

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

TALLER NO 1 -PARCIAL: RESISTIVIDAD DEL SUELO A TRAVÉS DE SONDEOS
ELÉCTRICOS VERTICALES EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.

EDGAR JOSÉ CORREA DIAZGRANADOS

ESTADÍSTICA ESPACIAL .
DEPARTAMENTO ESTADÍSTICA

DOCENTE MARTHA PATRICIA BOHORQUEZ CASTAÑEDA.

BOGOTÁ
JULIO 2020

Índice

1. Introducción	3
2. Planteamiento del problema	3
3. Objetivos	3
4. Metodología	4
4.1. Descripción de la base de datos	4
4.2. Estacionariedad en la media	5
4.3. Semivariograma empírico	5
4.4. Semivariograma teórico	7
4.4.1. Selección del modelo	7
4.5. Kriging	8
5. Conclusiones	9

1. Introducción

En la Tierra existe más cantidad de aguas subterráneas que en la superficie ya sea en ríos, lagos o presas. Actualmente las aguas subterráneas abastecen a un tercio de la población mundial, es por esto que son tan importantes. Los acuíferos subterráneos contienen más del 95 % del agua dulce disponible del planeta y la mayoría de ellos son transfronterizos. En 2010, se han identificado 290 acuíferos en el mundo, de los cuales más de 70 están en el continente americano.

Debido a la importancia que tiene su utilización y buena administración, en la sede de la UNESCO se celebró recientemente un encuentro al que asistieron decenas de científicos, abogados, investigadores, diplomáticos y expertos en el manejo de recursos hídricos con el fin de discutir una Ley de Acuíferos Transfronterizos.

la geoelectrica es la rama de la Geofísica que trata sobre el comportamiento de rocas y sedimentos en relación a la corriente eléctrica. Los métodos geoelectricos más empleados en Hidrogeología se basan en la inyección artificial de una corriente eléctrica sondeos eléctricos verticales (SEV), en este caso se realizaron 209 (SEV) en el Acuífero Sur del Tolima.

2. Planteamiento del problema

El Sondeo Eléctrico Vertical es una prueba que se usa para conocer la distribución de resistividad del suelo. Dadas las propiedades eléctricas de los materiales que constituyen del subsuelo, éste manifiesta un determinado comportamiento ante el paso de corriente eléctrica. Dicho comportamiento se manifiesta en líneas de campo o flujo eléctrico constante para materiales homogéneos, por ello cuando los valores y características de estos campos varían, indican un cambio de materiales o una discontinuidad dentro de un mismo depósito. Así, los suelos gruesos o rocosos se caracterizan por presentar una alta resistividad, mientras que las zonas arcillosas o con altos contenidos de humedad y sales corresponden con anomalías de baja resistividad.

El agua como bien común, líquido vital, articulador de la cultura, factor de poder y disputa, fundamental para los ecosistemas y las actividades productivas; cubre 2/3 de la superficie terrestre. Sin embargo, en la actualidad es factor de conflicto debido a la creciente escasez y degradación que dificultan su acceso, producto de fenómenos como el cambio climático, la contaminación de fuentes hídricas, la degradación de cuencas hidrográficas, el crecimiento poblacional, la expansión urbana y el extractivismo minero-energético, entre otros aspectos.

El Territorio tolimense no es la excepción y en este sentido, actualmente, es escenario de problemas y conflictos que evidencian la amenaza creciente sobre la sostenibilidad ambiental del departamento. El hecho de conocer que regiones poseen mejores acuíferos en el Tolima sería de gran ayuda para mejorar dichos conflictos.

3. Objetivos

- Modelar el comportamiento de las rocas en zonas específicas del departamento del Tolima (Municipios de Natagaima, Coyaima, Ortega, Prado, Purificación, Saldaña, Suárez, Guamo)

y San Luis)

- Identificar que zonas pueden presentar acuíferos.

4. Metodología

4.1. Descripción de la base de datos

Los datos sobre los cuales se realiza el análisis son el resultado de un estudio de geofísica, donde se realizaron 209 Sondeos Eléctricos Verticales(SEV) en el Acuífero Sur del Tolima – Municipios de Natagaima, Coyaima, Ortega, Prado, Purificación, Saldaña, Suárez, Guamo y San Luis en el Departamento del Tolima(ver Figura 1).

