

Análisis de los parámetros de calidad del agua: SST y pH, en una sección del río Quindío en época de invierno.

Joan Fernando Ortiz Giraldo, Mónica Jhoana Mesa Mazo



Licenciatura en Matemáticas
Universidad del Quindío
Armenia, Colombia



jfortizg@uqvirtual.edu.co, mjmesa@uniquindio.edu.co

1. Introducción

El río Quindío se encuentra ubicado en Colombia, en el departamento del Quindío y tiene una extensión de 69 kilómetros [1]. En su recorrido, el río Quindío atraviesa zonas agrícolas, ganaderas e industriales. Además, cuenta con la presencia de asentamientos humanos que depositan las aguas negras en el río. Todo este conjunto de actividades afectan la calidad del agua, lo que hace necesario conocer el estado de la fuente hídrica y determinar su contaminación. De esta manera, en la presente investigación se realizó un trabajo de campo en una sección del río Quindío en época de invierno. Con estos resultados se hizo la interpolación tipo spline y se construyeron dos series temporales regulares y se ajustó el modelo autorregresivo vectorial de segundo orden.

2. Caracterización de la zona

La zona de estudio es una sección de 8.6 kilómetros aproximadamente del río Quindío, Colombia, con una previa selección de 21 puntos de vertimientos directos georeferenciados. Se realizaron ocho campañas durante época de invierno, una visita semanal en cada uno de los puntos de monitoreo. Allí, se tomaron 500 ml de agua del río en botellas de plástico debidamente rotuladas en cada punto, se refrigeraron y fueron entregadas en el laboratorio de aguas de la Universidad del Quindío para luego ser analizadas. Con base a lo anterior se obtuvo un total de 168 análisis de muestras de agua para estudiar el pH y los SST. A continuación se presenta una imagen de la zona de estudio (por cuestiones de tamaño, los puntos de monitoreo 19 y 20 no aparecen en la imagen).

