

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

Aleira Del Jesús, Grace Soriano, Wilnellia Fabián *Estudiantes, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)*

Resumen. Los cambios que se producen en el clima anualmente o de un periodo a otro, se lo podemos atribuir tanto a la variabilidad natural del clima como al cambio que es ocasionado por las actividades antropogénicas. Para poder obtener la significancia 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

Una de las partes más importante del ciclo hidrológico es la precipitación. Esta lleva el agua dulce a la parte emergida de la corteza terrestre y, por ende, favorece la vida en nuestro planeta. La precipitación se genera en las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua aumentan de tamaño hasta alcanzar una masa en que se precipitan por la fuerza de gravedad.

2 Metodología

-Utilizamos la aplicación Rstudio para el desarrollo 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.

Trabajamos con los datos de las precipitaciones del año 1994, 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

Los datos de precipitación analizados presentaron distribución normal, es decir, que la muestra tiene 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 para el intervalo de distancia cero.

```
nrow(preputm)
```

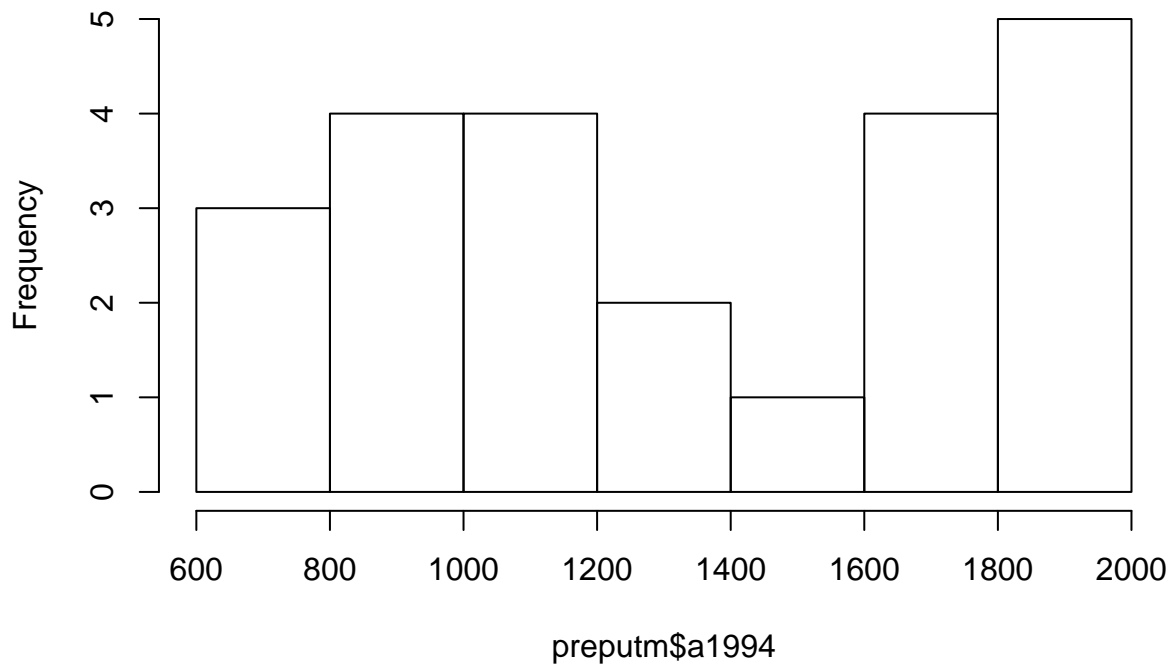
```
## [1] 25
```

```
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
```