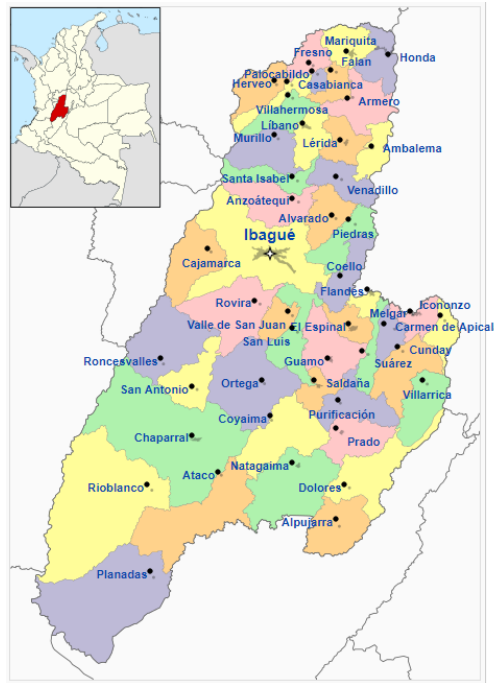


Figura 1: Municipios del departamento del Tolima.

Los SEV de ejecutaron en una área de 1400 km² donde se tomaron datos de SEV cada 2.5 km² dentro de la zona de estudio del denominado Acuífero del Sur del Tolima, en este caso tomamos X como longitud (coordenadas norte-sur) y Y como las latitud (coordenadas este-oeste)(ver Cuadro 1).

En el estudio realizado por la empresa GDIDP se tomaron mediciones a 5 profundidades diferentes para nuestro caso tenemos en cuenta solo una y tomamos la resistividad ohm-m, estos datos fueron suministrados con consulta previa a la empresa.

ID	SEV	Y	X	Resistividad ohm-m				
		Este	Norte	50m	100m	150m	200m	250m
1.00	1.00	876166.36	870028.31	3.20	13.10	4.00	4.00	4.00
2.00	2.00	877645.17	871494.17	4.40	8.50	8.50	3.30	3.30
3.00	3.00	878262.24	872310.12	5.30	7.40	7.40	7.40	7.40
4.00	4.00	876787.84	868380.54	5.40	5.40	12.80	12.80	12.80
5.00	5.00	876903.16	873233.56	4.40	4.40	4.40	4.40	4.40

Cuadro 1: base de datos

4.2. Estacionariedad en la media

El proceso se asume estacionario en la media ya que no hay tendencia en ninguna de las coordenadas (ver figura 2). En **A.** no se ve un agrupamiento entre los colores distribuidos en el plano. En **B.** y **C.** No se observa una función que pueda modelar claramente los datos en las gráficas que muestran el comportamiento de los datos respecto a cada uno de los ejes coordenados. En **D.** los puntos se mezclan y se posicionan en diferentes partes de los ejes coordenados.

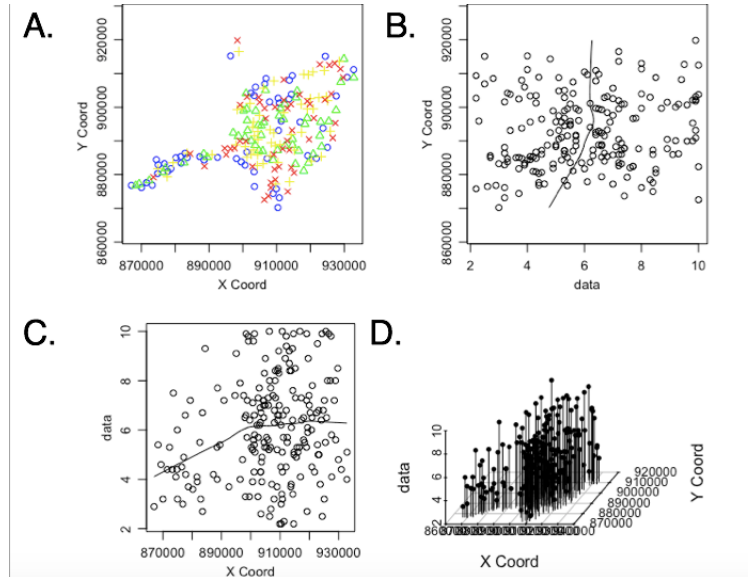


Figura 2: Análisis gráfico estacionariedad en media

4.3. Semivariograma empírico

Se procede a analizar la dependencia espacial del proceso por tal motivo se tomo como herramienta el semivariograma. Se grafican semivariogramas en diferentes direcciones(ver figura 3) para entender el efecto de los acuíferos y decidir si el proceso es isotrópico.