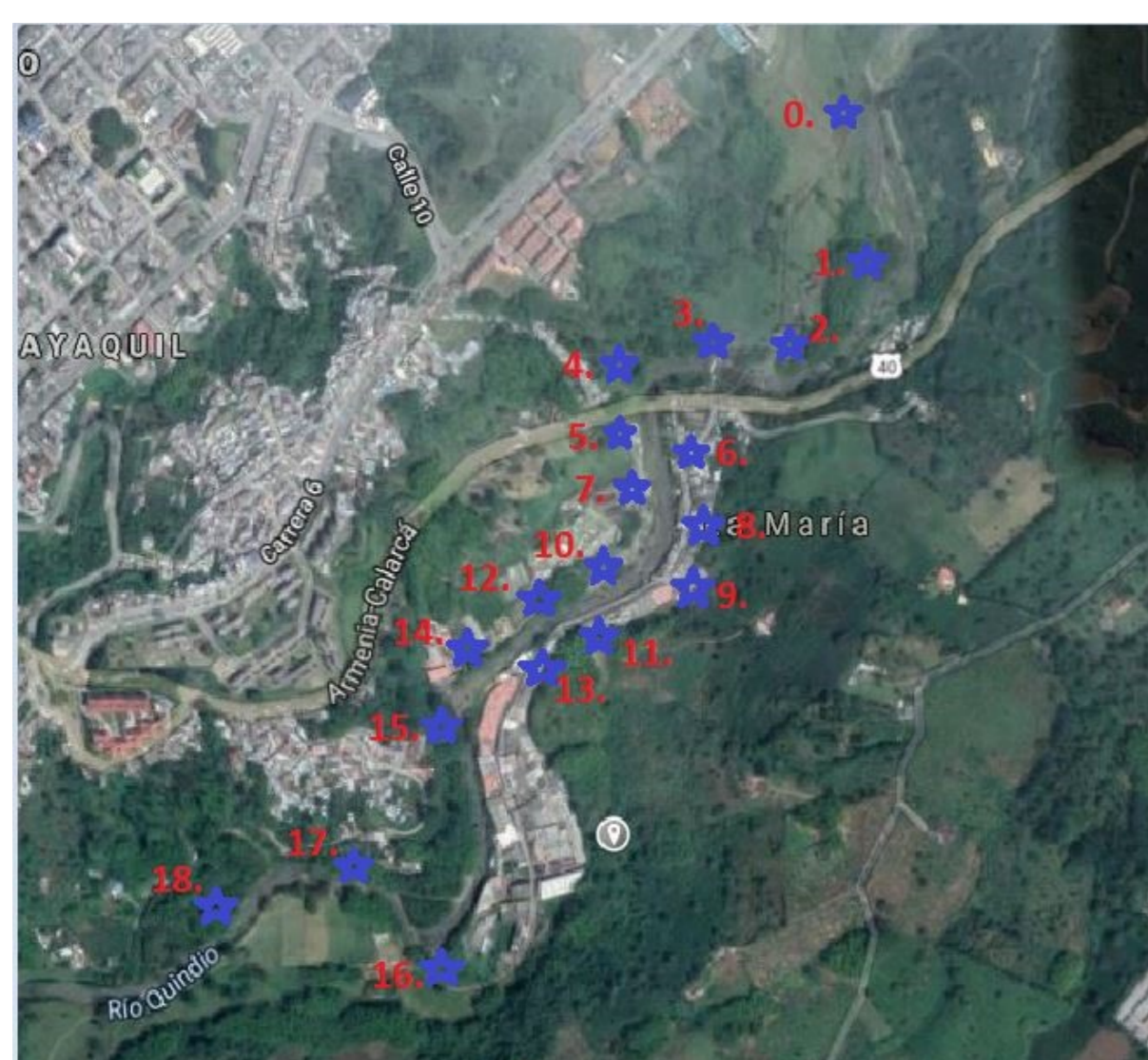


Figura 1: Zona de estudio (La María). Tomado de [4].

Los parámetros físico-químicos del agua que se estudiaron fueron los sólidos suspendidos totales (SST) y el pH, ya que estos parámetros son tenidos en cuenta por la normativa colombiana en diferentes escenarios, tanto para el modelado de agua, como para determinar su calidad [2][3]. El pH influye en los ecosistemas acuáticos y procesos industriales, por esta razón es importante mantener sus valores dentro de rangos aceptables. Cuando el SST alcanza valores muy altos causa daños a la vida animal y vegetal. Además, se pueden estacionar dentro del agua, lo que conduce a su acumulación y al posterior deterioro del oxígeno [5].

3. Interpolación spline

Con los resultados del monitoreo que consistieron en 8 sesiones en época de invierno, se utilizó el conjunto de datos para aplicar la técnica de interpolación spline en Python, obteniendo las siguientes gráficas (temporales).

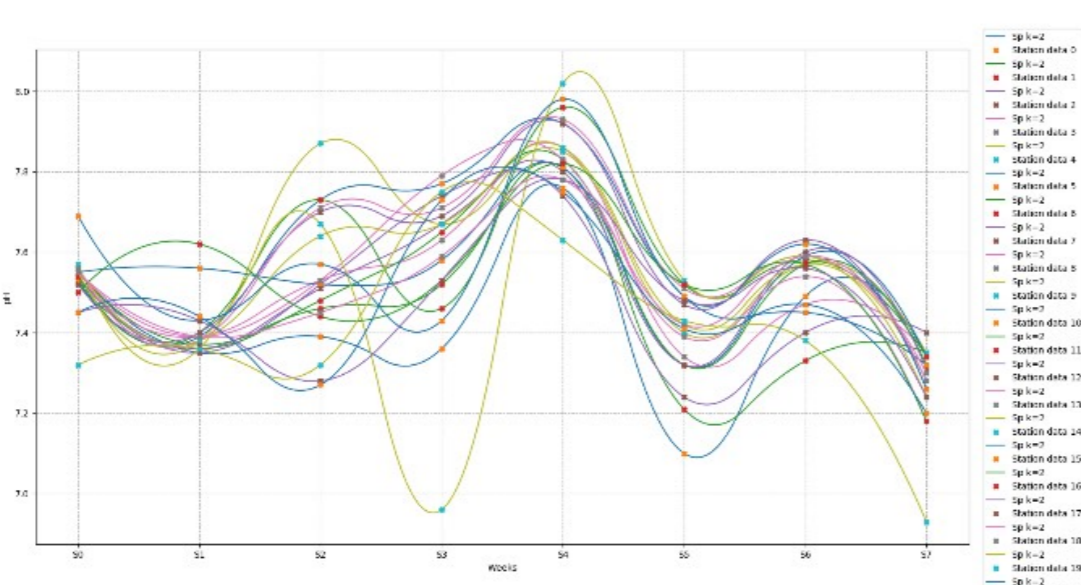


Figura 2: Resultado de interpolación de los valores de pH en cada estación durante 8 semanas de invierno