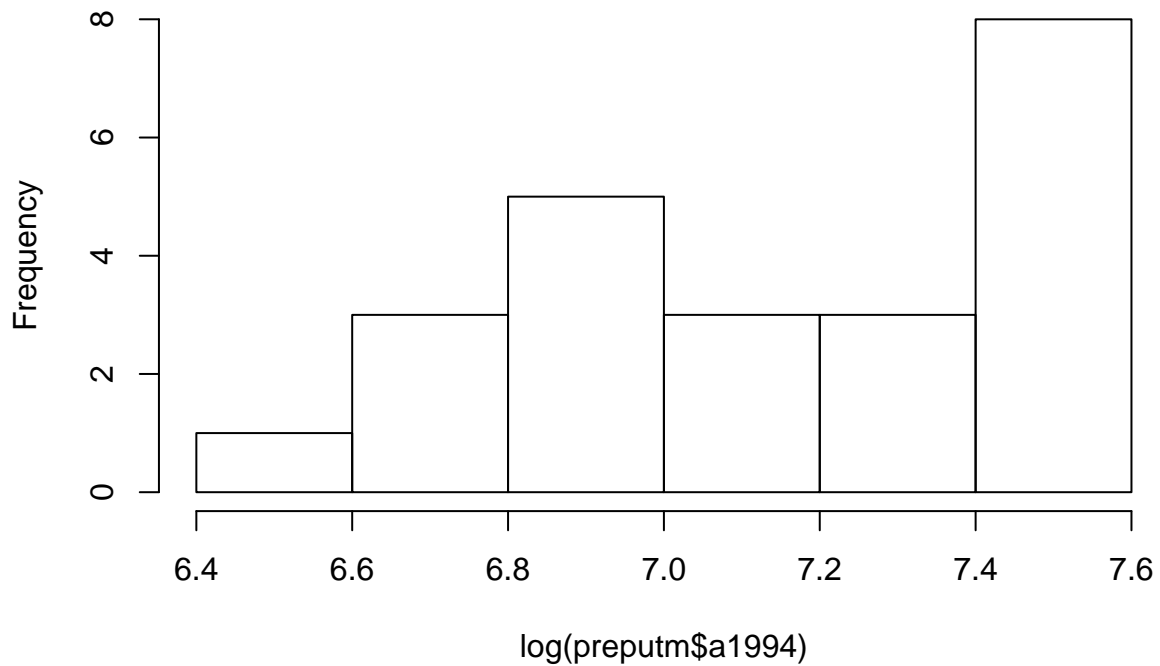
```
hist(preputm$a1994)
```

Histogram of preputm\$a1994



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

Histogram of 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

El comportamiento de nuestros datos arrojan que el p-valor > 0.05 , por lo que, podemos afirmar con un 95% de confianza que nuestros datos se ajustan a una distribución normal. Además, el grafico nos muestra que la semivarianza aumenta gradualmente hasta alcanzar el rango.

El objetivo principal del Análisis Geoestadístico, es aplicar las técnicas Kriging, realizando para ello la serie de cálculos previos, como el cálculo de los Variogramas Muestrales y de los Variogramas Modelos. Luego, aplicamos la interpolación por Kriging ordinario para obtener un resultado respecto a los datos analizados. Por ende, podemos concluir que los datos visualizados a través de los variogramas muestrales generados indican que tienen un Comportamiento Cuadrático, ya que estos representan variables continuas e infinitamente diferenciales, por lo que no puede cambiar rápidamente.

5 Información de soporte

La Geoestadística es una ciencia cada vez más usada en distintos ámbitos científicos. Nació en la década de los 50 como una ciencia minera, con el fin de evaluar las reservas minerales útiles. Por lo tanto, es una ciencia joven, en pleno desarrollo. El término fue concebido por Georges Matheron.

La Geoestadística se basa en el hecho de que los datos van a estar correlacionados espacialmente, es decir, que un dato va a estar relacionado con datos cercanos, y esta dependencia va perdiendo fuerza a medida que nos alejamos del dato. Por ende, es una ciencia aplicada que estudia las variables distribuidas espacialmente, partiendo de una muestra representativa del fenómeno en estudio.

Como toda ciencia estadística, el objetivo de la Geoestadística, es la predicción. Para esto, se suelen aplicar las técnicas Kriging, que básicamente proporcionan una predicción, es decir, del valor en una posición espacial, a partir de una muestra dada. Para conseguir dicha estimación, primero ha de caracterizarse la relación de dependencia entre las distintas localizaciones espaciales; en este sentido, puede recurrirse a la estimación del covariograma o del variograma.

(???)garcía2009variabilidad,

6 Script reproducible

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

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
```

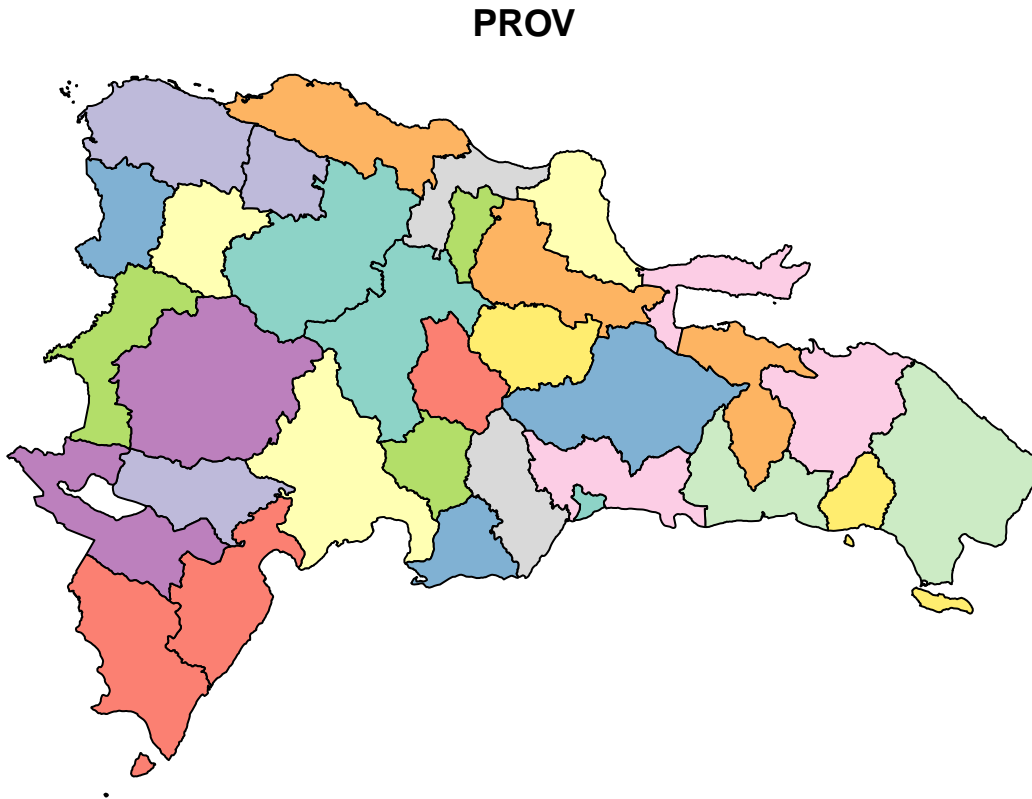
```
## Simple feature collection with 32 features and 4 fields
## geometry type:  MULTIPOLYGON
## dimension:      XY
## bbox:           xmin: 182215.8 ymin: 1933532 xmax: 571365.3 ymax: 2205216
## epsg (SRID):    32619
## proj4string:     +proj=utm +zone=19 +datum=WGS84 +units=m +no_defs
## First 10 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-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
```

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