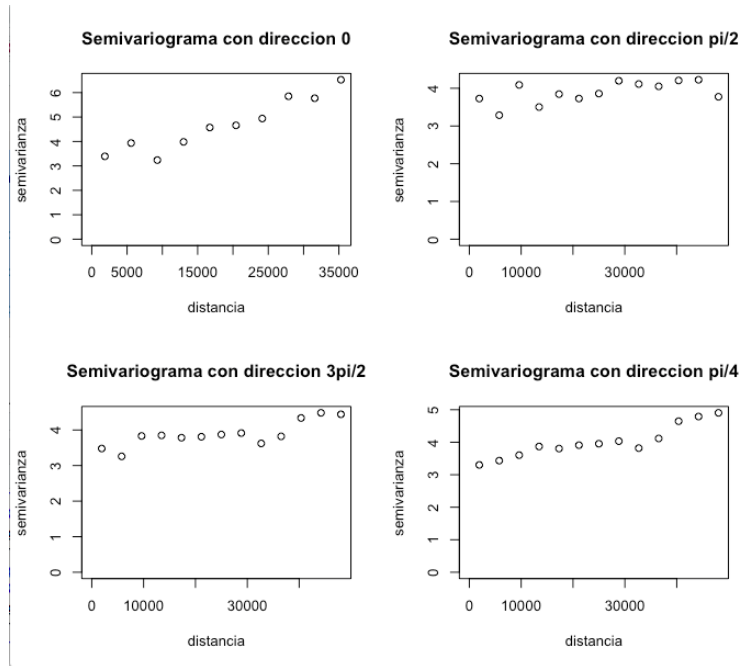


Figura 3: Semivariogramas de SEV con diferentes direcciones

Es evidente el comportamiento similiar de los puntos, se puede afirmar que el proceso es Isotrópico.

Debido a anterior afirmación, se procede a realizar el semivariograma omnidireccional y a modelarlo empíricamente. Se prueban diferentes variogramas pero finalmente a .ºjo. el mejor es un modelo Matérn, con $\nu = 3.2$, $\sigma^2 = 2.33$ y $\rho = 36382$. (ver figura 4)

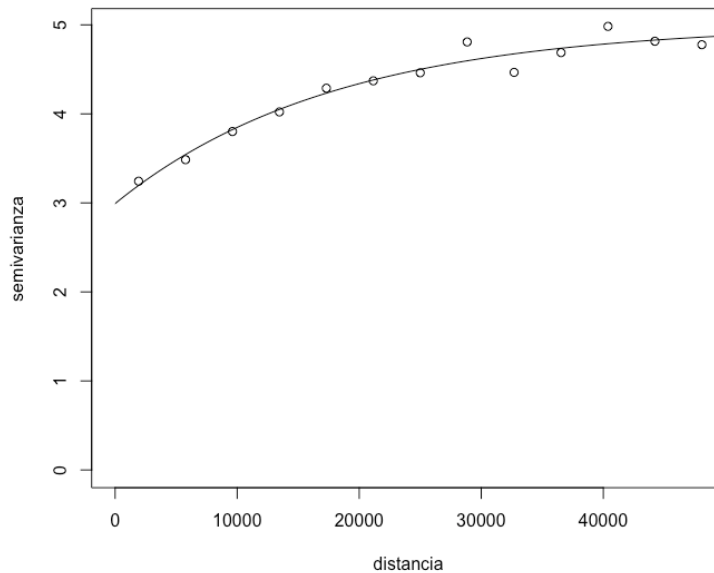


Figura 4: Estimación del semivariograma empírico

4.4. Semivariograma teórico

El siguiente paso es modelar teóricamente el semivariograma, y para ello se utilizan los parámetros anteriormente encontrados y se usan diversos métodos de estimación(ver figura 5):

