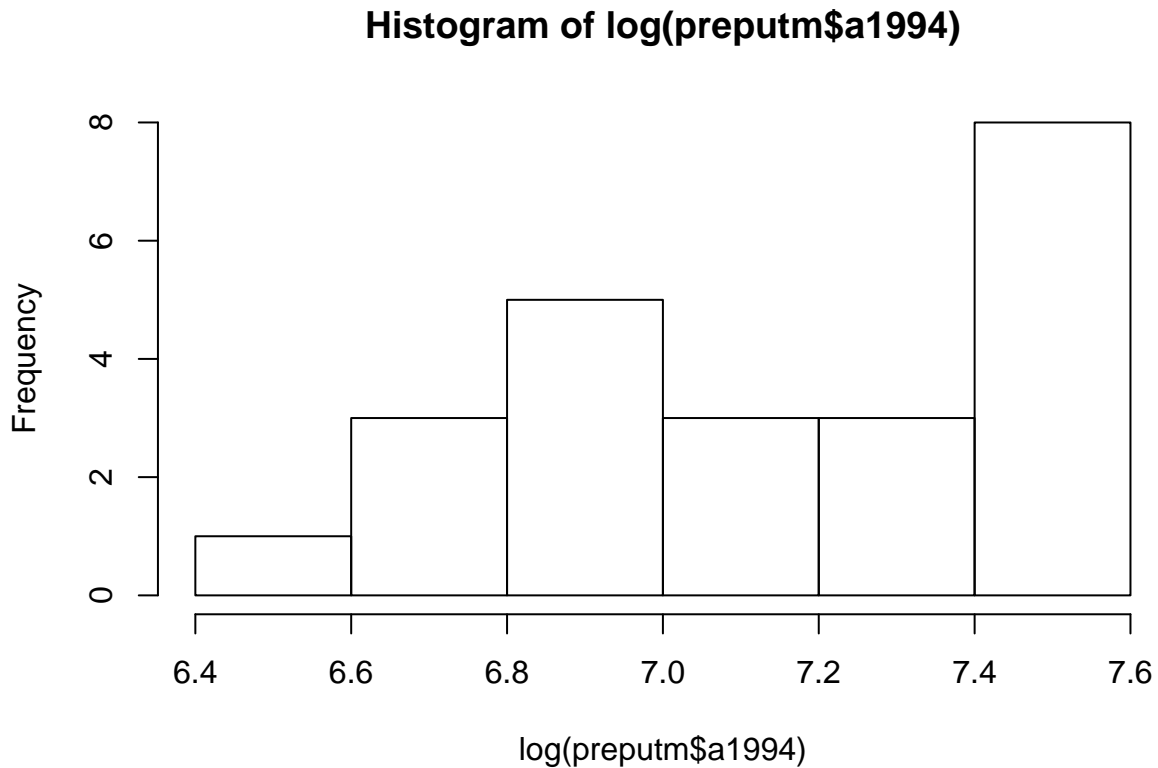
```
##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.     NA's
##      650.0   967.1  1219.5   1326.2   1782.5   1933.7         2
```

```
hist(preputm$a1994)
```

Histogram of preputm\$a1994



```
hist(log(preputm$a1994))
```



```
shapiro.test(preputm$a1994)
```

```
##  
## Shapiro-Wilk normality test  
##  
## data: preputm$a1994  
## W = 0.9062, p-value = 0.03399
```

```
shapiro.test(log(preputm$a1994))
```

```
##  
## Shapiro-Wilk normality test  
##  
## data: log(preputm$a1994)  
## W = 0.91635, p-value = 0.05567
```