```
st_crs(preputm)
```

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

```
crsdestino <- 32619
preputm <- prep %>% 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)
```

```
nrow(preputm)
```

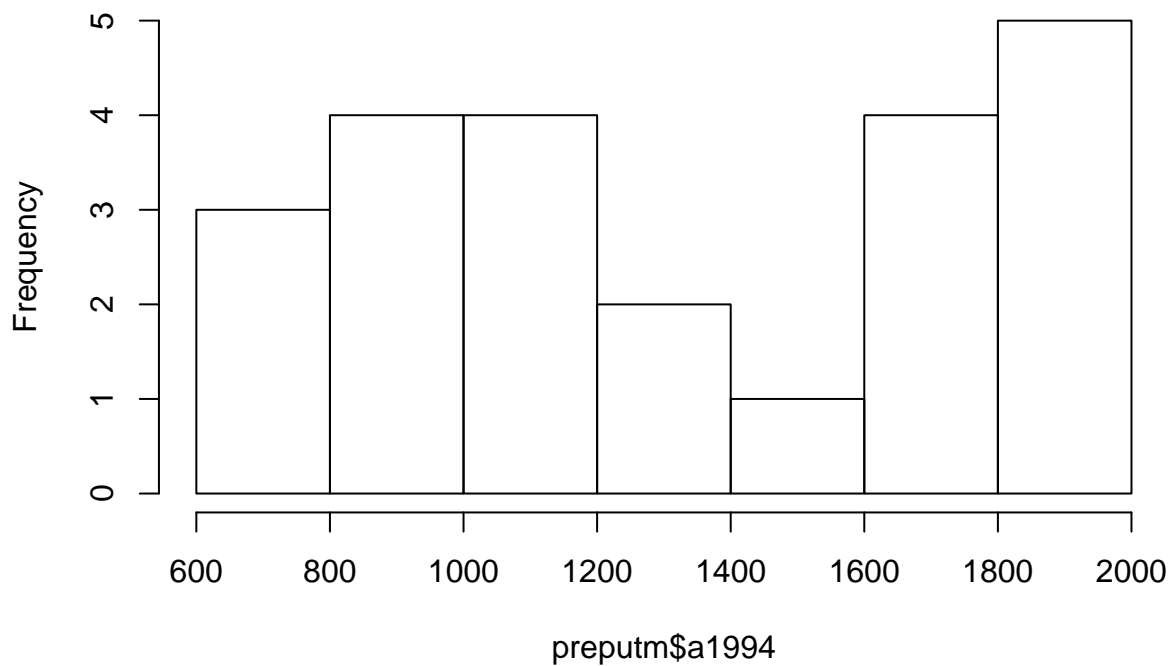
```
## [1] 25
```

```
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
```

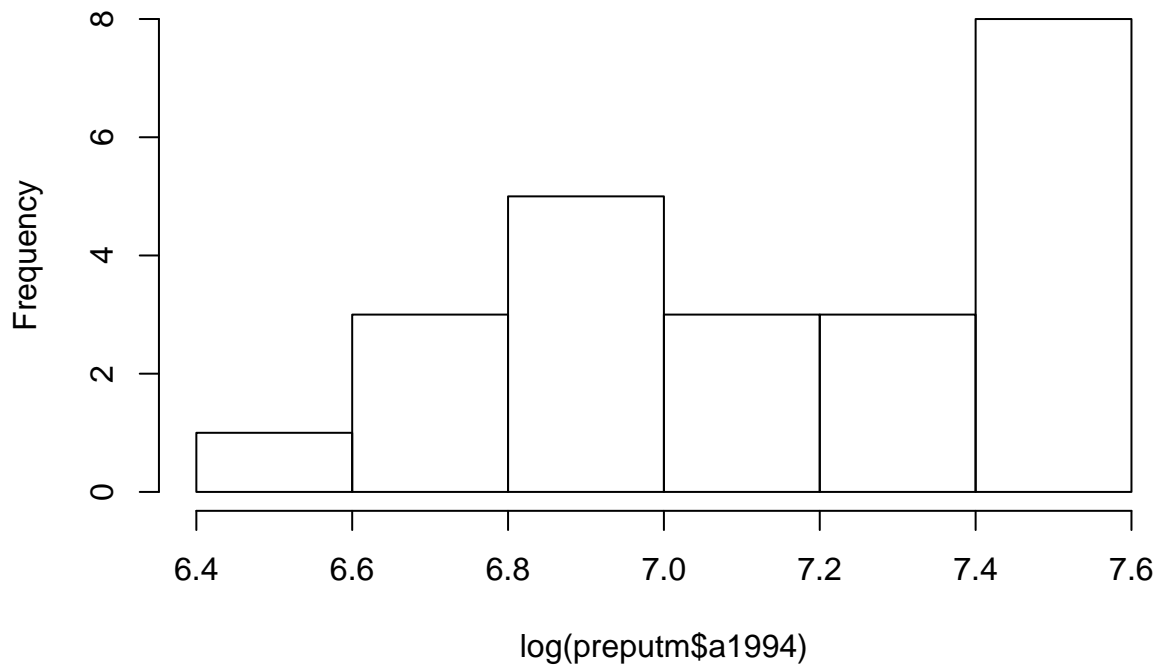
```
hist(preputm$a1994)
```

Histogram of preputm\$a1994



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

Histogram of 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))
```