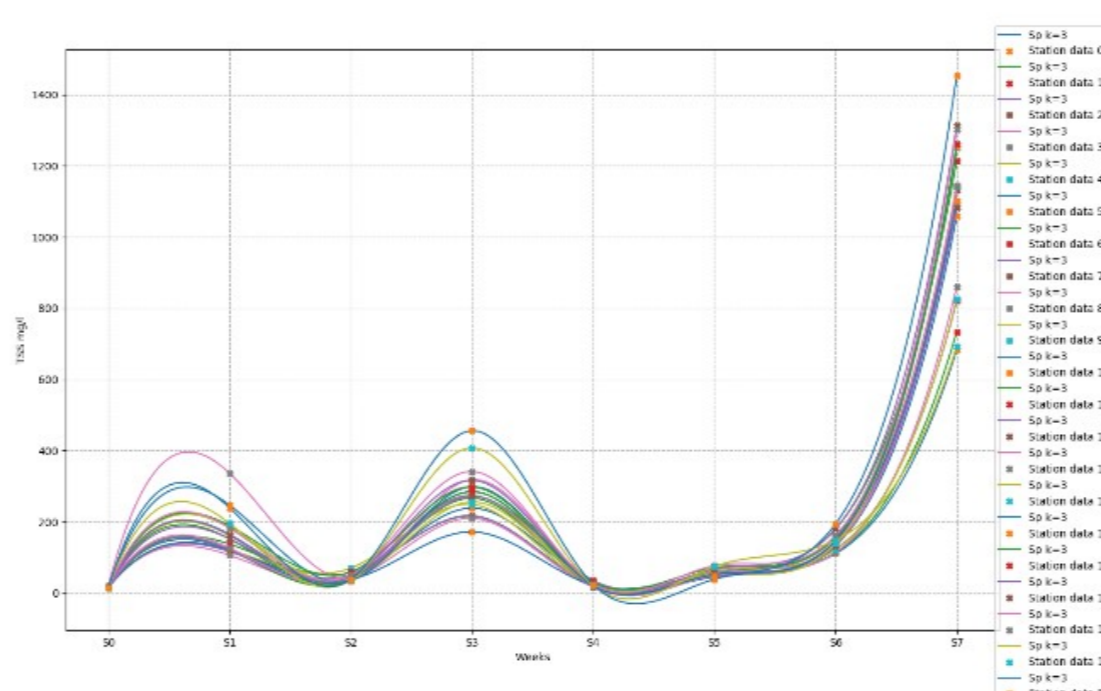


Figura 3: Resultado de interpolación de los valores de SST en cada estación durante 8 semanas de invierno

4. Series temporales

Los resultados que se obtuvieron de los monitoreos se utilizaron para realizar las series regulares; para tener una mejor representación de las 8 campañas en el caso del pH se promediaron los valores de cada estación y se obtuvo la serie para los nuevos datos. De manera similar se trabajó con el parámetro SST, con la diferencia que se utilizó la mediana, ya que hubo unas semanas en las que se presentaron datos atípicos debido a las fuertes lluvias.