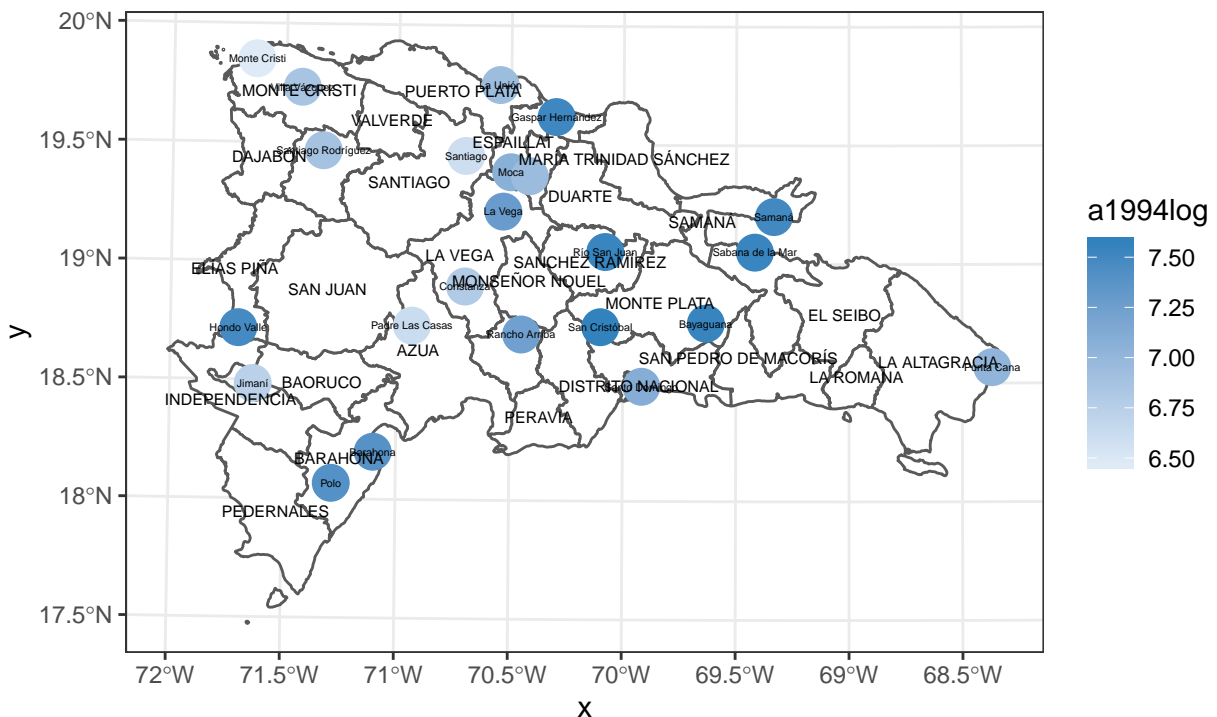
```
prep1994 <- na.omit(preputm[,c('Estación', 'a1994')])  
prep1994$a1994log <- log(preputm$a1994log)  
prep1994
```

```
## Simple feature collection with 23 features and 3 fields  
## geometry type: POINT
```

```
## dimension:      XY
## bbox:           xmin: 215264.1 ymin: 1999092 xmax: 566794.7 ymax: 2197035
## epsg (SRID):    32619
## proj4string:     +proj=utm +zone=19 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
## First 10 features:
##           Estación  a1994          geom a1994log
## 1           Barahona 1622.40 POINT (277900.2 2013585) 7.391662
## 2           Bayaguana 1892.80 POINT (433242.1 2073284) 7.545812
## 4           Constanza 900.70 POINT (320947.7 2090623) 6.803172
## 5 Gaspar Hernández 1824.90 POINT (363678.2 2169619) 7.509280
## 6           Hondo Valle 1772.00 POINT (215264.1 2071669) 7.479864
## 7           Jimaní 840.20 POINT (221953.7 2045651) 6.733640
## 8           La Unión 1035.90 POINT (337592.1 2184559) 6.943026
## 9           La Vega 1455.70 POINT (338847.1 2125548) 7.283242
## 11          Moca 1182.10 POINT (342475.8 2143891) 7.075048
## 12         Monte Cristi 650.05 POINT (224239.3 2197035) 6.477049
```

#Ilustración de los Observatorios correspondiente a la precipitación

```
ggplot() +
  geom_sf(data = prov, fill = 'white') +
  geom_sf(data = prep1994, aes(col = a1994log), size = 6) +
  scale_colour_gradient(low="#deebf7", high="#3182bd") +
  geom_sf_text(data = prov, aes(label=TOPONIMIA), check_overlap = T, size = 2) +
  geom_sf_text(data = prep1994, aes(label=Estación), check_overlap = T, size = 1.5) +
  theme_bw()
```