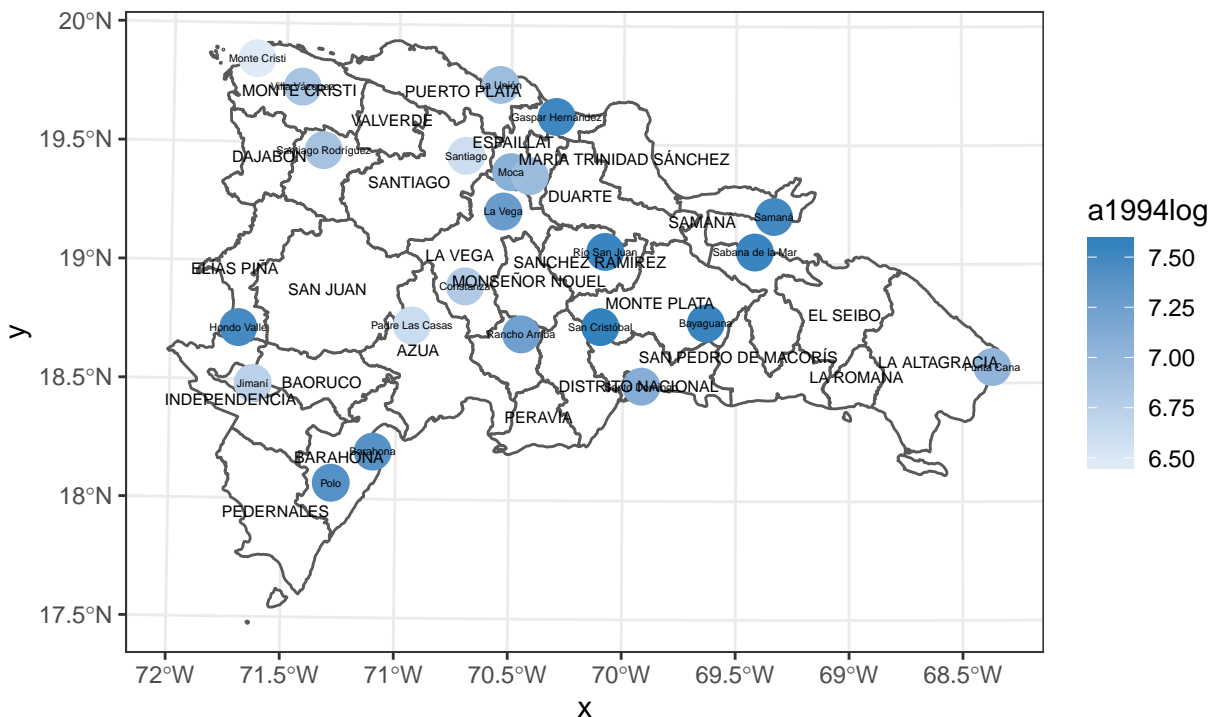
```
##  
##  Shapiro-Wilk normality test  
##  
## data:  log(preputm$a1994)  
## W = 0.91635, p-value = 0.05567
```

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

```
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()
```