- mínimos cuadrados ordinarios (MCO)
- mínimos cuadrados ponderados por el número de pares (MCP-npairs)
- mínimos cuadrados ponderados por el método de Cressie (MCP-cressie)
- máxima verosimilitud (ML)
- máxima verosimilitud restringida(REML)

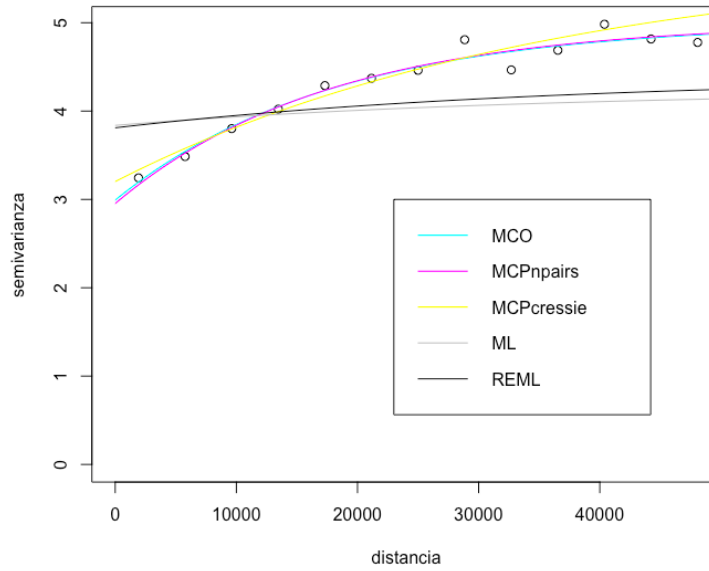


Figura 5: Posibles modelos para el semivariograma teórico.

4.4.1. Selección del modelo

Para elegir el modelo adecuado, se tiene en cuenta el valor del cuadrado medio del error.

Cuadrado medio residual

$$\frac{\sum (\hat{\gamma}(h_i) - \gamma(h_i, \hat{\theta}))^2}{n}$$

	method	MSE
1	MCO	0.01
2	MCPn	0.01
3	MCPcre	0.02
4	MI	0.28
5	REML	0.22

Cuadro 2: Cuadrado medio residual

Lo cual permite concluir que el mejor modelo es un Matern con parámetros estimados por el método de los mínimos cuadrados ponderados(MCO)(ver figura 6).

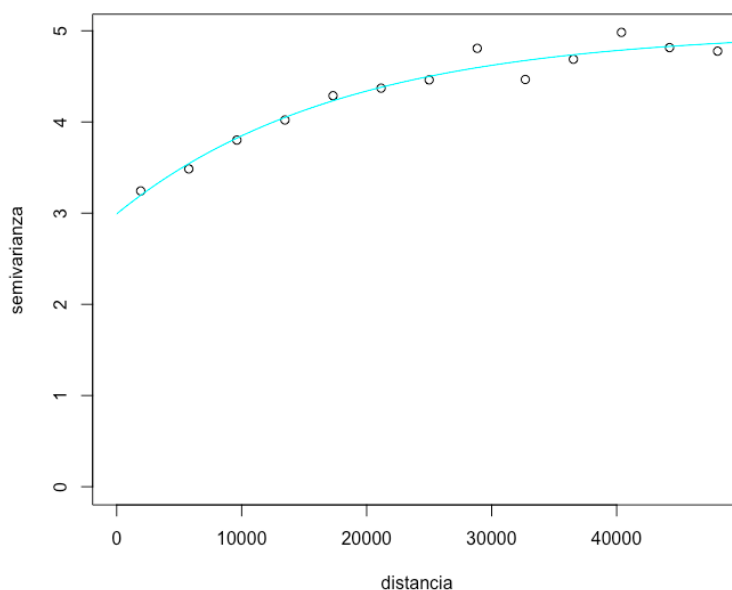


Figura 6: Semivariograma teórico.

	método	Silla	Rango	Pepita
1	MCO	2.01	18015.49	2.99

Cuadro 3: Valores semivariograma teórico

4.5. Kriging

Para poder comprender el comportamiento de los Sondeos Eléctricos Verticales en el Acuífero Sur del Tolima (Municipios de Natagaima, Coyaima, Ortega, Prado, Purificación, Saldaña, Suárez, Guamo y San Luis) a partir de las medidas registradas, se procede a hacer kriging, es decir, se hará inferencia sobre valores no observados o medidos en el proceso aleatorio.