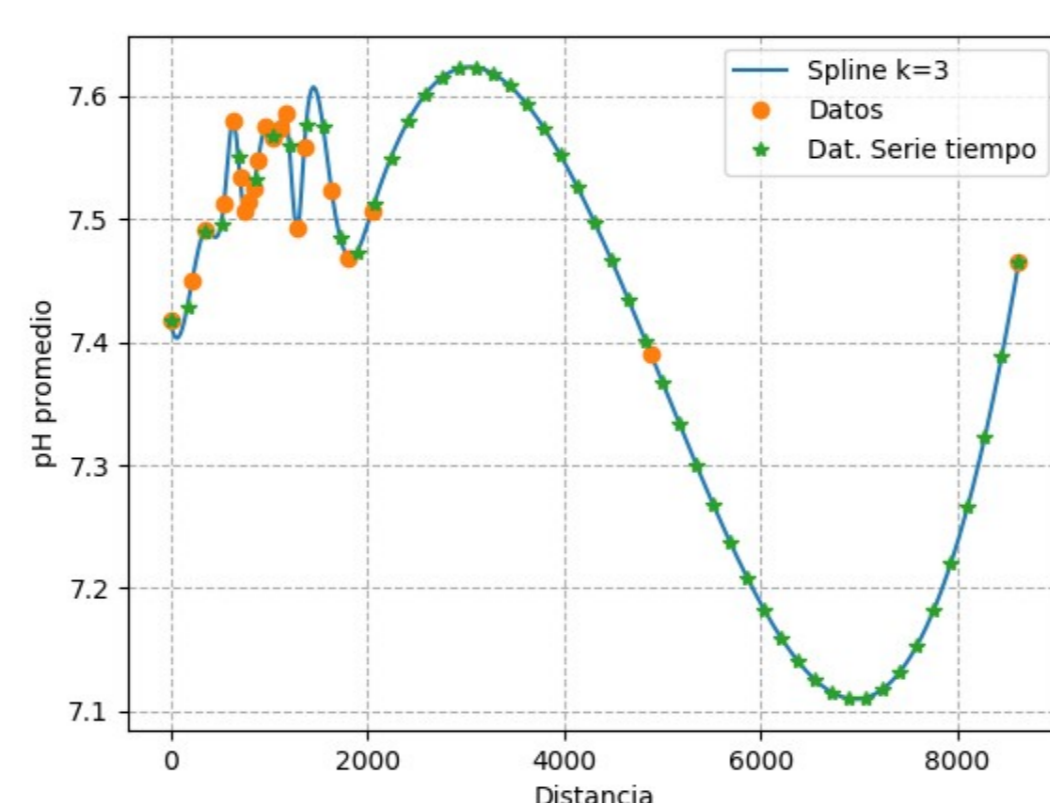


Figura 4: Serie temporal para el promedio del pH.