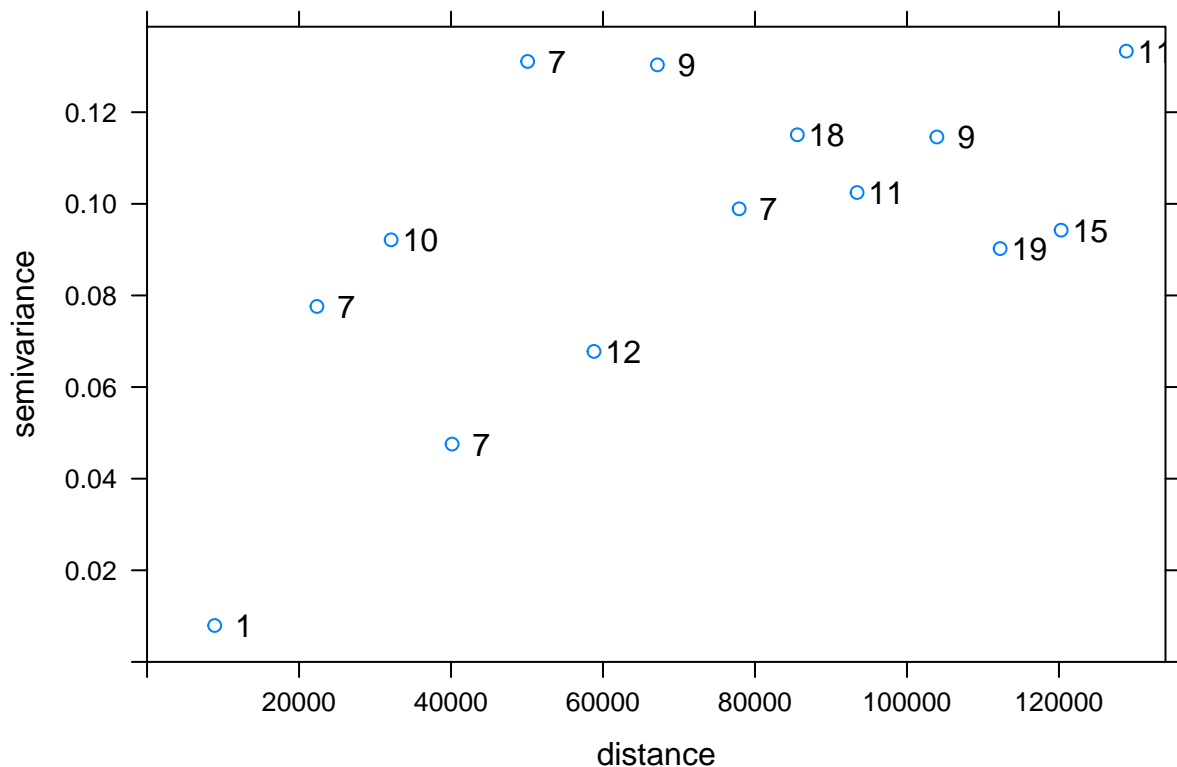


```
v1994 <- variogram(a1994log~1, prep1994)
v1994
```

```
##      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
```

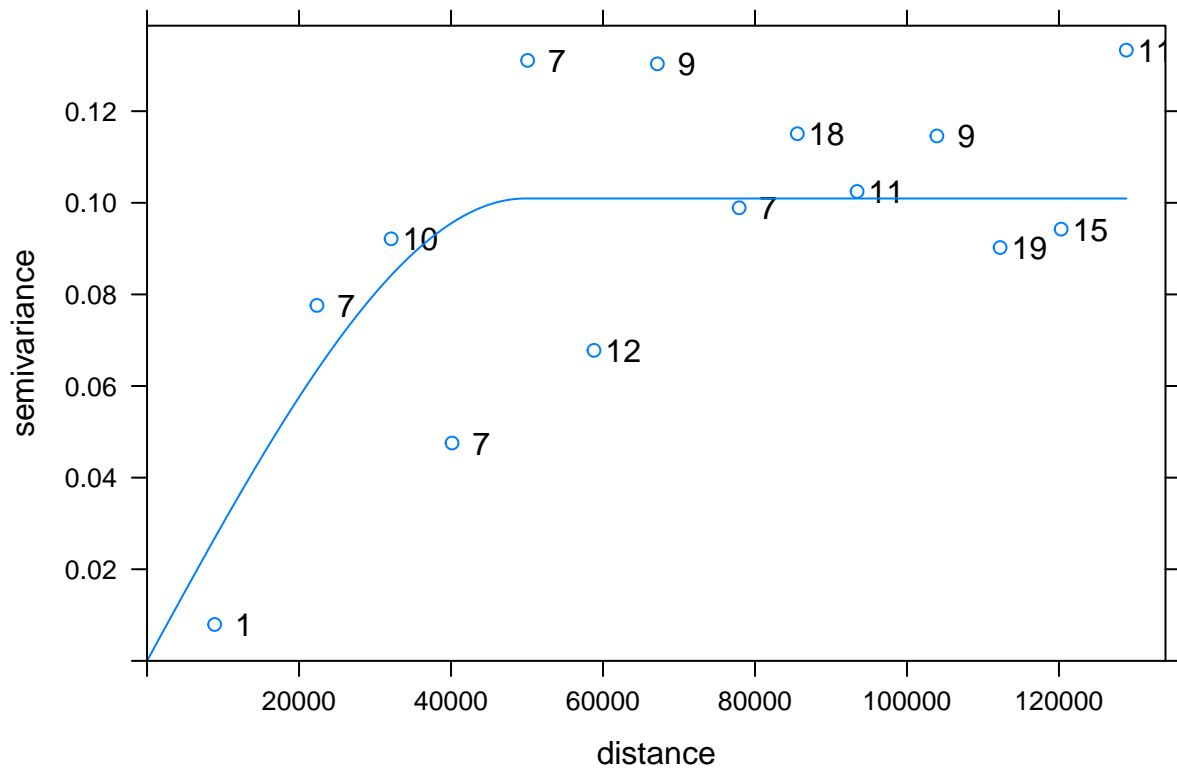
```
plot(v1994, plot.numbers = T)
```



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

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

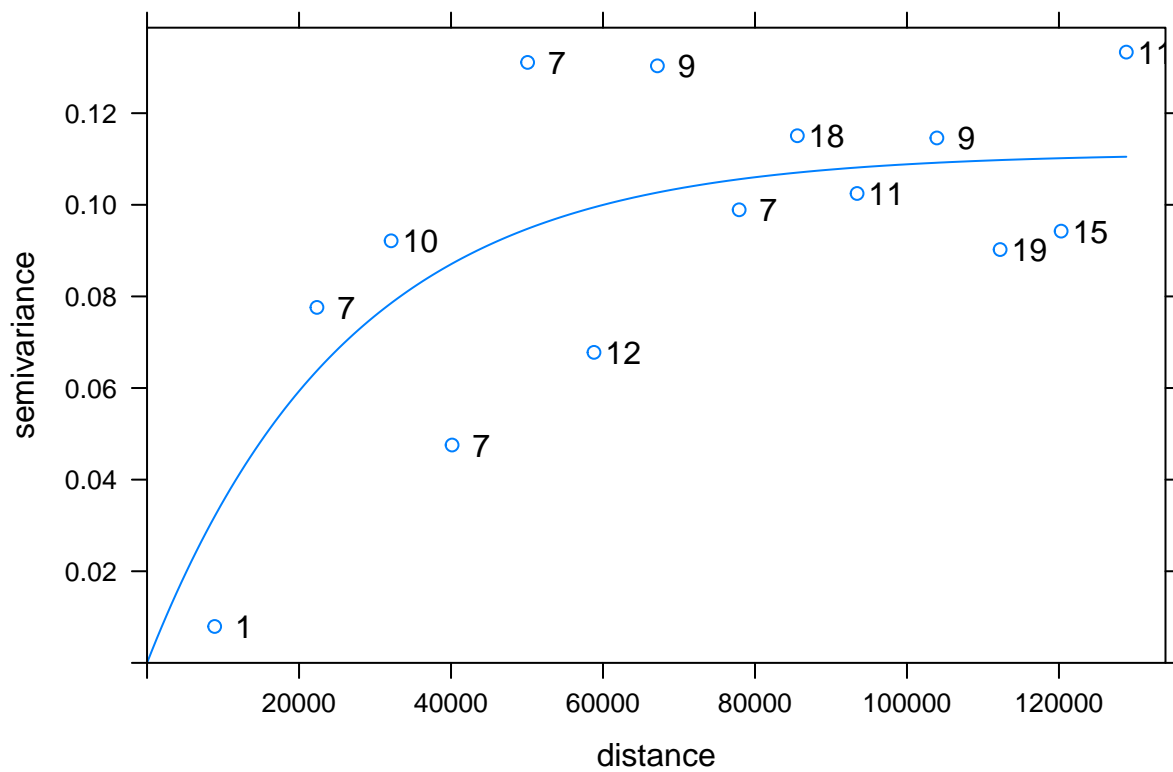
```
plot(v1994, v1994_m, plot.numbers = T)
```



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

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

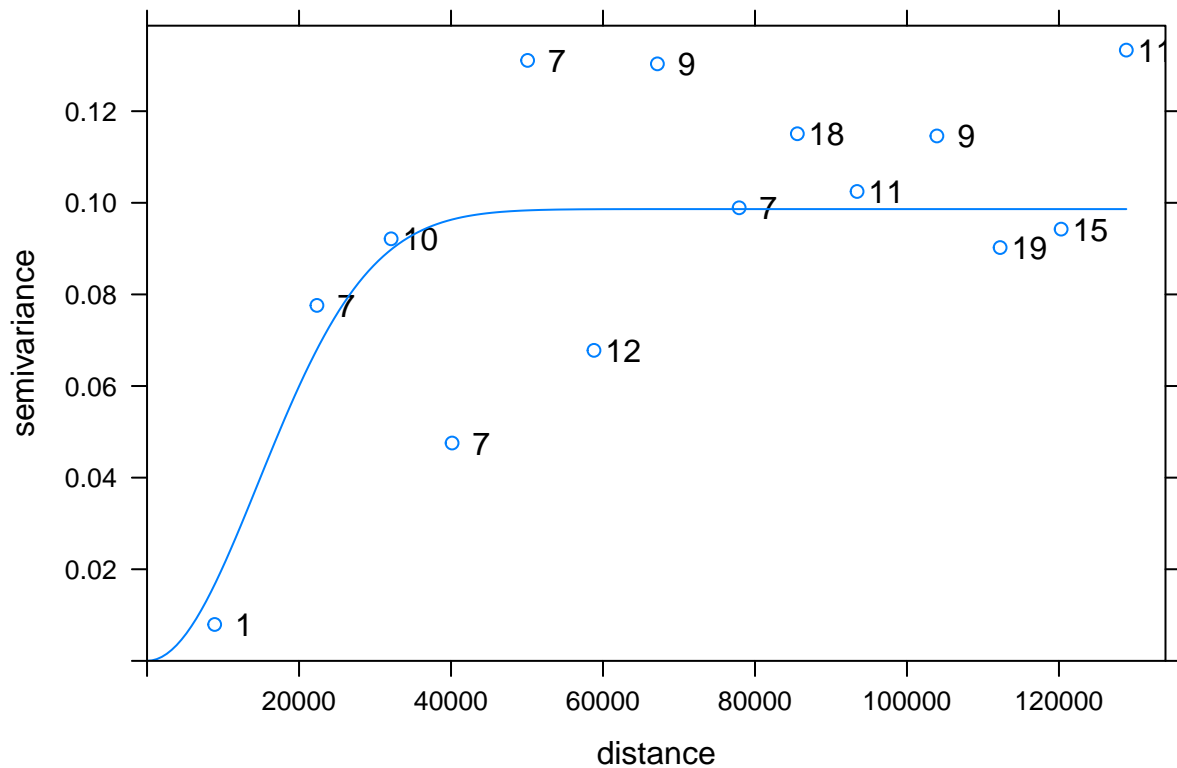
```
plot(v1994, v1994_m2, plot.numbers = T)
```

```
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          refs sys 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)
```



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

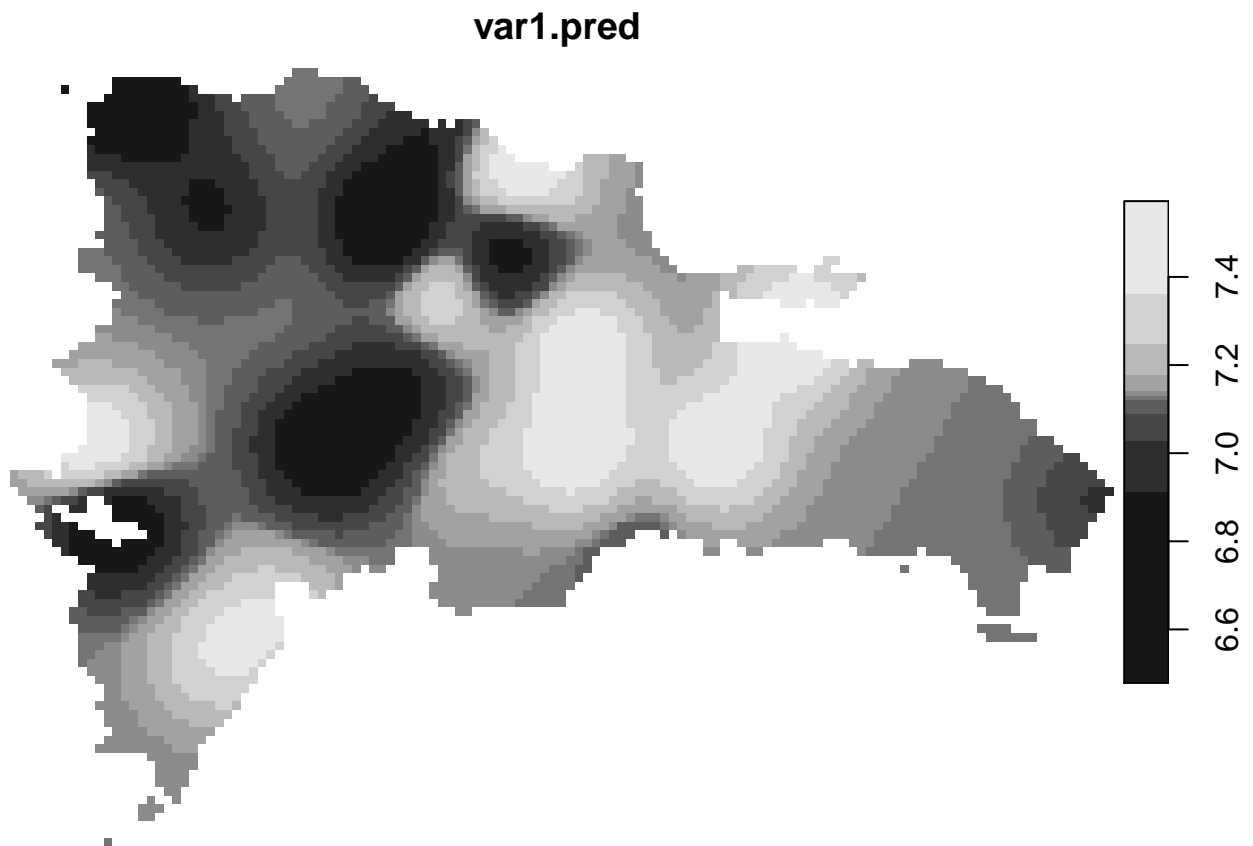
```
## [using ordinary kriging]
```

```
k
```

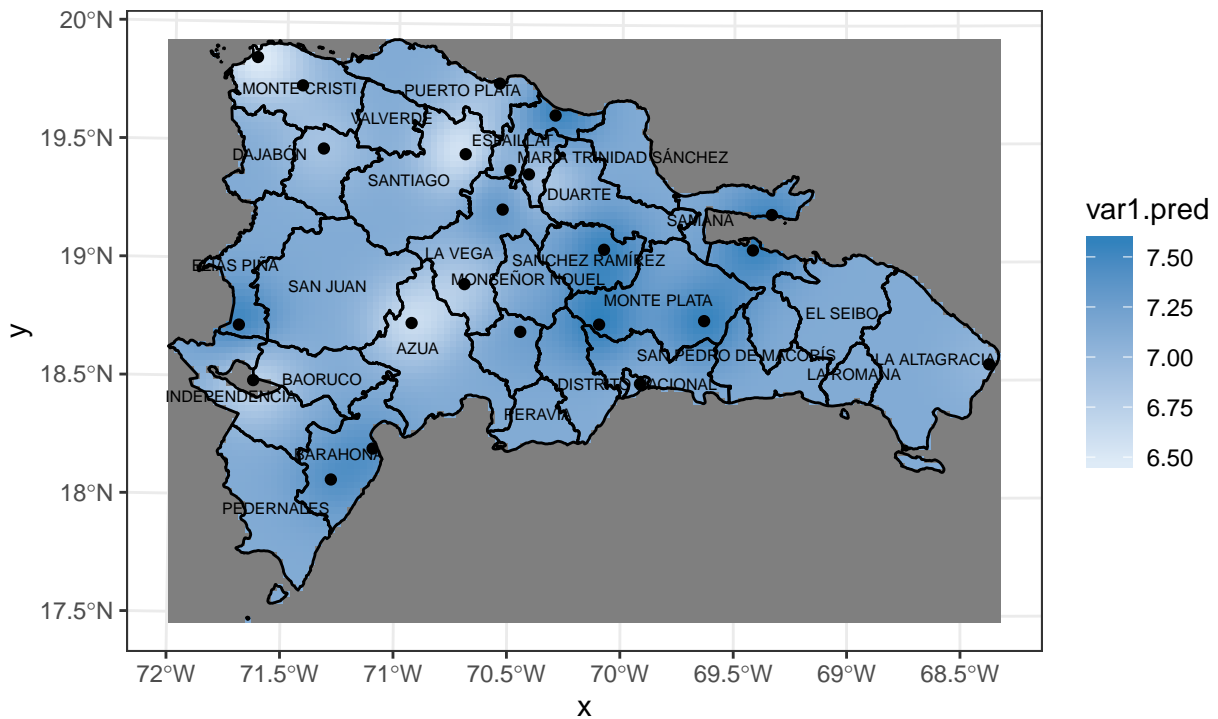
```
## stars object with 2 dimensions and 2 attributes
## attribute(s):
##   var1.pred      var1.var
## Min.      :6.479   Min.      :0.000
## 1st Qu.:7.064   1st Qu.:0.057
```

```
## 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]
```

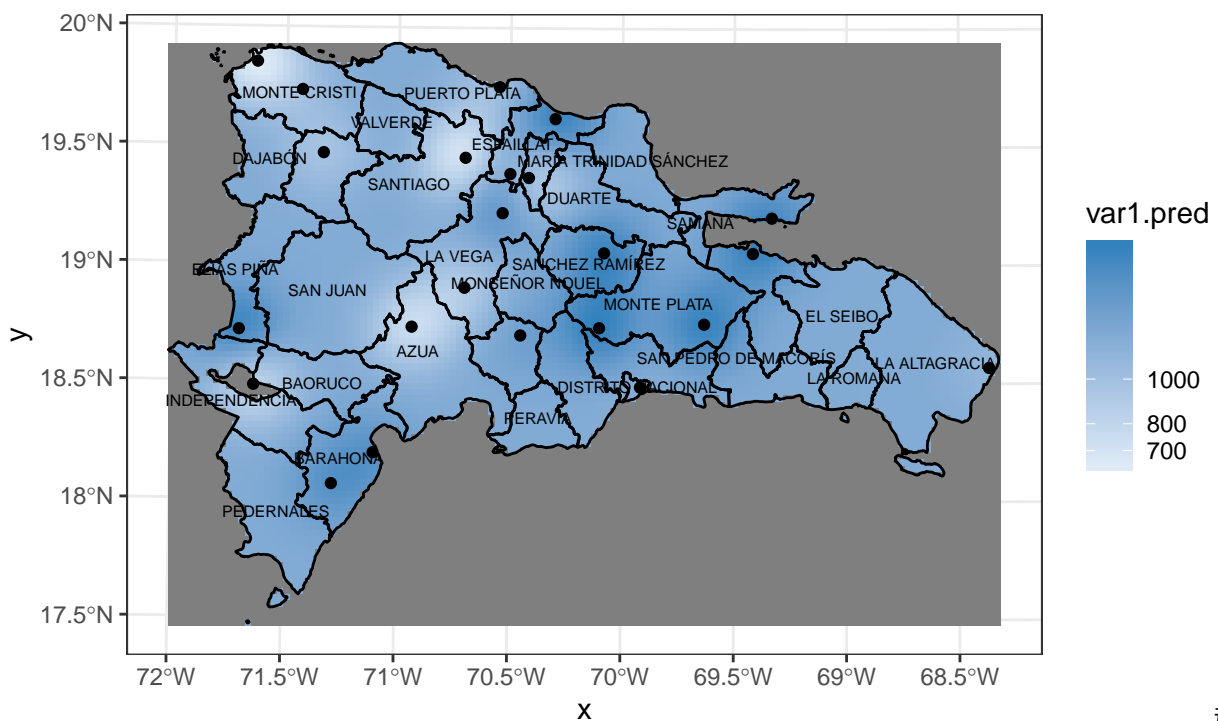
```
plot(k)
```



```
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