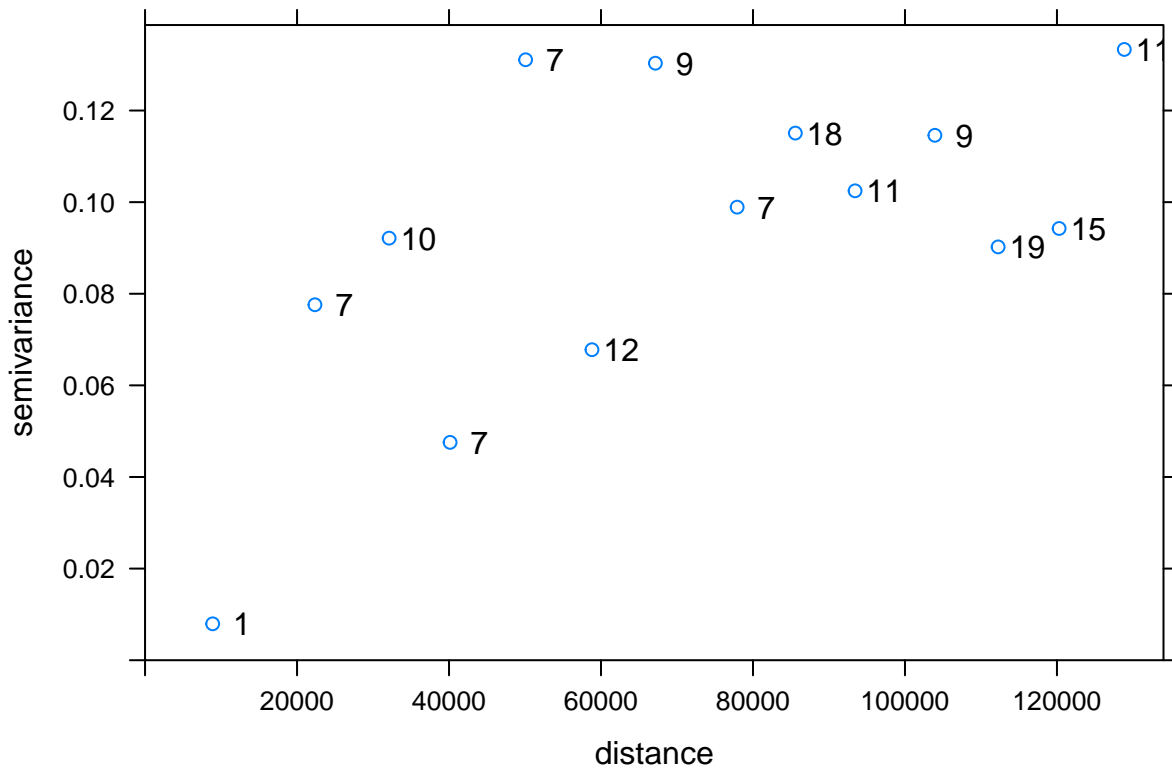


```
#Variograma Muestral
```

```
v1994 <- variogram(a1994log~1, prep1994)  
v1994
```

##	np	dist	gamma	dir.hor	dir.ver	id
## 1	1	8896.559	0.007944882	0	0	var1
## 2	7	22355.182	0.077600672	0	0	var1
## 3	10	32118.137	0.092137842	0	0	var1
## 4	7	40140.925	0.047553298	0	0	var1
## 5	7	50078.452	0.131083955	0	0	var1
## 6	12	58814.056	0.067784634	0	0	var1
## 7	9	67157.152	0.130336228	0	0	var1
## 8	7	77916.592	0.098909157	0	0	var1
## 9	18	85575.296	0.115075028	0	0	var1
## 10	11	93434.242	0.102473601	0	0	var1
## 11	9	103937.517	0.114591447	0	0	var1
## 12	19	112257.676	0.090228623	0	0	var1
## 13	15	120286.239	0.094253570	0	0	var1
## 14	11	128864.926	0.133333296	0	0	var1

```
plot(v1994, plot.numbers = T)
```

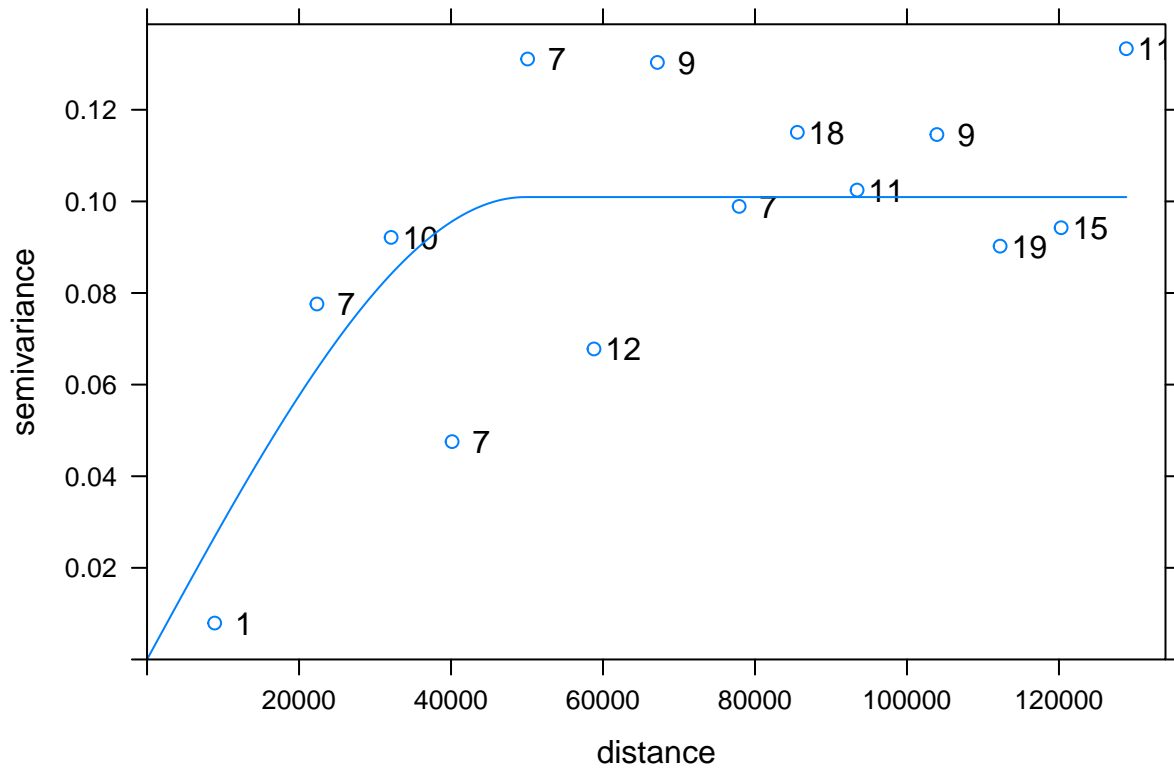


```
#Generamos varios variogramas con la finalidad de elegir el que utilizaremos en la interpolación
```

```
v1994_m <- fit.variogram(v1994, vgm(model = "Sph", range = 50000))  
v1994_m
```

```
##    model    psill    range
## 1    Sph 0.1009413 49767.72
```