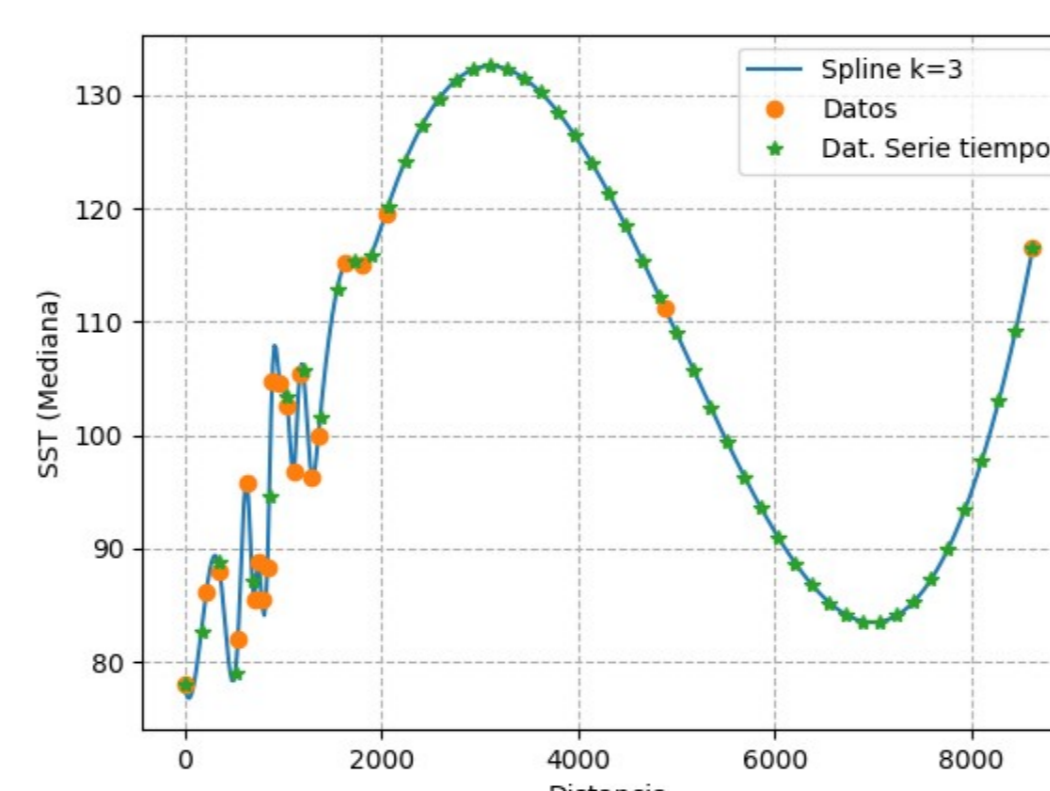


Figura 5: Serie temporal para la mediana del SST.

5. Modelo autorregresivo

Para conocer la interrelación de las variables medidas, SST y pH mencionadas anteriormente, se generaron dos series de tiempo regulares y se ajustó el modelo autorregresivo vectorial de segundo orden AR(2).