A partir de los procedimientos anteriormente desarrollados se sabe que la media no es conocida y que la variable es estacionaria, por lo tanto se desarrollará para los datos kriging ordinario; de lo

cual se obtuvieron los siguientes resultados .

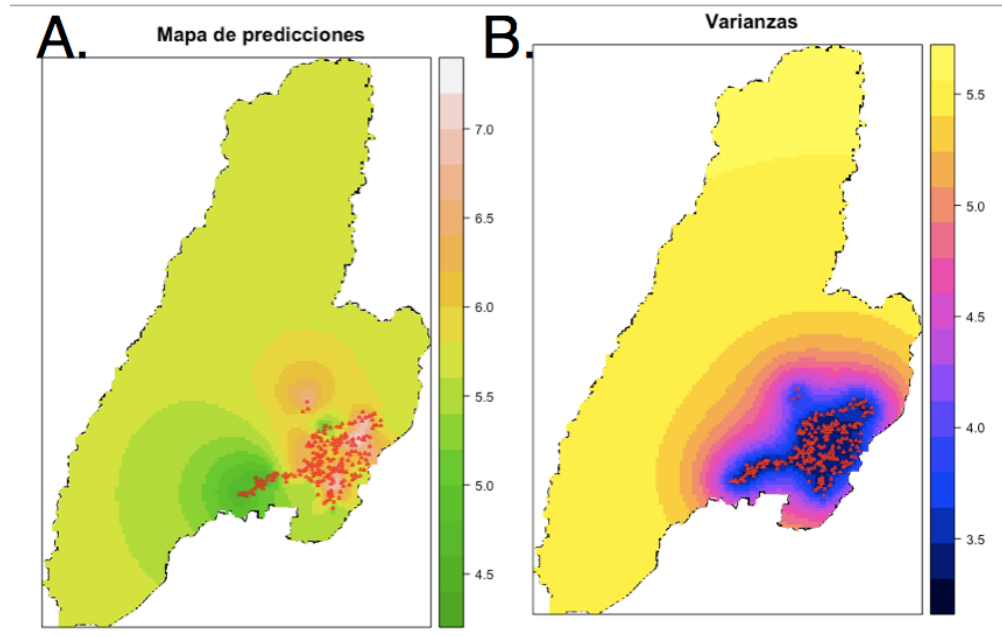


Figura 7: Mapa de predicción y varianza, resultado de aplicar Kriging ordinario.

En la (ver figura 7) se ven los mapas de las predicciones y las varianzas para la variable Sondeos Eléctricos Verticales usando Kriging ordinario. En el mapa de predicciones se puede ver una mayor resistividad a profundidad en el oeste del departamento del Tolima (en los municipios de Dolores, Prado, Purificación y Saldaña) , esto probablemente es causado por la geografía de la zona pues los municipios se ubican en planicie, se almacena agua en las zonas bajas ya que las arenas son las que almacenan agua principalmente por su porosidad, a diferencia de los municipios que presentan menor resistividad (Ataco y Natagaima) que se encuentran ubicados en la cordillera Central, pues las montañas en esta zona son rocas no porosas, lo que genera que sean zonas de recarga y no ingresa el agua al terreno.

Para el resto de zonas los municipios se ven predicciones que están cercanas a 5.5 esto debido a que en los municipios aledaños al estudio no se tomaron datos.

Después, al observarse la varianza, se nota una mayor variabilidad en los valores de resistividad en los municipios aledaños es más estable hacia las zonas donde se tomaron los datos, ya sea por una verdadera interpretación de la realidad o por un problema de subregistro, causado por la falta de datos en todo el departamento.

5. Conclusiones

Los acuíferos son una necesidad mundial, Colombia debe invertir más en estudios sobre estos. El presente informe demuestra que en zonas planas es mas viable encontrar acuíferos y que Tolima es un departamento con muchos estudios a realizar.

Referencias

- [1] Buscaglia, Silvana (1 de enero de 2007). Más allá de la superficie: arqueología y geofísica en Floridablanca (Patagonia, siglo XVIII). Teseo. ISBN 9789871354030. Consultado el 19 de diciembre de 2016.
- [2] Física universitaria con física moderna Volumen 2, página 851. Sears y Zemansky, decimosegunda edición. Año 2009.