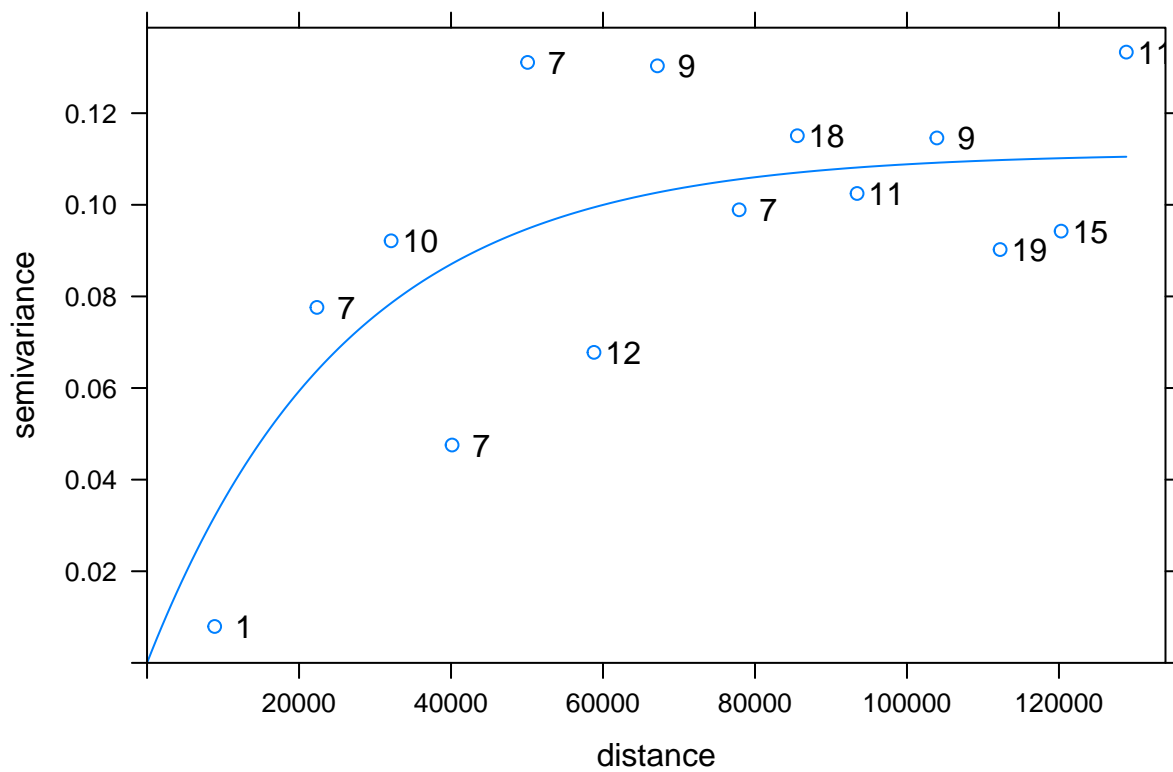
```
plot(v1994, v1994_m, plot.numbers = T)
```



```
v1994_m2 <- fit.variogram(v1994, vgm(model = "Exp", range = 50000))
v1994_m2
```

```
##    model    psill    range
## 1    Exp 0.1113154 26274.06
```

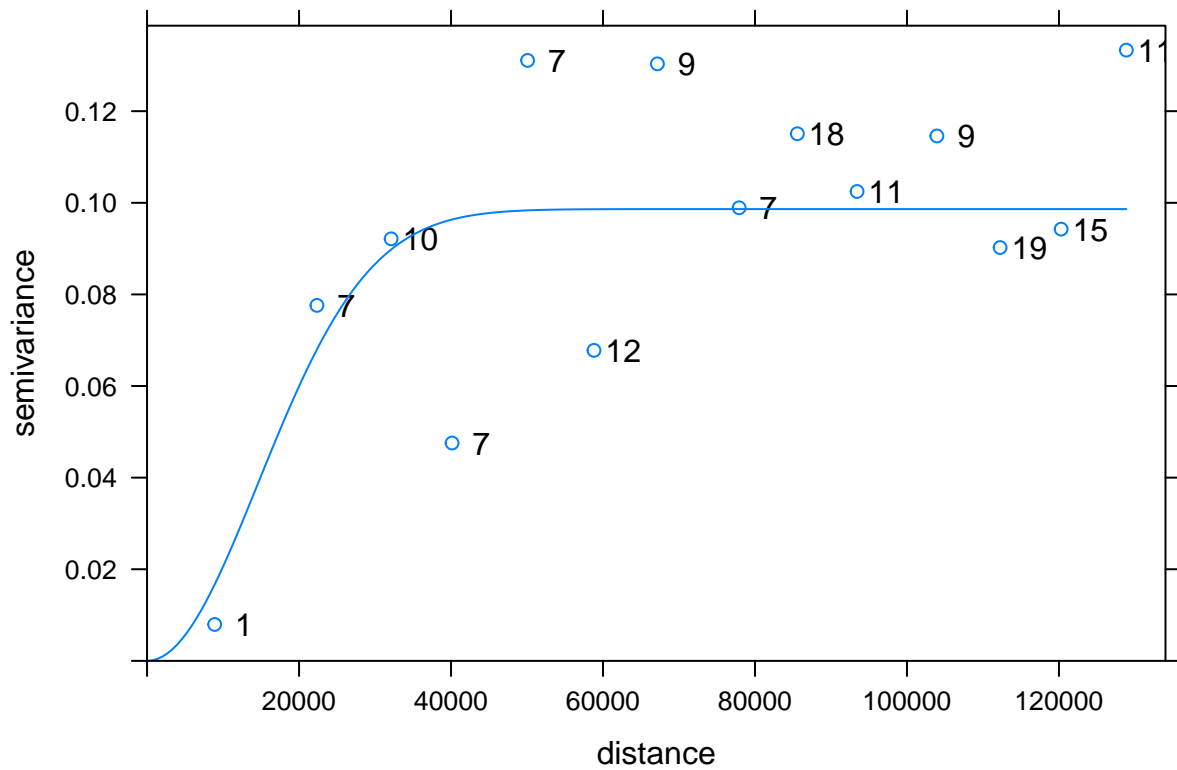
```
plot(v1994, v1994_m2, plot.numbers = T)
```

```
v1994_m3 <- fit.variogram(v1994, vgm(model = "Gau", range = 50000))
v1994_m3
```

```
##  model      psill   range
##  1    Gau 0.09862521 20674.73
```

```
plot(v1994, v1994_m3, plot.numbers = T)
```



```
attr(v1994_m, 'SSErr')
```

```
## [1] 2.759794e-11
```

```
attr(v1994_m2, 'SSErr')
```

```
## [1] 2.872536e-11
```

```
attr(v1994_m3, 'SSErr')#Elegimos este
```

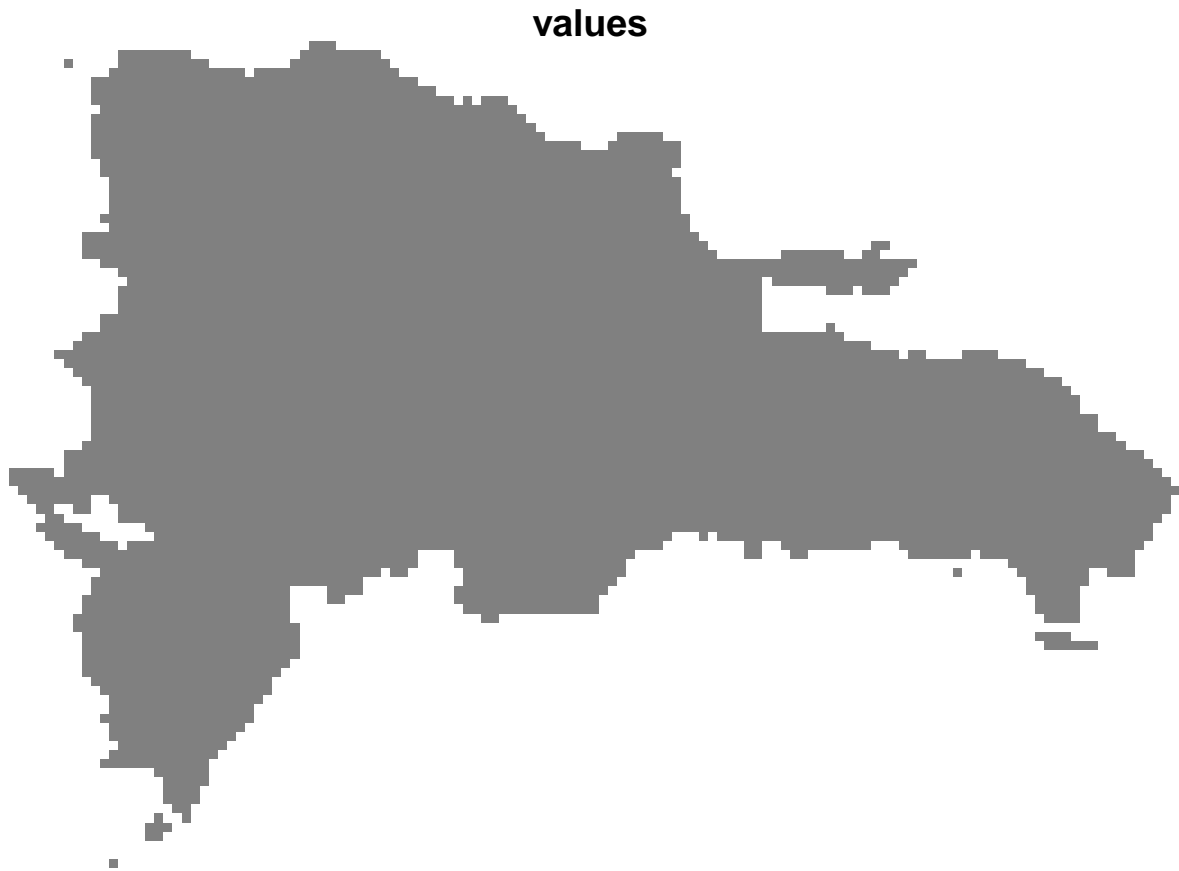
```
## [1] 2.27658e-11
```

```
grd <- st_bbox(prov) %>%
  st_as_stars(dx = 3000) %>% # 3000 metros=3km de resolución espacial
  st_set_crs(crsdestino) %>%
  st_crop(prov)
grd
```

```
## stars object with 2 dimensions and 1 attribute
## attribute(s):
##   values
##   Min.   :0
##   1st Qu.:0
##   Median :0
```

```
## Mean      :0
## 3rd Qu.:0
## Max.      :0
## NA's      :6501
## dimension(s):
##   from to offset delta          refsys point values
## x    1 130 182216 3000 +proj=utm +zone=19 +datum...  NA  NULL [x]
## y    1  91 2205216 -3000 +proj=utm +zone=19 +datum...  NA  NULL [y]
```

```
plot(grd)
```



#Generamos una cuadrícula para RD y sobre ella realizamos el Kriging ordinario.

```
k <- krige(formula = a1994log~1, locations = prep1994, newdata = grd, model = v1994_m3)
```

```
## [using ordinary kriging]
```

```
k
```

```
## stars object with 2 dimensions and 2 attributes
```

```
## attribute(s):
```

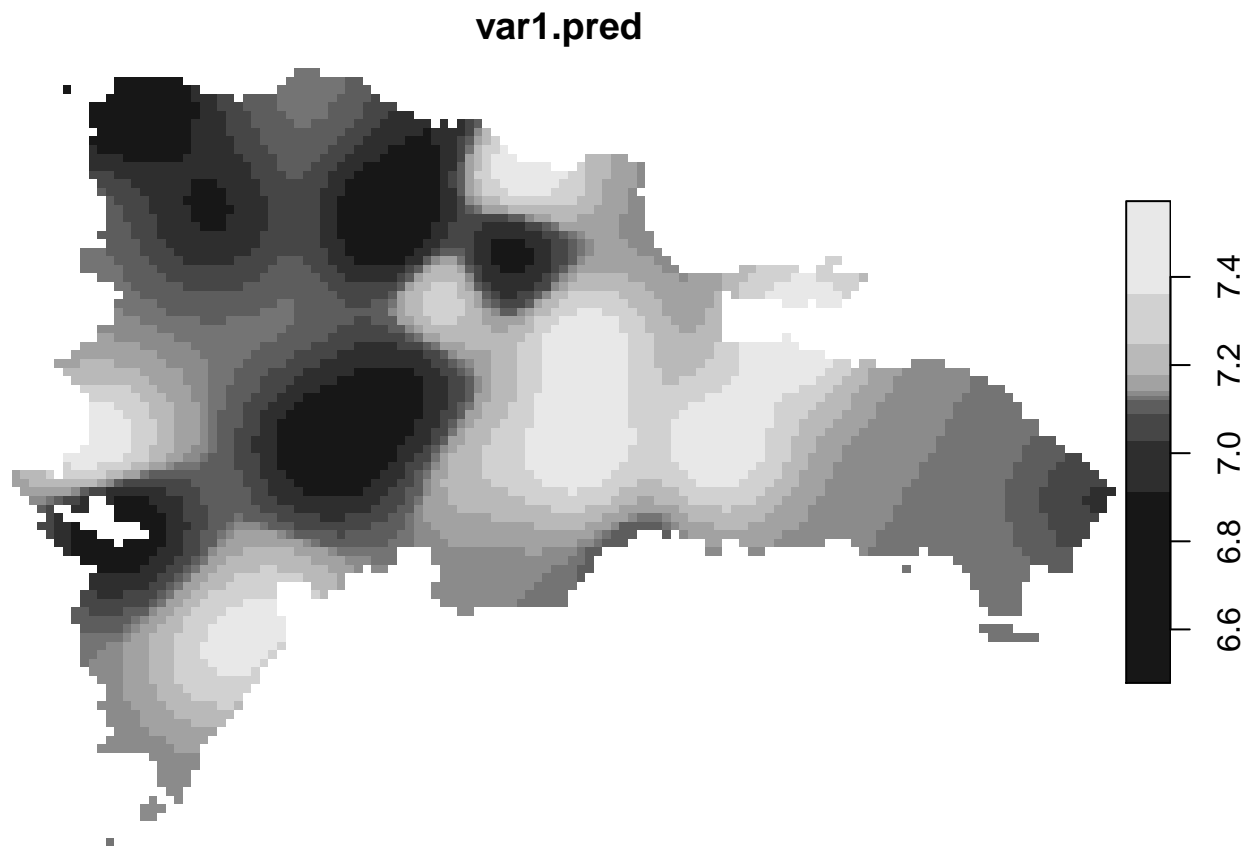
```
##   var1.pred      var1.var
```

```
## Min.      :6.479   Min.      :0.000
```

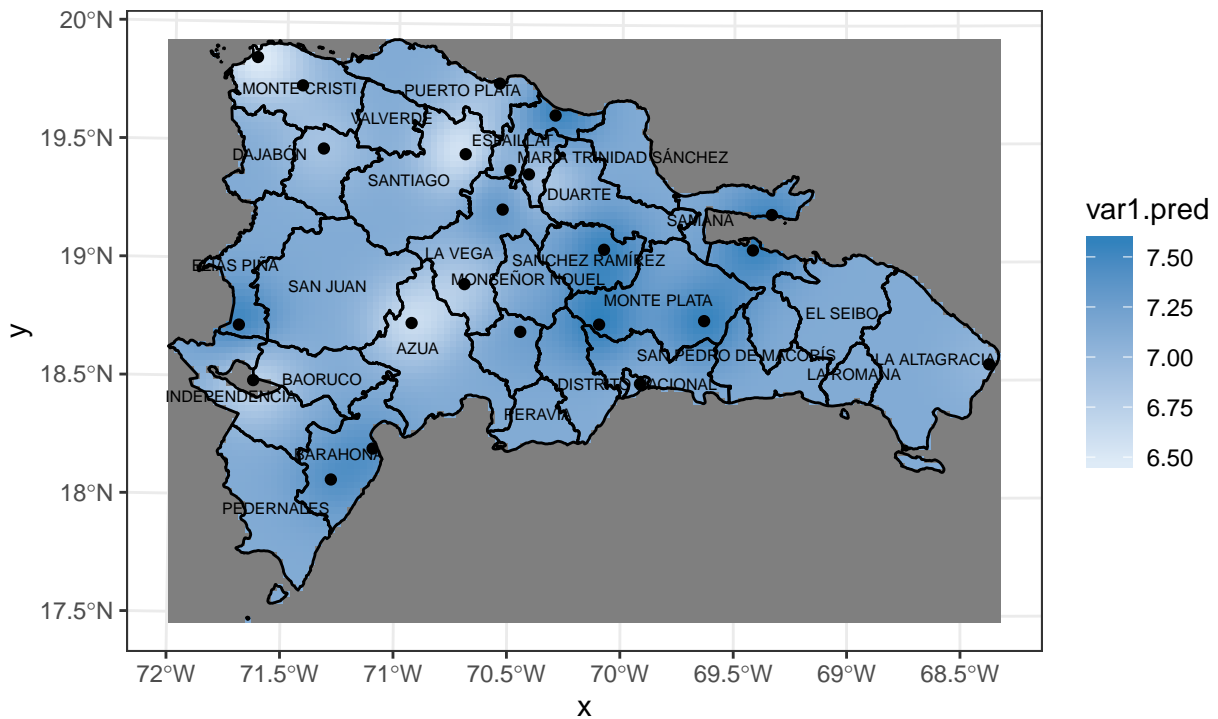
```
## 1st Qu.:7.064   1st Qu.:0.057
```

```
## Median :7.130   Median :0.092
## Mean   :7.131   Mean    :0.077
## 3rd Qu.:7.209   3rd Qu.:0.103
## Max.    :7.572   Max.    :0.104
## NA's    :6501    NA's    :6501
## dimension(s):
##   from to offset delta          refsys point values
## x    1 130 182216 3000 +proj=utm +zone=19 +datum...   NA   NULL [x]
## y    1  91 2205216 -3000 +proj=utm +zone=19 +datum...   NA   NULL [y]
```

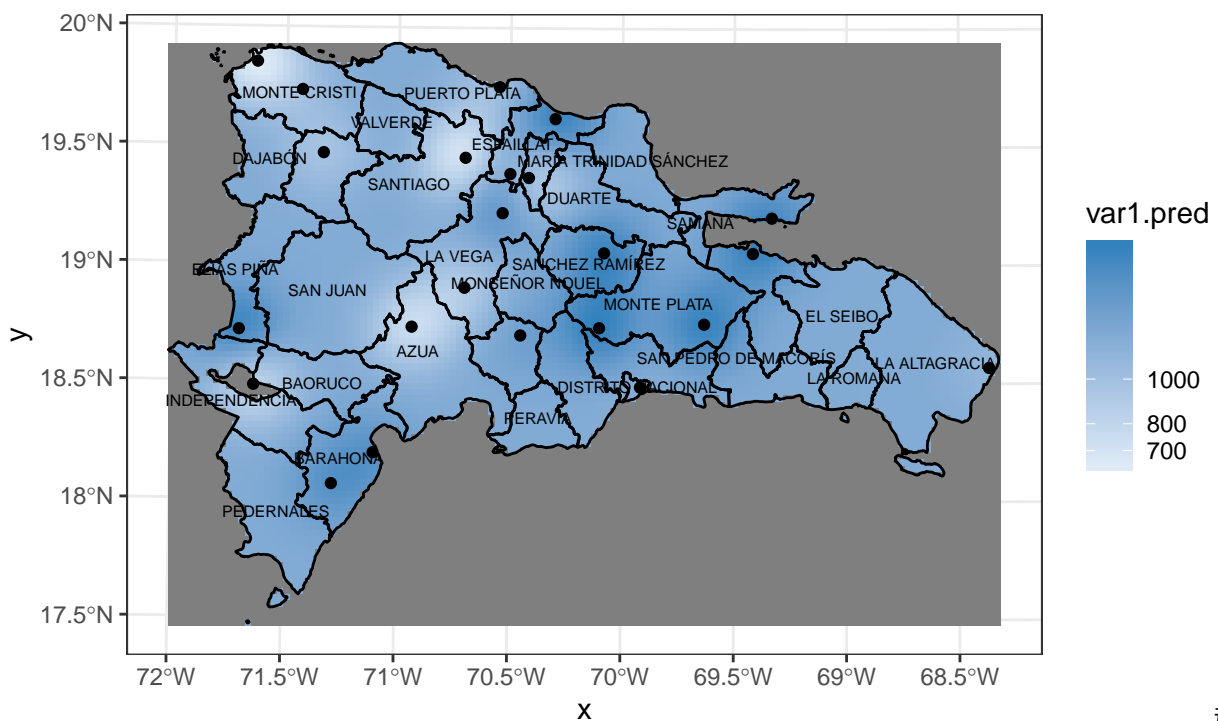
```
plot(k)
```



```
ggplot() +
  geom_stars(data = k, aes(fill = var1.pred, x = x, y = y)) +
  scale_fill_gradient(low="#deebf7", high="#3182bd") +
  geom_sf(data = st_cast(prov, "MULTILINESTRING")) +
  geom_sf(data = prep1994) +
  geom_sf_text(data = prov, aes(label=TOPONIMIA), check_overlap = T, size = 2) +
  theme_bw()
```



```
ggplot() +
  geom_stars(data = exp(k), aes(fill = var1.pred, x = x, y = y)) +
  scale_fill_gradient(low="#deebf7", high="#3182bd", trans = 'log10') +
  geom_sf(data = st_cast(prov, "MULTILINESTRING")) +
  geom_sf(data = prep1994) +
  geom_sf_text(data = prov, aes(label=TOPONIMIA), check_overlap = T, size = 2) +
  theme_bw()
```



Referencias

Análisis espacial con R: Usa R como un Sistema de Información Geográfica, de JEAN-FRANCOIS MAS.

<http://onamet.gob.do/index.php/sobre-nosotros/quienes-somos>

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000100001

https://www.sgapeio.es/INFORMEST/VICongreso/artigos/sesion1_04.pdf

<https://prezi.com/l7zplkrkogbo/proyecto-de-investigacio-sobre-precipitacion-pluvial/>

https://www.academia.edu/17328936/CARACTERISTICAS_VARIOGRAMA

<https://acolita.com/geoestadistica-interpolacion-con-kriging/>

<https://www.monografias.com/docs114/principios-variogramas/principios-variogramas3.shtml>

https://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Estadistica_espacial.html