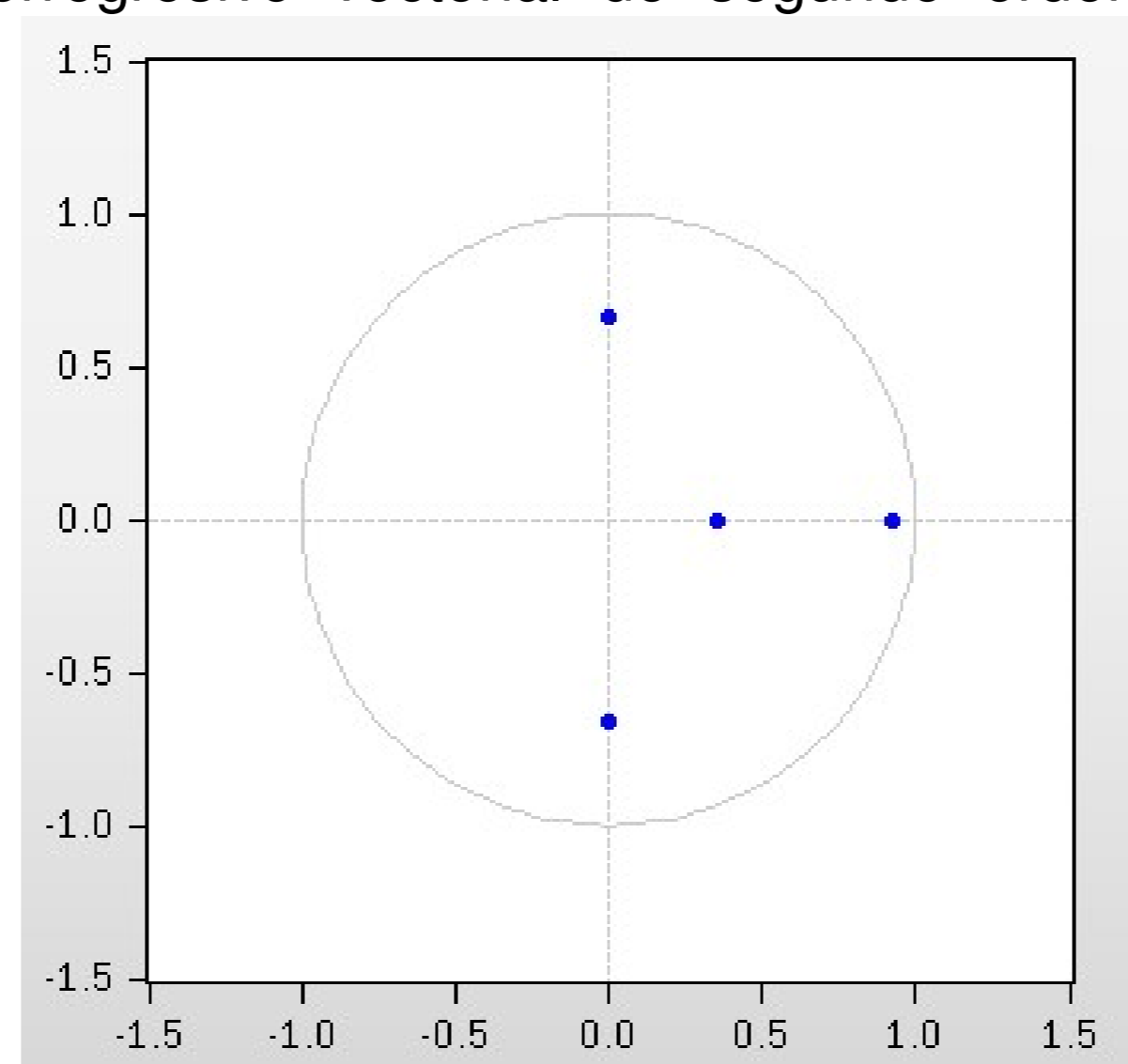


Figura 6: Prueba de estacionariedad de las series SST y pH en el programa estadístico Eviews.

El modelo es descrito por el siguiente sistema de ecuacio-

nes en diferencias.

$$pH_t = -0,050173502pH_{t-1} + \varepsilon_{1,t} \quad [1]$$

$$SST_t = 1,556550995pH_{t-1} + 10,84124632pH_{t-2} + \varepsilon_{2,t} \quad [2]$$

6. Resultados

1. En la interpolación del conjunto de datos se observa cierta tendencia en los valores de pH en todas las estaciones al pasar las semanas, excepto por dos semanas donde se obtuvieron valores de pH bajos en ciertas estaciones (ver Fig 2). En la Fig 3 se observa que todas las estaciones se comportan de manera similar al pasar las 8 semanas en cuanto al SST.
2. El modelo [1] y [2] interpreta lo siguiente: el pH depende solamente del pH en la etapa o estación anterior de manera negativa, más un error aleatorio y el SST depende del pH en las dos etapas anteriores de manera positiva. También, este modelo describe la interdependencia de las variables pH y SST

7. Conclusiones

1. Los resultados temporales mostraron un comportamiento del parámetro pH dentro de los valores permisibles establecidos en la resolución 0631 de 2015 [6], la cual establece los valores máximos permisibles para vertimientos puntuales como los del sector La María. Es así como el agua de esta fuente hídrica puede ser utilizada en los algunos procesos como la agricultura ya que no tienen ningún riesgo para tal fin. Sin embargo, con relación a los SST se evidenció altos valores en las semanas, especialmente en la última (semana 7) debido a las fuertes lluvias. Solamente en cuatro semanas se tuvieron valores de SST dentro de lo establecido por la normativa Colombiana como riesgo medio, pero aceptable para usos industriales, agrícolas o recreativos [6].
2. Es de importancia aclarar que los resultados obtenidos en este trabajo sólo son concluyentes para las variables estudiadas y tipo de muestreo utilizado. Además, los modelos autorregresivos vectoriales VAR son una herramienta basada en datos para mostrar la interrelación de las series estacionarias analizadas cuyas observaciones son regulares. Estos modelos se conforman por un sistema de ecuaciones en diferencias que describen las relaciones entre las variables, más no indican la causalidad entre las variables.

8. Agradecimientos

Se agradece a la Universidad del Quindío por el apoyo del proyecto 880 titulado "Modelación matemática de parámetros físicoquímicos para cuantificar el efecto de vertimientos en cuerpos de aguas superficiales".

Referencias

- [1] Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2014). Estudio Nacional del Agua. Panamericanas Formas e Impresos S.A.
- [2] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). Decreto Ley N° 3930 (2010). (Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo).
- [3] Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2011). Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA).
- [4] Google Maps. (2019). La María (armenia-calarcá). Obtenido de <http://cort.as/-MqM1>.
- [5] Ruiz, D C. (2017). Método de estimación de sólidos suspendidos totales como indicador de la calidad del agua mediante imágenes satelitales. Universidad Nacional de Colombia- Sede Bogotá.
- [6] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2015. Resolución N° 0631. (Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo).