



## **Modelamiento de la calidad del agua en el río Ambato utilizando series temporales**

Echeverría Amores, Johanna Polet y Escobar Mata, Andrea Natalia

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Sistemas de Gestión  
Ambiental

MSc. Guerrón Varela, Edgar Ramiro

01 de diciembre del 2021



Tesis Echeverria Escobar.docx

Scanned on: 16:48 March 8, 2022 UTC



Firmado electrónicamente por:  
EDGAR RAMIRO  
GUERRON VARELA



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	296
Words with Minor Changes	14
Paraphrased Words	308
Omitted Words	0



## Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

### Centro de Posgrados

#### Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, "Modelamiento de la calidad del agua en el Río Ambato utilizando series temporales" fue realizado por las señoras Echeverría Amores, Johanna Polet y Escobar Mata, Andrea Natalia, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 01 de diciembre del 2021



Formado electrónicamente por:  
EDGAR RAMIRO  
GUERRÓN VARELA

**Ing. Ramiro Guerrón, MSc.**  
C. C1707312698



**Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología**

**Centro de Posgrados**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotras, Echeverría Amores, Johanna Polet y Escobar Mata, Andrea Natalia, con cédulas de ciudadanía n° 1719818344 y n° 1803831658 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "Modelamiento de la calidad del agua en el Río Ambato utilizando series temporales", es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 1 de diciembre del 2021

**Echeverría Amores Johanna Polet**

C.C.: 1719818344

**Escobar Mata Andrea Natalia**

C.C.: 1803831658



**Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología**

**Centro de Posgrados**

**Autorización de Publicación**

Nosotras Echeverría Amores, Johanna Polet y Escobar Mata, Andrea Natalia, con cédulas de ciudadanía n° 1719818344 y n° 1803831658 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "Modelamiento de la calidad del agua en el Río Ambato utilizando series temporales" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 01 de diciembre del 2021

Echeverría Amores Johanna Polet

C.C.: 1719818344

Escobar Mata Andrea Natalia

C.C.: 1803831658

## Dedicatoria

A mi Andrés Salvador, mi corazón.

Johanna Polet Echeverría Amores

## Dedicatoria

A mi querida Devy Valentina, quién es el motor de mi vida.

Andrea Natalia Escobar Mata

## **Agradecimiento**

A Dios, a la Virgen María Auxiliadora, a mis padres Manuel y Gloria.

Johanna Polet Echeverría Amores



## **Agradecimiento**

A mis padres, Martha y Ramiro, quienes desde la infancia me han guiado y han sido soporte invaluable en este camino recorrido.

A mi querida hija, Devy Valentina, por ser paciente durante el tiempo que he dedicado a mi vida profesional.

Andrea Natalia Escobar Mata

**Índice General**

Dedicatoria .....	6
Dedicatoria .....	7
Agradecimiento .....	8
Agradecimiento .....	9
Resumen .....	21
Abstract .....	22
Introducción.....	23
Problema.....	23
Desarrollo del problema.....	23
Planteamiento del problema.....	25
Formulación del problema a resolver .....	25
Justificación e importancia.....	25
Objetivos .....	26
Objetivo General .....	26
Objetivos Específicos .....	26
Marco Teórico .....	27
Concepto del Agua .....	28
Parámetros de calidad del agua.....	29
Funciones del agua.....	34
Distribución del agua en la naturaleza .....	34
Clases de aguas contaminadas .....	35

Aguas Residuales Domésticas.....	36
Aguas Residuales Industriales.....	36
Agua Pluviales.....	37
Aguas Agrarias.....	38
Agua contaminada.....	38
Series Temporales.....	39
Calidad Ambiental.....	41
Contaminación.....	43
Principales Fuentes de Contaminación Hídrica.....	43
Control Ambiental.....	44
Calidad del río Ambato en el Ecuador.....	45
Marco Legal.....	46
Metodología.....	49
Tipo de Investigación.....	49
Área de Estudio.....	50
Muestreo.....	50
Clase y tamaño de la muestra.....	50
Determinación de Parámetros Físicos y Químicos.....	51
Recopilación, análisis y sistematización de información existente.....	53
Análisis de Resultados.....	54
Potencial de Hidrógeno (pH).....	54

	12
Potencial de Hidrógeno (pH): Modelo ARIMA.....	62
Temperatura.....	67
Temperatura: Modelo ARIMA.....	76
Turbiedad.....	82
Turbiedad: Modelo ARIMA.....	90
Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	97
Demanda Bioquímica de Oxígeno: Modelo ARIMA.....	106
Demanda Química de Oxígeno.....	112
Demanda Química de Oxígeno: Modelo ARIMA.....	120
Oxígeno Disuelto.....	126
Oxígeno Disuelto: Modelo ARIMA.....	134
Conductividad Eléctrica.....	140
Conductividad Eléctrica: Modelo ARIMA.....	149
Alcalinidad.....	155
Alcalinidad: Modelo ARIMA.....	164
Hierro.....	171
Hierro: Modelo ARIMA.....	179
Sulfatos.....	185
Sulfatos: Modelo ARIMA.....	193
Propuesta.....	199
Propuesta de gestión y manejo del río Ambato.....	199

Objetivo .....	200
Estrategia de Planificación .....	200
Estrategia de Educación Ambiental .....	201
Estrategia Económica .....	203
Conclusiones.....	205
Recomendaciones .....	207
Bibliografía .....	208

Anexos

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Indicadores de la calidad del agua.....	30
Tabla 2 Clasificación de la dureza del agua. ....	32
Tabla 3 Parámetros Físicos, Químicos y Microbiológicos. ....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución del Agua en la Tierra.....	35
Figura 2 Ejemplo de Series Temporales.....	41
Figura 3 Potencial de Hidrógeno en el punto Manzana Huaycu (Ra2).....	55
Figura 4 Potencial de Hidrógeno en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1).....	56
Figura 5 Potencial de Hidrógeno en el punto Ficoa el Sueño (Ra3).....	56
Figura 6 Potencial de Hidrógeno en el punto Socavón (Ra4).....	57
Figura 7 Potencial de Hidrógeno en el punto Viñas p3 (Ra5).....	58
Figura 8 Potencial de Hidrógeno en el punto Viñas p4 (Ra6).....	59
Figura 9 Potencial de Hidrógeno en el punto Río Culapachán (Rc1).....	60
Figura 10 Datos totales de Potencial de Hidrógeno en el Río Ambato.....	62
Figura 11 Modelo Arima (1,0,0) – RA2 Manzana Huaycu.....	62
Figura 12 Modelo Arima (0,0,1) – RA21 Molinos Tilulum.....	63
Figura 13 Modelo Arima (0,0,1) – RA5 Viñas P3.....	64
Figura 14 Modelo Arima (0,1,0) – RA4 Socavón.....	64
Figura 15 Modelo Arima (0,0,1) – RA5 Viñas P3.....	65
Figura 16 Modelo Arima (0,0,0) – RA6 Viñas P4.....	66
Figura 17 Modelo Arima (1,0,0) – RC1 Río Culapachán.....	66
Figura 18 Temperatura en el punto Manzana Huaycu (Ra2).....	68
Figura 19 Temperatura en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1).....	69
Figura 20 Temperatura en el punto Ficoa el Sueño (Ra3).....	70
Figura 21 Temperatura en el punto Socavón (Ra4).....	71
Figura 22 Temperatura en el punto Viñas p3 (Ra5).....	72
Figura 23 Temperatura en el punto Viñas p4 (Ra6).....	73
Figura 24 Temperatura en el punto Río Culapachán (Rc1).....	74
Figura 25 Datos totales de temperatura en el río Ambato.....	75

Figura 26 Modelo Arima (1,1,0) – RA2 Manzana Huaycu.....	76
Figura 27 Modelo Arima (0,1,0) – RA21 Molinos Tilulum.....	77
Figura 28 Modelo Arima (0,1,1) – RA3 Ficoa El Sueño.....	78
Figura 29 Modelo Arima (0,1,0) – RA4 Socavón.....	79
Figura 30 Modelo Arima (0,1,0) – RA5 Viñas P3.....	80
Figura 31 Modelo Arima (1,1,1) – RA6 Viñas P4.....	80
Figura 32 Modelo Arima (0,1,0) – RC1 Río Culapachán.....	81
Figura 33 Turbiedad en el punto Manzana Huaycu (Ra2).....	83
Figura 34 Turbiedad en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1).....	84
Figura 35 Turbiedad en el punto Ficoa el Sueño (Ra3).....	85
Figura 36 Turbiedad en el punto Socavón (Ra4).....	86
Figura 37 Turbiedad en el punto Viñas p3 (Ra5).....	87
Figura 38 Turbiedad en el punto Viñas p4 (Ra6).....	88
Figura 39 Turbiedad en el punto Río Culapachán (Rc1).....	89
Figura 40 Datos totales de turbiedad en Río Ambato.....	90
Figura 41 Modelo Arima (0,0,0) – RA2 Manzana Huaycu.....	90
Figura 42 Modelo Arima (0,1,0) – RA21 Molinos Tilulum.....	91
Figura 43 Modelo Arima (1,1,1) – RA3 Ficoa El Sueño.....	92
Figura 44 Modelo Arima (0,1,2) – RA4 Socavón.....	93
Figura 45 Modelo Arima (0,1,1) – RA5 Viñas P3.....	94
Figura 46. Modelo Arima (0,1,1) – RA6 Viñas P4.....	95
Figura 47 Modelo Arima (1,1,1) – RC1 Río Culapachán.....	96
Figura 48 Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Manzana Huaycu (Ra2).....	98
Figura 49 Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1)...	99
Figura 50 Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Ficoa el Sueño (Ra3).....	100
Figura 51 Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Socavón (Ra4).....	101



Figura 52 Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Viñas p3 (Ra5) .....	102
Figura 53 Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Viñas p4 (Ra6) .....	103
Figura 54 Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Río Culapachán (Rc1).....	104
Figura 55 Demanda Bioquímica de Oxígeno en Río Ambato. ....	105
Figura 56 Modelo Arima (0,0,0) – RA2 Manzana Huaycu.....	106
Figura 57 Modelo Arima (1,0,0) – RA21 Molinos Tilulum.....	107
Figura 58 Modelo Arima (0,0,0) – RA3 Ficoa El Sueño.....	108
Figura 59 Modelo Arima (1,0,1) – RA4 Socavón. ....	109
Figura 60 Modelo Arima (1,0,0) – RA5 Viñas P3.....	110
Figura 61 Modelo Arima (1,0,0) – RA6 Viñas P4.....	111
Figura 62 Modelo Arima (0,1,1) (0,0,1) – RC1 Río Culapachán. ....	112
Figura 63 Demanda Química de Oxígeno en el punto Manzana Huaycu (Ra2).....	113
Figura 64 Demanda Química de Oxígeno en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1) .....	114
Figura 65 Demanda Química de Oxígeno en el punto Ficoa el Sueño (Ra3).....	115
Figura 66 Demanda Química de Oxígeno en el punto Socavón (Ra4).....	116
Figura 67 Demanda Química de Oxígeno en el punto Viñas p3 (Ra5).....	117
Figura 68 Demanda Química de Oxígeno en el punto Viñas p4 (Ra6).....	118
Figura 69 Demanda Química de Oxígeno en el punto Río Culapachán (Rc1) .....	119
Figura 70 Demanda Química de Oxígeno en río Ambato .....	120
Figura 71 Modelo Arima (1,0,0) – RA2 Manzana Huaycu.....	120
Figura 72 Modelo Arima (1,0,0) – RA21 Molinos Tilulum.....	121
Figura 73 Modelo Arima (0,0,0) – RA3 Ficoa El Sueño.....	122
Figura 74 Modelo Arima (1,0,0) – RA4 Socavón. ....	123
Figura 75 Modelo Arima (1,0,0) – RA5 Viñas P3.....	124
Figura 76 Modelo Arima (1,0,0) – RA6 Viñas P4.....	125
Figura 77 Modelo Arima (1,0,0) – RC1 Río Culapachán. ....	126

Figura 78 Oxígeno Disuelto en el punto Manzana Huaycu (Ra2).....	127
Figura 79 Oxígeno Disuelto en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1).....	128
Figura 80 Oxígeno Disuelto en el punto Ficoa el Sueño (Ra3).....	129
Figura 81 Oxígeno Disuelto en el punto Socavón (Ra4).....	130
Figura 82 Oxígeno Disuelto en el punto Viñas p3 (Ra5).....	131
Figura 83 Oxígeno Disuelto en el punto Viñas p4 (Ra6).....	132
Figura 84 Oxígeno Disuelto en el punto Río Culapachán (RC1).....	133
Figura 85 Oxígeno Disuelto en Río Ambato. ....	134
Figura 86 Modelo Arima (0,0,1) – RA2 Manzana Huaycu.....	134
Figura 87 Modelo Arima (1,0,0) – RA21 Molinos Tilulum.....	135
Figura 88 Modelo Arima (1,0,0) – RA3 Ficoa El Sueño.....	136
Figura 89 Modelo Arima (0,0,2) – RA4 Socavón. ....	137
Figura 90 Modelo Arima (0,0,1) – RA5 Viñas P.....	138
Figura 91 Modelo Arima (0,0,1) – RA6 Viñas P4.....	139
Figura 92 Modelo Arima (0,0,0) – RC1 Río Culapachán. ....	140
Figura 93 Conductividad eléctrica en el punto Manzana Huaycu (Ra2). ....	141
Figura 94 Conductividad eléctrica en el punto Molinos de Tilulum (RA2.1).....	142
Figura 95 Conductividad eléctrica en el punto Ficoa el Sueño (Ra3).....	143
Figura 96 Conductividad eléctrica en el punto Socavón (Ra4).....	143
Figura 97 Conductividad eléctrica en el punto Viñas P3 (Ra5). ....	144
Figura 98 Conductividad eléctrica en el punto Viñas P4 (Ra6). ....	145
Figura 99 Conductividad eléctrica en el punto Río Culapachán (RC1).....	146
Figura 100 Conductividad Eléctrica en río Ambato.....	148
Figura 44 Modelo Arima (0,1,0) – RA2 Manzana Huaycu.....	149
Figura 102 Modelo Arima 1, (0,0) – RA21 Molinos Tilulum.....	150
Figura 103 Modelo Arima (0,0,1) – RA3 Ficoa El Sueño.....	151

Figura 104 Modelo Arima (2,0,1) – RA4 Socavón.....	152
Figura 105 Modelo Arima (1,0,0) – RA5 Viñas P3.....	153
Figura 106 Modelo Arima (1,0,0) – RA6 Viñas P4.....	154
Figura 107 Modelo Arima (1,0,0) – RC1 Río Culapachán.....	155
Figura 108 Alcalinidad en el punto Manzana Huaycu (Ra2).....	156
Figura 109 Alcalinidad en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1).....	157
Figura 110 Alcalinidad en el punto Ficoa el Sueño (Ra3).....	158
Figura 111 Alcalinidad en el punto Socavón (Ra4).....	159
Figura 112 Alcalinidad en el punto Viñas p3 (Ra5).....	160
Figura 113 Alcalinidad en el punto Viñas p4 (Ra6).....	161
Figura 114 Alcalinidad en el punto Río Culapachán (Rc1).....	162
Figura 115 Alcalinidad en el Río Ambato.....	163
Figura 116 Modelo Arima (1,1,0) – RA2 Manzana Huaycu.....	164
Figura 117 Modelo Arima (1,0,0) – RA21 Molinos Tilulum.....	165
Figura 118 Modelo Arima (0,1,0) – RA3 Ficoa El Sueño.....	166
Figura 119 Modelo Arima (1,0,0) – RA4 Socavón.....	167
Figura 120 Modelo Arima (1,0,0) – RA5 Viñas P3.....	168
Figura 121 Modelo Arima (1,0,0) – RA6 Viñas P4.....	169
Figura 122 Modelo Arima (0,1,1) – RC1 Río Culipachán.....	170
Figura 123 Hierro en el punto Manzana Huaycu (Ra2).....	172
Figura 124 Hierro en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1).....	173
Figura 125 Hierro en el punto Ficoa el Sueño (Ra3).....	174
Figura 126 Hierro en el punto Socavón (Ra4).....	175
Figura 127 Hierro en el punto Viñas p3 (Ra5).....	176
Figura 128 Hierro en el punto Viñas p4 (Ra6).....	177
Figura 129 Hierro en el punto Río Culapachán (Rc1).....	178

Figura 130 Hierro en el Río Ambato.....	179
Figura 131. Modelo Arima (0,1,1) – RA2 Manzana Huaycu.....	179
Figura 132 Modelo Arima (0,0,0) – RA21 Molinos Tilulum.....	180
Figura 133 Modelo Arima (0,1,0) – RA3 Ficoa El Sueño.....	181
Figura 134 Modelo Arima (1,0,1,0) – RA4 Socavón .....	182
Figura 135 Modelo Arima (1,0,0) – RA5 Viñas P3.....	183
Figura 136 Modelo Arima (0,0,0) – RA6 Viñas P4.....	184
Figura 137 Modelo Arima (1,0,0) – RC1 Río Culapachán.....	185
Figura 138 Sulfatos en el punto Manzana Huaycu (Ra2).....	186
Figura 139 Sulfatos en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1).....	187
Figura 140 Sulfatos en el punto Ficoa el Sueño (Ra3).....	188
Figura 141 Sulfatos en el punto Socavón (Ra4) .....	189
Figura 142 Sulfatos en el punto Viñas p3 (Ra5) .....	190
Figura 143 Sulfatos en el punto Viñas p4 (Ra6) .....	191
Figura 144 Sulfatos en el punto Río Culapachán (Rc1) .....	192
Figura 145 Sulfatos en el punto Río Culapachán (Rc1) .....	193
Figura 146 Modelo Arima (1,0,0) – RA2 Manzana Huaycu.....	193
Figura 147 Modelo Arima (1,0,0) – RA21 Molinos Tilulum.....	194
Figura 148 Modelo Arima (0,0,1) – RA3 Ficoa El Sueño.....	195
Figura 149 Modelo Arima (2,0,0) – RA4 Socavón.....	196
Figura 150 Modelo Arima (1,0,0) – RA5 Viñas P3.....	197
Figura 151 Modelo Arima (0,1,0) – RA6 Viñas P4.....	198
Figura 152 Modelo Arima (1,1,1) – RC1 Río Culapachán.....	198

## Resumen

En la ciudad de Ambato la cuenca del río principal recibía las descargas provenientes del área urbana y de las actividades industriales sin ningún tipo de tratamiento por lo que se han producido alteraciones graves en la calidad de agua. Con el presente estudio denominado “Modelamiento de la calidad del agua en el río Ambato utilizando series temporales” se realizará un modelado de las características fisicoquímicas de la fuente hídrica a partir de conocimiento que tenemos de dicha cuenca y así poder ver el comportamiento de las variables en el tiempo.

Para el cumplimiento del objetivo se procedió a evaluar la contaminación del agua mediante la recolección de información obtenida en el Municipio de Ambato donde consta el muestreo de 7 puntos durante los 12 meses de los años 2014-2018; se evaluaron parámetros físico-químicos y se utilizó el software “R” para la realización de series temporales y para la comparación de resultados y su respectivo análisis.

Además, con los resultados obtenidos se procedió a la elaboración de una propuesta para mitigar el impacto de la contaminación en el río Ambato.

En cuanto a los resultados, se obtuvo que, en los 7 parámetros analizados, las concentraciones estuvieron dentro los límites máximos permisibles que exige la Normativa Ecuatoriana; sin embargo, en algunos puntos, las concentraciones sobrepasaron estos valores, debido a la contaminación presente.

### Palabras Clave:

- **CALIDAD DEL AGUA**
- **RÍO AMBATO**
- **SERIES TEMPORALES**
- **CONTAMINACIÓN**
- **NORMATIVA ECUATORIANA**

### **Abstract**

In the city of Ambato, the main river basin received discharges from the urban area and industrial activities without any type of treatment, which is why there have been serious alterations in water quality. With the present study called "Modeling of water quality in the Ambato River using time series" a modeling of the physicochemical characteristics of the water source will be carried out based on the knowledge we have of said basin and thus be able to see the behavior of the variables in the time.

In order to fulfill the objective, water contamination was evaluated by collecting information obtained in the Municipality of Ambato, which includes the sampling of 7 points during the 12 months of the years 2014-2018; Physical-chemical parameters were evaluated and the "R" software was used to perform time series and for the comparison of results and their respective analysis. In addition, with the results obtained, a proposal was prepared to mitigate the impact of pollution on the Ambato River.

Regarding the results, it was obtained that, in the 7 parameters analyzed, the concentrations were within the maximum permissible limits required by the Ecuadorian Regulations (TULSMA); however, in some points, the concentrations exceeded these values, due to the contamination present.

#### **Keywords:**

- **WATER QUALITY**
- **AMBATO RIVER**
- **TIME SERIES**
- **POLLUTION**
- **ECUADORIAN REGULATIONS**

## Introducción

La presente investigación está basada en el modelamiento de la calidad del agua en el río Ambato utilizando series temporales empleando el software “R”, debido a que el agua es esencial para la vida humana, los entornos naturales, los ecosistemas acuáticos y el bienestar económico, el uso eficiente del agua es trascendental para que exista un equilibrio entre el desarrollo del ser humano y el medio ambiente, es así que los países que logren alcanzar la seguridad hídrica sufrirán menos efectos del cambio climático.

La contaminación de los ríos en Ecuador se considera grave, ya que éstos han sido receptores de aguas servidas tanto domésticas como industriales, de efluentes agrícolas, las cuales podrían contener minerales de cobre, grasas, aceites y los detergentes, lo que ha provocado alteraciones químicas y biológicas en el agua, siendo estas las principales causas de contaminación (Carvajal, 2017).

Con el fin de analizar el estado ecológico de los sistemas hídricos y predecir la respuesta de estos sistemas frente a diferentes situaciones; los modelos de calidad de agua son una valiosa herramienta.

En el presente estudio se utilizarán series temporales en el programa estadístico R para modelar la calidad del agua del río Ambato en el tramo comprendido entre Llangahua y Las Viñas, y de esta manera conocer el comportamiento de los momentos no observados que pueden ser futuros, intermedios o pasados.

### **Problema**

#### ***Desarrollo del problema***

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el agua contaminada como aquella cuya composición fue alterada de modo que no reúna las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural, por cuanto no hace referencia de

algún recurso natural común, debido a que se trata del recurso principal que tiene el ser humano para la vida.

Sin embargo, en la actualidad, la contaminación de las fuentes de agua más importantes, como mares, ríos, océanos, canales, sigue en incremento, haciéndose cada día más severas, lo cual se manifiesta en el hecho de que cerca de 5 millones de personas en el mundo mueren por beber agua contaminada (Trinca Figuera, 2005), y a medida que pasa el tiempo la situación del agua constituye un tema político y geoestratégico de gran importancia, ya que de ella depende el desarrollo y la subsistencia de las sociedades ( Navarro, 2004).

Según el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (2014), existe a nivel nacional una escorrentía específica de 1600 mm/año, muy superior a la media mundial que es de 300 mm/año, por lo tanto, el Ecuador es un país rico en recursos hídricos.

Sin embargo, la contaminación del agua es un problema muy evidente en la actualidad. Los efluentes tanto industriales como domésticos que se descargan en los cuerpos hídricos sin ningún tratamiento, son las mayores fuentes de contaminación, además de la contaminación agrícola y pecuaria.

En análisis ecológicos de la microcuenca media del río Ambato, se ha observado que los ecosistemas acuáticos de la misma, han sido afectados directamente por la disminución del caudal del río y por las aguas residuales que genera la ciudad (Carvajal, 2017).

El río Ambato al ser un ecosistema altamente vulnerable cuenta con normativas vigentes, reguladoras de los contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos, para así alcanzar condiciones ambientales libres de contaminación, por las razones presentadas, nace la necesidad de que la ciudad de Ambato cuente con un modelo de la calidad del agua de su río principal, con el fin de que se convierta en una herramienta para tomar decisiones que contribuyan a la sostenibilidad y el buen vivir.



### **Planteamiento del problema**

El comportamiento de los contaminantes en el agua a lo largo del tiempo, no se ha determinado con un estudio exhaustivo.

En el análisis ecológico de la microcuenca media del río Ambato, se ha observado que los ecosistemas acuáticos de la misma están siendo afectados directamente por la disminución del caudal del río y por el vertimiento de las aguas residuales que genera la ciudad (Carvajal, 2017). Durante varios años, el GAD Municipalidad de Ambato ha estado midiendo los parámetros químicos de calidad del agua del río Ambato que determina la norma; sin embargo, estos datos no se han utilizado para generar políticas de mejoramiento o solución; por tanto, el desconocimiento del comportamiento de la contaminación a lo largo del tiempo en el agua del río Ambato, ocasiona una posible gestión no apropiada.

### **Formulación del problema a resolver**

1. ¿Cómo ha evolucionado la contaminación del agua del río Ambato desde el año 2014 al 2017?
2. ¿Existen diferencias en los aportes de contaminación del río Ambato a través del tiempo?
3. ¿Cuál será la alternativa complementaria más viable para reducir la contaminación?

### **Justificación e importancia**

El presente proyecto fue vital para la ciudadanía ambateña, ya que se determinó el comportamiento de los contaminantes del agua del río Ambato, aplicando análisis de series temporales, que permitió conocer la tendencia de las características del agua contaminada.

Además, se trata de un proyecto factible debido a que se cuenta con datos del monitoreo de calidad de agua del río Ambato que ha realizado el GAD Municipalidad de Ambato desde el año 2014 y su análisis a través del estudio de series temporales.

Por medio de este proyecto se generó una herramienta que contribuyó a la gestión de la calidad del agua del cantón, ya que el modelo visibilizó el comportamiento de los contaminantes a lo largo del tiempo.

En esta investigación se otorga información anticipada de los efectos de los contaminantes presentes en el Río Ambato para de esta forma valorar el resultado de varias políticas de gestión y control.

Con la elaboración del presente proyecto se proporcionará una fuente de investigación muy importante, porque la información plasmada es adecuada y confiable del comportamiento del contaminante en el agua para determinar las acciones de remediación o prevención adecuadas. Este trabajo servirá como base para mejorar las reacciones de episodios futuros.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

- Modelar la calidad del agua en el río Ambato utilizando series temporales.

### ***Objetivos Específicos***

- Evaluar la contaminación del agua del río Ambato mediante series temporales.
- Determinar la alternativa complementaria más viable para la gestión del mejoramiento de la calidad del agua del río Ambato.

## Marco Teórico

El agua es la sustancia más abundante en el planeta y constituye el medio ideal y fundamental para la vida. La calidad de este recurso depende de los factores naturales y de la acción humana, la utilización en distintas actividades industriales modifica las características físicas químicas del agua afectando los ecosistemas (Yáñez & Vásquez, 2015).

La determinación de cambios en la calidad del agua a largo plazo es un problema desafiante. Durante las últimas décadas, a ocurrido una creciente demanda en la monitorización de varios ríos mediante medidas regulares de diferentes variables de calidad de aguas. El resultado de este proceso es la acumulación de registros a corto o medio plazo, y la necesidad del estudio de estos datos con objeto de vislumbrar tendencias a largo plazo (Orozco & Polo, 2018).

Echavarría (2003), en su trabajo denominado “Algunas lecciones sobre la aplicación de pagos por la protección del agua con base en experiencias en Colombia y Ecuador”, menciona que el acceso al recurso hídrico necesario para cubrir las necesidades naturales de mantener y regenerar la calidad básica debe ser un derecho primordial del ciudadano. De tal forma, el agua debe proveerse a todos los ciudadanos de manera gratuita o a un bajo costo para aquellas comunidades de escasos recursos. Sin embargo, el agua que se consume más allá de la subsistencia, se vuelve un bien económico que debe ser pagado en forma progresiva; mientras más se usa más se debe cancelar por este servicio.

De acuerdo con un estudio denominado “Monitoring river health”, es importante conocer y proteger los ecosistemas fluviales y estudiar sus cambios en el tiempo, debido a que en los últimos años se han visto afectados por la contaminación antrópica, por lo tanto, se han generado criterios biológicos que permitan estimar el efecto de las intervenciones humanas en ellos (Carvajal, 2017).

Según Gil, Soto, Usma & Gutiérrez (2012), en el artículo “Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes”, se define que el agua es un recurso natural escaso, muy indispensable para la supervivencia de los seres humanos y el sostenimiento del medio ambiente, ya que a causa del rápido desarrollo humano y económico, y del uso inadecuado de sus recursos, ha sufrido un alarmante deterioro.

Durante décadas, varias toneladas de sustancias biológicamente activas, sintetizadas para su uso en la agricultura, la industria, la medicina, etc., han sido vertidas directamente al medio ambiente sin tomar en cuenta las terribles consecuencias. Al principio del siglo XIX, la contaminación se hizo notar por el problema de la escasez, adquiriendo proporciones alarmantes a causa del cambio climático y la creciente desertización que está sufriendo el planeta.

La lista de contaminantes emergentes incluye una amplia variedad de productos de uso diario con aplicaciones tanto industriales como domésticas. Algunos de ellos, a raíz de las intensas investigaciones llevadas a cabo en los últimos años, han sido incluidos en la lista de sustancias prioritarias en el agua (Barceló & López, 2008).

Según Borja (2000), en un estudio de series de tiempo analítico se compara las variaciones temporales de los niveles de exposición con otra serie de tiempo que refleja los cambios en la frecuencia de la enfermedad en la población de un área geográfica.

### **Concepto del Agua**

El agua es el principal e indispensable componente del cuerpo humano. El ser humano no puede estar sin beberla más de cinco o seis días sin poner en peligro su vida. El cuerpo humano tiene un 75% de agua al nacer y cerca del 60% en la edad adulta (Yáñez & Vásquez, 2015).

Es un compuesto con características únicas, importantes para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural (García, y otros, 2015).

El agua es la sustancia que más se encuentra sobre la tierra, es uno de los componentes primordiales de la naturaleza, importante para la vida de los seres vivos e imprescindible para gran parte de las funciones corporales. Se la puede encontrar en tres diferentes estados: líquida, sólida y en forma de gas o conocida como vapor (Donoso, 2013).

### ***Parámetros de calidad del agua***

Las propiedades son aquellas características que pueden distinguir al agua del resto de líquidos.

El agua es uno de los elementos más importantes desde el punto de vista físico-químico; de tal forma, que sus temperaturas de cambio de estado han sido tomadas como referencia, a pesar de que su punto de congelación y ebullición sean anormales (Quintuña & Samaniego, 2016).

Para el desarrollo del presente proyecto se realizó una caracterización fisicoquímica del agua, que se basa en la combinación de distintos parámetros que facilitaron una visión general, cuyos valores serán comparados con los límites establecidos en la normativa vigente para establecer su cumplimiento.

En la tabla 1, se muestran los indicadores que se utilizaron en este trabajo para la evaluación de la calidad del río Ambato.

**Tabla 1**

*Indicadores de la calidad del agua.*

INDICADORES	CARACTERÍSTICAS
<b>Fisicoquímicos</b>	ph, Temperatura, Turbiedad, DBO, DQO, Oxígeno disuelto, Hierro, Sulfatos, Alcalinidad,

Nota: Parámetros físicoquímicos de la calidad del agua.

#### **Parámetros Físicos:**

El agua a temperatura ambiente es un líquido inodoro, insípido, incoloro y mal conductor de la electricidad, además para que el agua pueda ser consumida no debe tener parásitos, bacterias o virus que pueda ocasionar alguna enfermedad (Donoso, 2013).

**Color:** Es la capacidad de absorber radiaciones en el campo del espectro visibles. Es un indicador de la contaminación del agua.

Existen dos tipos de color: el verdadero y aparente. El primero se obtiene posterior a la eliminación de la turbiedad; mientras que el segundo es el resultado de las sustancias disueltas y minerales suspendidas en el agua. El color se mide en unidades de platino cobalto (U-Pt-Co) (Arpi & Yunga, 2017).

**Turbiedad:** Es una característica óptica muy importante asociada con la calidad del agua. El agua clara tiene un bajo nivel de turbidez y el agua turbia o lodosa tiene un nivel de turbidez elevado. Estos niveles altos son ocasionados por partículas suspendidas en el agua (Quintuña & Samaniego, 2016).

**pH:** Es la medición de la concentración de los iones hidronio. El pH neutro (7) es el ideal para el agua pura, valores menores a 7 pertenecen a aguas ácidas y dan lugar a la corrosión de sustancias metálicas que tengan contacto con ella, pero si son muy ácidas se debe añadir un álcali para mejorar el proceso de coagulación. Cuando los valores son mayores a 7, las aguas son básicas y pueden formar incrustaciones.

Además, se debe tomar en cuenta que a medida que incrementa la temperatura también aumenta el pH (Donoso, 2013).

**Conductividad:** Es una medida de la actividad eléctrica de los iones en una disolución. Se expresa en unidades de microsiemen por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y se mide con un conductivímetro. El agua químicamente pura tiene conductividad eléctrica muy baja. La presencia de sustancias iones con carga eléctrica hace que el agua conduzca electricidad (Zhen, 2009).

#### **Parámetros Químicos:**

**Alcalinidad:** Se realiza mediante el análisis volumétrico y permite determinar la capacidad del agua para neutralizar ácidos o aceptar protones. Factores como el pH, la temperatura, la composición inicial del agua y la fuerza iónica influyen en este parámetro; la alcalinidad está determinada por ácidos débiles como: bicarbonatos, carbonatos, hidroxilos, sulfuros, bisulfuros, silicatos y fosfatos.

La alcalinidad es un factor importante en el proceso de potabilización del agua ya que reacciona con los coagulantes utilizados y, además, debido a la alcalinidad puede provocar incrustaciones en las tuberías (Zhen, 2009).

**Dureza:** Se forma por la unión de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, siendo las más comunes las de calcio y magnesio. Está asociado con el consumo de más jabón o detergente durante el lavado (Barrenechea, 2010).

La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad. De forma general, se puede considerar que el agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100mg/L. El agua dura puede formar depósitos y llegar a causar obstrucciones que impida el paso total del agua por las tuberías de distribución domiciliaria (Barrenechea, 2010).

La medición se realiza de manera volumétrica titulando con EDTA. La unidad que se mide es en mg/L.

**Tabla 2**

*Clasificación de la dureza del agua.*

Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Tipos de Agua
0 – 60	Blanda
61 – 120	Moderadamente dura
121 – 180	Dura
>180	Muy dura

Fuente: OMS (2007).

**Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días:** La DBO es la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias durante cinco días a 20 °C. Se define como la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial, antes de la incubación, y el remanente después de cinco días de incubación a 20 °C (Barrenechea, 2010).

La DBO<sub>5</sub> presente en aguas residuales es un indicador de materia biodegradable, como ocurre de manera frecuente en aguas residuales municipales. Es una manera de estimar la cantidad de oxígeno que se necesita para estabilizar el carbono orgánico y de conocer con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias en las aguas residuales (Pazmiño & Villamarín, 2018).

**Sulfatos:** Son los aniones más comunes de las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Las altas concentraciones tienden a formar incrustaciones en las calderas y en los intercambiadores de calor, además puede proporcionar sabor al agua y podría tener efecto laxante cuando se encuentra presente el magnesio (Quintuña & Samaniego, 2016).

**Compuestos nitrogenados:** Son compuestos esenciales para los procesos vitales de plantas y animales, los cuales producen cambios de los estados de oxidación del nitrógeno. Los compuestos nitrogenados nitratos, nitritos y amonio son considerados



como indicadores químicos de contaminación fecal, al igual que la materia orgánica y la demanda bioquímica de oxígeno.

Los nitratos, nitritos y amonio se producen en los procesos de diseminación y nitrificación que sufre la materia orgánica tras la contaminación fecal, a expensas de la propia flora microbiana de las heces (Carangui, 2016).

**Parámetros Biológicos: La evaluación de la calidad del agua por parámetros biológicos es una alternativa que se ha ido utilizando a nivel mundial (Vizúete, 2013).**

Muchas enfermedades son transmitidas por vía fecal-oral mediante un transporte como los alimentos y el agua, por lo tanto, se necesitan cuantificar los microorganismos que funcionan como indicadores de contaminación fecal. El grupo coliforme es constante y abundante, de tal manera, que estos microorganismos se utilizan como indicadores de contaminación fecal en el agua; por consiguiente, a mayor número de coliformes en el agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente (Arpi & Yunga, 2017).

**Coliformes totales:** Las bacterias *coliformes totales* están conformadas por todos los bacilos de Gram-negativos aerobios o anaerobios, facultativos, no esporulados, los cuales son perjudiciales para la salud (Pazmiño & Villamarín, 2018). Se encuentran en el intestino del hombre y de los animales, además, se los puede encontrar en otros ambientes como: agua, suelo, plantas, etc.

La presencia de coliformes totales en el agua potable muestra una contaminación que se puede dar por fallas en el tratamiento, en la distribución o a nivel de las redes domiciliarias (Reascos, 2010).

**Coliformes fecales:** Las bacterias *coliformes fecales* están formadas por las bacterias Gram negativas, la más común es la *Escherichia Coli*. La presencia en el agua residual de estos microorganismos muestra que el agua ha sido contaminada por heces

fecales y puede provocar enfermedades como la cólera y disentería (Pazmiño & Villamarín, 2018).

### ***Funciones del agua***

El agua cumple una función muy importante en los seres vivos para su supervivencia y para un adecuado funcionamiento de su organismo debido a que un gran porcentaje del cuerpo humano está compuesto por agua (Agustín, 2012).

**Función termorreguladora:** el agua tiene un elevado calor específico convirtiéndola en un buen amortiguador térmico, de tal forma, que impide que los cambios drásticos de temperatura externa afecten al organismo.

**Función disolvente:** el agua es capaz de disolver muchas sustancias polares y no polares. Esto es muy importante en el ser vivo debido a que permite el transporte de sustancias disueltas en el organismo y ocasiona las reacciones químicas del metabolismo celular.

**Función estructural:** la elevada fuerza de cohesión-adhesión que existe entre las moléculas de agua, permite que las células del organismo tengan una forma y un volumen determinado.

**Función mecánica:** el agua al disolver varias sustancias a diferentes concentraciones, produce líquidos con la viscosidad correcta para actuar de lubricante y amortiguador de movimientos bruscos en las articulaciones, músculos y tendones.

**Función química:** la disociación iónica del agua le permite intervenir en muchas reacciones químicas del organismo.

### ***Distribución del agua en la naturaleza***

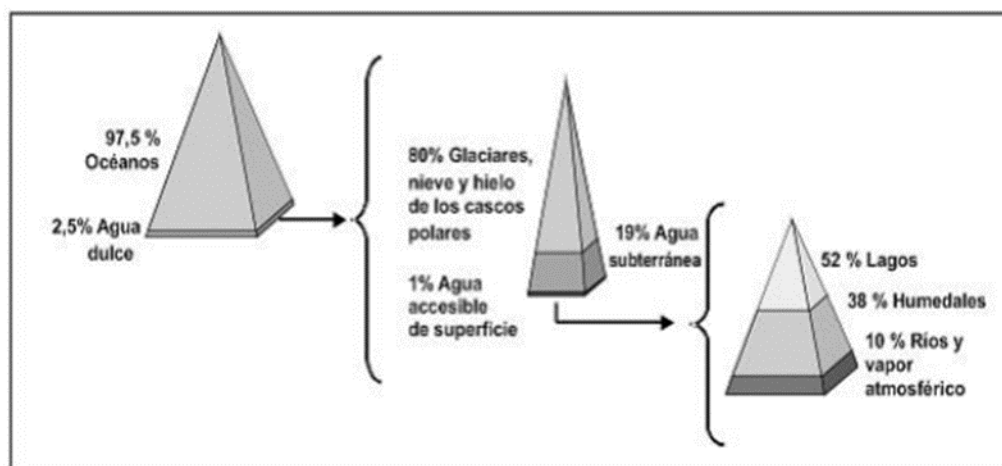
El agua cubre más del 70 % de la superficie terrestre; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, y en el suelo. Es el principal sustento de la vida, se encarga de regular el clima del mundo. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en procesos metabólicos; tiene una gran capacidad

calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela. Con su movimiento puede modelar el paisaje y afectar el clima (Fernández, 2012).

Los océanos poseen el 97,5 % del agua del planeta. Solamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1%. Esta baja cantidad de agua de superficie fácilmente accesible, se encuentra principalmente en lagos (52%) y humedales (38%).

### Figura 1

*Distribución del Agua en la Tierra.*



Fuente: (Fernández, 2012)

### Clases de aguas contaminadas

La contaminación del agua puede definirse de varias formas, entre las cuales es la que hace referencia a la acumulación de una o más sustancias ajenas al agua que se han recolectado hasta tal magnitud que generan una gran cantidad de consecuencias, entre las cuales se tiene el desequilibrio en la vida de seres vivos como animales, plantas e incluso personas susceptibles de distintas enfermedades (Cumbre Pueblos, 2017).

Las aguas residuales son aquellas cuyas características originales se han modificado por actividades humanas y debido a este cambio requieren un tratamiento previo antes de ser reusadas o vertidas a un cuerpo hídrico o su descarga al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014)

### ***Aguas Residuales Domésticas.***

Son desechos líquidos provenientes de viviendas institucionales y establecimientos comerciales.

Las aguas residuales domésticas tienen una composición más o menos uniforme, que facilita su depuración o tratamiento, y las distingue muy claro de las aguas residuales industriales, cuya variedad es muy complicada de definir. Sin embargo, aunque provenga solamente de efluentes domésticos, la composición puede variar de acuerdo a factores como son los hábitos alimenticios, consumo de agua, de productos de limpieza en el hogar, etc. (Espigares & Pérez, 1985).

La cantidad de aguas residuales domésticas por lo común se determina a partir del uso del agua y se conoce que solamente el 70% al 90% del agua suministrada llega al sistema de alcantarillado (Barba, 2002).

### ***Aguas Residuales Industriales.***

Desechos líquidos provenientes de la industria. Dependiendo de las industrias podrían contener, además de residuos tipo doméstico, desechos de los procesos industriales.

Las aguas residuales industriales se producen por la actividad industrial, las mismas pueden ser: aguas de proceso, limpieza, refrigeración, etc., ya que poseen contaminantes de naturaleza muy diferente (Condorchem envitech, 2017).

El agua utilizada en procesos industriales, debe tener un tratamiento antes de ser vertida con independencia, de si se devuelve al medio natural o de si se vierte a la red de saneamiento (Barceló & López, 2008).

### **Problemática general de las aguas residuales**

La contaminación de las aguas es uno de los factores que rompen la armonía entre el ser humano y su medio; no sólo de forma inmediata sino también a mediano y largo plazo; por lo tanto, la prevención y lucha contra dicha contaminación constituye actualmente una necesidad de importancia prioritaria.

En la actualidad la generación *per cápita* de aguas residuales urbanas se encuentra entre 150 – 400 L/hab día; mientras que en zonas rurales es menor a 150 L/hab día (Pazmiño & Villamarín, 2018).

La falta de tratamiento para las aguas residuales en las ciudades ocasiona una gran cantidad de desechos de aguas contaminadas que perjudican al medio ambiente. La mayoría de esas aguas es descargada en los ríos, lagos, mares, en los suelos a cielo abierto o en el subsuelo por medio de los conocidos pozos sépticos y rellenos sanitarios (Rodríguez, 2017).

Una de las medidas esenciales para evitar la contaminación consiste en no vertimiento de aguas residuales sin tratamiento a los cuerpos hídricos que abastecen a las ciudades y a sus industrias (Loayza, 2009).

#### ***Agua Pluviales.***

Son las aguas de la escorrentía superficial, provocada por las precipitaciones atmosféricas (lluvia, nieve, granizo). Las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la atmósfera y por el lavado de superficies de terreno.

El desagüe de la precipitación pluvial de la difusión de la nieve y del lavado de las calles se encuentra menos contaminado que las aguas domiciliarias e industriales, por lo tanto, recibe poco o ningún tratamiento antes de su descarga a los colectores de agua lluvia (Barba, 2002).

La cantidad de desagüe de aguas pluviales de un municipio varía en gran parte con la época del año, el tipo de terreno y la intensidad y duración de las tormentas que se producen.

### ***Aguas Agrarias.***

Son aguas que provienen de actividades agrícolas y ganaderas. Se refiere principalmente a las procedentes exclusivamente de la actividad agrícola, aunque este concepto está muy generalizado ya que se debe también a las actividades ganaderas. La contaminación de las aguas agrarias es muy importante, ya que perjudica sensiblemente las características del cauce o medio receptor.

El agua que es utilizada en actividades agrícolas no sólo tiene componentes como los fertilizantes, también contiene materia orgánica y altos contenidos de compuestos químicos como los pesticidas, fungicidas entre otros, que son muy perjudiciales para los humanos y para los animales que beben estas aguas (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2016).

Las aguas residuales producidas por las actividades agrícolas son vertidas directamente a los ríos, provocando altos niveles de contaminación, sin embargo, algunos países vierten dichas aguas a sistemas de alcantarillado para transportarlas a una planta de tratamiento de aguas residuales y lograr de esta manera su reusó (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2016).

### ***Agua contaminada***

Al agua contaminada, en general, se le califica como residual. Por las fuentes de generación, se define como la combinación de los residuos líquidos procedentes de residencias, instituciones públicas, establecimientos industriales y comerciales. En ocasiones, se incluyen a las aguas subterráneas, superficiales y pluviales

El agua se contamina por diversos agentes como los residuos sólidos acumulados en botaderos, las aguas servidas o residuales, y el humo o los desechos

industriales de las fábricas o de la actividad agrícola. En el momento que ocurre una lluvia, los materiales son arrastrados por el agua hacia los mantos acuíferos, ríos y lagos, contaminándolos (Iturralde, 2011).

### **Series Temporales**

Una serie temporal (o simplemente una serie) es una secuencia de  $N$  observaciones (datos) ordenadas y equidistantes cronológicamente sobre una característica (serie univariante o escalar) o sobre varias características (serie multivariante o vectorial) de una unidad observable en diferentes momentos.

Es una sucesión de observaciones de una variable realizadas a intervalos regulares de tiempo. Según se realice la medida de la variable considerada se pueden distinguir distintos tipos de series temporales:

- Discretas: en base al intervalo de tiempo considerado para su medición.
- Flujo o Stock: se dice que una serie de datos es de tipo stock si está referida a una fecha determinada.
- Dependiendo de la unidad de medida: se pueden encontrar series temporales en euros o en diversas magnitudes físicas (kilogramos, litros, millas, etc.)
- En base a la periodicidad de los datos: se pueden distinguir series temporales de datos diarios, semanales, mensuales, trimestrales, anuales, etc. (Alonso, 2015).

Una serie temporal se define como una colección de observaciones de una variable recogidas secuencialmente en el tiempo. Estas observaciones se suelen recoger en instantes de tiempo equiespaciados. Si los datos se recogen en instantes temporales de forma continua, se debe o bien digitalizar la serie, es decir, recoger sólo

los valores en instantes de tiempo equiespaciados, o bien acumular los valores sobre intervalos de tiempo (Marin, 2015).

Para realizar un análisis de series temporales se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Considerar que existe una cierta estabilidad en la estructura del fenómeno estudiado. Para que se cumpla este supuesto será necesario estudiar períodos lo más homogéneos posibles.
- Los datos deben ser homogéneos en el tiempo, o lo que es lo mismo, se debe mantener la definición y la medición de la magnitud objeto de estudio.

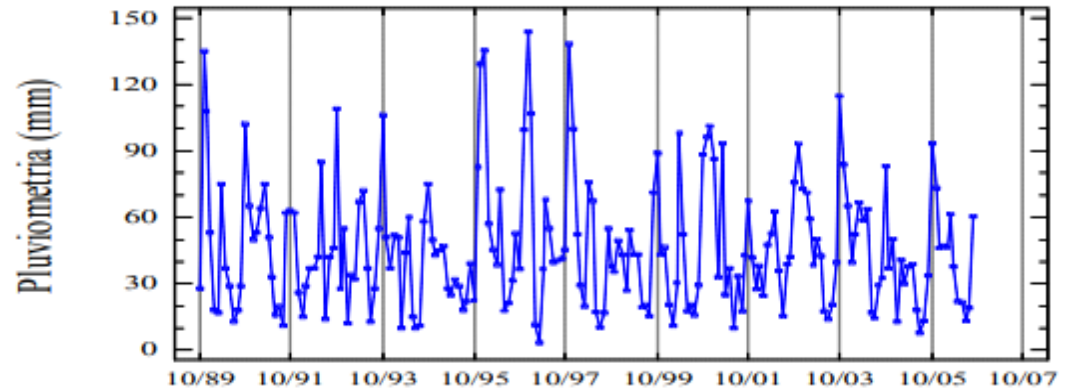
El principal propósito del estudio de las series temporales es el conocimiento del comportamiento de una variable a través del tiempo para, a partir de dicho conocimiento, y bajo el supuesto de que no van a producirse cambios estructurales, poder realizar predicciones, es decir, determinar qué valor tomará la variable objeto de estudio en uno o más períodos de tiempo situados en el futuro, mediante la aplicación de un determinado modelo calculado previamente (Parra, 2019).

Muy a menudo, se representa la serie temporal en un gráfico temporal, con el valor de la serie en el eje de ordenadas y los tiempos en el eje de abscisas. A continuación, en la figura 2 se puede observar un ejemplo:



## Figura 2

*Ejemplo de Series Temporales.*



Fuente: (Alonso, 2015).

### Clasificación de Series Temporales

- Una serie es estacionaria si la media y la variabilidad se mantienen constantes a lo largo del tiempo.
- Una serie es no estacionaria si la media y/o la variabilidad cambian a lo largo del tiempo.
- Series no estacionarias pueden mostrar cambios de varianza.
- Series no estacionarias pueden mostrar una tendencia, es decir que la media crece o baja a lo largo del tiempo.
- Además, pueden presentar efectos estacionales, es decir que el comportamiento de la serie es parecido en ciertos tiempos periódicos en el tiempo.

### Calidad Ambiental

La calidad ambiental es la medición y la valoración de la calidad del entorno ya que es importante para la toma de decisiones en diferentes ámbitos (Psicología Ambiental, 2018).

Es el conjunto de características ambientales, sociales, culturales y económicas que califican el estado, disponibilidad y acceso a componentes de la naturaleza y la presencia de posibles alteraciones en el ambiente, que estén afectando sus condiciones y las de la población de una determinada región (FUNDESNAP, 2015).

Según Rojas (2011), el control de la calidad ambiental tiene por objeto prevenir, limitar y evitar actividades que generen efectos nocivos y peligrosos para la salud humana o deterioren el medio ambiente y los recursos naturales.

La Subsecretaría de Calidad Ambiental busca mejorar la calidad de vida de la población, controlando la calidad de agua, clima, aire y suelo, de tal forma que sean sanos y productivos; por lo tanto, es indispensable trabajar desde la prevención y el control impidiendo la degradación de los ecosistemas por medio del manejo desconcentrado, descentralizado y participativo de gestión ambiental (Ministerio del Ambiente, 2018).

Las características del agua permiten designarla como de buena calidad y van a depender de forma directa del uso al cual está destinada (Donoso, 2013).

El agua caliente y corrosiva no puede ser utilizada en la condensación de vapor. Un agua dura no puede ser utilizada en lavandería, en industrias textiles, en consumo humano, etc. (Donoso, 2013).

En relación con el agua que es destinada al consumo humano, se debe tomar en cuenta la turbiedad, dureza y si ha sido contaminada o no. De forma general, el agua que se va a entregar para los servicios públicos como fines domésticos e industriales debe ser clara, de temperatura media, no corrosiva ni formadora de incrustaciones, no debe poseer sustancias minerales los cuales pueden ocasionar efectos fisiológicos indeseables, y de organismos que pueden producir infecciones intestinales (Donoso, 2013).

## **Contaminación**

De acuerdo con Bermúdez (2010), la contaminación es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas. Existen diferentes tipos de contaminación, los tipos de contaminación más importantes son los que afectan a los recursos naturales básicos: el aire, los suelos y el agua. Algunas de las alteraciones medioambientales más graves relacionadas con los fenómenos de contaminación son los escapes radiactivos, el smog, el efecto invernadero, la lluvia ácida, la destrucción de la capa de ozono, la eutrofización de las aguas o las mareas negras

A la contaminación se la puede definir como la incorporación por parte del ser humano de materiales o energía calorífica en cantidades que causan cambios considerables e indeseables del agua, aire o suelo, estos materiales son denominados contaminantes (Barba, 2002).

La contaminación se ha incrementado en los últimos años y también ha disminuido la calidad de varios depósitos de agua que son ocasionados por las termoeléctricas. El aumento en la actividad industrial ha incrementado la polución de las aguas de la superficie terrestre y cada día contamina las aguas subterráneas. Para calcular la contaminación de las aguas se usa la medición de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), verificando la cantidad de oxígeno del agua que se agota y hace que la vida acuática se vaya perdiendo. La contaminación de las aguas provoca efectos como la distorsión de los ecosistemas, las fuentes de alimento y el paisaje natural (Barba, 2002).

### ***Principales Fuentes de Contaminación Hídrica.***

La contaminación de las aguas puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, es la ocasionada por el ser humano. El desarrollo y la industrialización trae consigo un mayor uso de agua, una

gran generación de residuos de los cuales gran parte tienen como destino final un cuerpo hídrico y el aumento en el uso de medios de transporte fluvial y marítimo que, en muchos casos, son los causantes de la contaminación de las aguas (Barba, 2002).

### **Fuentes Naturales**

Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua, puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo, por ejemplo: sales minerales, calcio, magnesio, hierro, etc. Aunque estas sustancias son peligrosas para la salud de los seres humanos, por lo general son compuestos que se pueden identificar y eliminar fácilmente (García G. , 2002).

### **Fuentes Artificiales**

Estas fuentes están relacionadas directamente de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha ocasionado la presencia de ciertos componentes que son perjudiciales para el medio ambiente y para los organismos; son difíciles de eliminar y requieren de tratamientos especiales. (García G. , 2002).

### **Control Ambiental**

Según (Spiegel & Maystre, 2015), menciona que el control ambiental es la vigilancia, inspección y aplicación de medidas para mantener o recuperar características ambientales apropiadas para la conservación y mejoramiento de los seres naturales sociales.

Hace años atrás, se realizaba un esfuerzo concertado para reducir el impacto de la contaminación provocado por el hombre, el control ambiental apenas existía y se orientaba principalmente al tratamiento de residuos para evitar daños locales, aunque siempre con una perspectiva a corto plazo. A medida que se intensificó la actividad industrial y se fueron conociendo los efectos acumulativos, se impulsó el paradigma del control de la contaminación como principal estrategia para cuidar el medio ambiente (Spiegel & Maystre, 2016)

## **Calidad del río Ambato en el Ecuador**

Los bosques y los páramos del Ecuador son la principal fuente de producción de agua superficial, dando lugar a la formación de cuencas hidrográficas las cuales han servido para satisfacer las necesidades humanas, sin embargo, la sobreexplotación de estas áreas, producidas por la actividad ganadera y agrícola así como la deforestación y crecimiento de la población ha ocasionado que la calidad y cantidad de agua descienda considerablemente, afectando a toda la población que depende de este recurso (Carvajal, 2017).

El Ecuador a pesar de ser un país pequeño es muy rico en recursos hídricos, con una escorrentía media total de 432 000 mm por año, lo que se significa una provisión de 43.500m<sup>3</sup> por habitante por año (FONAG, 2004), siendo superior a la media mundial de 10 800 m<sup>3</sup> por habitante. Este volumen de agua corre a través de 79 cuencas hidrográficas y 137 subcuencas. Estas cuencas, se encuentran distribuidas a lo largo de dos vertientes que nacen de la región Sierra (Ministerio del Ambiente, 2014).

El agua se encuentra mal distribuida; debido a que hay regiones en el país donde este recurso es más abundante, como en la región norte de Esmeraldas y la Amazonía con precipitaciones de 4000 mm por año, y en otras, como en la Puntilla de Santa Elena, dónde la precipitación anual llega a 400 mm por año (INAMHI, 2013).

En la actualidad, el agua del río Ambato presenta un 83,64% de contaminación desde el Socavón hasta el afluente del río Pachanlica, sector denominado como cuenca baja, según los estudios realizados por la jefatura de Gestión Ambiental y Desarrollo Minero del Municipio de Ambato (Municipio de Ambato, 2018).

Este río se forma por la unión de los ríos Blanco y Colorado en los páramos, baja por Pilahuín y Aguaján, sectores considerados por el estudio en mención como la cuenca alta, en donde se identificó un 13,18% de contaminación (Municipio de Ambato, 2018).

Mientras que, en la cuenca media, que va desde Aguaján hasta el Socavón, se registró un 50% de contaminación, identificándose al sector como necesitado de atención inmediata (Municipio de Ambato, 2018).

El agua del río Ambato se utiliza para riego, de tal forma, que se riegan los cultivos aledaños siendo algunos de estos, cultivos de col, lechuga, etc. Estas hortalizas son distribuidas a los mercados de la ciudad para ser vendidas y no solamente en Ambato sino en el resto del país.

### **Marco Legal**

El presente proyecto se fundamenta en las siguientes leyes que rigen en el Ecuador, a continuación, algunas de ellas:

#### **Constitución de la República del Ecuador**

Esta Ley fue publicada en el Registro Oficial No. 69 del 30 de mayo de 1972 y, aunque algunas de sus disposiciones han sufrido alteraciones desde su expedición, mantiene el objetivo de regular el uso del agua, tanto dulce como marina, y asegurar su conservación y su disponibilidad.

En los artículos 12, 313 y 318 de la Constitución de la República se estipula que el agua es patrimonio estratégico nacional, para uso público, inalienable, inembargable, imprescindible ya que constituyen el elemento vital para los seres humanos, la naturaleza; la obligación del estado es velar por que se gestione, administre este recurso de manera sostenible con el medio ambiente para prevenir su escases.

En los presentes artículos la constitución de la república instituye que el agua es considerada como patrimonio, de uso estratégico para la sociedad, ya que es considerado una fuente vital de vida, la cual debe ser controlada, administrada, regulada por el estado. Prohíbe su privatización determinando que la administración en cuanto a gestión del recurso hídrico será exclusiva del ente público o comunitario; el

estado será el único en garantizar el caudal ecológico mismo que sirve para actividades agrícolas y productivas, consumo humano

### **Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental**

Esta Ley fue promulgada en el año de 1976 siendo hasta el momento la que se utiliza en materia de protección ambiental. Es una legislación que nace en la época sanitarista, en la que se consideraba al medio ambiente compatible con la sanidad e higiene, definiciones que han evolucionado llegando al actual desarrollo sustentable. La ley debe basarse en la prevención y control de la contaminación teniendo en cuenta los tres recursos principales que garantizan la vida como son agua, aire y suelo. Para la aplicabilidad de esta Ley, se designó un Comité interinstitucional denominado CIPA, integrado por:

- Ministro del Ambiente
- Ministro de Energía
- Ministro de Defensa
- Ministro de Industrias
- Presidente Conade

En la práctica no se han reunido en todos estos años en más de diez ocasiones, ilustrando la poca voluntad para su aplicación. La Ley establece un régimen de sanciones para sus infractores e incluso remiten a los comisarios de salud y a los jueces de lo penal, el conocimiento de la causa, para la sanción correspondiente.

### **Tratados Ambientales Internacionales.**

En el ámbito Internacional relacionado con el Medio Ambiente, el Ecuador ha ratificado una serie de Acuerdos, Convenios y Tratados que lo obligan y lo comprometen a cumplirlos, entre los principales tenemos:

**Convenio para la Protección de los Trabajadores Contra las Radiaciones Ionizantes.**

Firmado en 1960, impulsa la adopción de medidas de seguridad para evitar que los trabajadores sean afectados por este tipo de radiaciones.

**Convenio sobre la responsabilidad civil por daños ambientales causados por Hidrocarburos en las aguas del mar**

Firmado en 1969, trata de la forma de compensación resultante de los derrames petroleros, procedentes de barcos.

**Convenio de Ramsar**

Suscrito en 1971, es un convenio para proteger los humedales de importancia internacional, especialmente el hábitat de las aves.



## **Metodología**

El término metodología se define como el grupo de mecanismos o procedimientos racionales, empleados para el logro de un objetivo o serie de objetivos que dirige una investigación científica. Este término se encuentra vinculado directamente con la ciencia, sin embargo, la metodología puede presentarse en otras áreas como la educativa, en donde se encuentra la metodología didáctica o la jurídica en el derecho.

La metodología es una rama de la lógica que se encarga del estudio de los diferentes métodos para llegar al conocimiento crítico y reflexivo que permita la fundamentación de la ciencia.

### **Tipo de Investigación**

El proyecto es un estudio analítico, experimental y cuantitativo; transversal porque se realizó un estudio demográfico, observacional, descriptivo, el cual permitió realizar el estudio en un momento determinado (Estévez, 2009).

La investigación es cuantitativa ya que se analizan datos cuantitativos sobre variables consideradas, revisión preliminar de campo, la recopilación y la revisión de toda la información bibliográfica disponible; para el presente trabajo los datos y la información existente sobre la calidad del río Ambato fueron tomados del Municipio de Ambato, analizados para ser utilizados en la presente investigación; realizando un análisis profundo de cada uno de los parámetros tomados en cuenta para el caso de estudio.

De acuerdo a información aportada por la municipalidad los análisis en laboratorio de los parámetros físicos y químicos, así como, la metodología utilizada para el muestreo del agua en la ciudad de Ambato, se basó en la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN 2176, 2011), de igual manera se utilizó la Norma INEN 2176, donde menciona que para el análisis microbiológico, físico, químico de agua se deben seguir

los procedimientos estandarizados (Water Quality Testing and Analytical Instruments, 2000), que establece las guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, poluidas y aguas residuales para su caracterización. Esta información fue utilizada para determinar la calidad del agua y comparar los resultados obtenidos en el análisis de agua en el laboratorio y los límites máximos permisibles.

### **Área de Estudio**

El área de estudio estuvo comprendida en la ciudad de Ambato, en el río con su mismo nombre, se tomó en cuenta varios puntos para la realización del muestreo durante 5 años.

### **Muestreo**

La toma de los datos estuvo a cargo de la Municipalidad de Ambato, la evaluación de la calidad del recurso hídrico se realizó mediante la toma de muestras en puntos estratégicos del río Ambato; los mismos fueron definidos tomando en cuenta la inclusión de factores que tengan influencia directa sobre la calidad físico-química del agua, la representatividad para el análisis y la accesibilidad física para la realización del muestreo.

### ***Clase y tamaño de la muestra***

Para la realización del proyecto, no se tomó una muestra determinada de la población ya que los datos fueron tomados por la Municipalidad de Ambato; los parámetros se midieron en el Laboratorio y los datos obtenidos fueron utilizados como insumo principal en la presente investigación; es decir se tomó la información ya existente sobre la calidad del río Ambato y se procedió a realizar un análisis profundo de cada uno de los parámetros tomados en cuenta para este estudio.

### Determinación de Parámetros Físicos y Químicos

Esta información fue procesada por la municipalidad de Ambato, los cuales una vez realizado el muestreo en el río, se procedió a la determinación de los parámetros físicos y químicos, tanto en campo como en gabinete. Una vez que se tenían las bases de datos por parte de la Municipalidad de Ambato, las mismas fueron utilizadas para obtener los parámetros que ayudaron a la caracterización del agua mediante el uso del software "R" y para evaluar y conocer la calidad del agua mediante series temporales entre los años 2014 al 2018.

**Tabla 3**

*Parámetros Físicos y Químicos.*

	<b>Parámetro</b>	<b>Expresión</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>	<b>Equipo</b>
<b>CAMPO</b>	Potencial Hidrógeno	pH	l/s	4500-H+B	pH-metro
	Temperatura	T	°C	2550 B	pH-metro
	Turbidez	-	NTU	2130 B	Turbidímetro
	Conductividad	Cond	µs	2510	Conductímetro
	Materia flotante	-	N/A	Visual	Visual
	Color aparente	-	Pt-Co	2120 C	Equipo Laboratorio
	Color real	-	Pt-Co	2120 C	Equipo Laboratorio
<b>LABORATORIO</b>	Sólidos totales	ST	mg/L	2540 B	Equipo Laboratorio
	Sólidos totales volátiles	STV	mg/L	2540 E	Equipo Laboratorio

Sólidos disueltos totales	SDT	mg/L	2540 C	Equipo Laboratorio
Oxígeno Disuelto	OD	mg/L	4500-O B	Equipo Laboratorio
Demanda bioquímica de oxígeno	DBO	mg/L	5210 B	Equipo Laboratorio
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	5220 D	Equipo Laboratorio
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/L	4500-NO2 B	Equipo Laboratorio
Nitratos	HNO <sub>3</sub>	mg/L	4500-NO3 B	Equipo Laboratorio
Nitrógeno Amoniacal	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	4500-NO3 B	Equipo Laboratorio
Fosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	4500-P E	Equipo Laboratorio
Cromo hexavalente	Cr(VI)	mg/L	3500-Cr D	Equipo Laboratorio
Tensoactivos	MABS	mg/L	5540 B	Equipo Laboratorio
Grasas y aceites	Solubles en hexano	mg/L	5520 B	Equipo Laboratorio
Nitrógeno total Kendal	NTK	mg/L	4500-Norg B	Equipo Laboratorio

Coliformes fecales	NMP	NMP/100 ml	9221 C	Equipo Laboratorio
--------------------	-----	---------------	--------	-----------------------

---

Fuente: (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)

### **Recopilación, análisis y sistematización de información existente**

La presente investigación fue de carácter descriptivo porque buscó especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que fue sometido hacia el análisis. Además, porque mide o evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir; en un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de las investigaciones independientemente.

De tal forma que, en este estudio, se recolectaron datos que permitieron evaluar las características del agua y además se los introdujo en el software "R", para su interpretación mediante series temporales que ayudaron a determinar el cambio en la calidad del agua del río Ambato entre los años 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018.

## **Análisis de Resultados**

A partir de la información facilitada por la Municipalidad de Ambato, se definió el periodo de análisis (2014-2018) para posteriormente hacer la distribución en series temporales; así como los puntos de muestreo (7), se analizaron y sistematizaron aquellos datos obtenidos para cada parámetro; en este caso físicos-químicos, que permitió el ingreso de datos en el software "R" y de esa manera definir una secuencia del comportamiento espacio-temporal de cada uno de los parámetros que definen la calidad del agua, considerando para esto, lo definido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA (2015), específicamente relacionado a "Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario", para lo que se obtuvieron los resultados y representaciones manifestados a continuación.

### **Potencial de Hidrógeno (pH)**

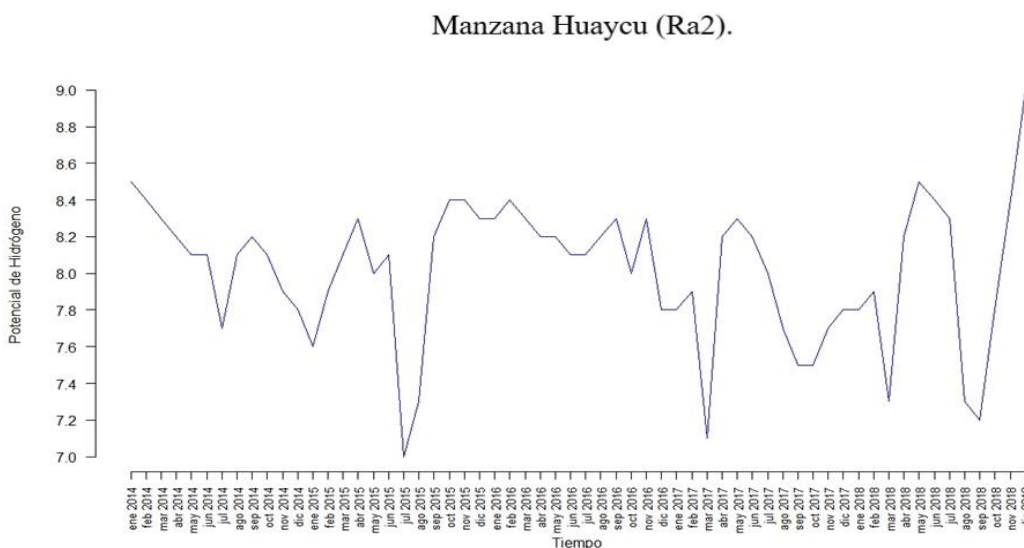
El primer punto de muestreo Manzana Huaycu (Ra2), representado en la Figura 3 parte con un valor de pH alto (8,5) que desciende hasta julio 2014 y registra un valor de 7,7. A partir de este registro, la tendencia de aumento y disminución del pH se manifiesta al igual que el punto de muestreo anterior, a medida que transcurre el tiempo; es así que registra valores más bajo de pH (7,0) en julio de 2015, mientras que en cuanto al valor más alto (8,5) presente en dos fechas, al inicio del periodo de registro enero 2014 y en mayo 2018. En tanto, como se hace referencia los valores de pH para el punto de muestro Manzana Huaycu (Ra2) durante el periodo de estudio (5 años), oscilan entre 7,0 y 8,5, definiendo así un valor medio para pH de 7,75 que se mantiene en un rango adecuado para los criterios de calidad admisibles manifestados en TULSMA (2015).

El pH es de suma importancia para el desarrollo de la vida biológica en el agua, un valor de pH que oscile entre 5 a 9 no suele tener efectos significativos en las

mismas; por otra parte, valores muy altos o muy bajos afecta el químico del agua, con ello la interacción, desarrollo y supervivencia de organismos presentes en el mismo. La temperatura ambiental es uno de los principales factores naturales que influye en la modificación y alteración del pH en una masa de agua superficial, a pesar de aquello no tienen la misma capacidad de modificar el pH como la agregación de sustancias básicas o ácidas, la emisión de vertidos directamente al sistema acuático como producto de actividades antrópicas que se generan en el medio.

### Figura 3

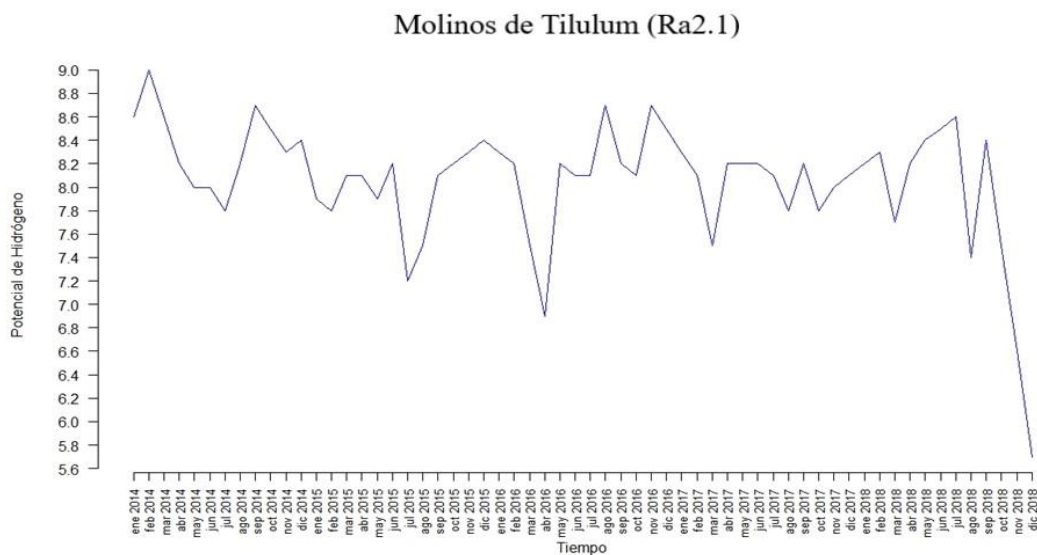
*Potencial de Hidrógeno en el punto Manzana Huaycu (Ra2).*



Para el punto de muestro Molinos de Tilulum (Ra2.1), representado en Figura 4, el potencial de hidrógeno durante el periodo de estudio (5 años), oscila en un rango de 6,9 a 9,0, definiendo así un valor medio para pH de 7,95, es decir, un pH neutro que relacionado a lo que manifiesta TULSMA (2015) se mantiene adecuado para los criterios de calidad admisibles.

**Figura 4**

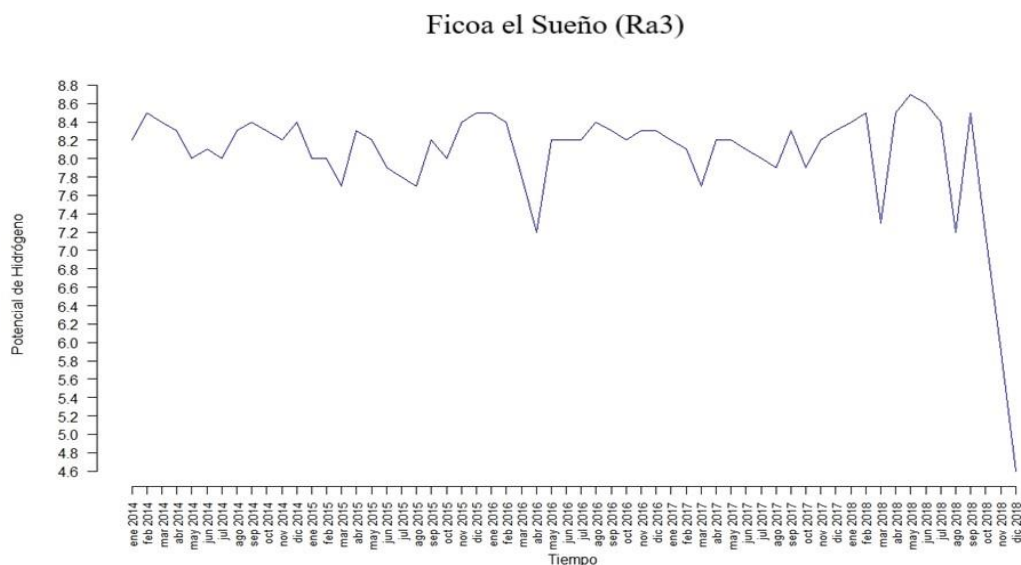
*Potencial de Hidrógeno en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1).*



El punto de muestreo, representado en la Figura 5, corresponde a Ficoa el Sueño (Ra3), se definió un rango medio de pH para este punto de monitoreo correspondiente a 7,9, tratándose de un pH neutro que se encuentra en un rango adecuado para los criterios de calidad admisibles manifestados en TULSMA (2015).

**Figura 5**

*Potencial de Hidrógeno en el punto Ficoa el Sueño (Ra3).*

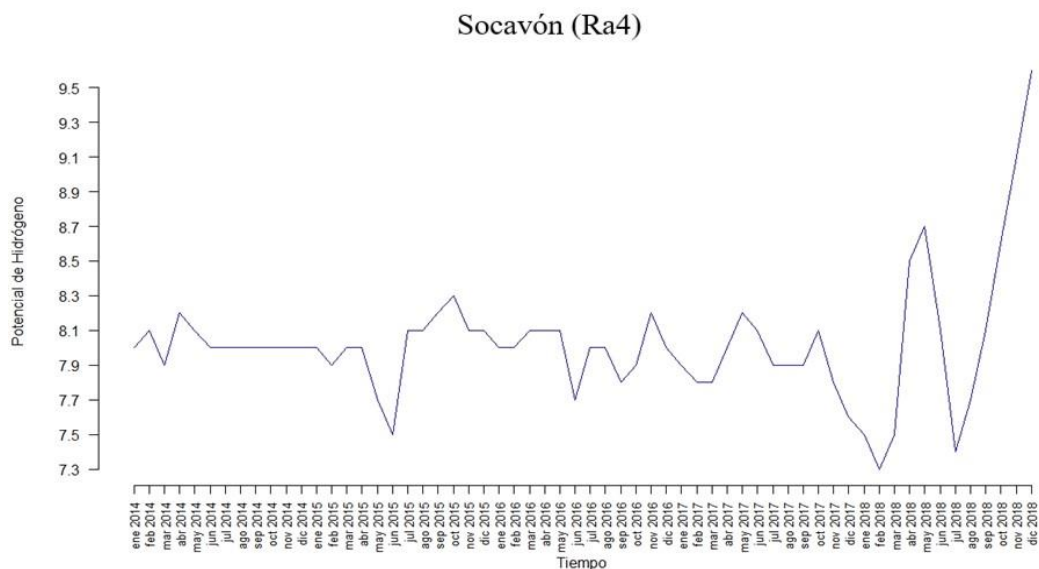




En la Figura 6, correspondiente a Socavón (Ra4), el comportamiento del pH tiende a mantenerse relativamente estable durante algunos periodos, presentando una variabilidad relativa entre 7,9 y 8,2 durante todo el periodo de análisis. Destacan en la representación picos de valores significativos, que exceden el rango de valores mencionados anteriormente, como en junio 2015 y julio 2018 con un valor de 7,4 y febrero 2018 con 7,3 como valor mínimo registrado. En cuanto al valor máximo registrado (8,7), corresponde a mayo 2018; de igual manera obtuvimos un valor medio de pH para este punto de muestreo durante todo el periodo analizado correspondiente a 8,0, lo que se traduce en pH ligeramente alcalino, excediendo los valores rango adecuados para los criterios de calidad admisibles manifestados en TULSMA (2015).

### Figura 6

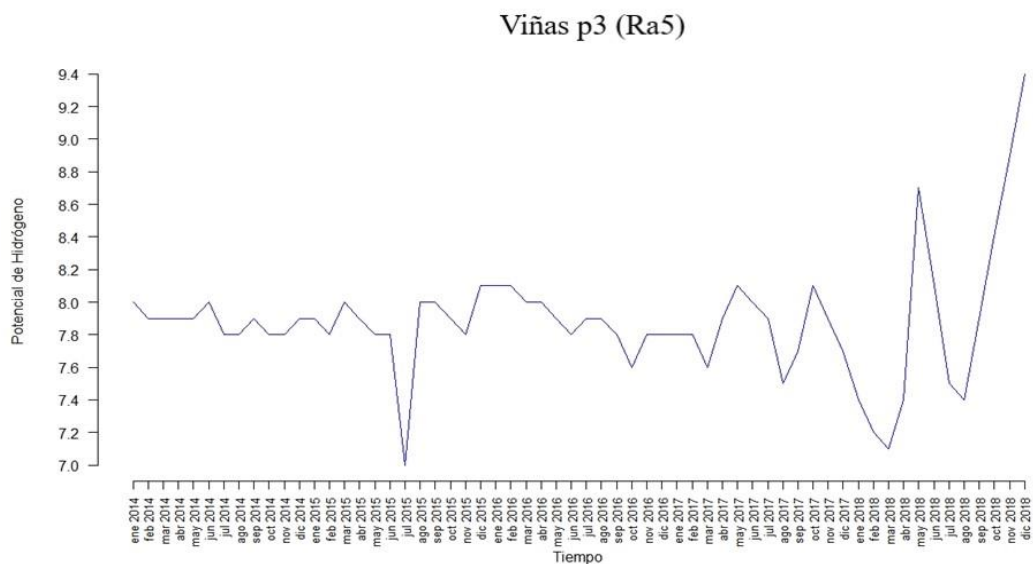
*Potencial de Hidrógeno en el punto Socavón (Ra4).*



En cuanto al punto de muestreo Viñas p3 (Ra5), representado en la Figura 7, se definió el valor medio para este punto de muestreo (7,9), representando en pH neutro que se mantiene en el rango de en un rango adecuado para los criterios de calidad admisibles manifestados en TULSMA (2015).

**Figura 7**

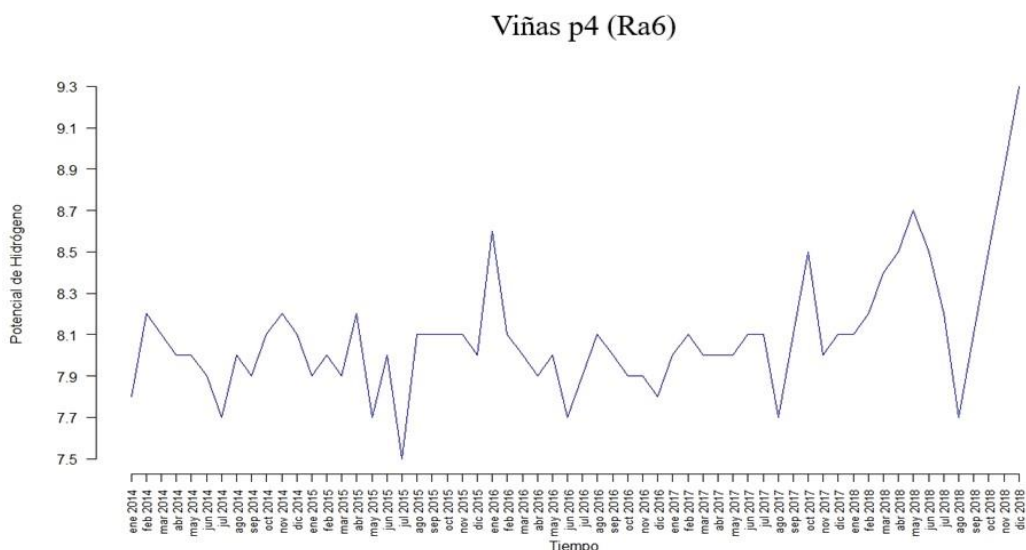
*Potencial de Hidrógeno en el punto Viñas p3 (Ra5)*



Para Figura 8, que representa el punto de muestreo Viñas p4 (Ra6), la tendencia de variación entre aumento y disminución de valores registrados se evidencia para todo el periodo de análisis, oscilando de 7,5 como valor mínimo registrado en julio y 8,7 como valor máximo registrado en mayo 2018. De esa manera el patrón de comportamiento no manifiesta una tendencia puntual, si no que más bien esa oscilación de aumento con valores representativos, nos permite definir para este punto de muestreo un pH alcalino de 8,1, que excede los valores rangos manifestados en TULSMA (2015) para los criterios de calidad admisibles.

**Figura 8**

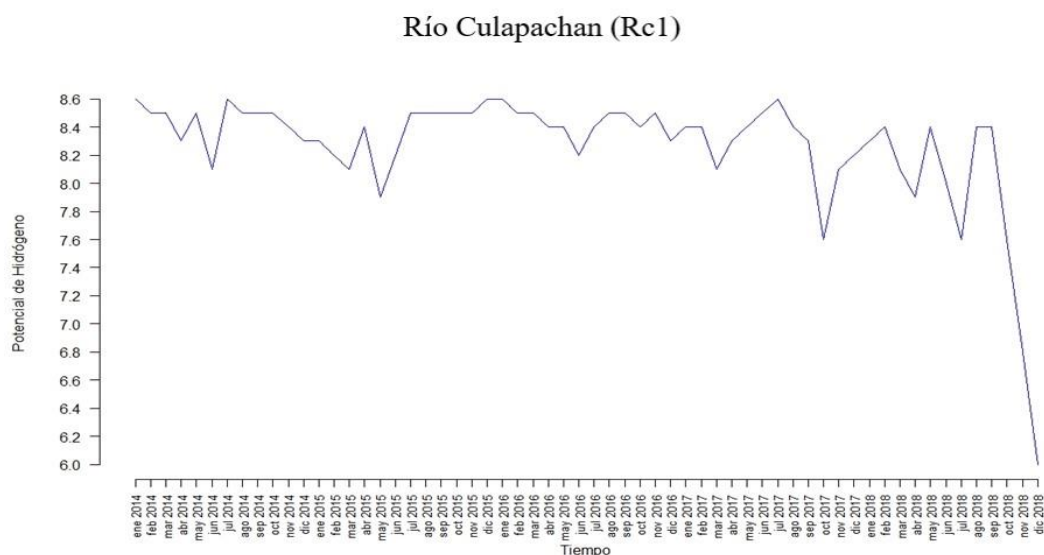
*Potencial de Hidrógeno en el punto Viñas p4 (Ra6)*



Como último punto de muestreo, está el Río Culapachán (Rc1), representado en la Figura 9, que no muestra una variación significativa en cuanto a los datos registrados, pero que es el punto de muestreo que recoge los valores de pH más representativos, en relación a que refleja los valores más altos del total de puntos de muestreo, partiendo con un valor de 8,6 en enero 2014; estos valores, tienen como valor mínimo registrado 7,6 en octubre 2017 y julio 2018, mientras que el valor máximo registrado corresponde a 8,6 en julio 2014, enero 2016 y julio 2017. Así mismo la mayoría de datos registrados oscilan entre 8,0 y 8,6. El valor medio para este punto de registro, corresponde a un pH alcalino de 8,1, excediendo los promedios adecuados manifestados en TULSMA (2015) respecto criterios de calidad admisibles.

**Figura 9**

*Potencial de Hidrógeno en el punto Río Culapachán (Rc1)*



De manera general, en la Figura 10, se muestra el comportamiento del pH en el río Ambato; en donde se refleja una variación de aumento y disminución para cada punto de muestreo, así como para cada mes del periodo total considerado. Entre los factores que alteran el pH de un cuerpo hídrico, destacan la incorporación de compuestos orgánicos, contaminantes líquidos, la presencia o ausencia de precipitaciones que tienen capacidad para aumentar o disminuir el caudal de un río, incluso vertidos que de acuerdo a su composición química van a tener mayor o menor impacto en la alteración del pH del agua y por supuesto el estado de la misma.

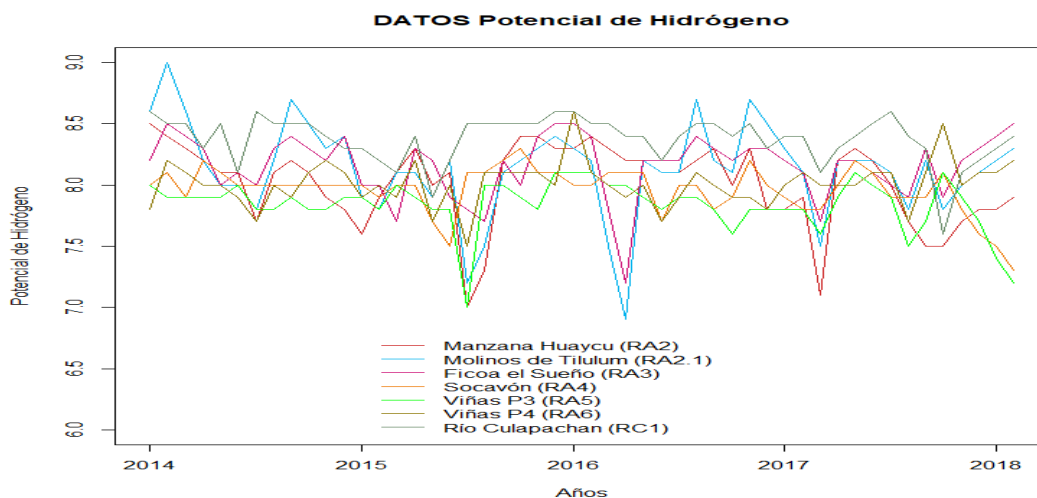
Valores extremos de pH, representan una amenaza para los organismos acuáticos, pues tiene la capacidad de provocar drásticas alteraciones en los ecosistemas de las aguas naturales. Los valores de pH factibles para el normal funcionamiento y desarrollo de la vida acuática, se los define el rango comprendido de entre 5 y 9. A pesar de aquello, para gran parte de las especies acuáticas, el rango de pH adecuado se definido por TULSMA (2015) en "Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas

y de estuario”, oscila entre 6,5-9,0. Con valores alejados a este rango, la vida de organismos acuáticos es limitada como consecuencia de la desnaturalización de las proteínas.

Con los datos registrados en febrero 2014, en Molinos Tilulum destaca un pH alcalino de 9,0, un valor alto que con el transcurso del tiempo disminuye y se define esa tendencia de comportamiento del pH en el río Ambato, según los periodos del año que estemos analizando en la representación de datos totales de pH (figura 10), se evidencia un aumento entre diciembre, enero y febrero, correspondiente a meses lluviosos en donde el arrastre de material y sustancias al cauce principal del río, así como el aumento del caudal provocan una alteración en el parámetro; por otra parte, se experimenta una disminución en meses como junio y julio debido a la disminución del caudal del río por ausencia de precipitaciones. Aquello nos manifiesta un rango de comportamiento similar para todos los puntos de muestro y para todos los meses similares de los años considerados, estos valores oscilan en rango de entre 7,6 a 8,5 lo que pueden considerar, se encuentran en un rango normal. Así mismo se identificó el valor mínimo de pH también en Molinos de Tilulum correspondiente a 6,9 para abril de 2016, con lo que se estableció un valor medio general de pH para el río Ambato de 7,95, valor adecuado de acuerdo con TULSMA (2015).

**Figura 10**

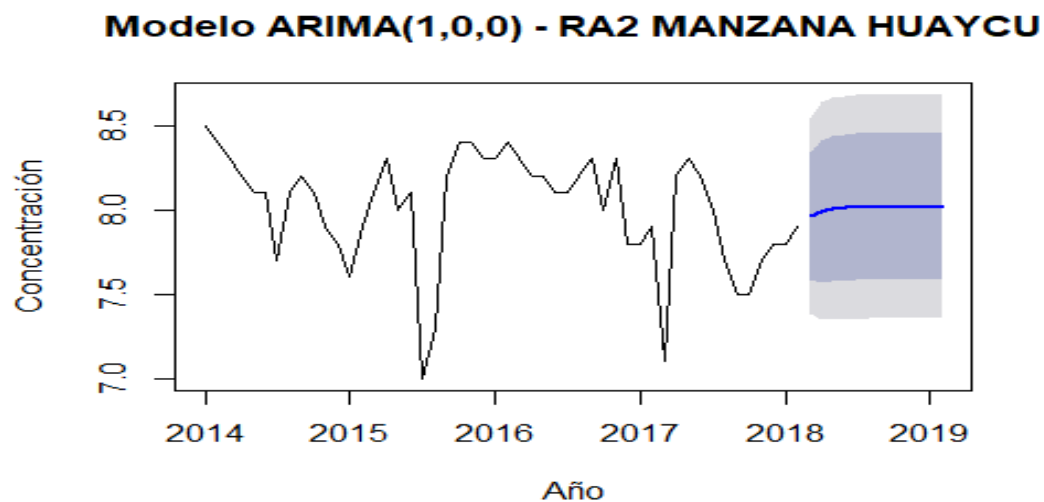
Datos totales de Potencial de Hidrógeno en el Río Ambato.



**Potencial de Hidrógeno (pH): Modelo ARIMA**

**Figura 11**

Modelo Arima (1,0,0) – Ra2 Manzana Huaycu.



### Análisis

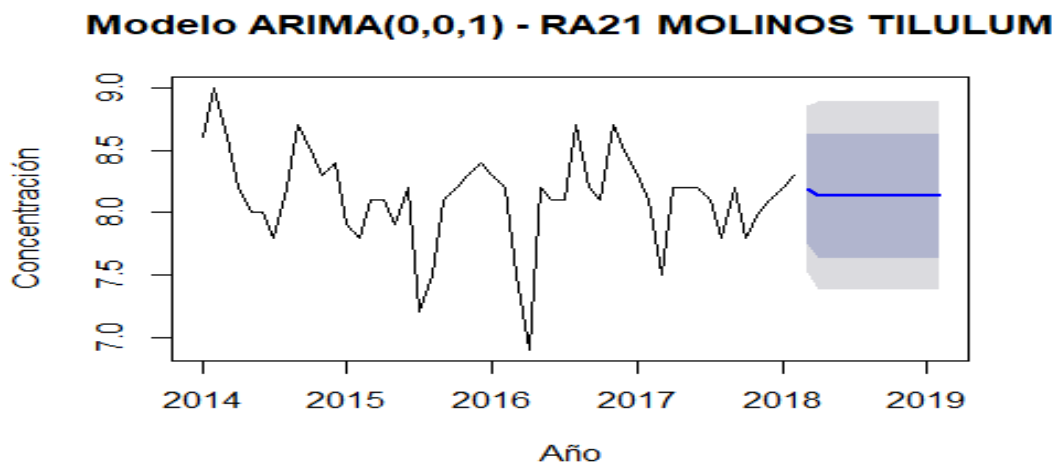
Los valores de pH proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra2 Manzana Huaycu para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 7,38 y 8,68 con 95% de

confianza los mismos que se encuentran dentro de los límites permisibles en relación a la normativa ecuatoriana delimitada en TULSMA (2015) determina como rango normal de valores pH en torno a 6,5-9,0.

Durante el periodo de muestreo los valores oscilaron entre 7,0 y 8,5 lo cual representa también una variación admisible para la preservación de la vida acuática, hay que considerar que una variación extrema en el pH puede alterar la concentración de diferentes sustancias en el agua aumentando su nivel de toxicidad.

### Figura 12

*Modelo Arima (0,0,1) – Ra2.1 Molinos Tilulum.*

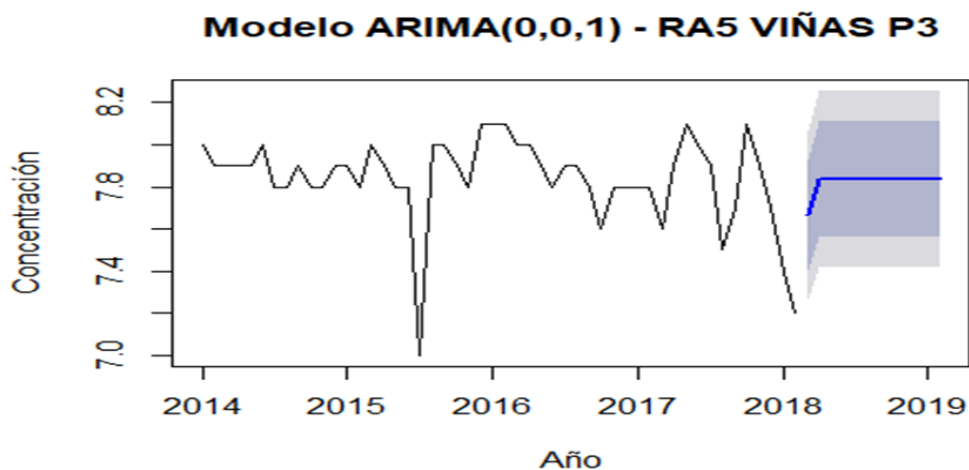


### Análisis

Los valores de pH proyectados con el modelo ARIMA (0,0,1) para el punto Ra2.1 Molinos Tilulum para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 8,18 y 8,13 los mismos que se encuentran dentro de los límites permisibles en relación con el TULSMA (2015), determina como rango normal de valores pH en torno a 6,5-9,0.

**Figura 13**

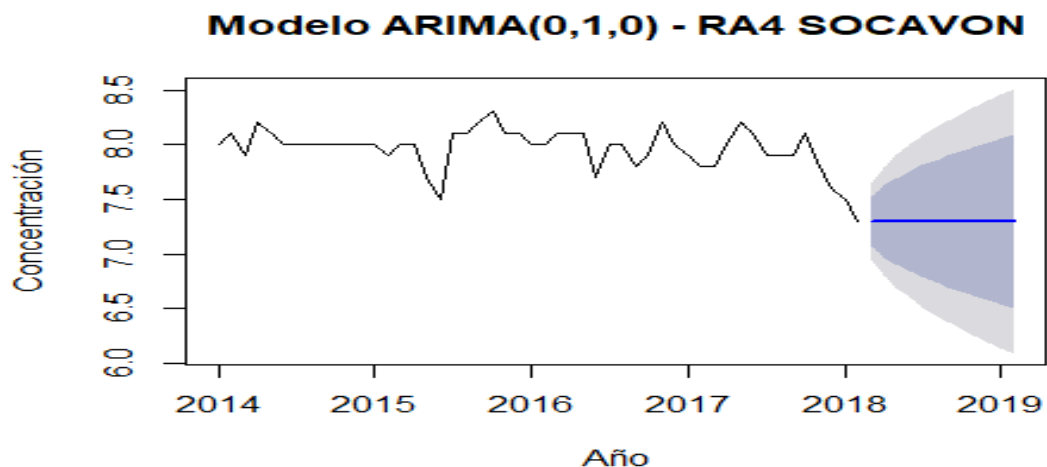
*Modelo Arima (0,0,1) – Ra5 Viñas P3.*

**Análisis**

Los valores de pH proyectados con el modelo ARIMA (0,0,1) para el punto Ra3 Ficoa el Sueño para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 8,24 y 8,15 los mismos que se encuentran dentro de los límites permisibles en relación con TULSMA (2015), determina como rango normal de valores pH en torno a 6,5-9,0.

**Figura 14**

*Modelo Arima (0,1,0) – Ra4 Socavón.*



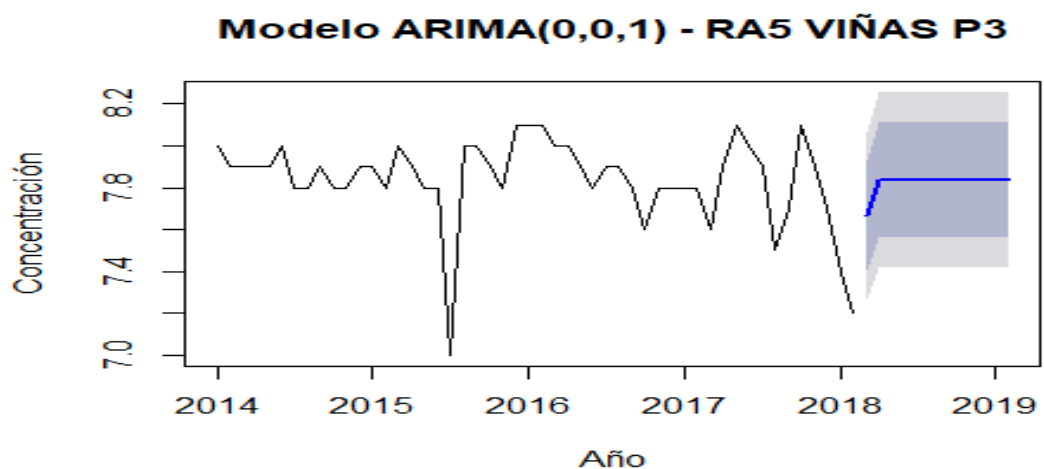


### Análisis

Los valores de pH proyectados con el modelo ARIMA (0,1,0) para el punto Ra4 Socavón para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 6,95 y 8,50 con el 95% de confianza los mismos que se encuentran dentro de los límites permisibles en relación con TULSMA (2015), determina como rango normal de valores pH en torno a 6,5-9,0.

### Figura 15

*Modelo Arima (0,0,1) – Ra5 Viñas P3.*



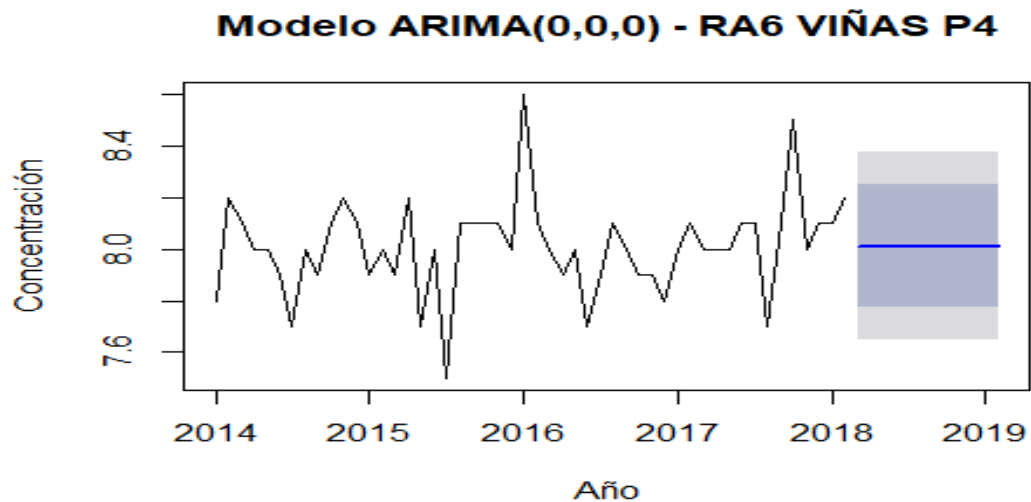
Nota: valores proyectados del año 2018 al 2019 para el punto Viñas.

### Análisis

Los valores de pH proyectados con el modelo ARIMA (0,0,1) para el punto Ra5 Viñas P3 para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 7,66 y 7,83 los mismos que se encuentran dentro de los límites permisibles en relación con TULSMA (2015), determina como rango normal de valores pH en torno a 6,5-9,0.

**Figura 16**

*Modelo Arima (0,0,0) – Ra6 Viñas P4.*



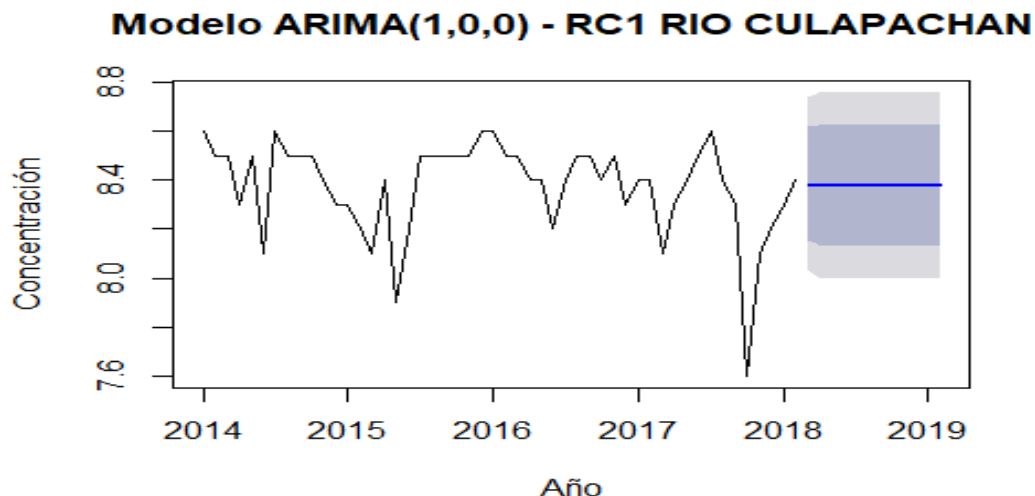
Nota: valores proyectados del año 2018 al 2019 para el punto Viñas.

### **Análisis**

Los valores de pH proyectados con el modelo ARIMA (0,0,0) para el punto Ra6 Viñas P4 para los periodos 2018 – 2019 oscilan entre 7,64 y 8,37 con el 95% de confianza los mismos que se encuentran dentro de los límites permisibles en relación con TULSMA (2015), determina como rango normal de valores pH en torno a 6,5-9,0.

**Figura 17**

*Modelo Arima (1,0,0) – RcC1 Río Culapachán.*



### Análisis

Los valores de pH proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Rc1 Río Culapachán para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 8,03 y 8,75 con el 95% de confianza los mismos que se encuentran dentro de los límites permisibles con relación al TULSMA (2015), determina como rango normal de valores pH en torno a 6,5-9,0.

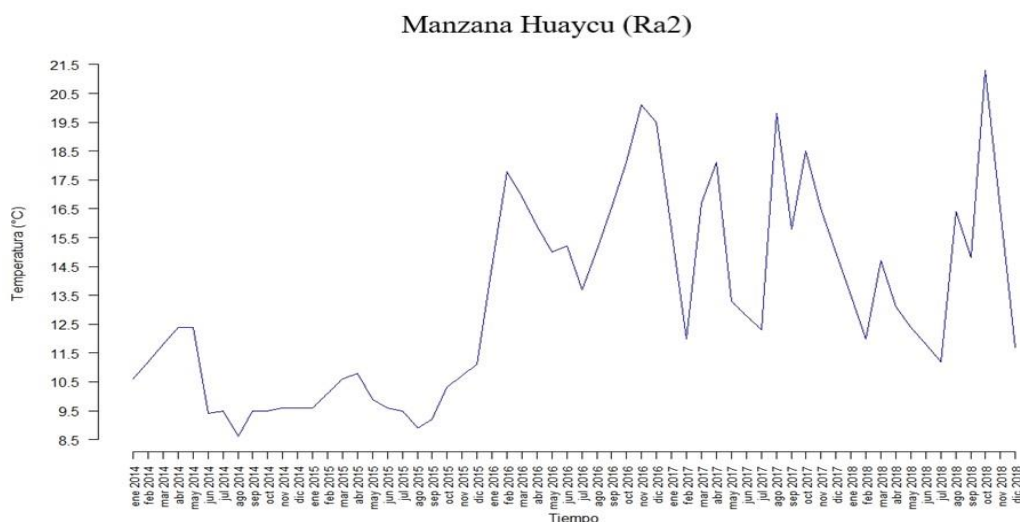
### Temperatura

Para el primer punto de registro Manzana Huaycu (Ra2), representado en figura 18, muestra un rango de temperaturas relativamente bajas al inicio de los registros, es decir entre enero 2014 y diciembre 2015, con valores muy poco variables en cuanto a valores, que oscilan 8,5 °C y 12,5 °C, correspondiente al valor más bajo y más alto respectivamente para ese periodo. A partir de enero 2016, la temperatura muestra aumentos significativos, es así que en octubre 2018 registra una temperatura de 21,5 °C, correspondiente al valor máximo de temperatura registrado para Ra2. Respecto a la normativa ecuatoriana, TULSMA (2015) , manifiesta que no debe superar en 5°C la temperatura ambiental externa, considerando que el promedio de temperatura para Ambato varía entre 9°C y 21°C, los valores registrados para este punto de muestreo no exceden la norma.

La importancia de la temperatura es debido a su influencia en el desarrollo de los organismos acuáticos, en las reacciones químicas y velocidades de las mismas. Esta se determina por múltiples factores potencialmente ambientales que lo hacen variar continuamente, corresponde a un parámetro que no se puede manipular, más bien se presenta en forma natural. A pesar de ellos, las variaciones significativas en una masa de agua natural se relacionan a actividades antrópicas, en cuanto a emisión de vertidos, depósito de desechos que afectan a otros parámetros como el pH, OD o DBO.

### Figura 18

*Temperatura en el punto Manzana Huaycu (Ra2)*



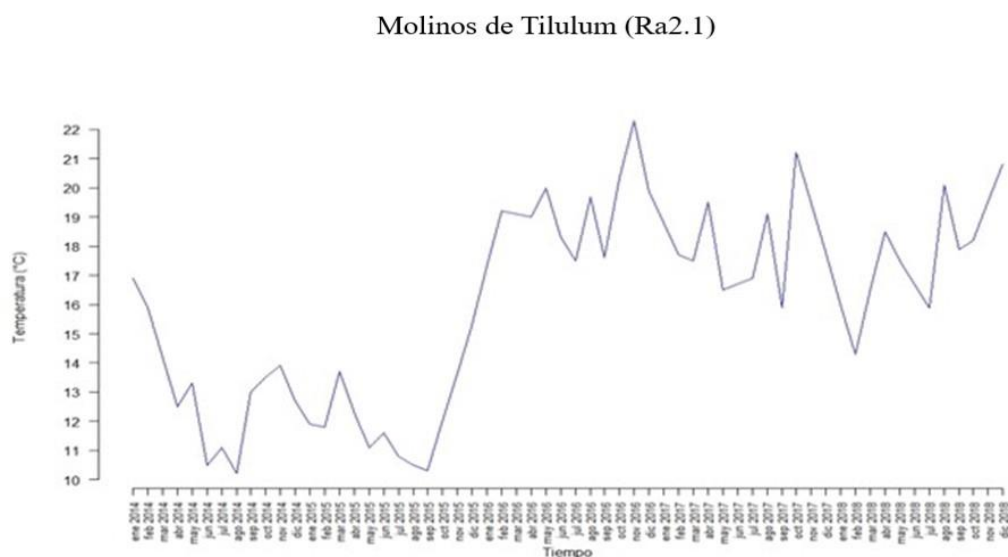
Nota: valores proyectados del año 2018 al 2019 para el punto Molinos de Tilulum.

En cuanto al punto de muestreo Molinos de Tilulum (Ra2.1) representado en figura 19, se considera que el origen del agua y la temperatura ambiental parten en un valor de registro normal con tendencia a disminuir, principalmente influenciado por la época del año en donde se registró el dato, la temperatura externa disminuye y por supuesto la del agua también. Entre abril 2014 y septiembre 2015 se mantiene en un rango de 11 °C a 14 °C; se registra el valor mínimo de 10 °C en agosto 2014 y

septiembre 2015. A partir de este dato, los valores muestran un aumento representativo que se mantiene hasta el final del periodo de registro, específicamente en febrero 2016 se registra una temperatura de 19 °C con tendencia de aumento, posterior en noviembre 2016 se registra en valor máximo para este punto de muestreo, correspondiente a 22 °C. Es así que relacionado a lo determinado en TULSMA (2015), este punto de muestreo, no excede la normal.

### Figura 19

*Temperatura en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1)*

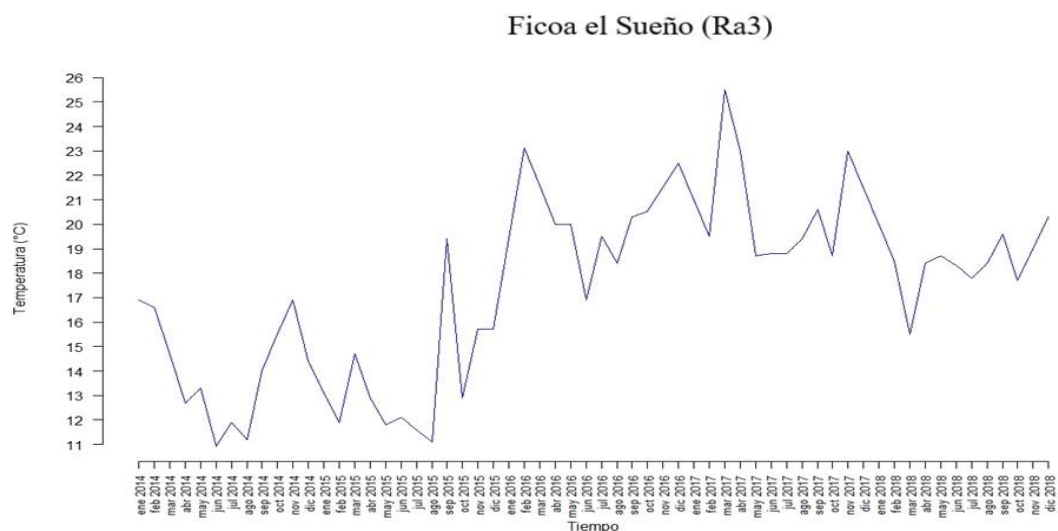


En la Figura 20, correspondiente al punto de muestreo Ficoa el sueño (Ra3), la tendencia de inicio con temperaturas relativamente bajas se mantiene, para este punto específico las temperaturas más bajas se registran entre enero 2014 y agosto 2015, siendo este último junto con junio 2014 los periodos con el valor mínimo de temperatura registrado, específicamente de 11 °C. A partir de este registro, el comportamiento de aumento se mantiene hasta el último dato del periodo analizado, presentando variaciones de temperatura entre 15 °C y 25,5 °C, registrando en abril 2017 el valor

máximo de temperatura 25,5 °C, por lo que no excede los valores permisibles determinados en TULSMA (2015).

## Figura 20

*Temperatura en el punto Ficoa el Sueño (Ra3)*

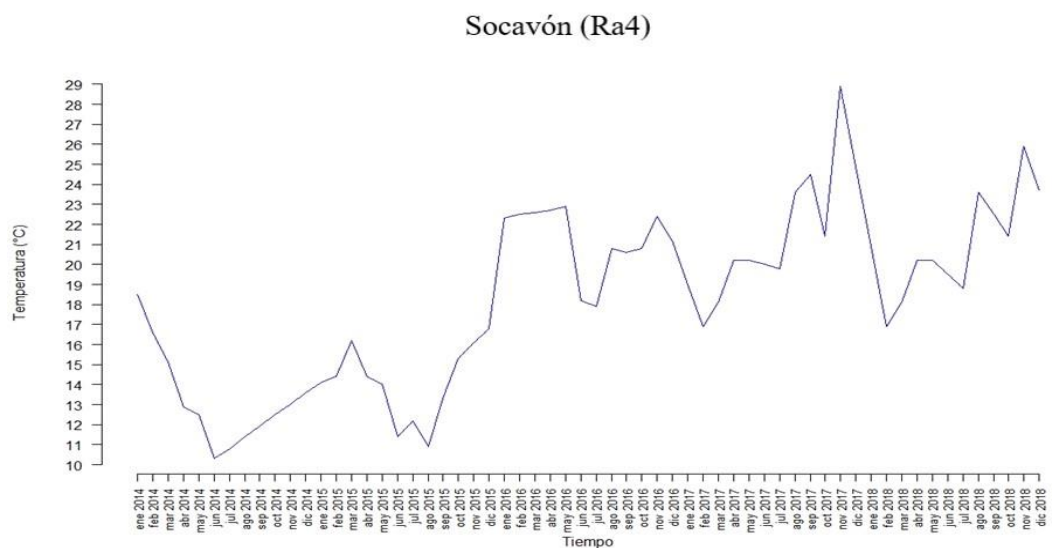


En cuanto al punto de muestreo Socavón (Ra4), representado en figura 21, se evidencia una variación progresiva de la temperatura en cuanto a incremento, generando una relativa estabilidad en los periodos medios de muestreo comprendidos entre diciembre 2015 a febrero 2017. Pevio a este periodo, se registró el valor mínimo de 10,5°C en junio 2014. Posterior el aumento de temperatura se mantuvo con decrecientes mínimas durante el periodo y que destacan picos de valores representativos, como el de diciembre 2017 con un valor de registro de 29 °C, en donde

para este punto de muestreo, se excede lo definido en TULSMA (2015), respecto a valores permisibles en este parámetro.

**Figura 21**

*Temperatura en el punto Socavón (Ra4)*

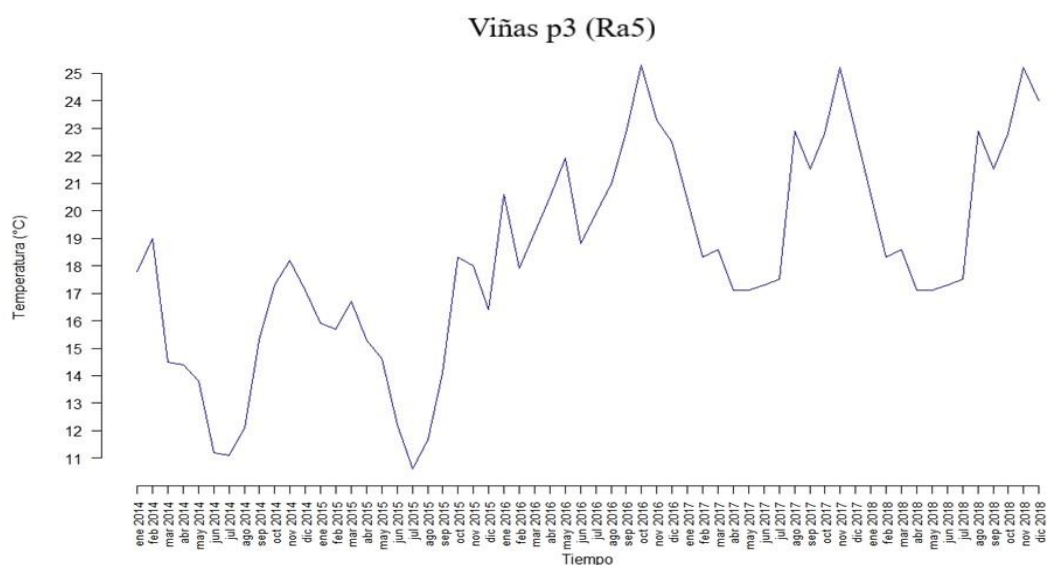


Para el punto de muestreo Viñas p3 (Ra5), representando en figura 22, obedece a una tendencia de variaciones en temperatura durante dos periodos, el primero comprendido entre enero 2014 y diciembre 2016 registrando valores de entre 11°C y 18°C, resultando de este periodo el registro mínimo de temperatura correspondiente a 11°C en junio 2014, julio 2014 y julio 2015. En cuanto al periodo restante se caracteriza por representar valores de temperatura mayores entre lo que destaca el valor máximo registrado correspondiente a 25°C en octubre 2016, diciembre 2017 y noviembre 2018, de esa manera mantiene la tendencia de aumento en valores de temperatura para los

últimos valores del periodo analizado. Dicho esto, en comparación con determinado en TULSMA (2015), para este punto de muestreo, no se excede la norma.

**Figura 22**

*Temperatura en el punto Viñas p3 (Ra5)*



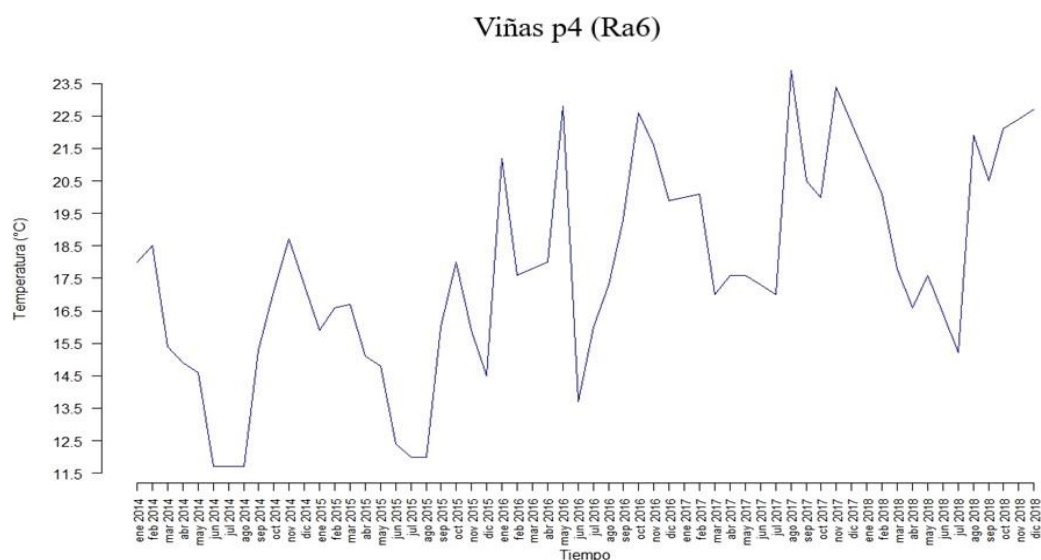
El punto de muestreo Viñas p4 (Ra6), representado en la figura 23, es el punto que mayor variabilidad presenta teniendo valores de aumento y descenso de temperatura constante durante todo el periodo de análisis, esa variación se traduce en un comportamiento impredecible pero que, a pesar de aquello, resalta al igual que los puntos anteriores, el aumento de la temperatura a partir de la mitad del periodo de análisis, presentando variaciones de 6 °C a 8 °C y resaltando picos de temperatura, tanto mínima como en el caso de junio, julio, y agosto que registraron una temperatura de 11,5 °C, como máxima con temperatura de 23,5 °C en agosto 2017. Resulta interesante que, para un mismo mes en diferentes periodos, se registre tanto valores



mínimos, como máximos y que evidencia la influencia de factores externos, puntualmente ambientales como cambio climático, radiación, temperatura, clima y factores antropogénicos como algún tipo de fluido, químicos, vertidos, que tienen la capacidad de modificar el estado natural del agua, pero que relacionado a la normativa TULSMA (2015), no excede los valores permisibles determinados en la misma.

### Figura 23

*Temperatura en el punto Viñas p4 (Ra6)*

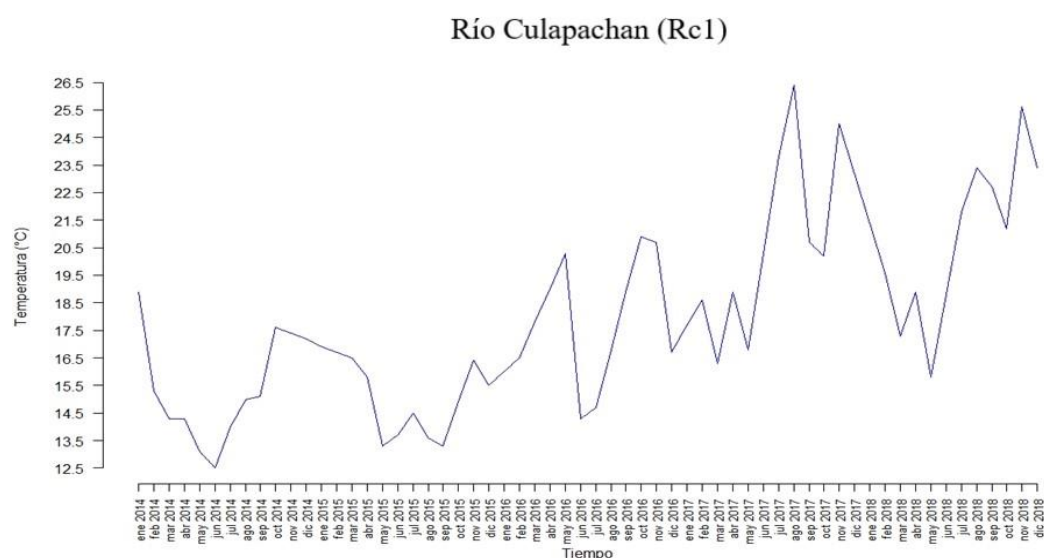


Finalmente, en cuanto a temperatura, para el punto de muestreo Río Culapachán (Rc1), representado en la figura 24, mantiene una variación de enero 2014 a mayo 2017, esas variaciones oscilan entre 12,5°C y 20,5 °C, registrando en junio 2014 una temperatura mínima de 12,5 °C. A partir de junio 2017 el aumento tendencial de la temperatura como en los anteriores puntos de muestreo se mantiene, en donde se manifiesta la influencia de factores tanto externos como ambientales y antropogénicos, algo que resulta significativo y que lleva a registrar los valores más altos, como el caso de agosto 2017 que registra la temperatura máxima de Rc1, correspondiente a 26,5 °C. Siendo así de los valores más altos registrados durante todo el periodo y para los

puntos de muestreo ya analizados anteriormente; por aquello se determina que excede los valores permisibles descritos en TULSMA (2015).

**Figura 24**

*Temperatura en el punto Río Culapachán (Rc1)*

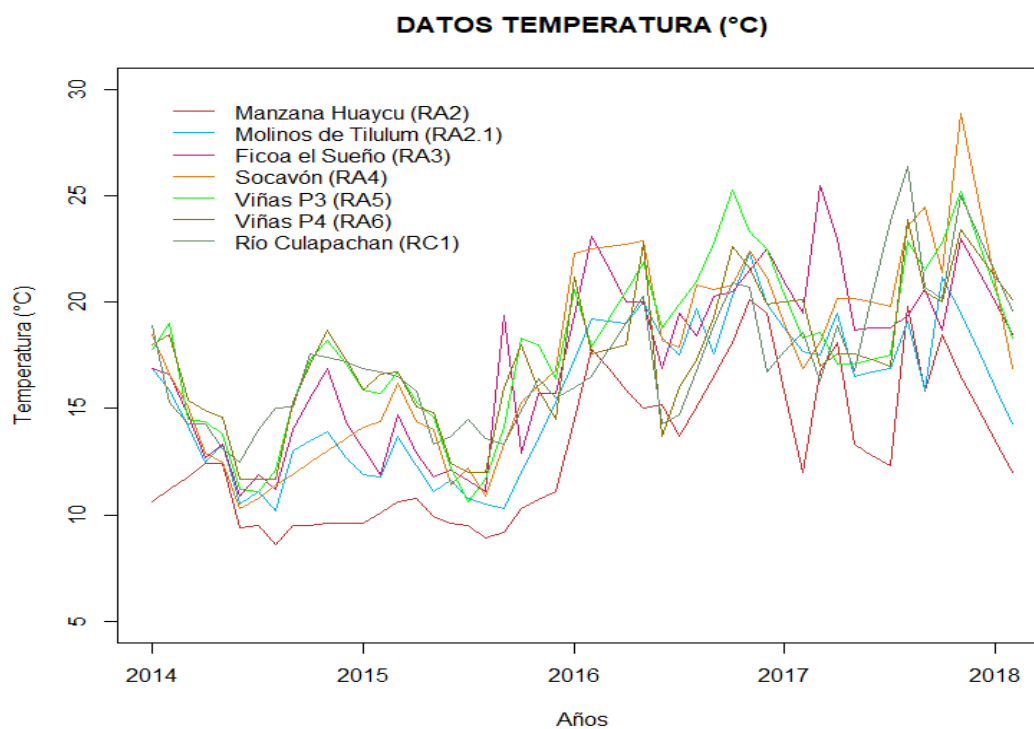


De manera general, en cuanto a registros totales de temperatura, representados en figura 25, como se ha manifestado en el transcurso de la interpretación de datos para cada punto de muestreo; a inicio de periodo, se evidencia una tendencia de aumento y descenso similar, es decir, sin cambios relevantes en valores que lleven a plantear la idea de que algo externo está provocando alteraciones significativas en la temperatura del agua, esto refiriéndose específicamente en el periodo comprendido entre enero 2014 y octubre 2015 donde los valores oscilan entre 10°C y 19°C. Posterior a este periodo hasta diciembre 2018 los valores de temperatura experimentan aumento significativos que mantienen nula relación con los valores registrados anteriormente, llegando a un máximo de 29°C para Ra4 en diciembre 2017, algo que lleva a plantear

de que factores externos relacionados a las actividades que realiza la población por donde cursa el río, como contaminación o por supuesto también factores naturales (clima, temperatura externa, radiación, etc.), que a partir de diciembre 2015 están influyendo en la modificación de la temperatura del río Ambato y con esto los impactos que genera en las masas de agua, relacionados a la disponibilidad de oxígeno disuelto que reduce de actividad biológica, lo que afecta directamente a la vida acuática y por supuesto la calidad del agua. Esto directamente relacionado con TULSMA (2015), determina como rango normal valores aquellos que no superen en 5°C la temperatura ambiental externa.

### Figura 25

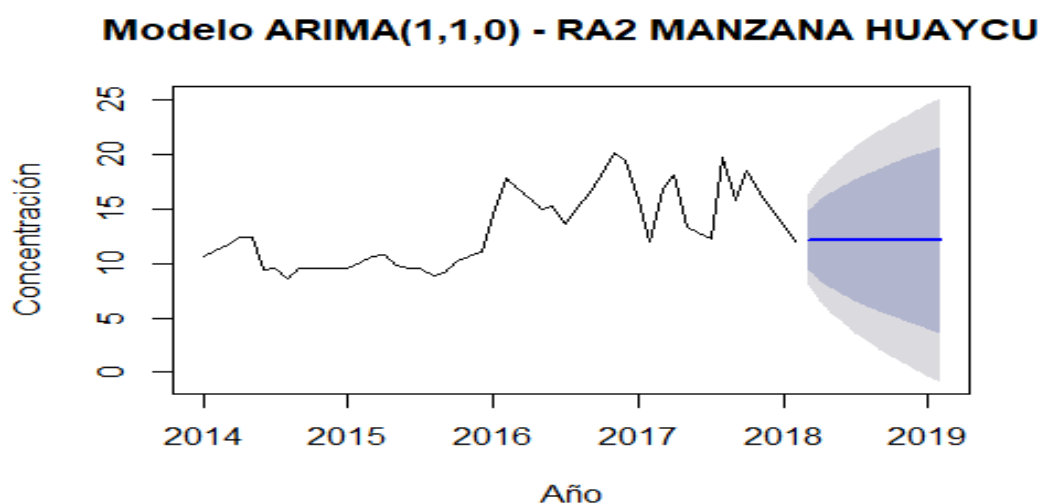
*Datos totales de temperatura en el río Ambato.*



### Temperatura: Modelo ARIMA

**Figura 26**

Modelo Arima (1,1,0) – Ra2 Manzana Huaycu.



### Análisis

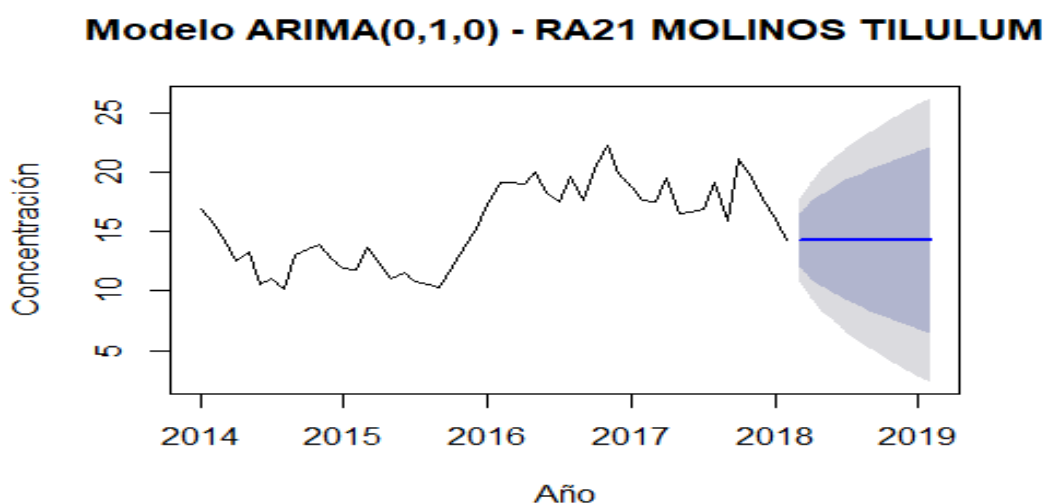
Los valores de temperatura proyectados con el modelo ARIMA (1,1,0) para el punto Ra2 Manzana Huaycu para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 8,01 y 25,18 con 95% de confianza con una estimación puntual de 12,1. En cuanto a TULSMA (2015), determina como límite permisible de temperatura aquellos que no superen en 5°C la temperatura ambiental externa.

Según el Anexo 1 del Boletín Climatológico mensula del INHAMI correspondiente a diciembre 2020 la temperatura en la estación Ambato aeropuerto fue de 16,1°C, valor que servirá como referencia de la temperatura ambiental externa. En el punto Manzana Huaycu la estimación puntual de temperatura es aceptable; sin embargo el límite superior del rango excedería la norma (INAMHI, 2021).

Múltiples factores ambientales hacen variar la temperatura del agua del río; sin embargo, industrias que usan agua como refrigerante y descargan agua caliente en los ríos pueden ser una fuente de contaminación térmica la misma que causa disminución de la capacidad del río de contener oxígeno disuelto y asfixia en los peces por un aumento de las reacciones químicas (Encinas, 2011).

### Figura 27

*Modelo Arima (0,1,0) – Ra2.1 Molinos Tilulum.*



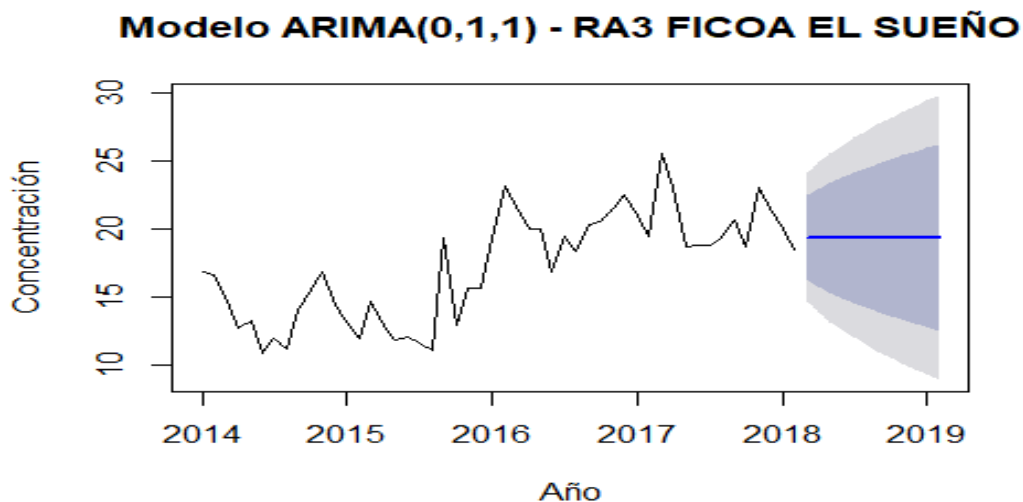
### Análisis

Los valores de temperatura proyectados con el modelo ARIMA (0,1,0) para el punto Ra2.1 Molinos Tilulum para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 10,84 y 26,26 con 95% de confianza con un pronóstico de 14.3, En cuanto a TULSMA (2015), determina como límite permisible de temperatura aquellos que no superen en 5°C la temperatura ambiental externa.

Según el Anexo 1 del Boletín Climatológico mensula del INHAMI correspondiente a diciembre 2020 la temperatura en la estación Ambato aeropuerto fue de 16,1°C, valor que servirá como referencia de la temperatura ambiental externa por lo que en el punto Molinos Tilulum la temperatura se proyecta en un rango aceptable; sin embargo, el límite superior del rango excedería la norma (INAMHI, 2021).

**Figura 28**

*Modelo Arima (0,1,1) – Ra3 Ficoa El Sueño.*



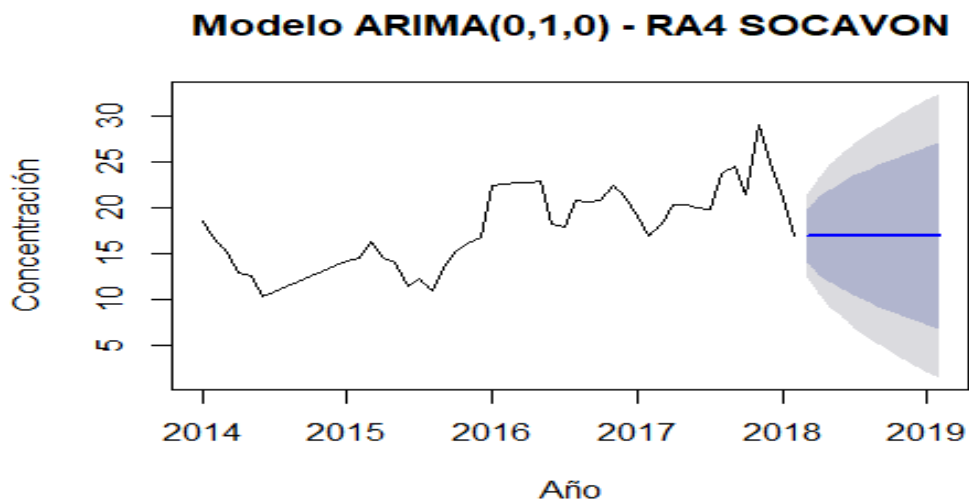
### **Análisis**

Los valores de temperatura proyectados con el modelo ARIMA (0,1,1) para el punto Ra3 Ficoa para los periodos 2018 – 2019 oscilan entre 14,62 y 29,79 con 95% de confianza y un pronóstico de 19,35, En cuanto a TULSMA (2015), determina como límite permisible de temperatura aquellos que no superen en 5°C la temperatura ambiental externa.

Según el Anexo 1 del Boletín Climatológico mensual del INHAMI correspondiente a diciembre 2020 la temperatura en la estación Ambato aeropuerto fue de 16,1°C, valor que servirá como referencia de la temperatura ambiental externa por lo que en el punto Ficoa El Sueño la temperatura se proyecta en un rango aceptable; sin embargo, el límite superior del rango excedería la norma (INAMHI, 2021).

**Figura 29**

*Modelo Arima (0,1,0) – Ra4 Socavón.*



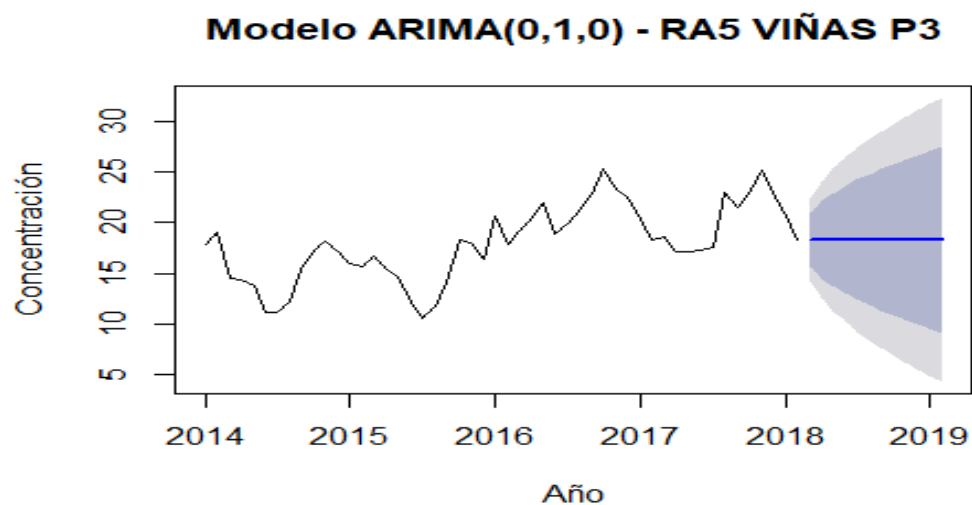
### **Análisis**

Los valores de temperatura proyectados con el modelo ARIMA (0,1,0) para el punto Ra4 Socavón para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 12.43 y 32.35 con 95% de confianza y un pronóstico de 16.9, En cuanto a TULSMA (2015), determina como límite permisible de temperatura aquellos que no superen en 5°C la temperatura ambiental externa.

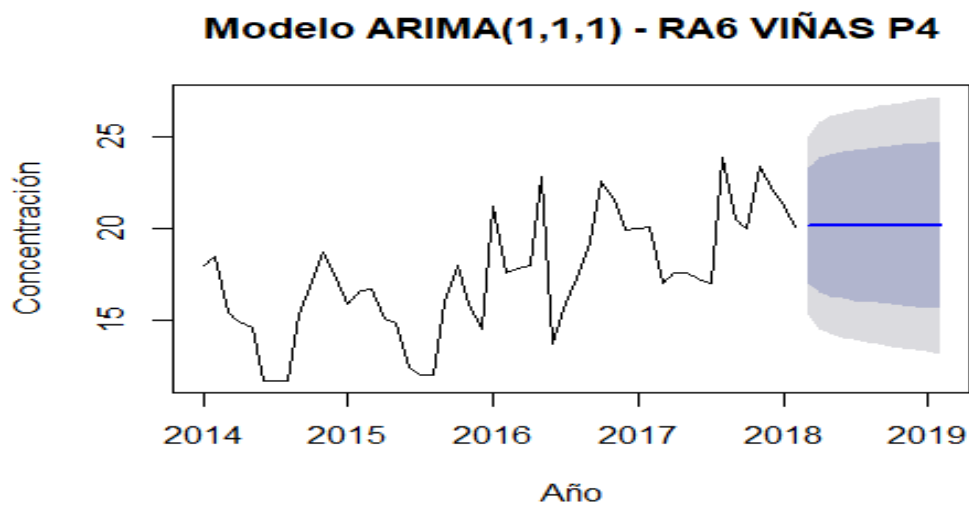
Según el Anexo 1 del Boletín Climatológico mensual del INHAMI correspondiente a diciembre 2020 la temperatura en la estación Ambato aeropuerto fue de 16,1°C, valor que servirá como referencia de la temperatura ambiental externa por lo que en el punto Socavón la temperatura se proyecta en un rango aceptable; sin embargo, el límite superior del rango excedería la norma (INAMHI, 2021).

**Figura 30**

*Modelo Arima (0,1,0) – Ra5 Viñas P3.*

**Figura 31**

*Modelo Arima (1,1,1) – Ra6 Viñas P4.*



### **Análisis**

Los valores de temperatura proyectados con el modelo ARIMA (1,1,1) para el punto Ra6 Viñas P4 para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 15,30 y 27,19 con 95% de confianza y un pronóstico de 20,1, En cuanto a TULSMA (2015), determina como

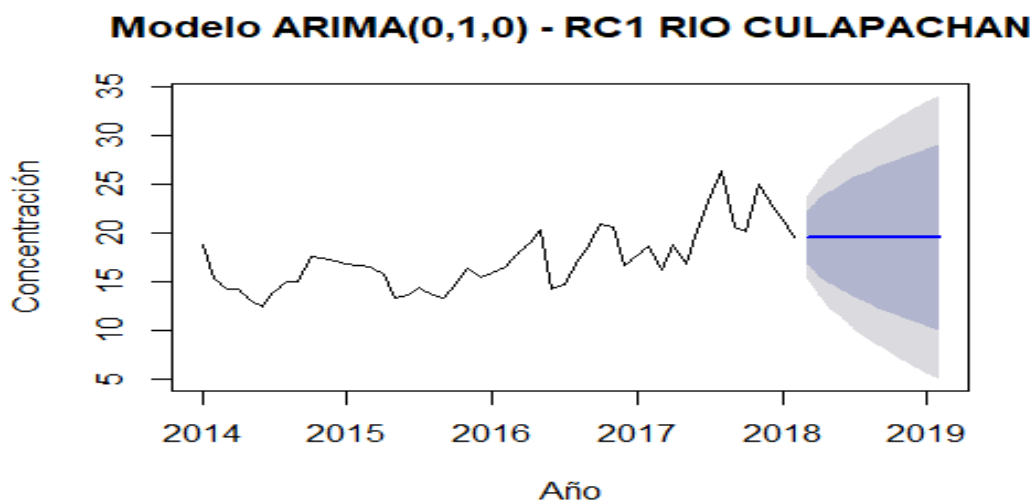


límite permisible de temperatura aquellos que no superen en 5°C la temperatura ambiental externa.

Según el Anexo 1 del Boletín Climatológico mensual del INHAMI correspondiente a diciembre 2020 la temperatura en la estación Ambato aeropuerto fue de 16,1°C, valor que servirá como referencia de la temperatura ambiental externa por lo que en el punto Viñas P4 la temperatura se proyecta en un rango aceptable; sin embargo, el límite superior del rango excedería la norma (INAMHI, 2021).

### Figura 32

*Modelo Arima (0,1,0) – Rc1 Río Culapachán.*



### Análisis

Los valores de temperatura proyectados con el modelo ARIMA (0,1,0) para el punto Rc1 Río Culapachán para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 15,40 y 34,14 con 95% de confianza y un pronóstico de 19,6. En cuanto a TULSMA (2015), determina como límite permisible de temperatura aquellos que no superen en 5°C la temperatura ambiental externa.

Según el Anexo 1 del Boletín Climatológico mensual del INHAMI correspondiente a diciembre 2020 la temperatura en la estación Ambato aeropuerto fue

de 16,1°C, valor que servirá como referencia de la temperatura ambiental externa por lo que en el punto Río Culapachán la temperatura se proyecta en un rango aceptable; sin embargo, el límite superior del rango excedería la norma (INAMHI, 2021).

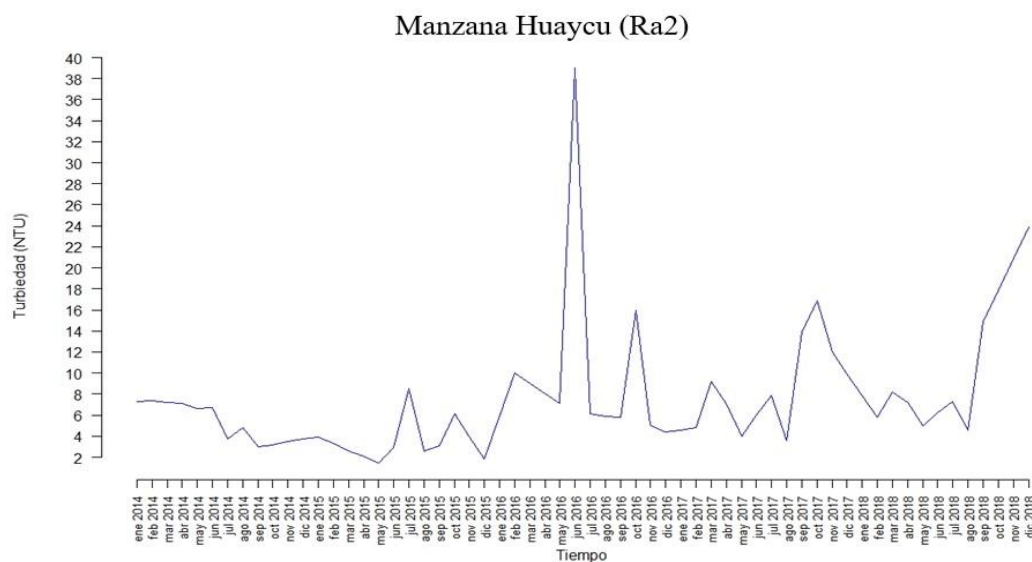
### **Turbiedad**

Como punto de partida para el análisis de la turbiedad, tenemos el punto de muestreo Manzana Huaycu (Ra2), representado en la figura 33, se refleja una variación en cuanto a valores de turbiedad bajos, oscilando entre 2 NTU y 14 NTU, pero que en julio 2016 manifiesta un repunte significativo, registrando para este punto de muestro el valor de 38 NTU correspondiente al valor máximo de turbiedad. Por su parte, la normativa ecuatoriana relacionada a TULSMA (2015) manifiesta como valor máximo permisibles de turbiedad es de 50 NTU, con lo que este punto de muestreo, no excede lo determinado en la norma.

La turbiedad en cuanto a parámetro indicador de calidad del agua adquiere su importancia puesto que mide la cantidad de materia sólida suspendida, como arcilla o pequeñas partículas de materia orgánica, en donde a mayor cantidad, menor transparencia tiene el agua. Esto impacta en los ecosistemas acuáticos dispersando la luz solar y reduciendo la concentración de oxígeno, afectando a la fotosíntesis y de manera general a los organismos acuáticos.

**Figura 33**

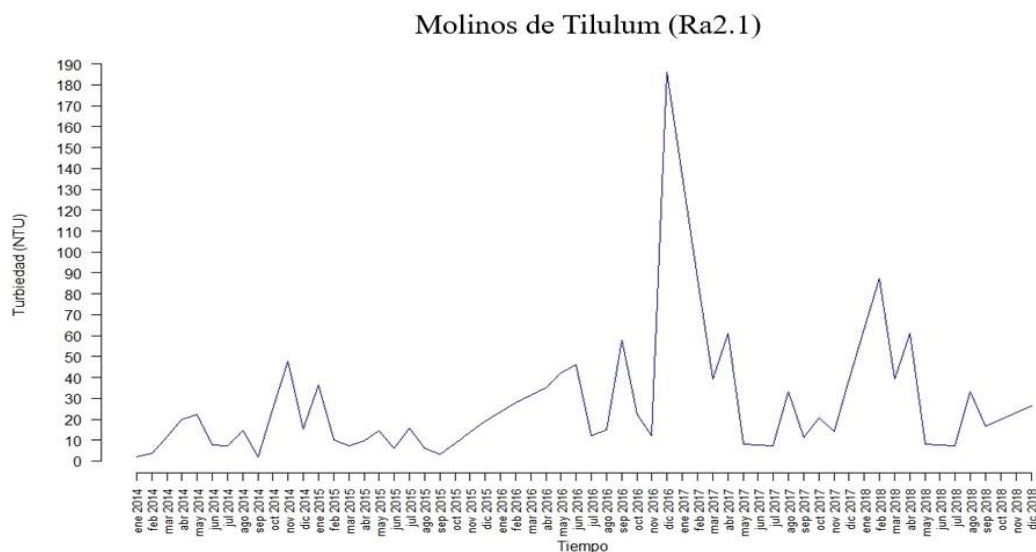
*Turbiedad en el punto Manzana Huaycu (Ra2)*



Para el punto de monitoreo Molinos de Tilulum (Ra2.1), representado en la figura 34, en donde gran parte del periodo de muestreo, refleja valores que mantienen un rango de 5 NTU a 60 NTU, con excepción de los periodos noviembre, diciembre 2016 y enero, febrero, marzo 2017 que refleja un exponencial aumento de turbiedad en el agua, siendo enero 2017 el de mayor valor registrado con 190 NTU, aquello coincide con la presencia de precipitaciones que con la generación de escorrentías y arrastre de material, integran al agua partículas que aumentan la turbiedad. Respecto a lo determinado en TULSMA (2015), excede exponencialmente el límite permisible de la norma.

**Figura 34**

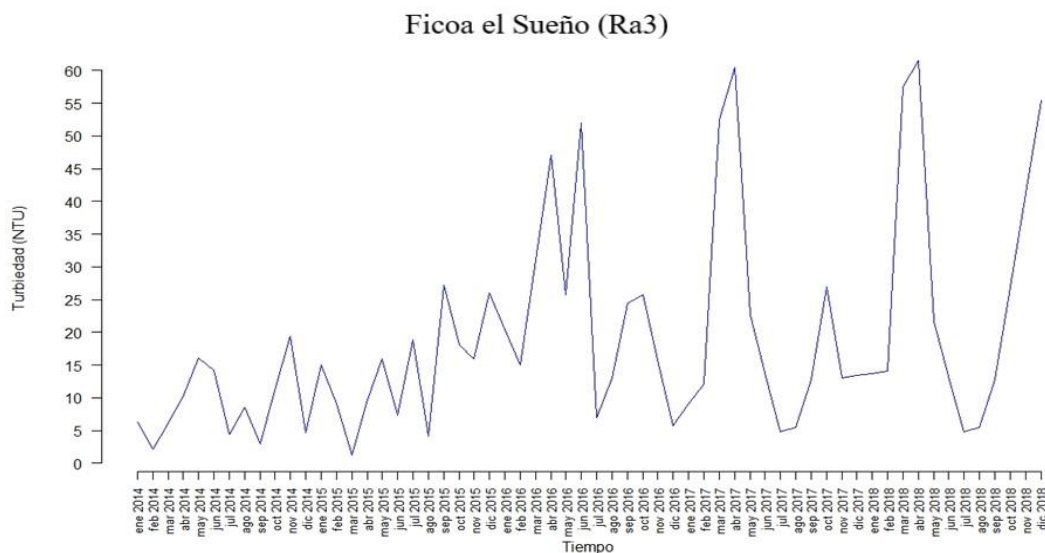
*Turbiedad en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1)*



Por otra parte, el punto de muestreo Ficoa el Sueño (Ra3), representado en figura 35, presenta una variabilidad constante con tendencia de aumento desde el inicio del periodo de análisis, manifestando aumentos significativos a partir de febrero 2016 hasta el final del periodo, destacando febrero 2014 y marzo 2015 con registro de 2NTU correspondiente al valor mínimo y abril 2017, abril 2018 con valores de 60 NTU como valor máximo registrado, excediendo el límite permisibles determinado en TULSMA (2015).

**Figura 35**

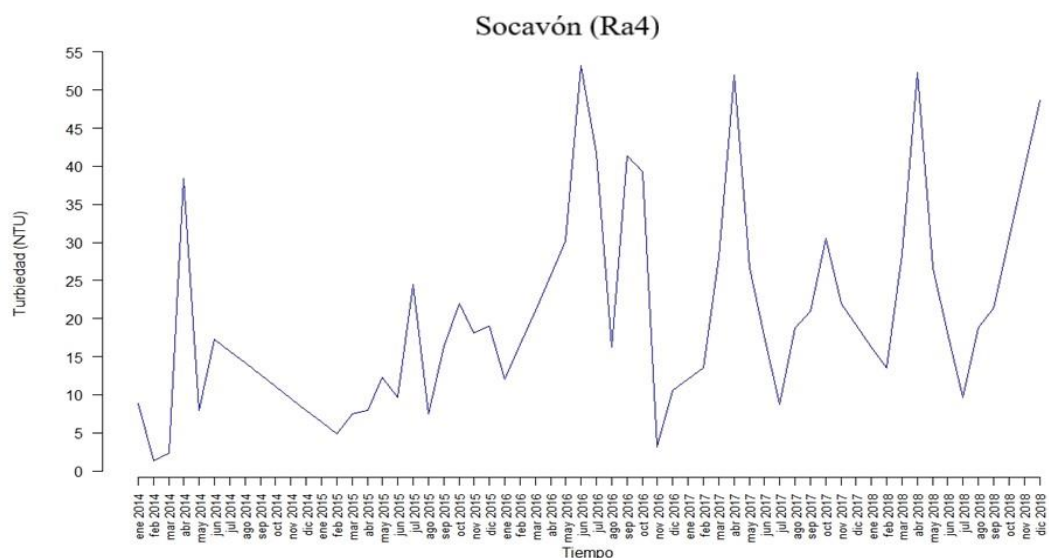
*Turbiedad en el punto Ficoa el Sueño (Ra3)*



En la figura 36, correspondiente al punto de muestreo Socavón (Ra4), manifiesta variaciones constantes, pero para este caso con valores más altos que los registrados inicialmente en los puntos anteriormente analizados, con un valor mínimo de 2 NTU registrado en febrero 2014 y un máximo de 53 NTU registrado en mayo 2016. Así mismo mantiene un rango de variación de entre 5 NTU y 40 NTU durante todo el periodo de muestreo que no representa valores significativos, es decir que no determinan una mala calidad del agua. A pesar de aquello, el valor máximo registrado excede el límite permisible determinado en TULSMA (2015).

**Figura 36**

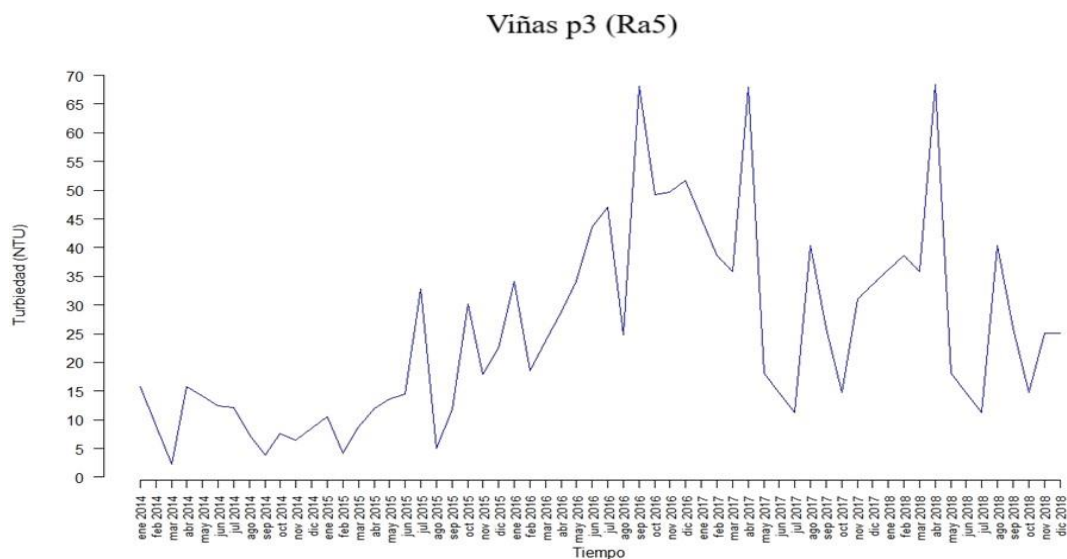
*Turbiedad en el punto Socavón (Ra4)*



En el caso del punto de muestreo Viñas p3 (Ra5), representado en la figura 37, mantiene la tendencia de aumento, en donde se observa que los niveles de turbiedad se han incrementado con respecto al punto Ra4 y resultando relevante tres picos en periodos de muestreo diferente con un valor de 65 NTU que representa el valor máximo para el periodo total de muestreo en septiembre 2016, abril 2017 y abril 2018. En marzo del 2014 se registró el valor más bajo de turbiedad con un valor de 2 NTU. Relacionado a TULSMA (2015), se picos de turbiedad que exceden el límite permisible determinado en la misma.

**Figura 37**

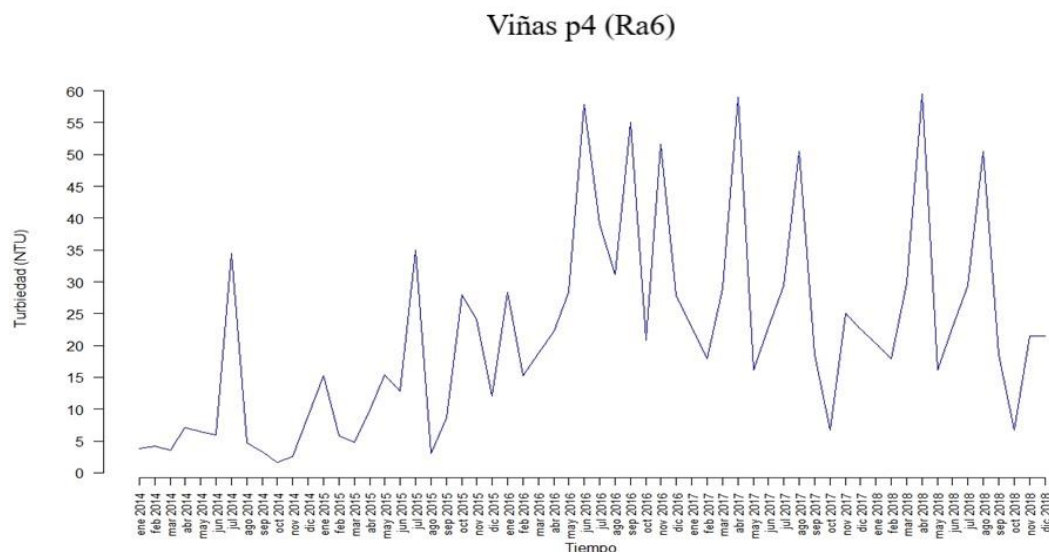
*Turbiedad en el punto Viñas p3 (Ra5)*



En el punto de muestreo Viñas p4 (Ra6), representado en figura 38, muestra unos valores iniciales de turbiedad relativamente bajos hasta mayor 2016 que tiende a aumentar y presentar valores mayores, en dónde registra el valor máximo de turbiedad (55 NTU) para junio 2016, abril 2017, abril 2018; posterior a los periodos mencionado, se registran descenso en valores de turbiedad llegando hasta 5 NTU. En valor mínimo de turbiedad registrado es de 2 NTU en octubre 2014, en donde a pesar de aquello, el valor máximo registrado supera el límite permisible que establece TULSMA (2015).

**Figura 38**

*Turbiedad en el punto Viñas p4 (Ra6)*

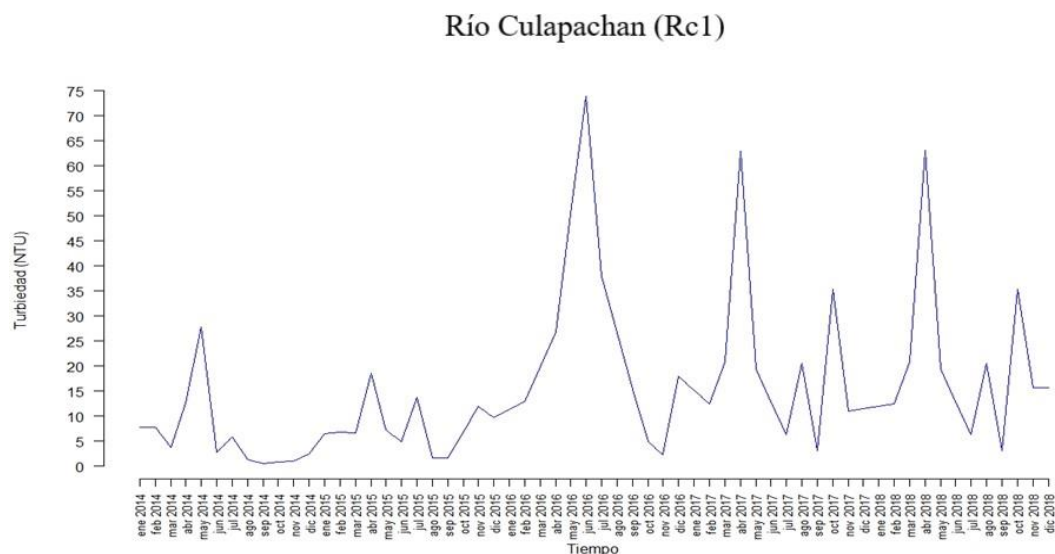


Por último, Río Culapachán (Rc1) representando en figura 39, muestra inicialmente un pequeño repunte en cuanto a valores de turbiedad en abril 2014 pero que a partir de aquello tiende a mantener valores estables hasta noviembre 2015 que los valores empiezan a tener variaciones significativas registrando hasta final del periodo considerado, varios puntos con valores de turbiedad superiores a 50 NTU y puntualmente teniendo su registro máximo de turbiedad en junio 2016 con un valor de 75 NTU, que evidentemente supera el límite permisibles establecido en TULSMA (2015).



**Figura 39**

*Turbiedad en el punto Río Culapachán (Rc1)*

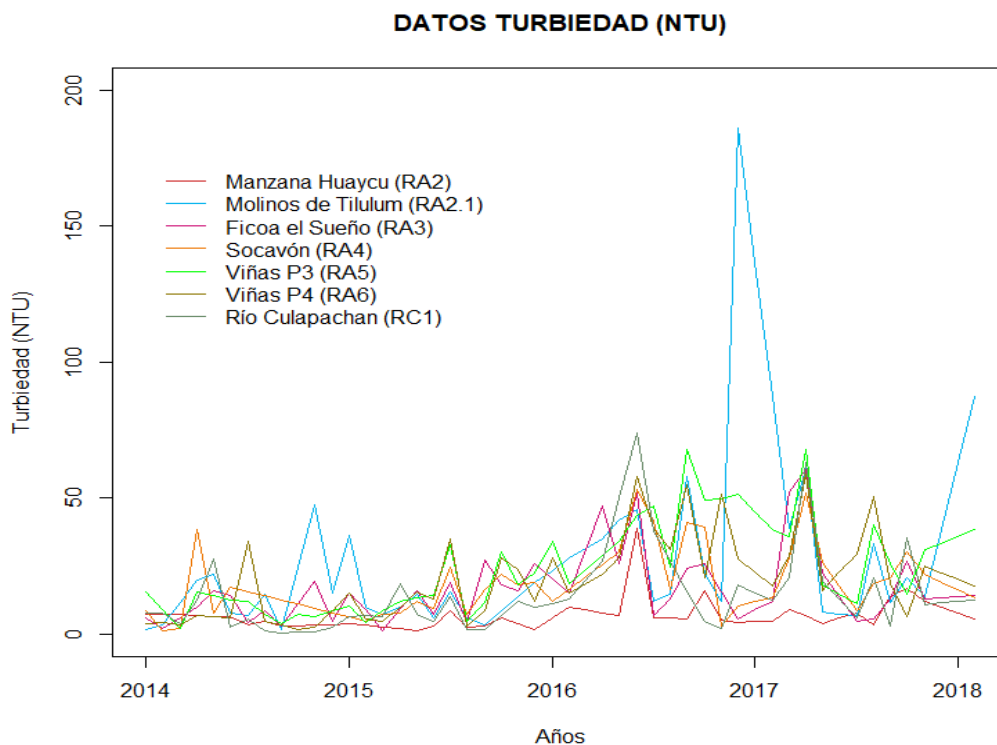


En contexto con la figura 40, que representa los valores totales de turbiedad.

TULSMA (2015), define un valor máximo de 50 NTU para este parámetro, es así que podemos manifestar que el contenido en agua de sólidos suspendidos y materia orgánica determinan la actividad de los organismos acuáticos, por tanto una mayor turbiedad limita el funcionamiento normal de un ecosistema acuático, al tener poco paso de luz se disminuye por ejemplo el fenómeno de la fotosíntesis, así como la cantidad de oxígeno y la cantidad de nutrientes que permiten mantener un estado óptimo del agua. Los valores de turbiedad en el río Ambato, se encuentran en un rango moderado que va de 3 NTU a 60 NTU, a excepción de repunte específico en enero 2017 con 190 NTU, que supera exponencialmente los valores definidos en TULSMA (2015); en cuanto al resto de valores para el total del periodo de análisis, no representa valores que tengan capacidad de generar modificaciones significativas en el río Ambato.

**Figura 40**

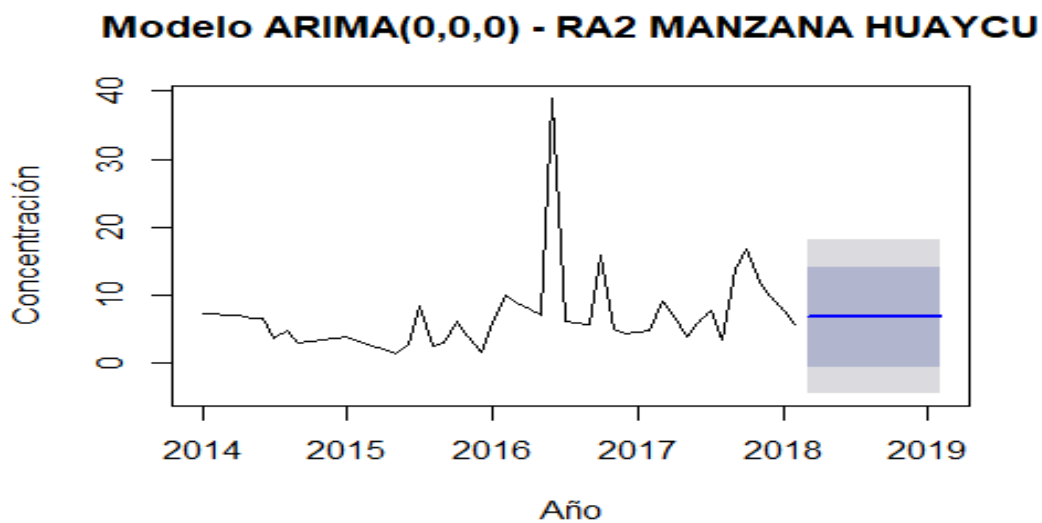
*Datos totales de turbiedad en Río Ambato.*



**Turbiedad: Modelo ARIMA**

**Figura 41**

*Modelo Arima (0,0,0) – Ra2 Manzana Huaycu.*

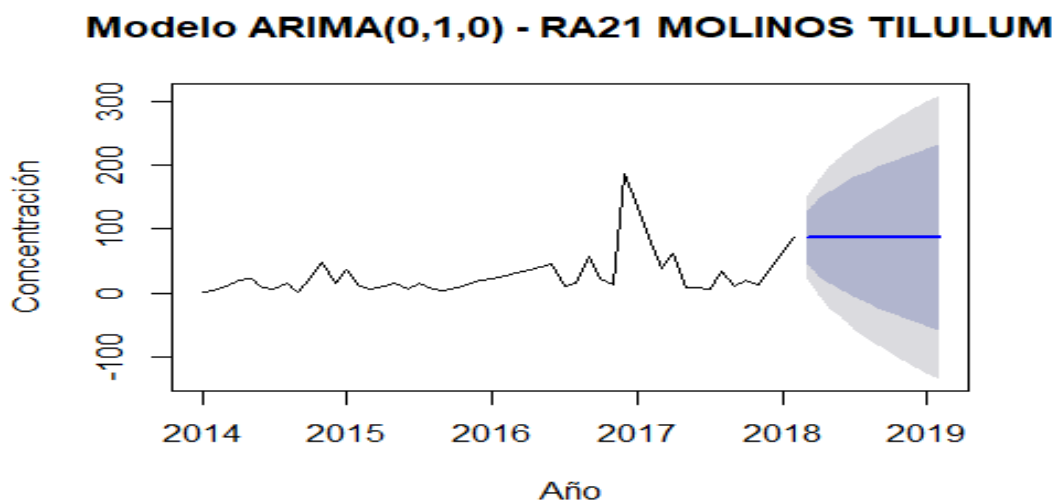


### Análisis

Los valores de turbiedad proyectados con el modelo ARIMA (0,0,0) para el punto Ra2 Manzana Huaycu para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -4,38 y 18,08NTU con 95% de confianza y la estimación puntual es de 6,84NTU; según el TULSMA (2015), define como valores normales de turbiedad, aquellos que no superen los 50 NTU, por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

### Figura 42

*Modelo Arima (0,1,0) – Ra2.1 Molinos Tilulum.*



### Análisis

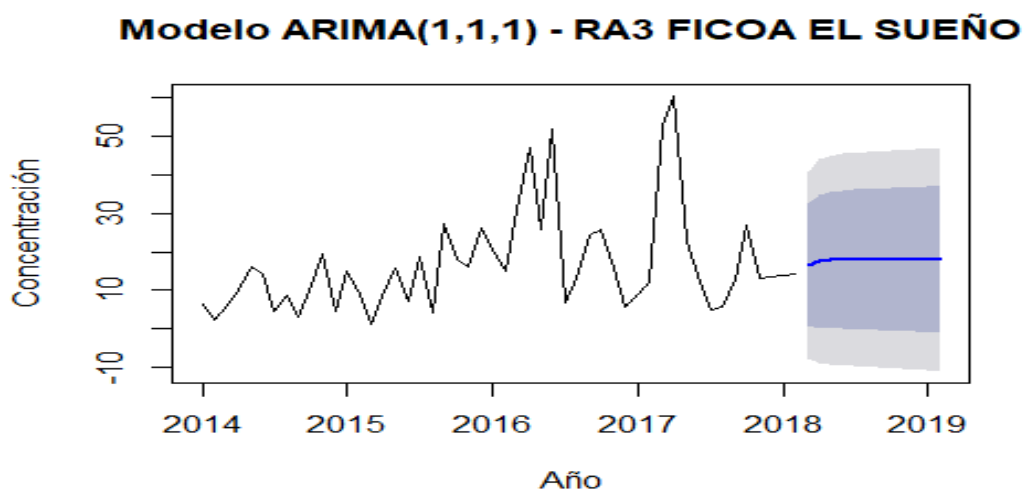
Los valores de turbiedad proyectados con el modelo ARIMA (0,1,0) para el punto Ra2.1 Molinos Tilulum para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre 23,36 y 309,66NTU con 95% de confianza y la estimación puntual es de 87,5NTU; según el TULSMA (2015), define como valores normales de turbiedad, aquellos que no superen los 50 NTU, por lo que la estimación puntual en este caso no cumple la norma.

En esta parte del río existen canteras que probablemente utilizan el agua del río para lavado y descargan las aguas residuales sin tratamiento en el mismo río lo que

provoca en la actualidad y podría provocar en el futuro un exceso de turbiedad en el agua que es un grave problema ya que esto reduce o impide el proceso de fotosíntesis debido a que las partículas suspendidas bloquean la penetración de la luz solar, lo que provoca la disminución de oxígeno disuelto en el cuerpo receptor.

### Figura 43

*Modelo Arima (1,1,1) – Ra3 Ficoa El Sueño.*

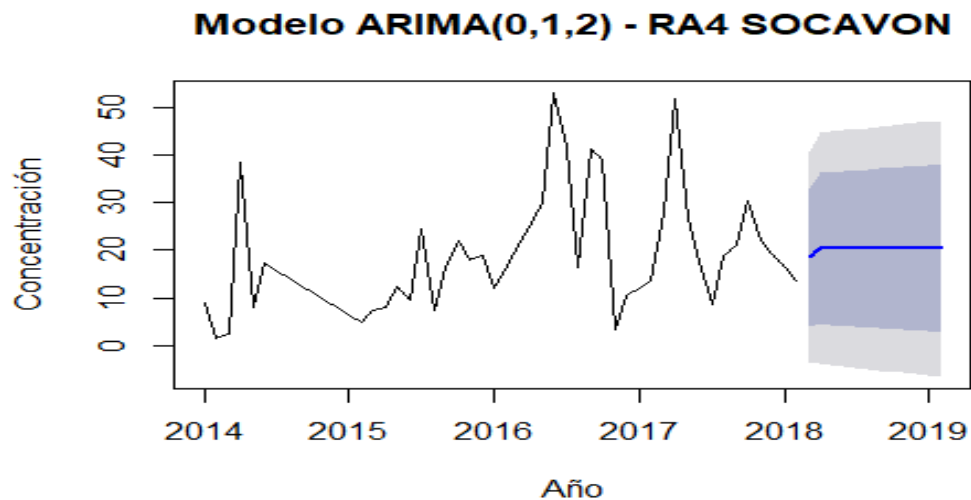


### Análisis

Los valores de turbiedad proyectados con el modelo ARIMA (1,1,1) para el punto Ra3 Ficoa El Sueño para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre - 11,05 y 46,99 NTU con 95% de confianza y la estimación puntual es de 17,96NTU; según el TULSMA (2015), define como valores normales de turbiedad, aquellos que no superen los 50 NTU, por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

**Figura 44**

*Modelo Arima (0,1,2) – Ra4 Socavón.*

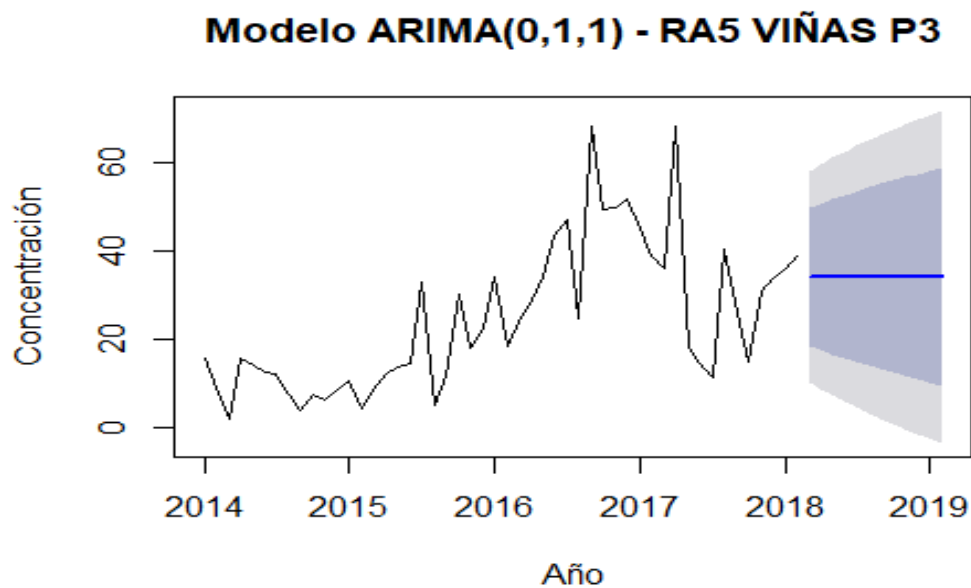


### **Análisis**

Los valores de turbiedad proyectados con el modelo ARIMA (0,1,2) para el punto Ra4 Socavón para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -6,61 y 47,34 NTU con 95% de confianza y la estimación puntual es de 17.96NTU; según el TULSMA (2015), define como valores normales de turbiedad, aquellos que no superen los 50 NTU, por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

**Figura 45**

*Modelo Arima (0,1,1) – Ra5 Viñas P3.*

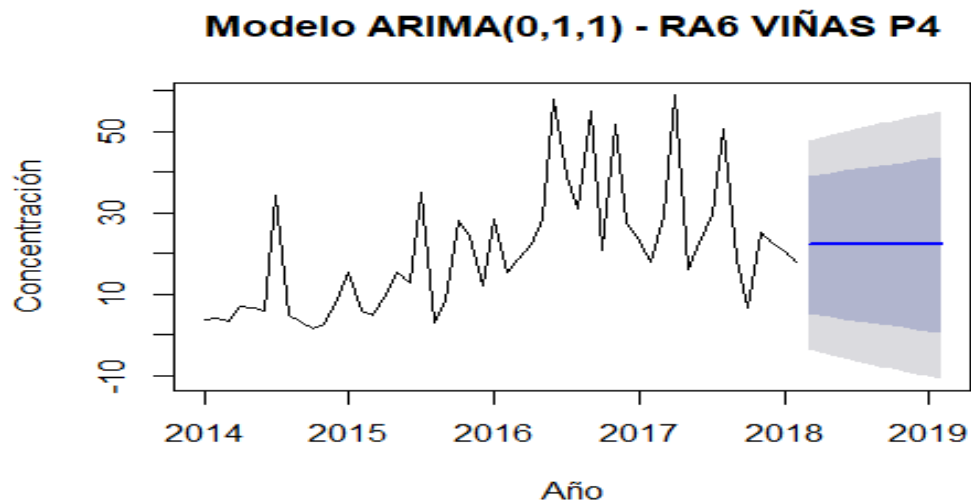


### **Análisis**

Los valores de turbiedad proyectados con el modelo ARIMA (0,1,1) para el punto Ra5 Viñas P3 para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre 0,93 y 71,63 NTU con 95% de confianza y la estimación puntual es de 34,11 NTU; según el TULSMA (2015), define como valores normales de turbiedad, aquellos que no superen los 50 NTU, por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

**Figura 46.**

*Modelo Arima (0,1,1) – Ra6 Viñas P4*

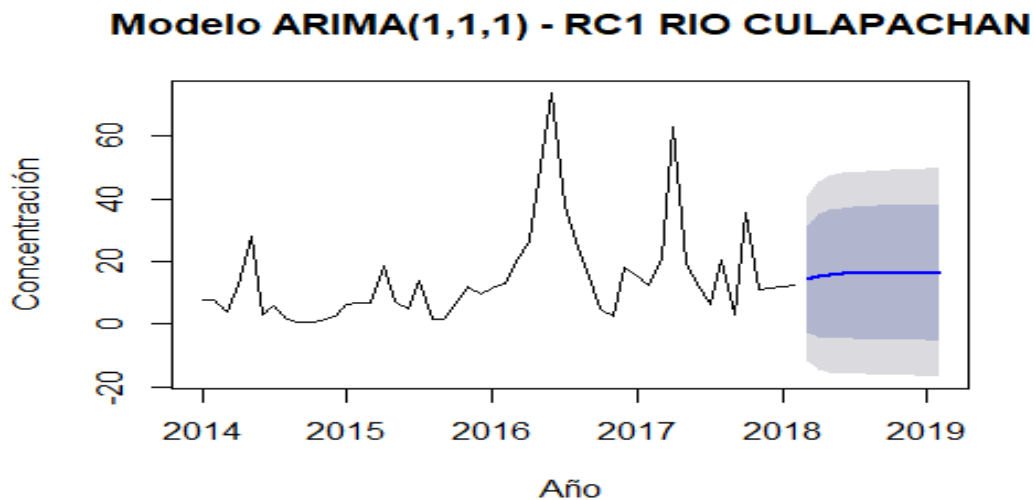


### **Análisis**

Los valores de turbiedad proyectados con el modelo ARIMA (0,1,1) para el punto Ra6 Viñas P4 para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -10,75 y 54,94 NTU con 95% de confianza y la estimación puntual es de 22,09 NTU; según el TULSMA (2015), define como valores normales de turbiedad, aquellos que no superen los 50 NTU, por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

**Figura 47**

*Modelo Arima (1,1,1) – Rc1 Río Culapachán.*



### **Análisis**

Los valores de turbiedad proyectados con el modelo ARIMA (1,1,1) para el punto Rc1 Río Culapachán para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -16,78 y 49,69 NTU con 95% de confianza y la estimación puntual es de 16,45 NTU; según el TULSMA (2015), define como valores normales de turbiedad, aquellos que no superen los 50 NTU, por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

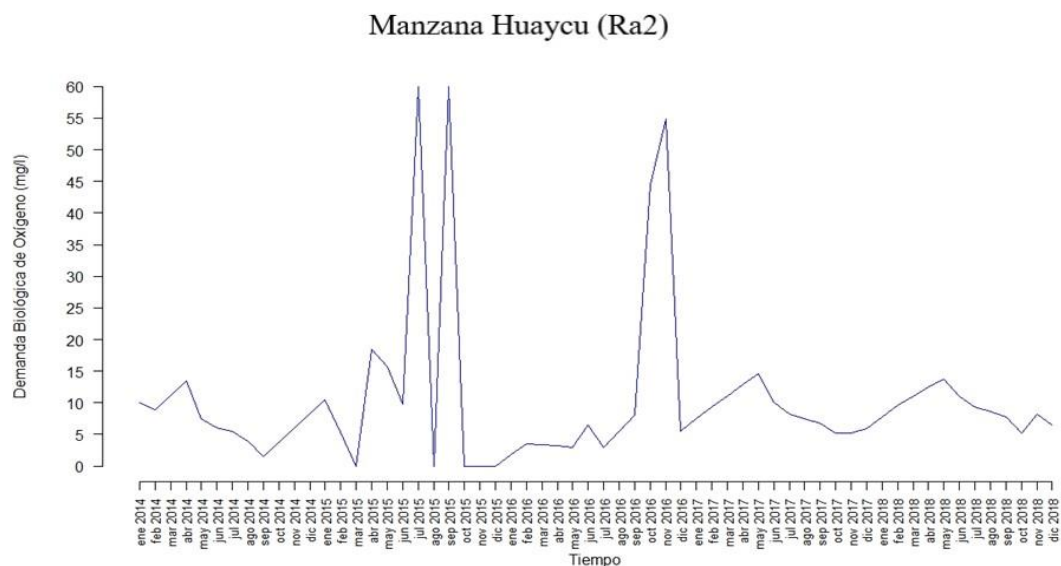


### **Demanda Bioquímica de Oxígeno**

Para el primer punto de muestreo, correspondiente a Manzana Huaycu (Ra2) representando en figura 48, muestra durante gran parte de todo el periodo valores normales de DBO, pero en 3 fechas puntuales muestra incrementos de valores considerables registrando en 2 de las 3 fechas, concretamente en julio 2015 y septiembre 2015 una concentración de 60 mg/l, correspondiente al valor máximo registrado para este punto de muestreo que evidencia una alta actividad de organismos que afecta a la vida acuática. Las concentraciones promedio de DBO, se encuentran en un rango de entre 2 mg/l y 15 mg/l. En cuanto a concentraciones mínimas, se registró en marzo, agosto, octubre, noviembre, diciembre 2015 una concentración de 0 mg/l. Por su parte TULSMA (2015), definen un límite permisible de DBO una concentración máxima de 20 mg/l, que, respecto a este punto de muestreo, no excede aquel valor y por lo tanto tampoco la norma. Este parámetro fundamentalmente nos lleva a determinar la actividad microbiológica, a partir de la cantidad de oxígeno necesitan los mismos para degradar la materia orgánica en una masa de agua; en tanto que el aumento genera mayor actividad microbiológica, esto evidencia una alta contaminación y por consiguiente una disminución de actividad, menor contaminación, con ello una actividad microbiológica reducida que lleva inclusive a estabilizar la materia orgánica de una masa de agua.

**Figura 48**

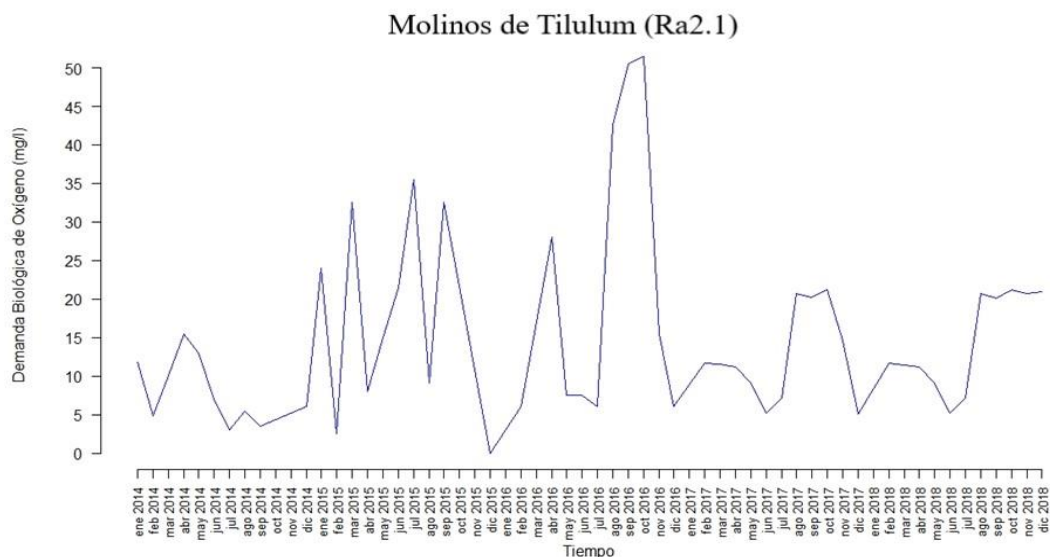
*Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Manzana Huaycu (Ra2)*



En cuanto al punto de muestreo Molinos de Tilulum (Ra2.1) representado en figura 49, considerando el nivel máximo de concentración, muestra un dato inicial medio como punto de partida que tiende a aumentar en abril 2014 a 15 mg/l y que posterior, tiende a disminuir generando una estabilidad durante un periodo corto, concretamente entre julio-diciembre 2014. A partir de enero 2015, los valores de DBO tienden a presentar aumentos significativos, por encima del nivel concentración permitido. Es así que en noviembre 2016 registra el valor de 50 mg/l correspondiente al máximo para este punto de muestro, así mismo se registró un valor de 0 mg/l en diciembre 2015, pero que probablemente haya presentado inconvenientes con el muestreo para ese periodo por lo que consideraremos el registro de 2 mg/l en febrero 2015 como valor mínimo registrado. Como valores promedio, se puede definir valores medios entre 5 mg/l y 25 mg/l. De esta manera aquel registro máximo, excede al valor definido por TULSMA (2015).

**Figura 49**

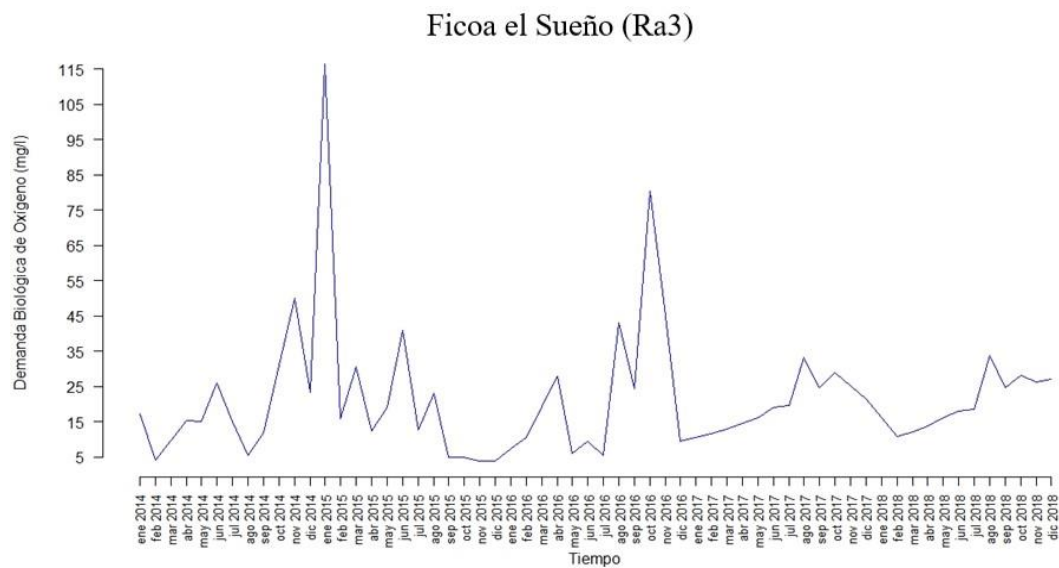
*Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1)*



Para el punto de muestreo Ficoa el Sueño (Ra3), representado en la figura 50, se observan concentraciones promedio de entre 5 mg/l y 30 mg/l, destacando un aumento representativo como concentración máxima registrada de 115 mg/l en diciembre 2015 que supera exponencialmente el valor permisibles determinado por TULSMA (2015); el valor por supuesto sobrepasa el valor de concentración permitido afectando a la vida acuática con la alta demanda y poca disponibilidad de oxígeno disuelto en agua. Por otra parte, el valor mínimo registrado, corresponde a 5 mg/l en febrero, agosto 2014 y diciembre 2015.

**Figura 50**

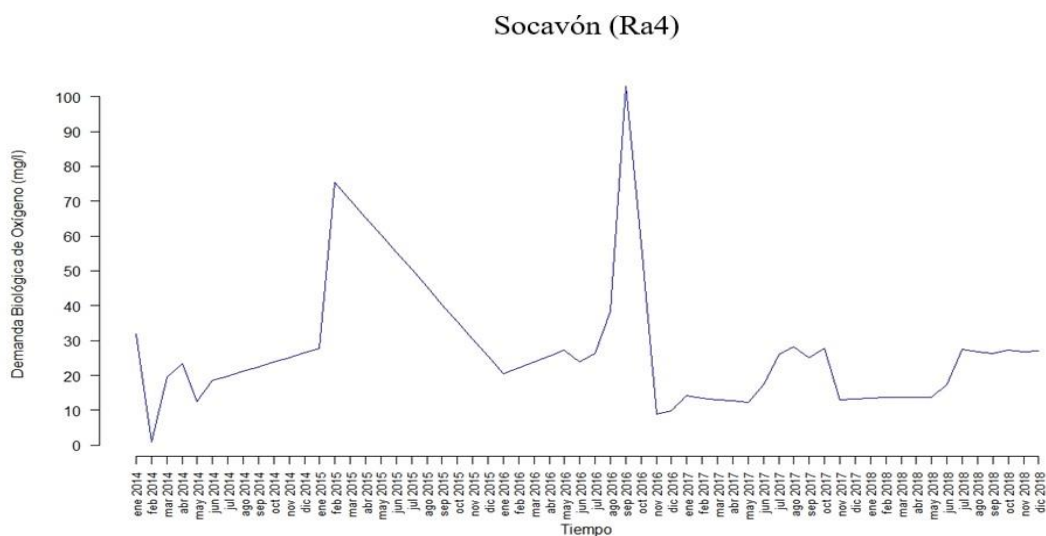
*Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Ficoa el Sueño (Ra3)*



En la figura 51, correspondiente al punto de muestreo Socavón (Ra4), la variabilidad representa periodos largos de concentración de DBO alta entre enero-diciembre 2015 teniendo un máximo de 79 mg/l en febrero 2015 pero no representa el valor máximo registrado para este punto que en este caso es de 100 mg/l en septiembre 2016, superando en gran parte del periodo el límite permisibles determinado por TULSMA (2015).

**Figura 51**

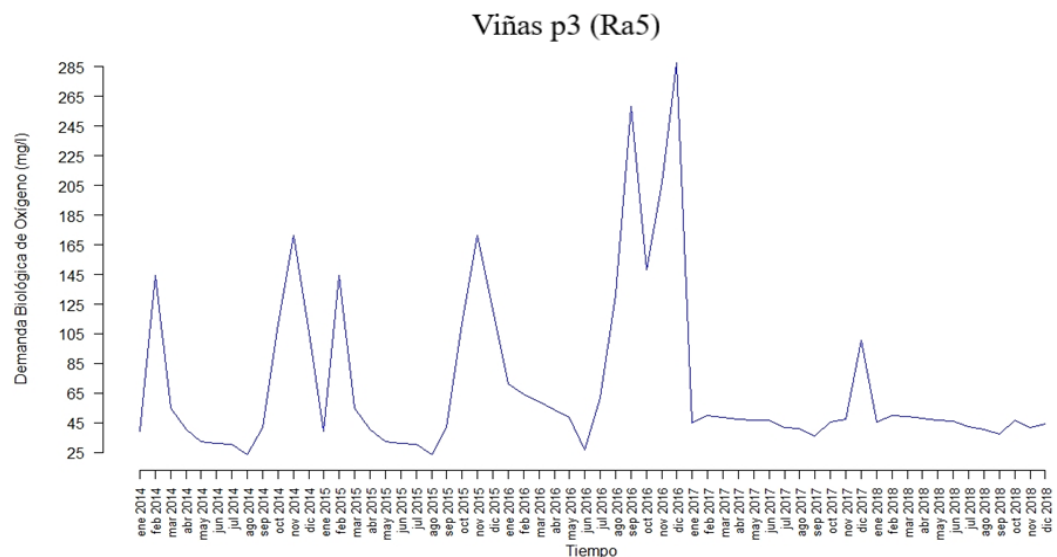
*Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Socavón (Ra4)*



En el punto de muestreo Viñas p3 (Ra5), representado en la figura 52, la variación en niveles de concentración es representativa, manteniendo hasta ahora los valores más altos registrados y manteniendo una tendencia de aumento con el transcurso del tiempo, algo que resulta inconveniente debido a que altera el desarrollo óptimo de la de vida acuática. Así, en diciembre 2016 se registra una concentración de 285 mg/l correspondiente al valor máximo de registro durante todo el periodo, por otra parte, en cuanto a concentraciones mínimas, se registró un valor de 25 mg/l en agosto 2014 y agosto 2015. Las concentraciones promedio de DBO variaron en un rango de entre 30 mg/l y 165 mg/l, lo que inclusive el valor más bajo, excede el límite permisibles determinado por TULSMA (2015).

**Figura 52**

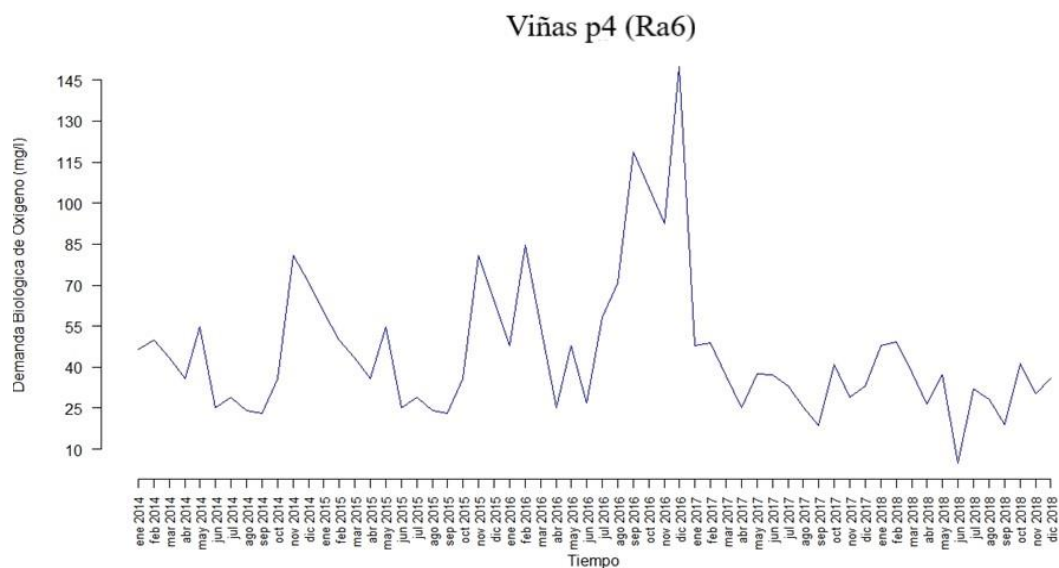
*Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Viñas p3 (Ra5)*



En Viñas p4 (Ra6), representado en figura 53, presenta una variación significativa con valores promedio que oscilan entre 10 mg/l y 145 mg/l, destacando en diciembre 2016 una concentración de 145 mg/l como valor máximo registrado y 10 mg/l en junio 2018 como valor mínimo registrado durante todo el periodo de análisis, en donde a pesar de estos registros de valores bajos, se evidencian picos que exceden el límite permisibles determinado en TULSMA (2015).

**Figura 53**

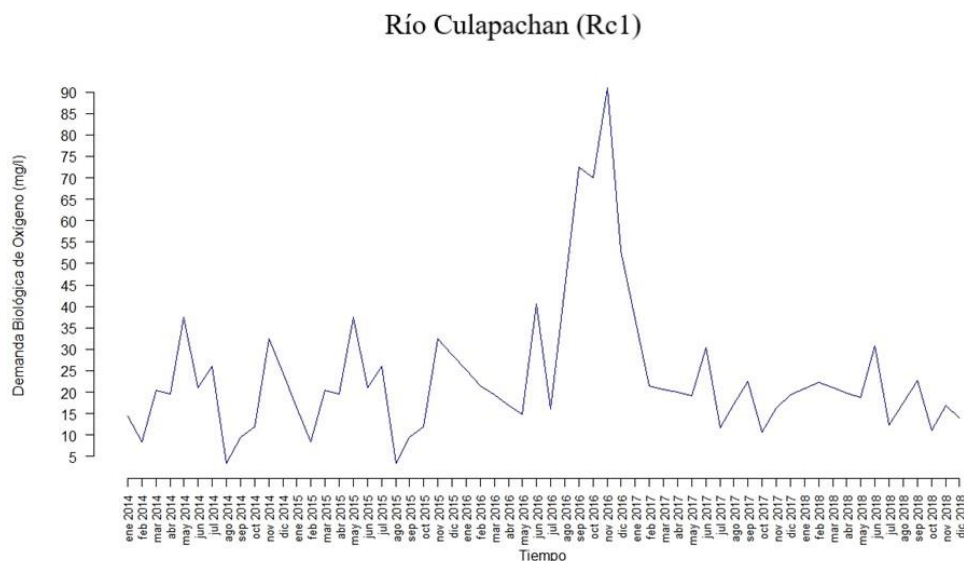
*Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Viñas p4 (Ra6)*



Como punto de muestreo final para DBO, río Culapachán (Rc1), representado en la figura 54, muestra en gran parte del periodo analizado, una variación de concentraciones constantes que varían de 5 mg/l a 35 mg/l. Sin embargo, en el periodo de julio 2016 – febrero 2017, registra concentraciones superiores a la mencionadas, siendo noviembre 2016 con 90 mg/l el mes con mayor nivel concentración registrada durante el periodo de muestro; agosto 2014 y agosto 2015 registran el nivel mínimo de concentración con 5 mg/l. En donde al igual que los puntos anteriores, registra picos que exceden el límite permisible establecido en TULSMA (2015).

**Figura 54**

*Demanda Bioquímica de Oxígeno en el punto Río Culapachán (Rc1)*



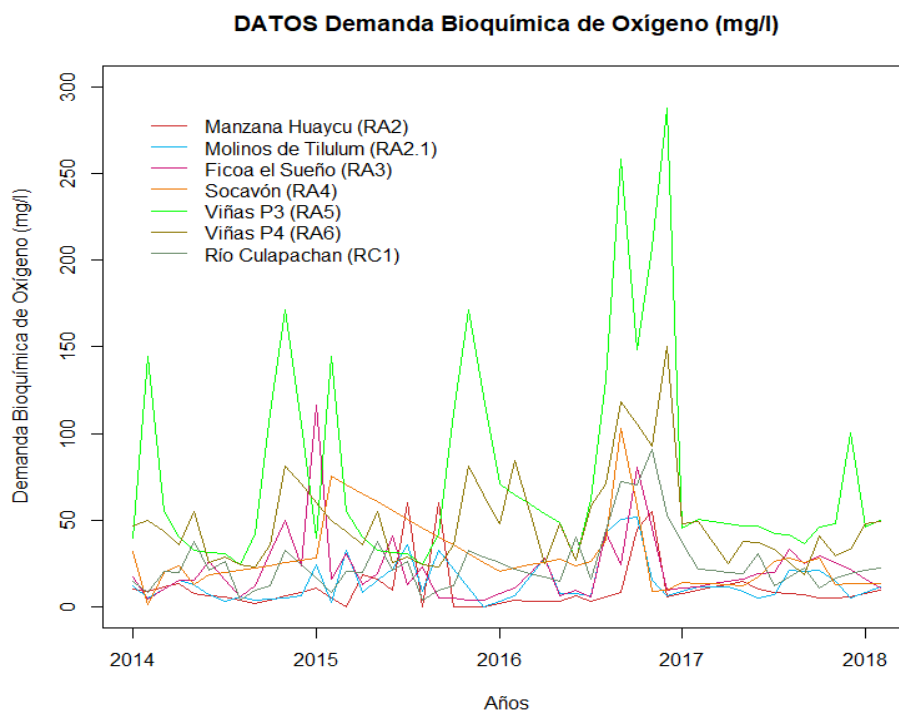
En síntesis, los valores de DBO registrados para el río Ambato y representados en la figura 55, muestra concentraciones altas de DBO durante todo el periodo de análisis, considerando el valor referencia por TULSMA (2015) de 20 mg/l. De los puntos de muestreo Viñas p3 (Ra5), corresponde al más crítico y el que durante todo el periodo mantuvo concentraciones altas con oscilaciones de ascenso y descenso pero que no llegaban al valor referenciado por TULSMA (2015), siendo 25 mg/l el valor mínimo y 285 mg/l el valor máximo registrado en el periodo de análisis, lo que representa una alta contaminación para este punto del río Ambato. Es importante mencionar que la DBO además de representar la cantidad de oxígeno que necesita un organismo para la degradación de la materia orgánica presente en agua, también nos permite medir la contaminación generada por materia orgánica en donde una concentración alta satura el sistema, limitando la cantidad de oxígeno disponibles, por lo tanto afecta la capacidad de oxidación de los microorganismos y por supuesto la diversidad de especies acuática, esto como resultado de vertidos domésticos, la generación de escorrentías en las épocas lluviosas que arrastra sedimentos, desechos, contaminantes químicos y que



tiene como punto final el cauce del río, alterando de esa manera el equilibrio e impactando a los organismos acuáticos.

### Figura 55

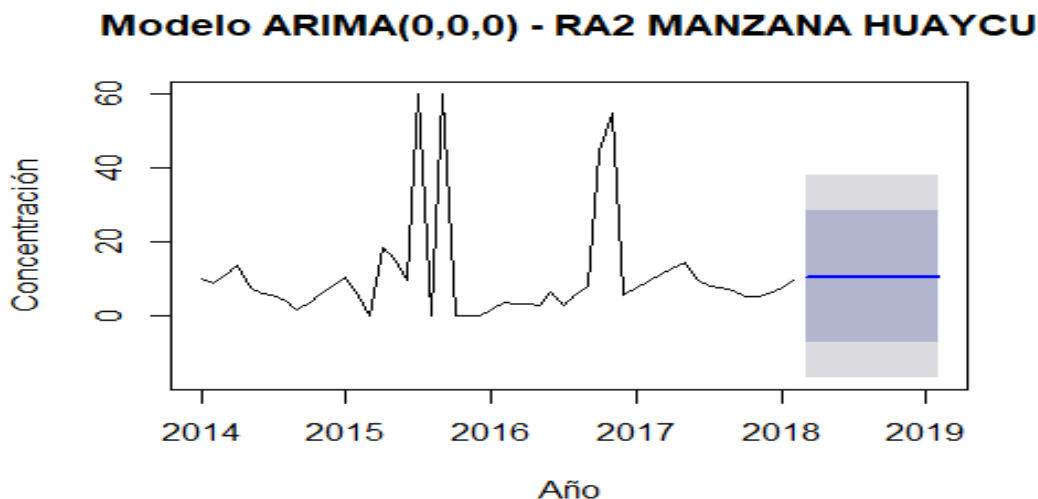
*Demanda Bioquímica de Oxígeno en Río Ambato.*



### ***Demanda Bioquímica de Oxígeno: Modelo ARIMA***

**Figura 56**

*Modelo Arima (0,0,0) – Ra2 Manzana Huaycu.*



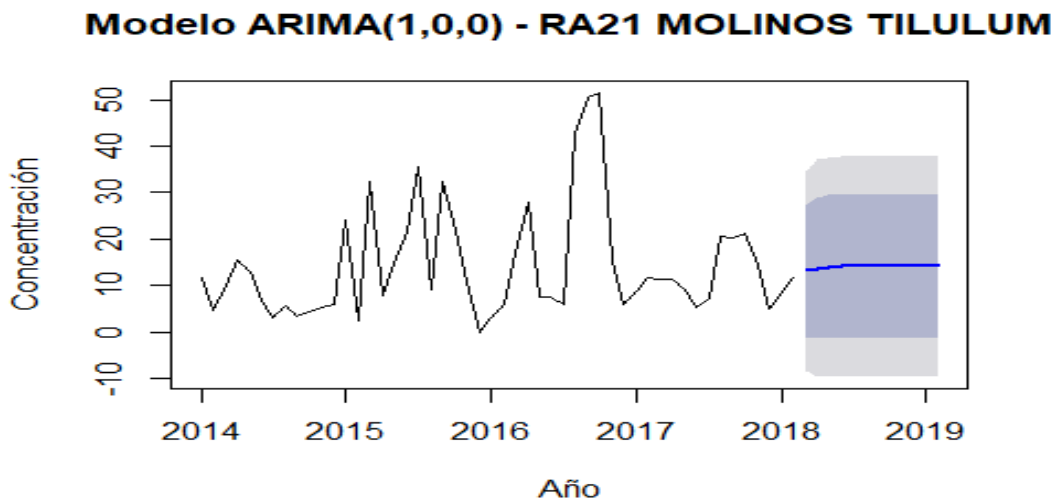
#### **Análisis**

El valor proyectado de DBO con el modelo ARIMA (0,0,0) para el punto Ra2 Manzana Huaycu para los períodos 2018 – 2019 es 10,60mg/l, por lo que se encuentra dentro de los valores permisibles según el TULSMA (2015), determina como límite máximo permisible de DBO una concentración de 20 mg/l.

A mayor cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, más cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para degradarla, por lo que la DBO indica los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad del agua.

**Figura 57**

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra2.1 Molinos Tilulum.*

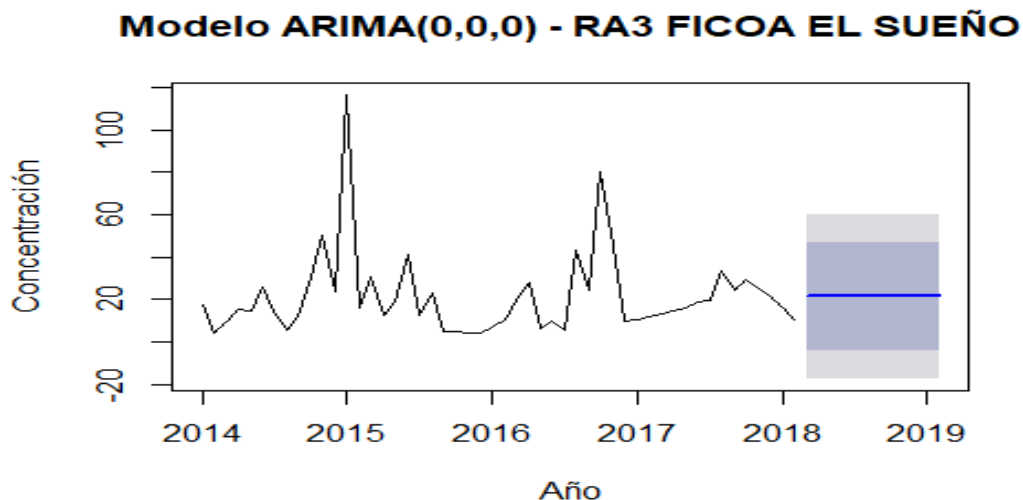


### **Análisis**

Los valores de DBO proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra2.1 Molinos Tilulum para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 13,13 y 14,14 mg/l, se encuentran dentro de los valores permisibles según el TULSMA (2015) que en su tabla Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces determina como límite máximo permisible de DBO una concentración de 20 mg/l.

**Figura 58**

*Modelo Arima (0,0,0) – Ra3 Ficoa El Sueño.*



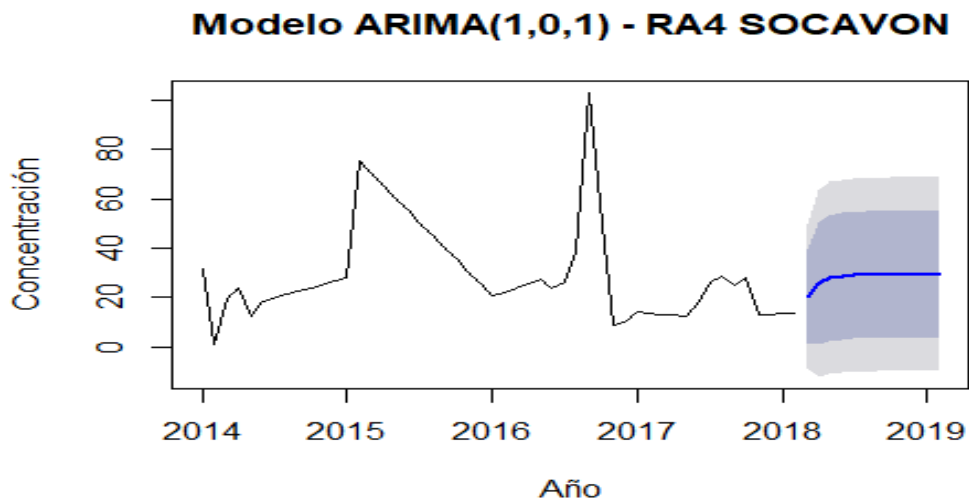
### **Análisis**

El valor de DBO proyectado con el modelo ARIMA (0,0,0) para el punto Ra3 Ficoa El Sueño para los períodos 2018 – 2019 es 21,36mg/l, supera el valor permisible según el TULSMA (2015), determina como límite máximo permisible de DBO una concentración de 20 mg/l.

A medida que el río atraviesa la zona urbana de Ambato, se observa un incremento en los valores registrados; así, en el punto RA3 Ficoa El Sueño se identificaron varias fuentes de descargas domésticas ilegales directamente hacia este cuerpo receptor, lo que explicaría el incremento de demanda bioquímica de oxígeno.

**Figura 59**

*Modelo Arima (1,0,1) – Ra4 Socavón.*

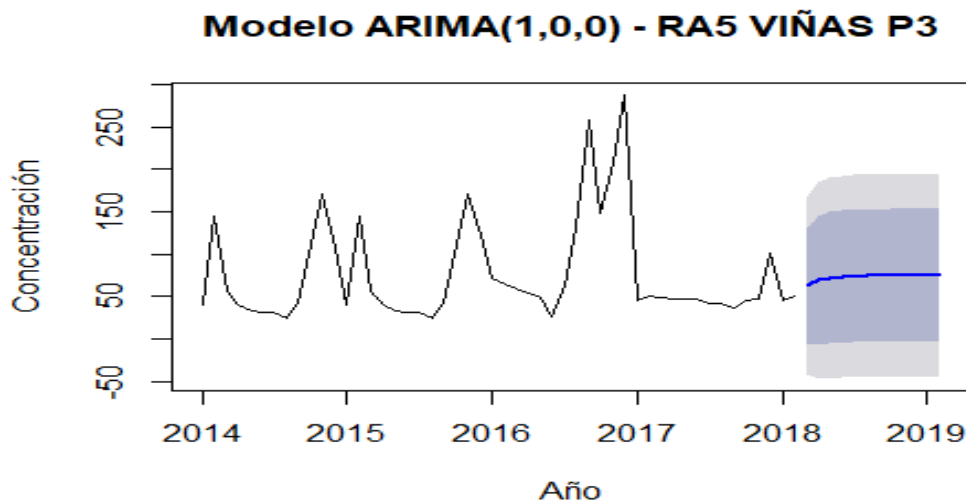


### **Análisis**

El valor de DBO proyectado con el modelo ARIMA (1,0,1) para el punto Ra4 Socavón para los períodos 2018 – 2019 está entre 20,33 y 29,22mg/l superando el valor permisible según el TULSMA (2015) que en su tabla Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces determina como límite máximo permisible de DBO una concentración de 20 mg/l. A medida que el río atraviesa la zona urbana de Ambato, se observa un incremento en los valores registrados.

**Figura 60**

Modelo Arima (1,0,0) – Ra5 Viñas P3.



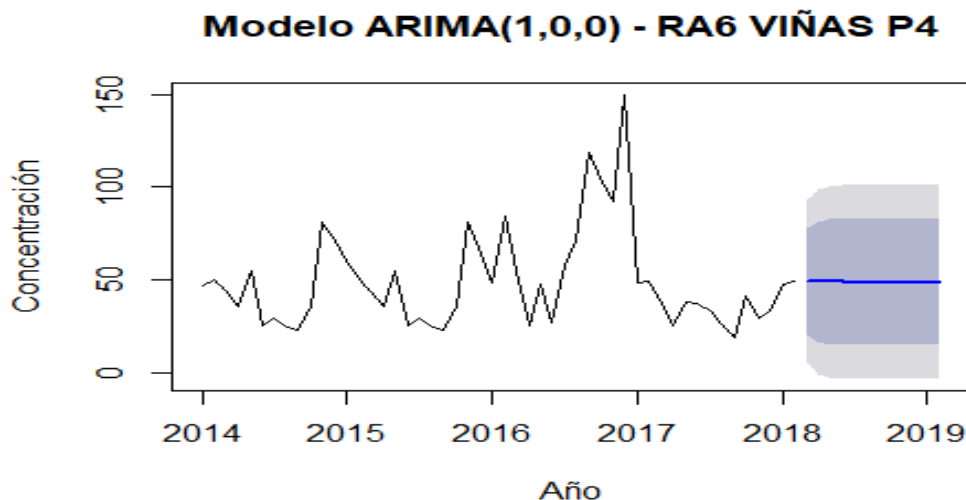
### Análisis

El valor de DBO proyectado con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra5 Viñas P3 para los periodos 2018 – 2019 es está entre 62,59 mg/l y 74,54 mg/l por lo que supera el valor permisible según el TULSMA (2015), determina como límite máximo permisible de DBO una concentración de 20 mg/l.

En esta zona existen la mayor cantidad de descargas que llegan desde el sistema de alcantarillado hasta el río Ambato; estas descargas se realizan a cielo abierto y en ocasiones desbordan la capacidad del canal que las transporta en su parte final. Si estas actividades se continúan realizando en la misma magnitud, se observa que la contaminación del río puede triplicar los niveles permitidos en la normativa ecuatoriana para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces con la consecuente pérdida para el ecosistema.

**Figura 61**

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra6 Viñas P4.*



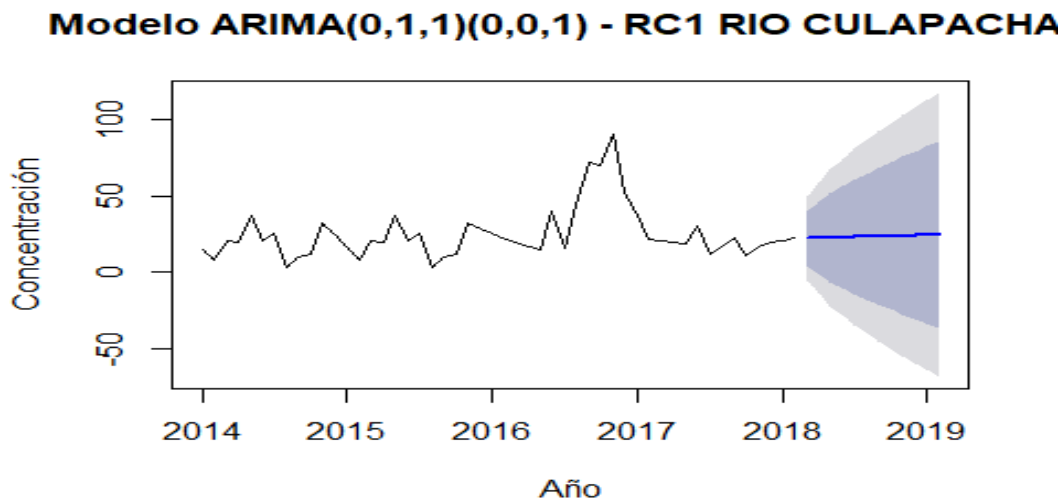
### **Análisis**

El valor de DBO proyectado con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra6 Viñas P4 para los períodos 2018 – 2019 está entre 48,97 mg/l y 48,76 mg/l por lo que supera el valor permisible según el TULSMA (2015), determina como límite máximo permisible de DBO una concentración de 20 mg/l.

Toda la zona de las Viñas presenta alta contaminación debido a las descargas domésticas que llegan al sector; sin embargo, es notorio que a medida que el agua del río continúa su cauce y se aleja del sitio de máxima descarga, la demanda bioquímica de oxígeno disminuye paulatinamente.

**Figura 62**

*Modelo Arima (0,1,1) (0,0,1) – Rc1 Río Culapachán.*



### **Análisis**

El valor de DBO proyectado con el modelo ARIMA (0,0,1) para el punto Rc1 Río Culapachán para los períodos 2018 – 2019 está entre 22,42 mg/l y 24,64 mg/l por lo que supera el valor permisible según el TULSMA (2015), determina como límite máximo permisible de DBO una concentración de 20 mg/l.

Toda la zona de las Viñas presenta alta contaminación debido a las descargas domésticas que llegan al sector; sin embargo, es notorio que a medida que el agua del río continúa su cauce y se aleja del sitio de máxima descarga, la demanda bioquímica de oxígeno disminuiría paulatinamente hasta casi llegar al límite permisible en el punto del Río Culapachán.

### **Demanda Química de Oxígeno**

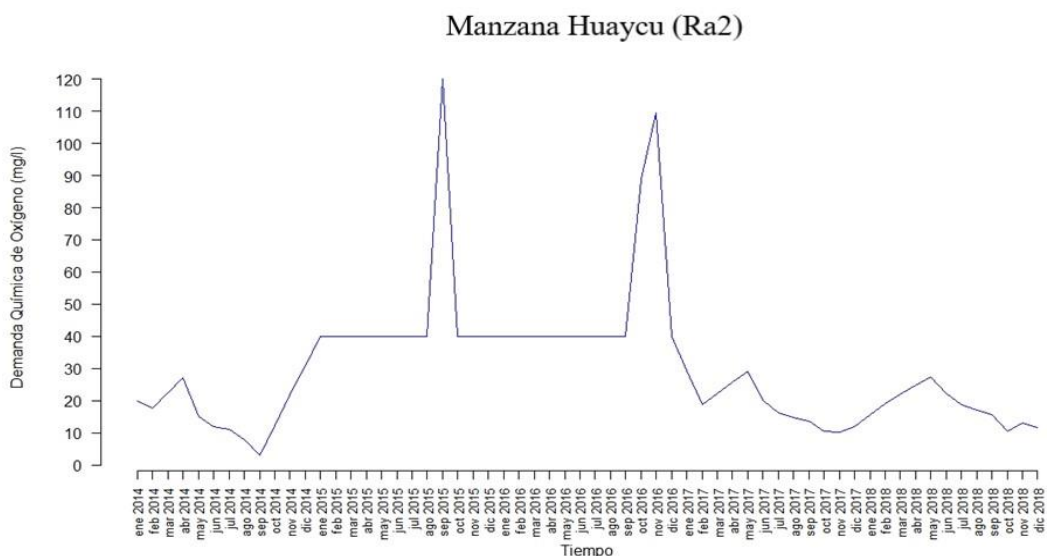
Respecto a la figura 63 que muestra el punto de monitoreo Manzana Huaycu (Ra2), se observa que en septiembre 2015 y noviembre del 2016 se produjeron las máximas concentraciones de DQO, siendo el primero el más representativo con un valor de 120 mg/l y el segundo con 110 mg/l. Respecto a TULSMA (2015) define para



este parámetro un límite permisibles de 40 mg/l, por lo que este punto supera el límite que establece la norma. La DBO comprende el principal parámetro con el que se evalúa la calidad de agua, considera la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar compuestos orgánicos disueltos en el agua, para de esa manera establecer un nivel de contaminación; por lo que, a mayor contaminación, menor capacidad biodegradadora del agua y por consiguiente menor presencia e interacción de organismos acuáticos.

### Figura 63

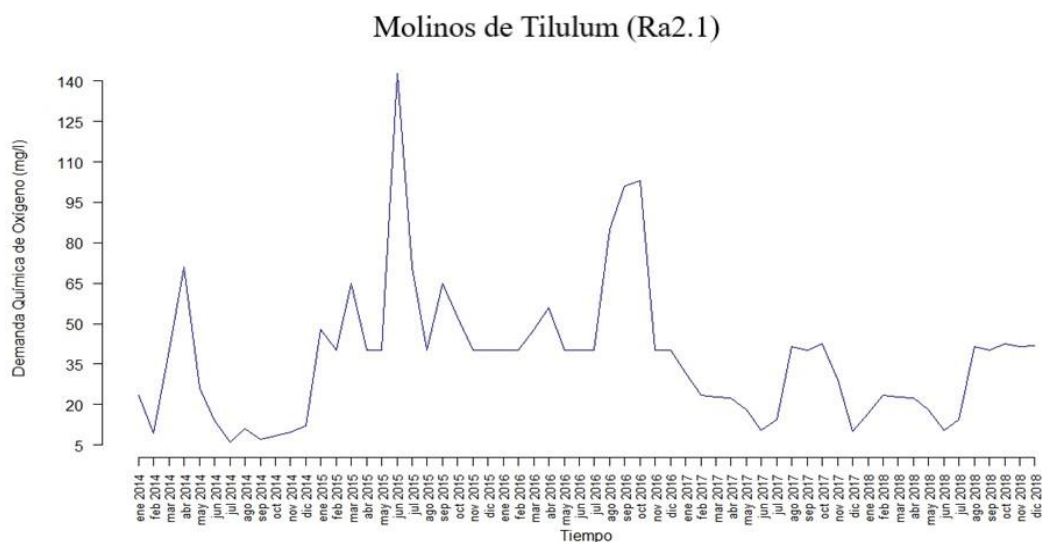
*Demanda Química de Oxígeno en el punto Manzana Huaycu (Ra2)*



En el punto de muestreo Molinos de Tilulum (Ra2.1), manifiesta incrementos representativos de los valores de DQO en el intermedio del periodo de muestreo comprendido entre mayo 2015 – noviembre 2016. En junio del 2015 se presenta una concentración de DQO de 140 mg/l, correspondiente al máximo registrado. El valor mínimo registrado corresponde a 5 mg/l en julio 2014. En gran parte del periodo los valores oscilaron entre 6 mg/l y 65 mg/l, excediendo el límite permisible que establece TULSMA (2015).

**Figura 64**

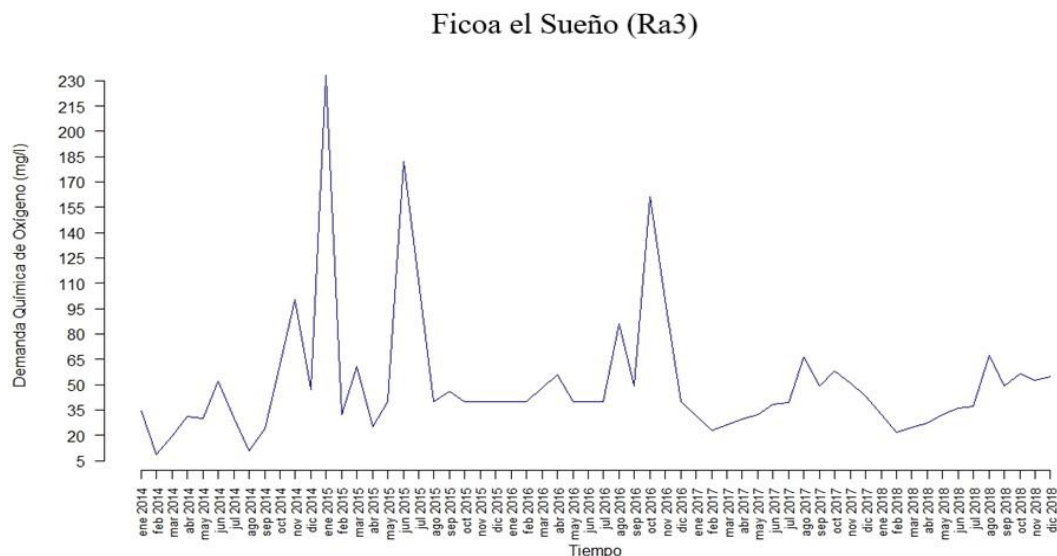
*Demanda Química de Oxígeno en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1)*



Para el punto de muestreo Ficoa el Sueño (Ra3), representado en figura 65, muestra en diciembre 2014 el valor máximo de registro (230 mg/l), seguido de las concentraciones de 170 mg/l en junio 2015 y 150 mg/l en octubre 2016 que representan los picos más altos en todo el periodo de análisis, lo excede el límite permisible establecido en TULSMA (2015). En cuanto a concentración más baja registrada, comprende 5 mg/l que se registró en febrero 2014 y agosto 2015.

**Figura 65**

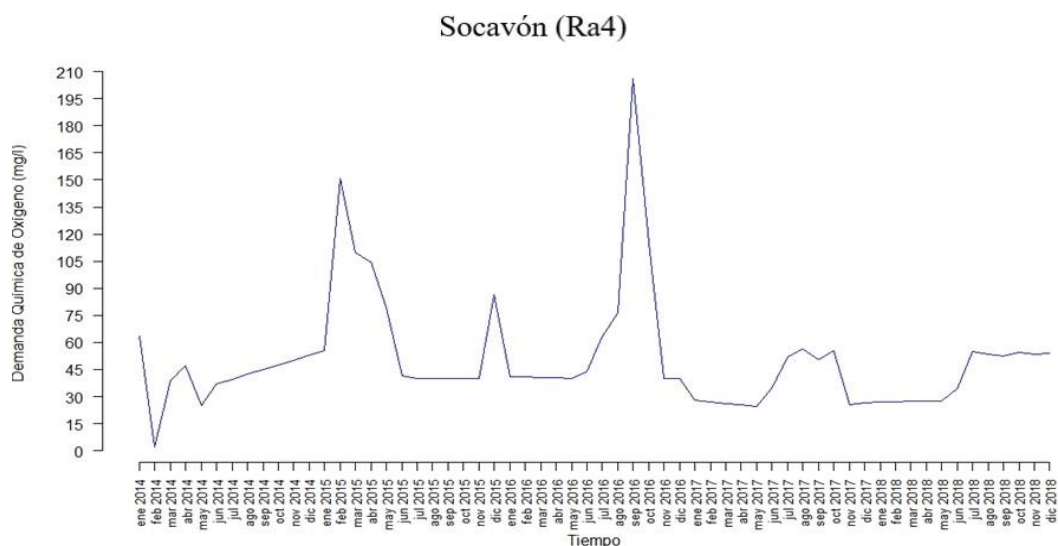
*Demanda Química de Oxígeno en el punto Ficoa el Sueño (Ra3)*



En cuanto a la figura 66 que representa el punto de muestreo Socavón (Ra4), se observa que en septiembre de 2016 se registró el valor máximo para todo el periodo analizado de 210 mg/l, representado como el pico de mayor pronunciamiento de la gráfica que denota la alta carga de nutrientes presente en el agua y una alta oxidación de materia orgánica; otro valor alto se registró en febrero 2015 con una concentración de 160 mg/l, mientras que en el caso de los otros meses las concentraciones fueron menores a 90 mg/l, que a pesar de aquello, superan el límite permisibles establecido en TULSMA (2015).

**Figura 66**

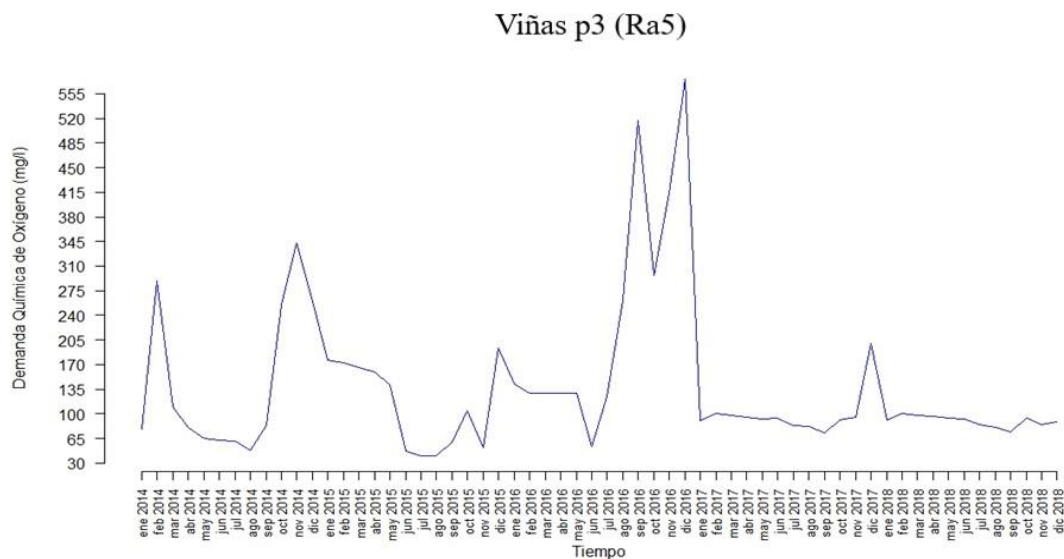
*Demanda Química de Oxígeno en el punto Socavón (Ra4)*



En cuanto al punto de muestreo Viñas p3 (Ra5), representando en figura 67, presenta una variación mayormente significativa que los puntos de muestreo anteriores, refleja valores excesivamente altos como 275 mg/l en septiembre 2016 y 555 mg/l en diciembre 2016, este último representa el valor máximo registrado en el periodo de muestreo. Superando exponencialmente el límite permisibles establecido en TULSMA (2015).

**Figura 67**

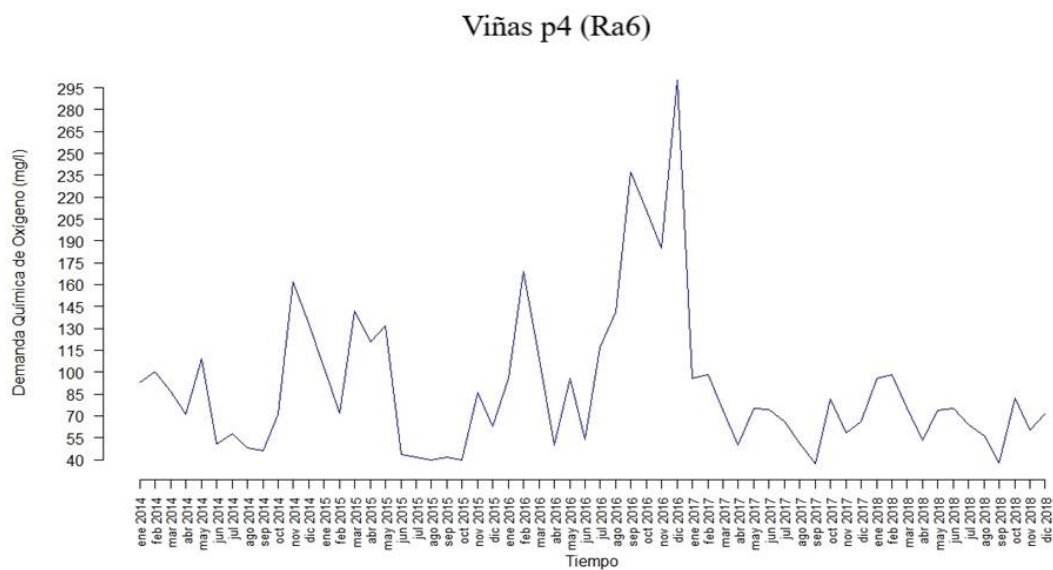
*Demanda Química de Oxígeno en el punto Viñas p3 (Ra5)*



Para el punto de muestreo Viñas p4 (Ra6), representado en figura 68, se observa una variación constante en cuanto a los valores registrados, en donde diciembre 2016 registró el valor de 295 mg/l, correspondiente al máximo del periodo, que supera el límite permisible establecido en TULSMA (2015). Los valores promedio de registro oscilan entre 40 mg/l y 160 mg/l; en cuanto al valor más bajo registrado, corresponde a 40 mg/l en agosto 2015, octubre 2015, septiembre 2017, septiembre 2018.

**Figura 68**

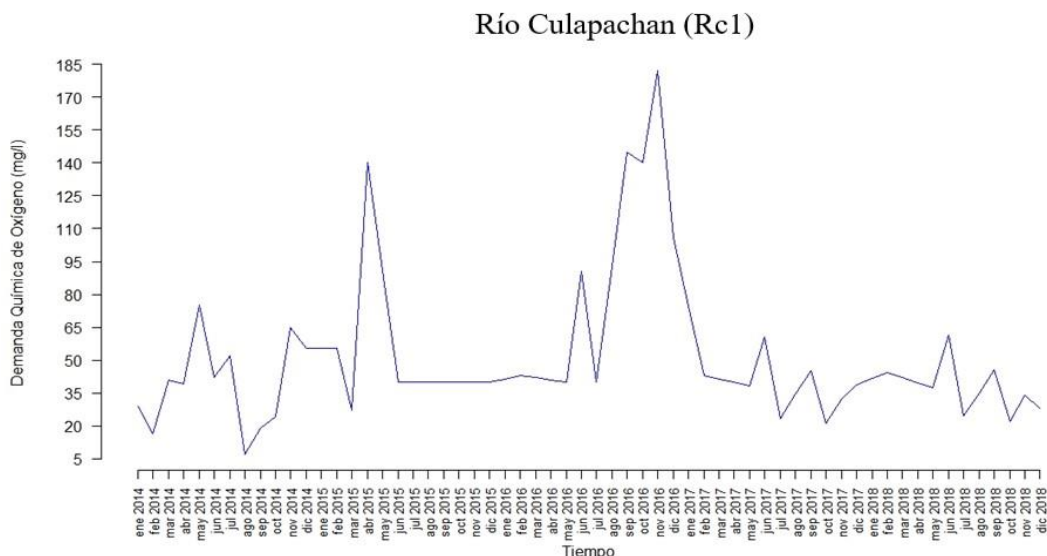
*Demanda Química de Oxígeno en el punto Viñas p4 (Ra6)*



Finalmente, para DQO en la figura 69, que representa el punto de muestreo Río Culapachán (Rc1), la variación constante y el aumento de valores registrados a partir del primer año se mantienen, registrando un pico de 150 mg/l en abril 2015, en diciembre 2016 se registró el valor máximo para el periodo analizado de 185 mg/l, que supera el límite permisible establecido en TULSMA (2015). El valor mínimo registrado fue de 5 mg/l en agosto 2014.

**Figura 69**

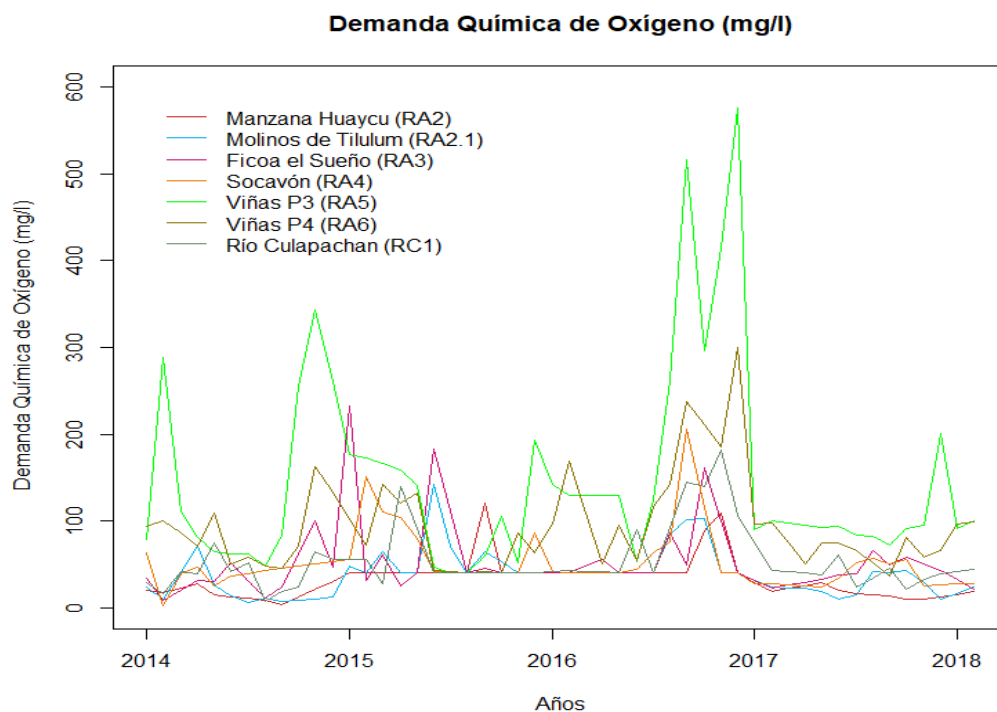
*Demanda Química de Oxígeno en el punto Río Culapachán (Rc1)*



En general, respecto a los valores totales de DQO en el río Ambato (figura 70), como se ha mencionado anteriormente, el incremento a partir del inicio de registro es evidente en todos los puntos de muestreo, es así que manifiesta una tendencia de aumento significativo en los meses de diciembre entre 2014, 2015, 2016 llegando incluso a niveles máximos de 555 mg/l, que adicional la mayor cantidad de valores registros superan el valor de referencia (40 mg/L) determinado por TULSMA (2015), denotando en determinados puntos de muestreo una alta contaminación debido al incremento de vertidos con un inadecuado tratamiento al cauce del río, que tiene como impacto principal una deficiente oxidación de la materia orgánica, lo que demanda una alta cantidad de oxígeno disuelto, afectando así a la biodiversidad acuática y en general la calidad del agua del río Ambato.

**Figura 70**

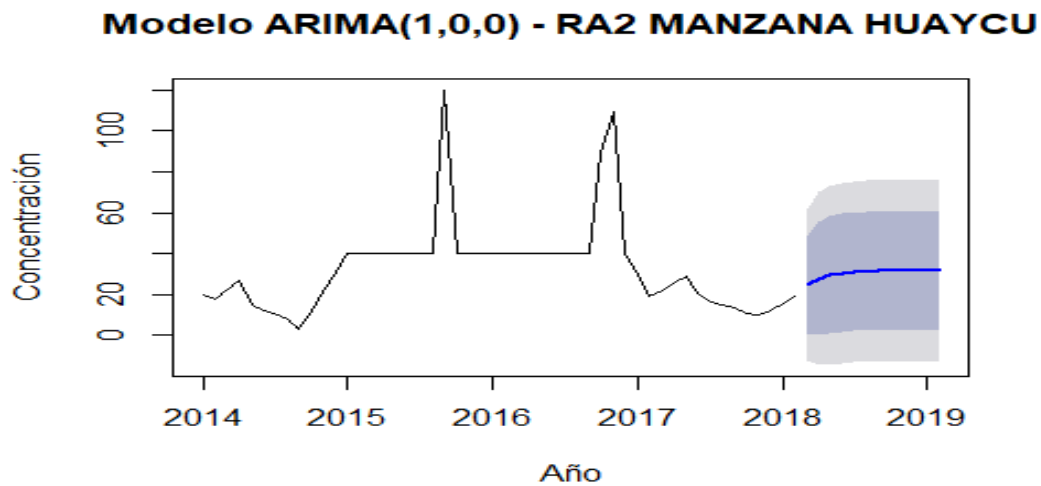
*Demanda Química de Oxígeno en río Ambato*



***Demanda Química de Oxígeno: Modelo ARIMA***

**Figura 71**

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra2 Manzana Huaycu.*





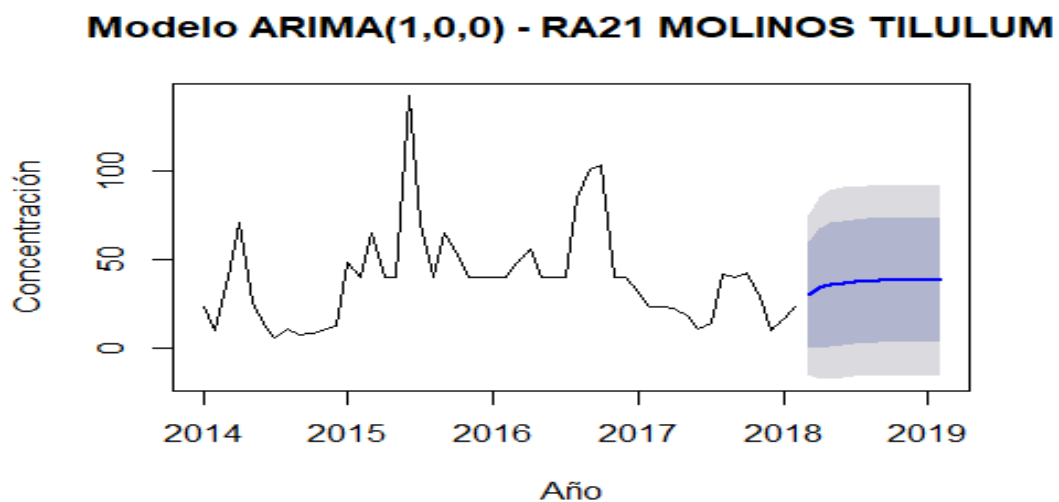
### Análisis

El valor de DQO proyectado con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra2 Manzana Huaycu para los períodos 2018 – 2019 está entre 24,69 mg/l y 31,69 mg/l por lo que está por debajo del valor permisible según el TULSMA (2015), determina como límite máximo de DQO una concentración de 40 mg/l.

En la demanda química de oxígeno (DQO) se mide el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable mediante un agente químico oxidante, esta técnica es muy útil cuando las aguas residuales llevan sustancias tóxicas, ya que puede ser la única manera de determinar la carga orgánica.

### Figura 72

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra2.1 Molinos Tilulum.*

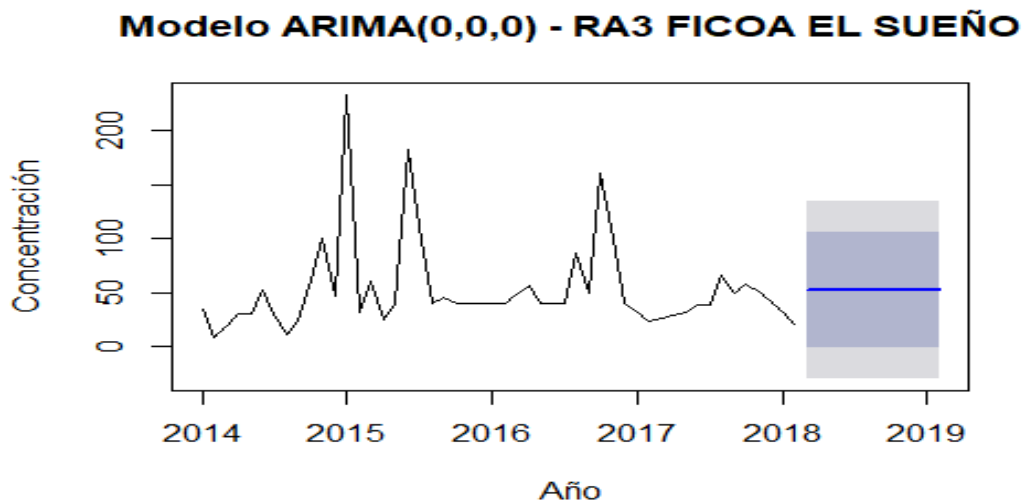


### Análisis

Los valores de DQO proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra2.1 Molinos Tilulum para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 30,16 mg/l y 38,14mg/l por lo que se encuentran dentro de los valores permisibles según el TULSMA (2015) determina como límite máximo permisible de DQO una concentración de 40 mg/l.

**Figura 73**

*Modelo Arima (0,0,0) – Ra3 Ficoa El Sueño.*



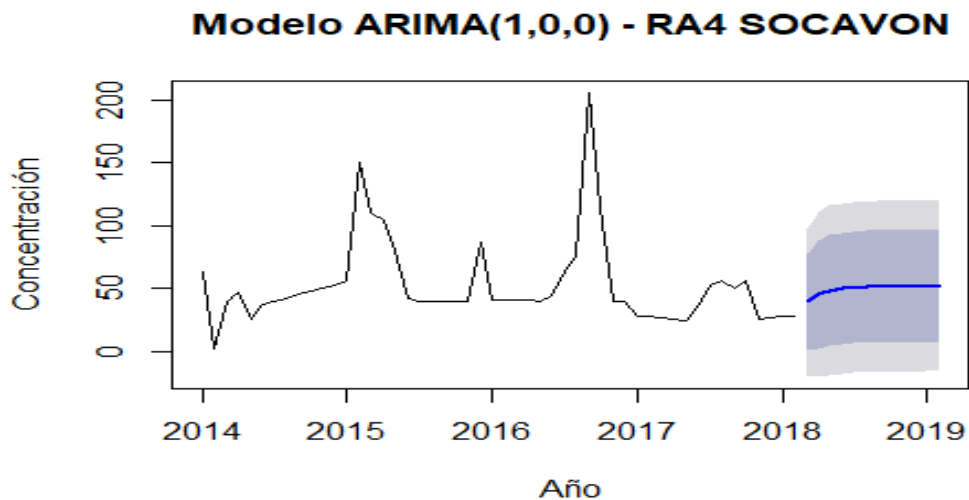
### **Análisis**

El valor de DQO proyectado con el modelo ARIMA (0,0,0) para el punto Ra3 Ficoa El Sueño para los períodos 2018 – 2019 es 52,42 mg/l por lo que supera el valor permisible según el TULSMA (2015) determina como límite máximo permisible de DQO una concentración de 40 mg/l.

A medida que el río atraviesa la zona urbana de Ambato, se observa un incremento en los valores registrados; así, en el punto RA3 Ficoa El Sueño se identificaron varias fuentes de descargas domésticas ilegales directamente hacia este cuerpo receptor, lo que explicaría el incremento de demanda química de oxígeno.

**Figura 74**

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra4 Socavón.*

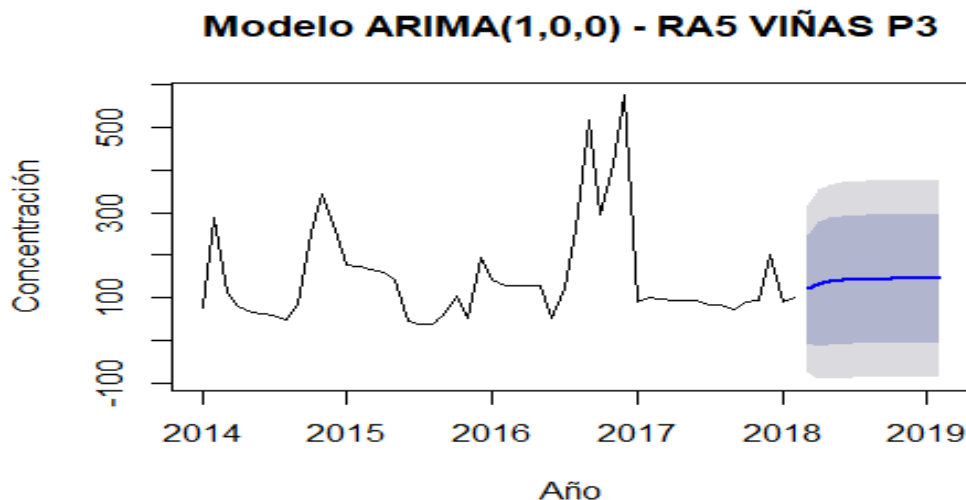


### **Análisis**

El valor de DQO proyectado con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra4 Socavón para los períodos 2018 – 2019 está entre 39,04 mg/l y 51,57 mg/l por lo que podría superar el valor permisible según el TULSMA (2015), determina como límite máximo permisible de DQO una concentración de 40 mg/l. A medida que el río atraviesa la zona urbana de Ambato, se observa un incremento en los valores registrados.

**Figura 75**

Modelo Arima (1,0,0) – Ra5 Viñas P3.



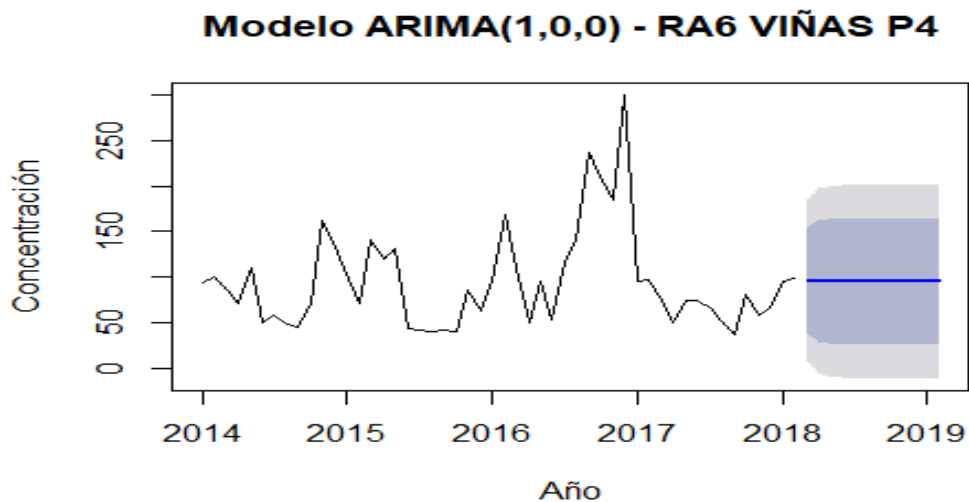
### Análisis

El valor de DQO proyectado con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra5 Viñas P3 para los períodos 2018 – 2019 es está entre 121,16 mg/l y 145,00 mg/l por lo que supera el valor permisible según el TULSMA (2015) que en su tabla Criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces determina como límite máximo permisible de DQO una concentración de 40 mg/l.

En esta zona existen la mayor cantidad de descargas que llegan desde el sistema de alcantarillado hasta el río Ambato sin tratamiento; estas descargas se realizan a cielo abierto y en ocasiones desbordan la capacidad del canal que las transporta en su parte final. Si estas actividades se continúan realizando en la misma magnitud, se observa que la contaminación del río puede triplicar los niveles permitidos en la normativa ecuatoriana para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces con la consecuente pérdida para el ecosistema.

**Figura 76**

Modelo Arima (1,0,0) – Ra6 Viñas P4.



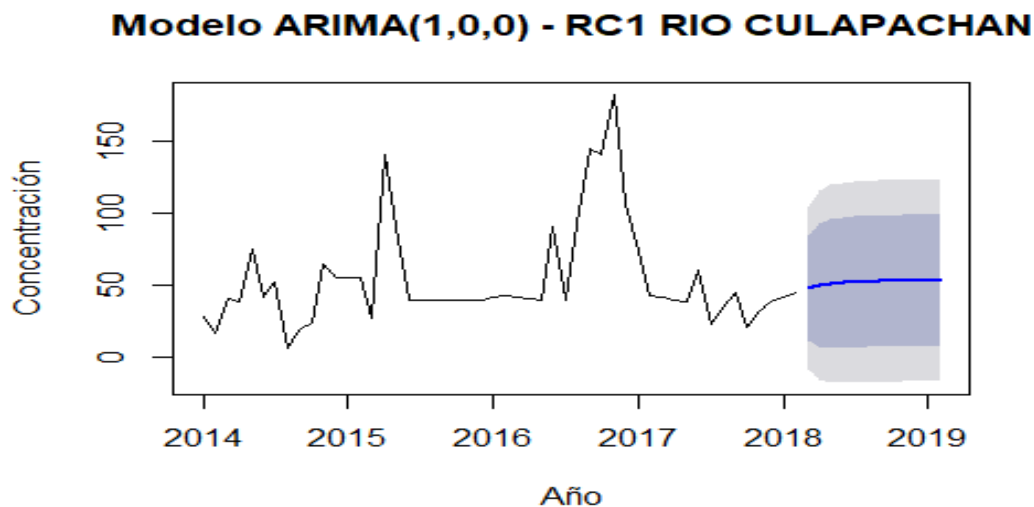
### Análisis

El valor de DQO proyectado con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra6 Viñas P4 para los períodos 2018 – 2019 está entre 96,75 mg/l y 94,87mg/l por lo que supera el valor permisible según el TULSMA (2015), determina como límite máximo permisible de DQO una concentración de 40 mg/l.

Toda la zona de las Viñas presenta alta contaminación debido a las descargas domésticas que llegan al sector; sin embargo, es notorio que a medida que el agua del río continúa su cauce y se aleja del sitio de máxima descarga, la demanda química de oxígeno disminuye paulatinamente de manera similar a la DBO.

**Figura 77**

*Modelo Arima (1,0,0) – RC1 Río Culapachán.*



### **Análisis**

El valor de DQO proyectado con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto RC1 Río Culapachán para los periodos 2018 – 2019 está entre 47,95 mg/l y 52,96 mg/l por lo que supera el valor permisible según el TULSMA (2015) determina como límite máximo permisible de DQO una concentración de 40 mg/l.

Toda la zona de las Viñas presenta alta contaminación debido a las descargas domésticas que llegan al sector; sin embargo, es notorio que a medida que el agua del río continúa su cauce y se aleja del sitio de máxima descarga, la demanda química de oxígeno disminuiría paulatinamente hasta casi llegar al límite permisible en el punto del Río Culapachán.

### **Oxígeno Disuelto**

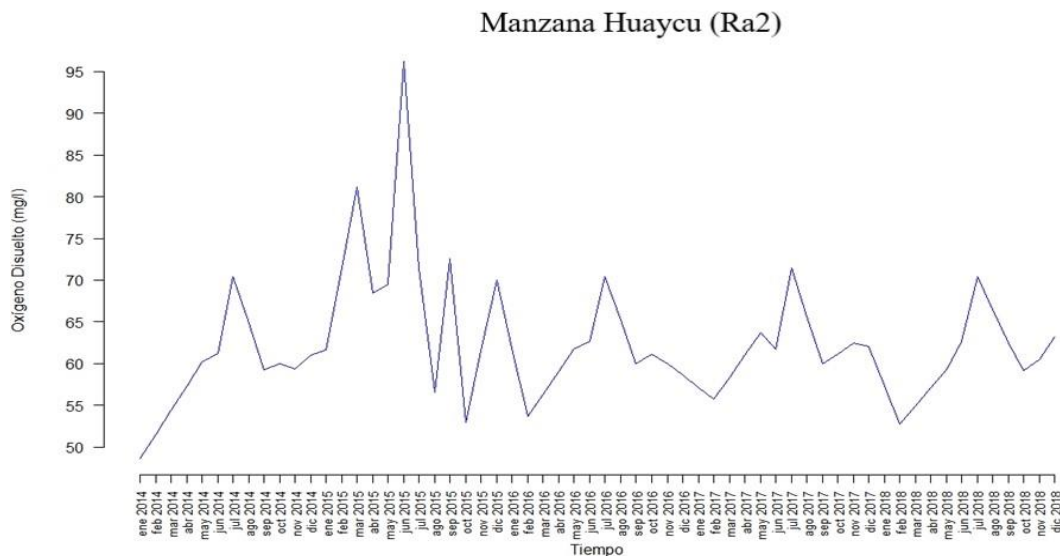
En la figura 78, que representa el punto de muestreo Manzana Huaycu (Ra2), se muestra valores de OD superiores a la media durante todo el periodo de muestreo, destacando mayo 2015 con 95 mg/l, que obedece al valor más representativo de las muestras. En cuanto a valores promedios oscilan en un rango de entre 52 mg/l y 70

mg/l en gran parte del periodo analizado. El valor más bajo registrado para este punto de muestreo corresponde a 50 mg/l en enero 2014. En cuanto a TULSMA (2015), manifiesta que el nivel óptimo de OD en corresponder a valores superiores a 6 mg/l, por lo que en el total de registros, los niveles de OD en este punto de muestreo, son superiores al mínimo definido por la norma.

El Nivel OD está directamente ligado a la degradación y oxidación de la materia orgánica, puesto que de acuerdo al mismo depende la actividad e interacción de microorganismos y capacidad depuradora natural del agua. Adicional, una baja concentración de OD en agua, es un indicador de contaminación, en donde a menor cantidad, mayor cantidad de microorganismos degradadores que representa mayor contaminación en el medio.

### Figura 78

*Oxígeno Disuelto en el punto Manzana Huaycu (Ra2)*

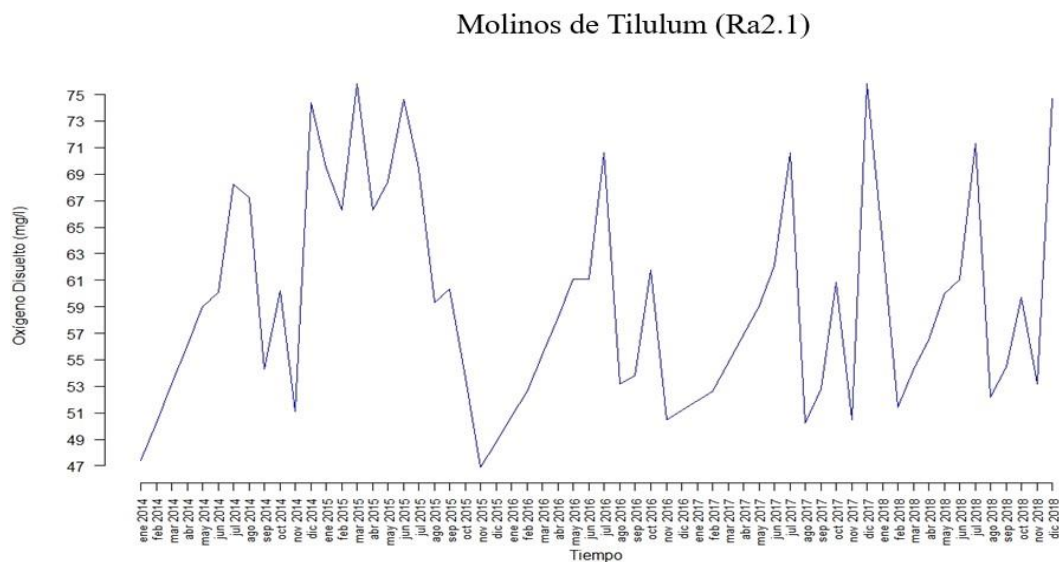


Para el punto de muestreo Molinos de Tilulum (Ra2.1) se observa que la saturación de Oxígeno Disuelto varía en un rango de 47 mg/l a 75 mg/l en la totalidad del periodo. Estos valores presentan picos máximos en los años 2015 y 2018 que representan una menor demanda para un óptimo funcionamiento del sistema. Entre los

valores representativos muestra un mínimo de concentración de 47 mg/l en noviembre de 2015 lo que indica una cantidad superior al límite permisibles establecido en TULSMA (2015).

### Figura 79

*Oxígeno Disuelto en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1)*



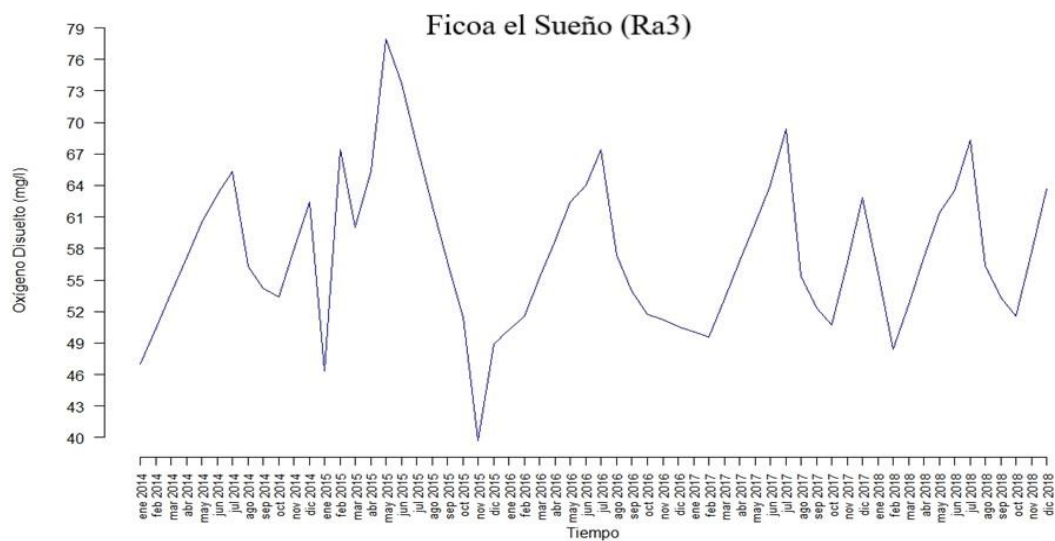
Nota: valores proyectados del año 2018 al 2019 para el punto Ficoa el Sueño.

En el punto de muestreo Ficoa el Sueño (Ra3), representando en figura 80, se evidencia una variación constante en cuanto a los valores registrados, de tal manera que esa variación muestra un rango de OD de 40 mg/l como valor mínimo, registrado en noviembre 2015 y 79 mg/l como valor máximo, registrado en mayo 2015. En cuanto a valores promedio de OD, se situaron entre 46 mg/l y 67 mg/l, representando concentraciones superiores al límite permisibles establecido en TULSMA (2015).



**Figura 80**

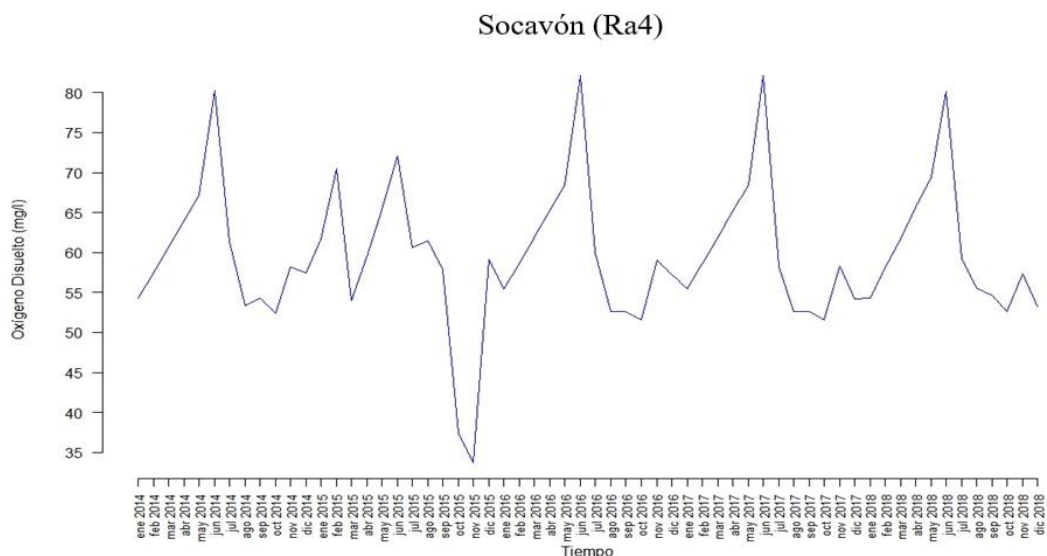
*Oxígeno Disuelto en el punto Ficoa el Sueño (Ra3)*



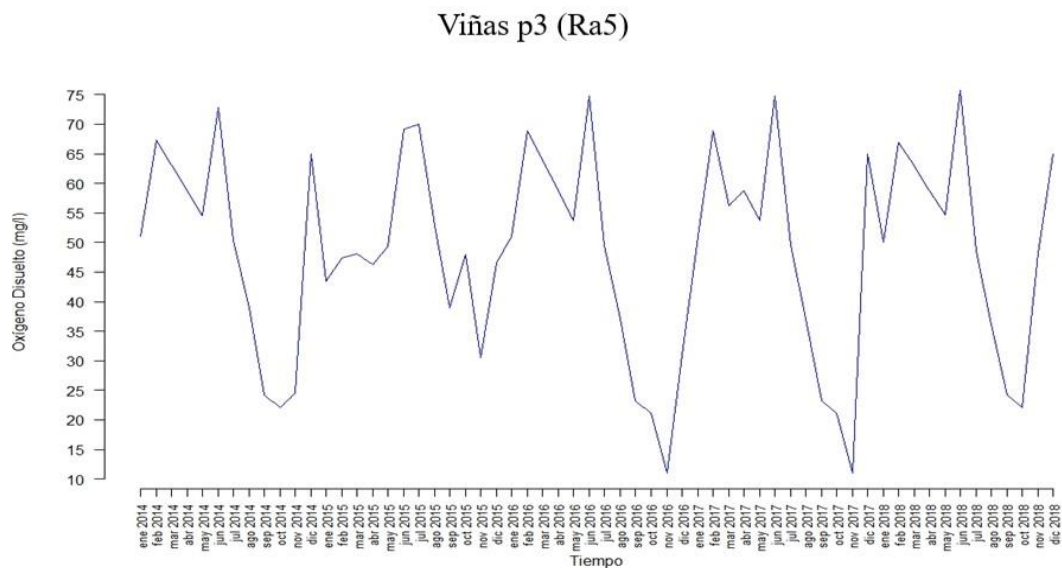
En cuanto al punto de muestreo Socavón (Ra4), representado en figura 81, se observan crecientes de OD de 80 mg/l en junio del 2014, julio del 2016, junio del 2017 y junio del 2018. De igual manera, presenta tendencia de disminución, de tal manera que en noviembre 2015 registra un 35 mg/l de OD que representa el valor mínimo del periodo para este punto de muestreo. La variación media de OD se encontró en torno a 52 mg/l y 70 mg/l, lo que indica niveles de saturación superiores a los definidos en TULSMA (2015).

**Figura 81**

*Oxígeno Disuelto en el punto Socavón (Ra4)*



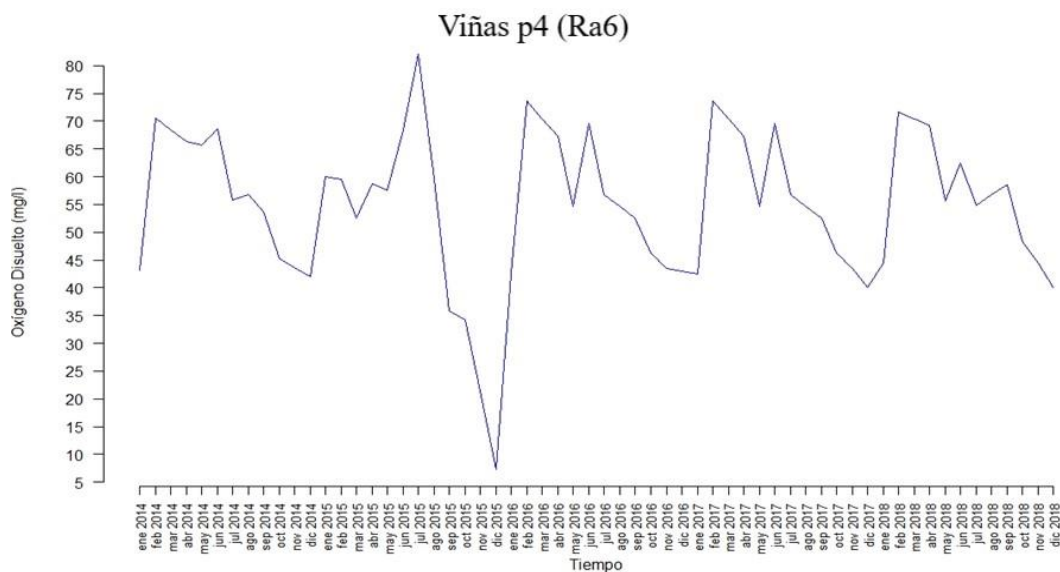
Para la figura 82, que representa el punto de muestreo Viñas p3 (Ra5), muestra una tendencia decreciente que mantiene respecto a los valores registrados, es decir que manifiesta una alta demanda de OD y una alta actividad de microorganismos oxidantes, lo que resulta en decrecimiento de aquellos valores de OD hasta 10 mg/l en noviembre 2016 y noviembre 2017. Este punto de muestreo en particular no muestra una concentración de OD constante y tampoco el más adecuado, a pesar de aquello registró como valor máximo de OD un 75 mg/l en junio 2014, junio 2016, junio 2017 y junio 2018, en donde los valores superan a los límites permisibles establecidos en TULSMA (2015). Sus promedios de concentración se situaron entre 30 mg/l y 67 mg/l.

**Figura 82***Oxígeno Disuelto en el punto Viñas p3 (Ra5)*

El punto de muestreo Viñas p4 (Ra6), representado en figura 83, muestra una secuencia de variación permanente, presentando aumentos significativos durante la primera mitad de cada año, es así que los periodos comprendidos entre enero y julio presentan una mayor concentración de OD, en donde destaca julio 2015 con el valor máximo registrado, representado en 80 mg/l. Los periodos en donde disminuye el OD manifiestan una única reducción significativa en diciembre 2015 con 5 mg/l, valor ligeramente inferior al mínimo definidos en límites permisibles de TULSMA (2015).

**Figura 83**

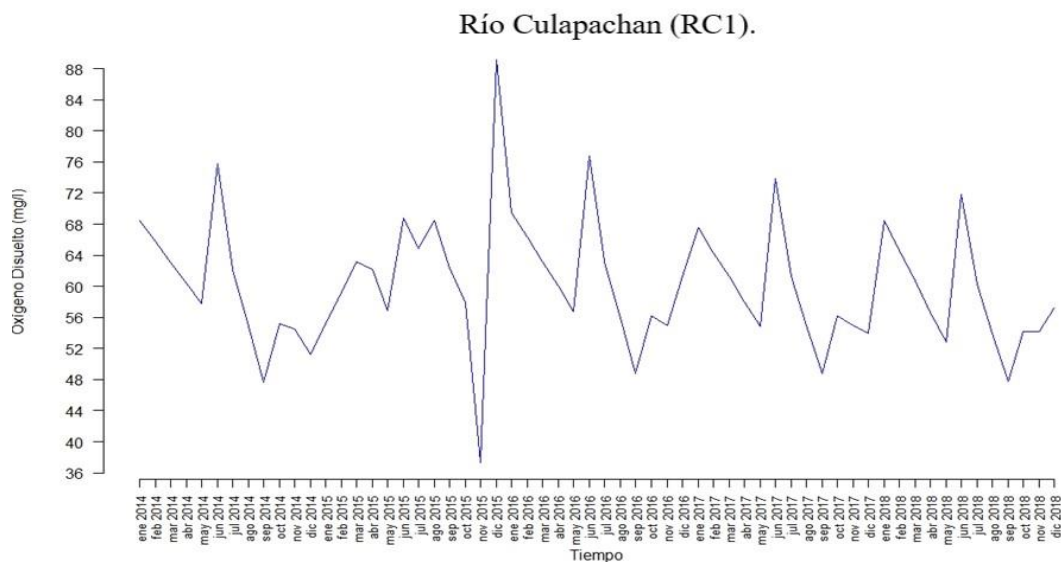
*Oxígeno Disuelto en el punto Viñas p4 (Ra6)*



Río Culapachán (Rc1), representando en la figura 84, muestra una variación representativa en los datos registrados, partiendo con 68 mg/l en enero 2014 que disminuye y posteriormente aumenta hasta junio 2014 con 76 mg/l de OD. A partir de este registro tiende a descender hasta llegar al valor mínimo registrado durante todo el periodo de 36 mg/l en noviembre 2015, que a pesar de ser el registro mínimo, es superior al límite permisibles mencionado en TULSMA (2015), posterior de manera potencialmente rápida aumenta hasta registrar el valor máximo para el periodo de 86 mg/l enero 2016.

## Figura 84

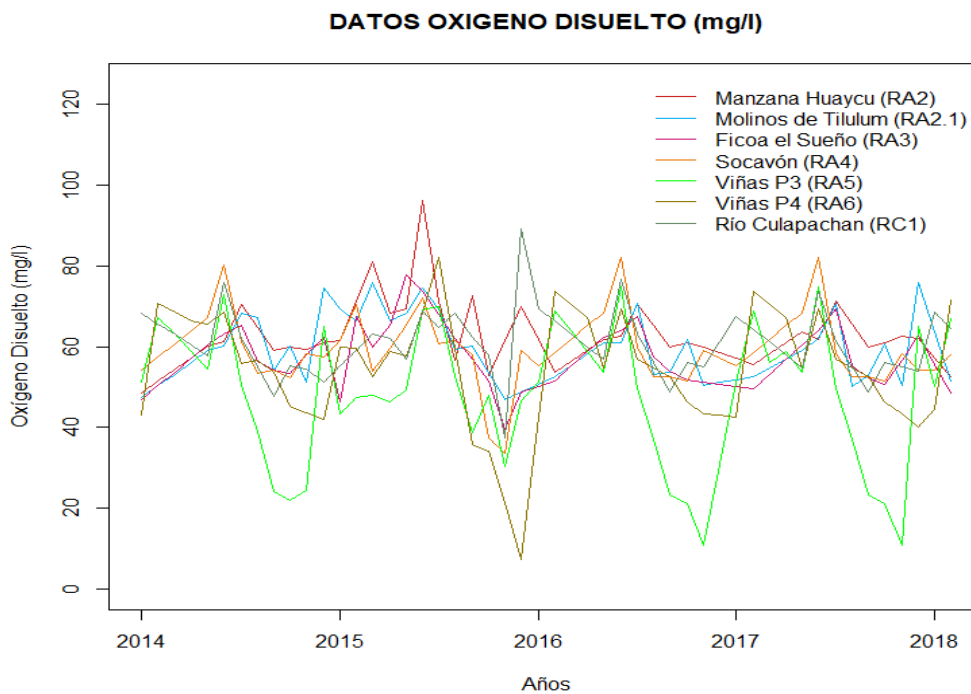
*Oxígeno Disuelto en el punto Río Culapachán (RC1).*



En cuanto a datos generales de Oxígeno Disuelto (OD) representados en figura 85, evidencia para la mayoría de los puntos una concentración promedio de entre 40 mg/l y 60 mg/l, en donde para casos puntuales manifiesta aumento de OD como en el caso del punto de muestreo Manzana Huaycu (Ra2) que en mayo 2015 registró un valor de 95 mg/l, esto representa una disponibilidad de oxígeno en agua óptima para la interacción de especies y por supuesto el funcionamiento de ecosistemas acuáticos, significativamente superior a lo que manifiesta TULSMA (2015), valores de saturación superiores a 6 mg/l. En cuanto a valores menores de OD resultan ser más representativos, teniendo presencia significativa de concentraciones inferiores a 40 mg/l, descendiendo incluso en el punto de muestreo Viñas p4 (Ra6) a 5 mg/l en diciembre 2015, concentración que, por supuesto afecta al desarrollo e interacción óptimo de peces, invertebrados, plantas, microorganismos y demás especies aeróbicas, que a razón de la contaminación generada en el medio, alteran el funcionamiento del ecosistema acuático y deteriorando la calidad del agua.

**Figura 85**

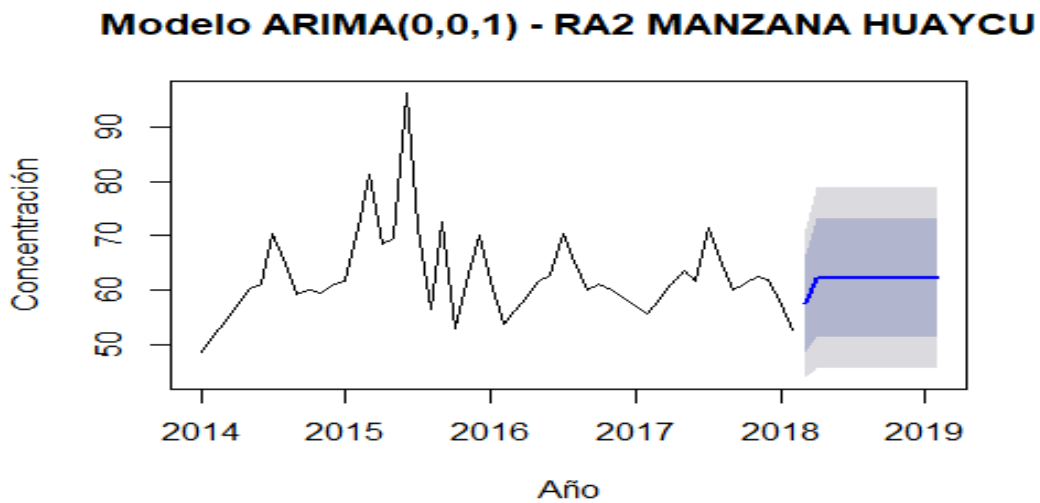
*Oxígeno Disuelto en Río Ambato.*



**Oxigeno Disuelto: Modelo ARIMA**

**Figura 86**

*Modelo Arima (0,0,1) – Ra2 Manzana Huaycu.*

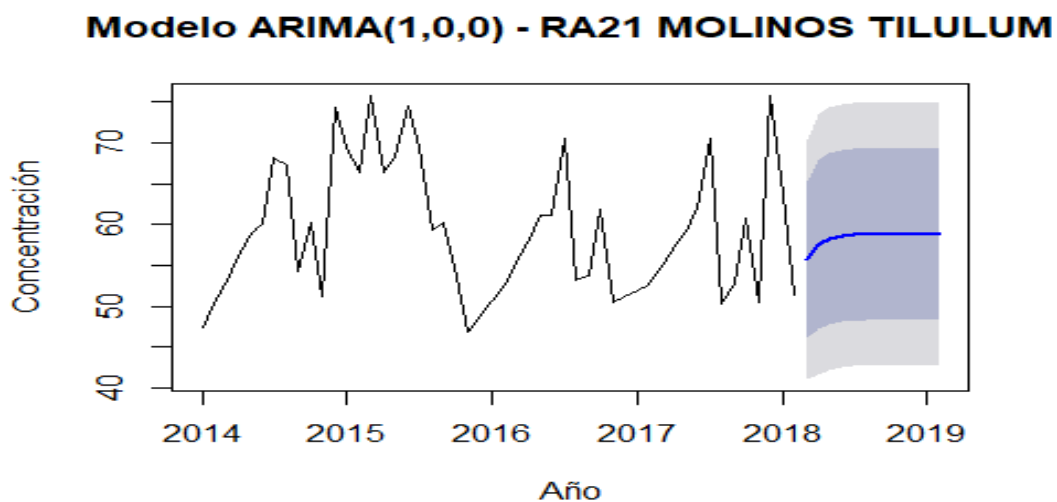


### Análisis

Los valores de OD proyectados con el modelo ARIMA (0,0,1) para el punto Ra2 Manzana Huaycu para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 44,04 y 78,77 con 95% de confianza con una estimación puntual entre 57,60 a 62,23 los mismos que no se encuentran dentro de los límites permisibles en relación a la normativa ecuatoriana TULSMA (2015), manifiesta que valores mayores a 80% de OD corresponde una cantidad óptima.

### Figura 87

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra2.1 Molinos Tilulum.*

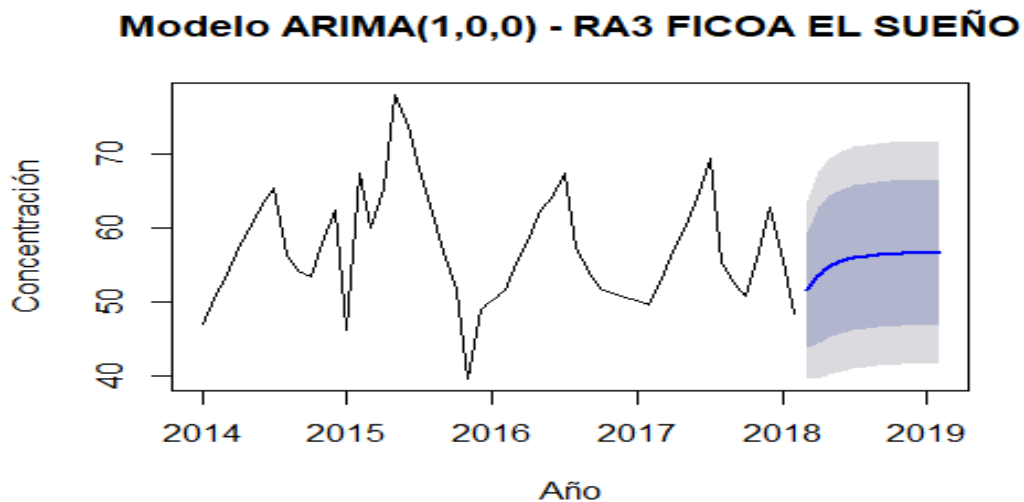


### Análisis

Los valores de OD proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra2.1 Molinos Tilulum para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 41,07 y 74,91 con 95% de confianza con una estimación puntual entre 55,68 a 58,80 los mismos que no se encuentran dentro de los límites permisibles en relación a la normativa ecuatoriana TULSMA, manifiesta que valores mayores a 80% de OD corresponde una cantidad óptima.

**Figura 88**

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra3 Ficoa El Sueño.*



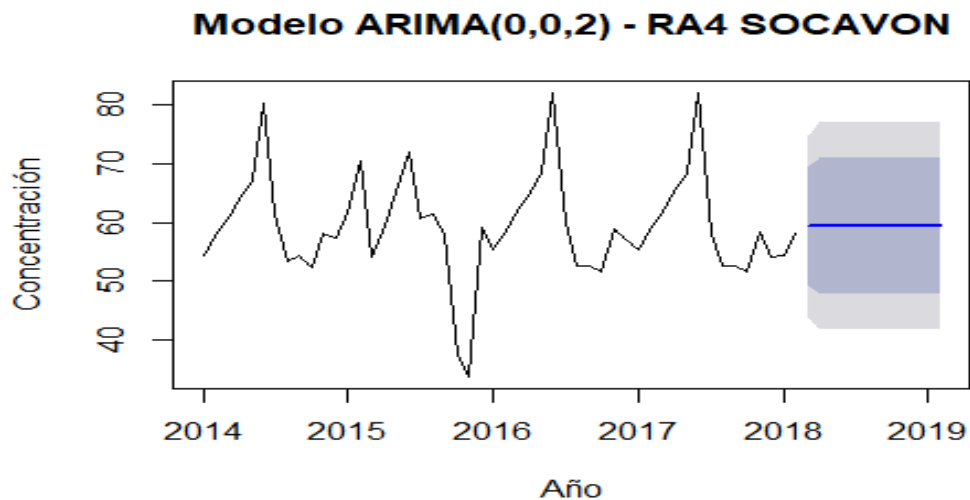
### **Análisis**

Los valores de OD proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra3 Ficoa El Sueño para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 39,72 y 71,58% con 95% de confianza con una estimación puntual entre 51,60 a 56,59% los mismos que no se encuentran dentro de los límites permisibles en relación a la normativa ecuatoriana TULSMA en los criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, manifiesta que valores mayores a 80% de OD corresponde una cantidad óptima.



**Figura 89**

Modelo Arima (0,0,2) – Ra4 Socavón.

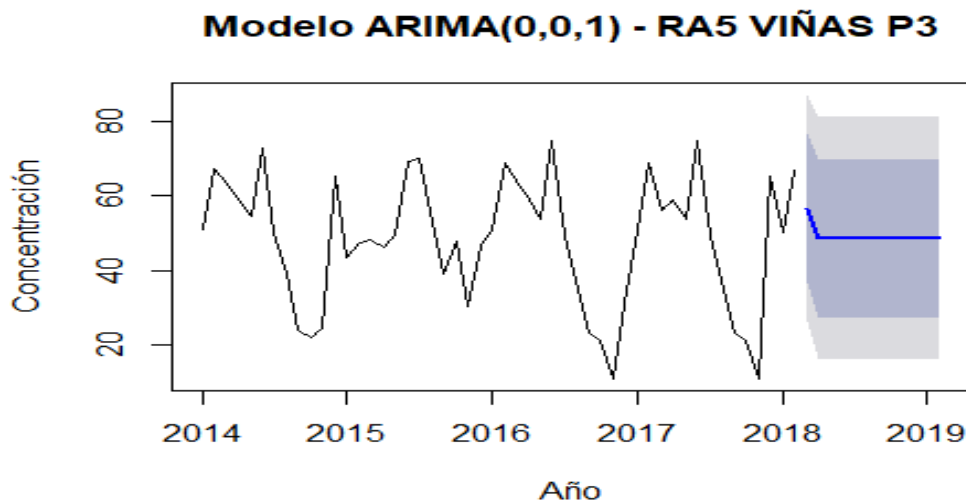


### Análisis

Los valores de OD proyectados con el modelo ARIMA (0,0,2) para el punto Ra4 Socavón para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 41,74 y 76,95 con 95% de confianza con una estimación puntual entre 59.34 a 59.37% los mismos que no se encuentran dentro de los límites permisibles en relación con la normativa ecuatoriana TULSMA, manifiesta que valores mayores a 80% de OD corresponde una cantidad óptima.

**Figura 90**

Modelo Arima (0,0,1) – Ra5 Viñas P3



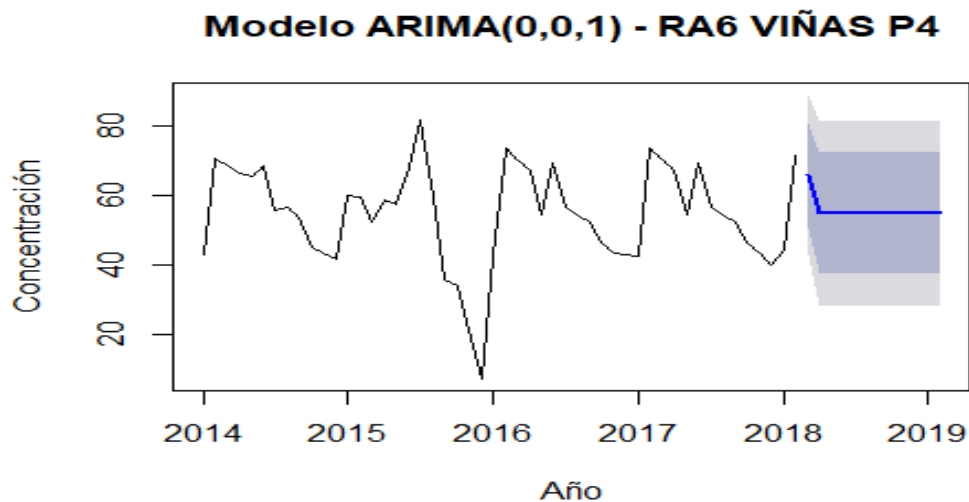
### Análisis

Los valores de OD proyectados con el modelo ARIMA (0,0,1) para el punto Ra5 Viñas P3 para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 16,02 y 86,96 con 95% de confianza con una estimación puntual entre 48,43 a 56,63 los mismos que no se encuentran dentro de los límites permisibles en relación a la normativa ecuatoriana TULSMA (2015), manifiesta que valores mayores a 80% de OD corresponde una cantidad óptima.

El intervalo de confianza en este caso es bastante amplio tanto que, en su límite inferior demuestra la peor calidad del río y en su límite superior cumpliría la normativa para preservación de la vida silvestre.

**Figura 91**

*Modelo Arima (0,0,1) – Ra6 Viñas P4.*

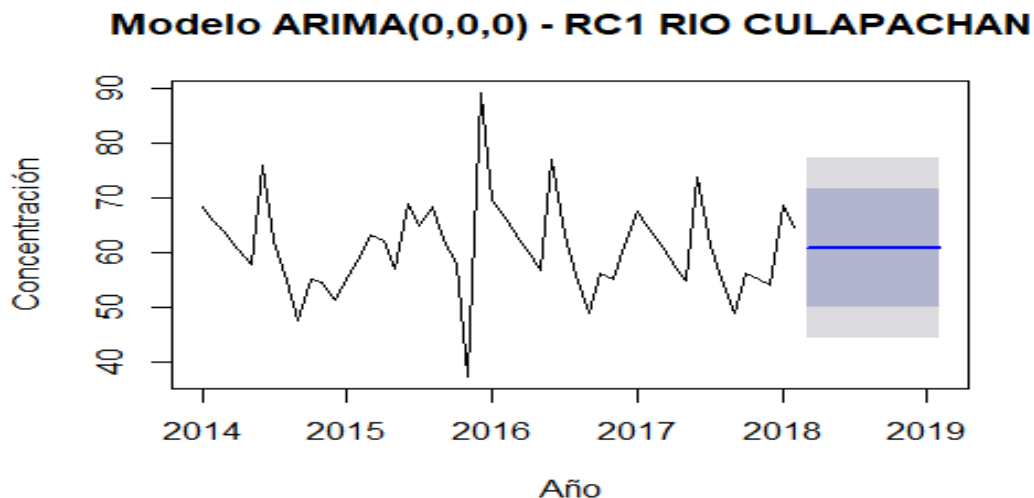


### **Análisis**

Los valores de OD proyectados con el modelo ARIMA (0,0,1) para el punto Ra6 Viñas P4 para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 28,09 y 89,14 con 95% de confianza con una estimación puntual entre 54,81 a 66,01 los mismos que no se encuentran dentro de los límites permisibles en relación a la normativa ecuatoriana TULSMA, manifiesta que valores mayores a 80% de OD corresponde una cantidad óptima.

**Figura 92**

*Modelo Arima (0,0,0) – Rc1 Río Culapachán.*



### **Análisis**

Los valores de OD proyectados con el modelo ARIMA (0,0,0) para el punto Rc1 Río Culapachán para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 44,22 y 77,30 con 95% de confianza con una estimación puntual de 60,76% los mismos que no se encuentran dentro de los límites permisibles en relación a la normativa ecuatoriana TULSMA en los criterios de calidad de aguas para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, manifiesta que valores mayores a 80% de OD corresponde un cantidad óptima.

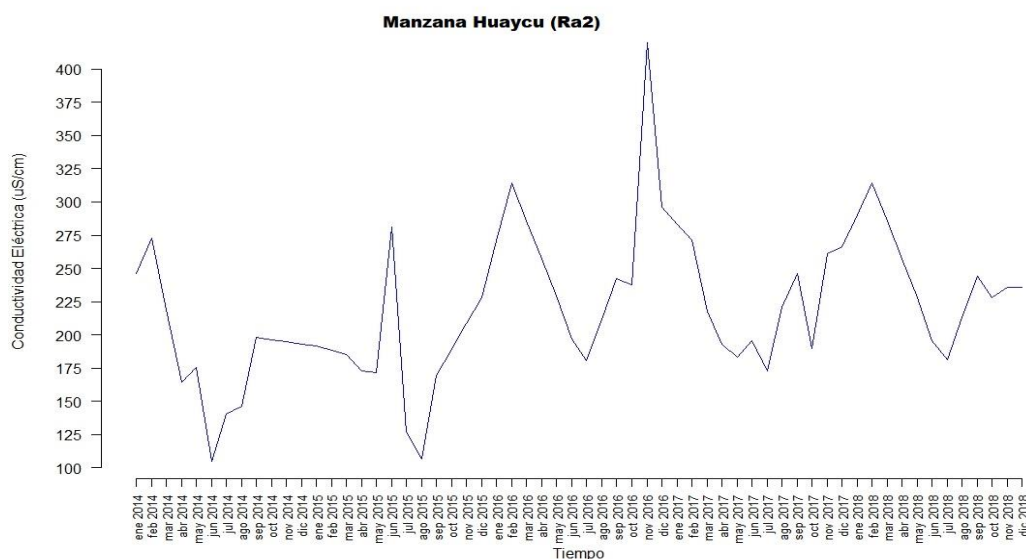
### **Conductividad Eléctrica**

En Figura 93, correspondiente al punto de monitoreo Manzana Huaycu (Ra2), muestra un valor máximo que destaca como el de mayor proporción correspondiente a 419  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en noviembre 2016; Por otra parte, valor de registro mínimo corresponde a 104  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en agosto 2015, presentando una variación promedio de 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En cuanto a la variación mencionada, se experimenta para cada año de registro, valores mayores y menores de CE de octubre a febrero y de marzo a septiembre

respectivamente. Así mismo, presenta una tendencia que tiende a disminuir desde el año 2014 hasta el 2015, que posterior a este periodo, tiende a ascender hasta el final del periodo de análisis. Este parámetro está relacionado a la capacidad de intercambio entre aniones y cationes, esto a partir de la disolución de sales minerales, con lo que se determina la cantidad de materia disuelta en agua y a partir de aquello define la dureza de la misma. Respecto a TULSMA (2015) no considera puntualmente un valor máximo de conductividad eléctrica, a pesar de aquello, valores superiores a  $650 \mu\text{S}/\text{cm}$  indican una alta carga de sólidos disueltos, esto por supuesto afecta la calidad del agua.

### Figura 93

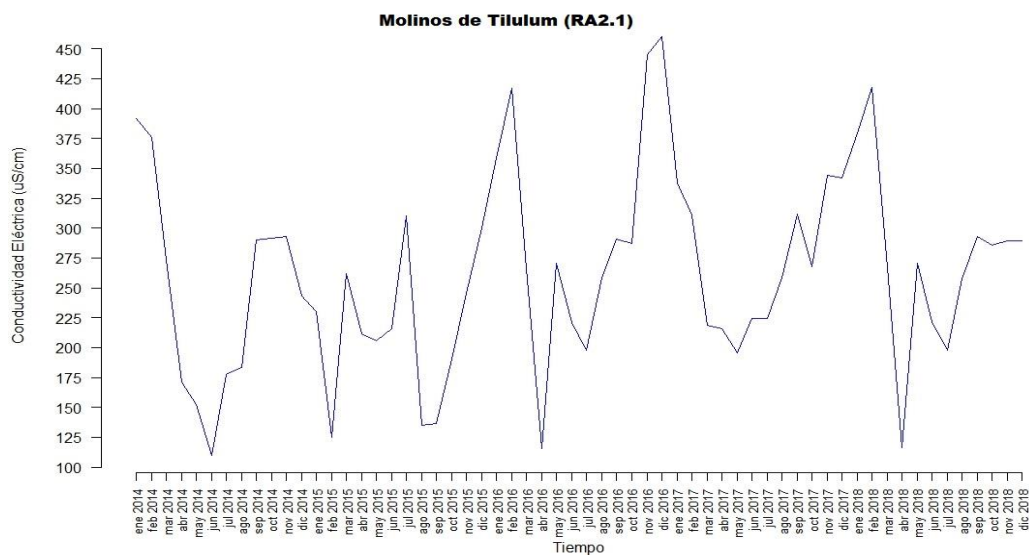
*Conductividad eléctrica en el punto Manzana Huaycu (Ra2).*



En punto de muestreo Molinos de Tilulum (Ra2.1), muestra un comportamiento que supera el rango de  $400 \mu\text{S}/\text{cm}$  al inicio del periodo de registro, en febrero 2016 y marzo 2017. Presenta una dinámica estacional con mayores valores entre los meses de octubre a febrero y una disminución de valores posterior a los incrementos, principalmente en marzo y abril de cada año. El valor mínimo de CE registrado corresponde a  $110 \mu\text{S}/\text{cm}$  en febrero 2015 y marzo 2016.

**Figura 94**

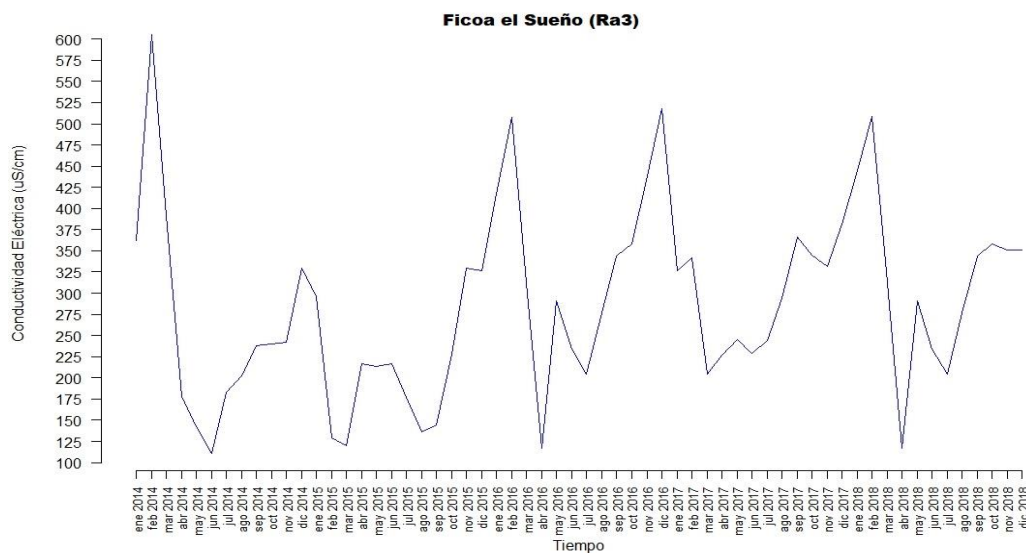
*Conductividad eléctrica en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1)*



Para el punto de muestreo Ficoa el Sueño (Ra3), representado en figura 95, presenta a inicio del periodo de registro, en febrero 2014 el valor máximo de CE, correspondiente a 600  $\mu\text{S/cm}$ . Para el resto del periodo analizado, presenta valores promedio que oscilan entre 100  $\mu\text{S/cm}$  y 300  $\mu\text{S/cm}$ . Para febrero 2016, octubre 2016 y diciembre 2018 presenta un repunte superior a 500  $\mu\text{S/cm}$ . El valor mínimo registrado, corresponde a 100  $\mu\text{S/cm}$  en mayo 2016.

**Figura 95**

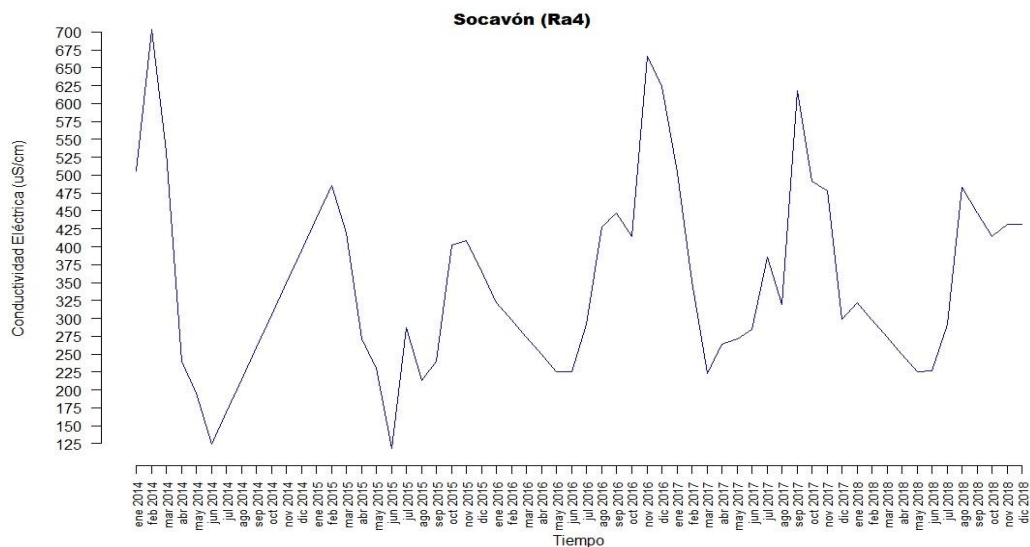
*Conductividad eléctrica en el punto Ficoa el Sueño (Ra3)*



El punto de muestreo Socavón (Ra4), representando en figura 96, refleja un mantenimiento en la tendencia del periodo de registro con valores alto y posterior descender, es así que en febrero 2014 registra un valor 666  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como el máximo durante todo el periodo de análisis. En mayo 2015 se registra el valor mínimo de Ce correspondiente a 100, a partir de aquello experimenta incremento con valores promedio de 130  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**Figura 96**

*Conductividad eléctrica en el punto Socavón (Ra4)*

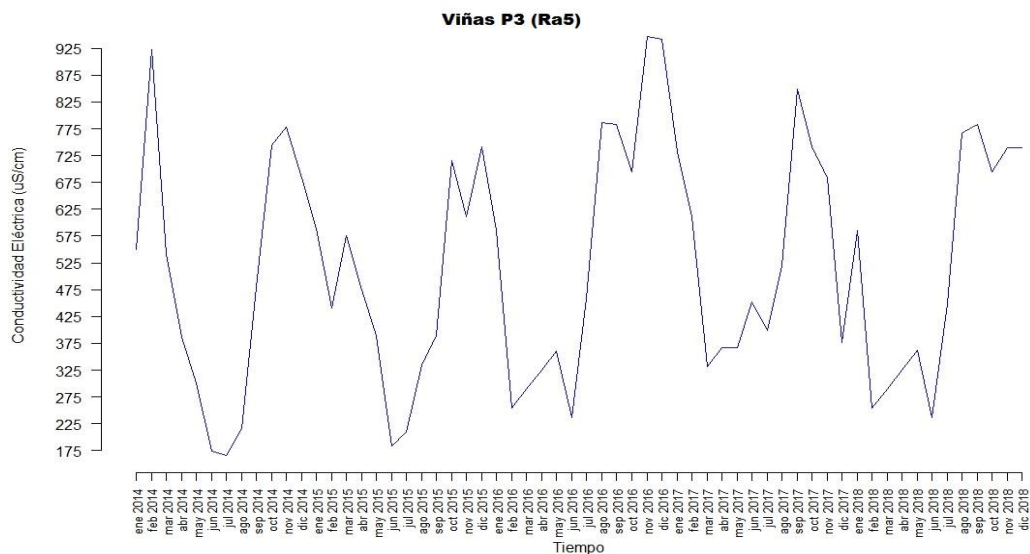


En cuanto al punto de muestreo Viñas P3 (Ra5), representando en figura 97, con una variación representativa en los valores de conductividad registrada en los puntos anteriores, presenta en noviembre 2016 un máximo de 946  $\mu\text{S/cm}$ . Los valores mínimos registrados corresponden a 173  $\mu\text{S/cm}$  en mayo 2014, junio 2014 y 184  $\mu\text{S}$  en junio 2015. La diferencia entre estos valores máximos presenta un valor notable de 773  $\mu\text{S/cm}$ .

**Figura 97**

*Conductividad eléctrica en el punto Viñas P3 (Ra5).*

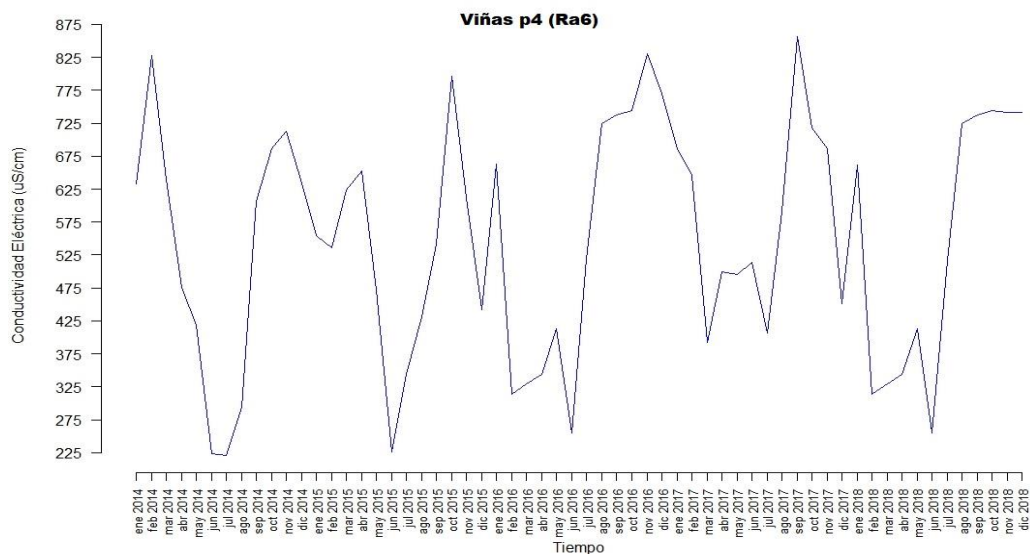




Viñas p4 (Ra6), representando en la figura 98, registra su valor máximo en septiembre 2018 correspondiente a 827  $\mu\text{S/cm}$ . El valor mínimo correspondiente a 220  $\mu\text{S/cm}$  registrado en junio 2014, julio 2014, mayo 2015, mayo 2016. Los valores promedio para este punto durante el periodo de análisis, oscila ente 200  $\mu\text{S/cm}$  y 607  $\mu\text{S/cm}$ .

**Figura 98**

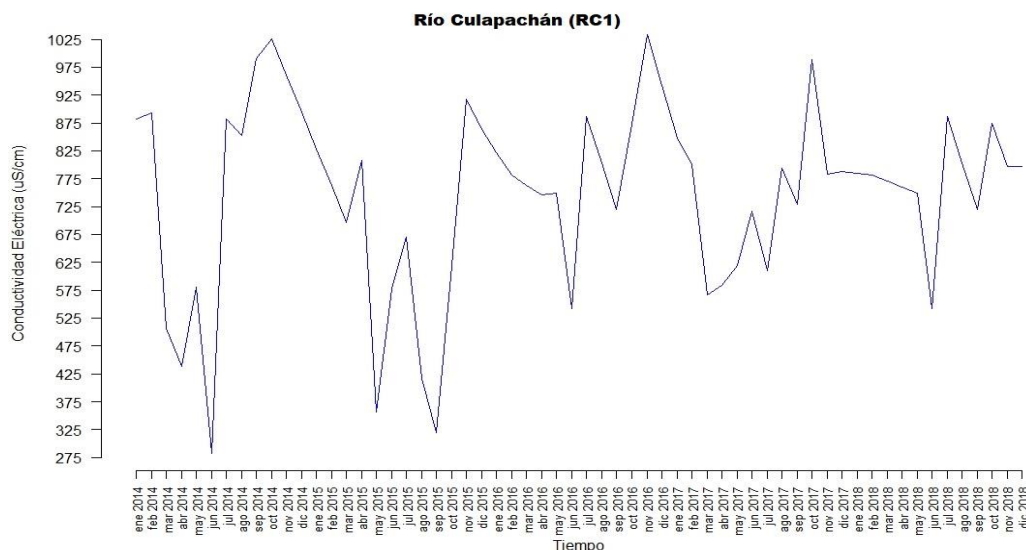
*Conductividad eléctrica en el punto Viñas P4 (Ra6).*



Finalmente, en la figura 99, se representa el punto de muestro Río Culapachán (Rc1) cuyo comportamiento estacional y de tendencia difiere de las anteriores analizadas, manifestando la tendencia antes mencionada que presenta valores descendientes y posterior repunte, es así que el registro máximo de CE se da en octubre 2014, representado en 1026  $\mu\text{S/cm}$ . En cuanto a valores mínimos, se registró en junio 2014, 282  $\mu\text{S/cm}$ .

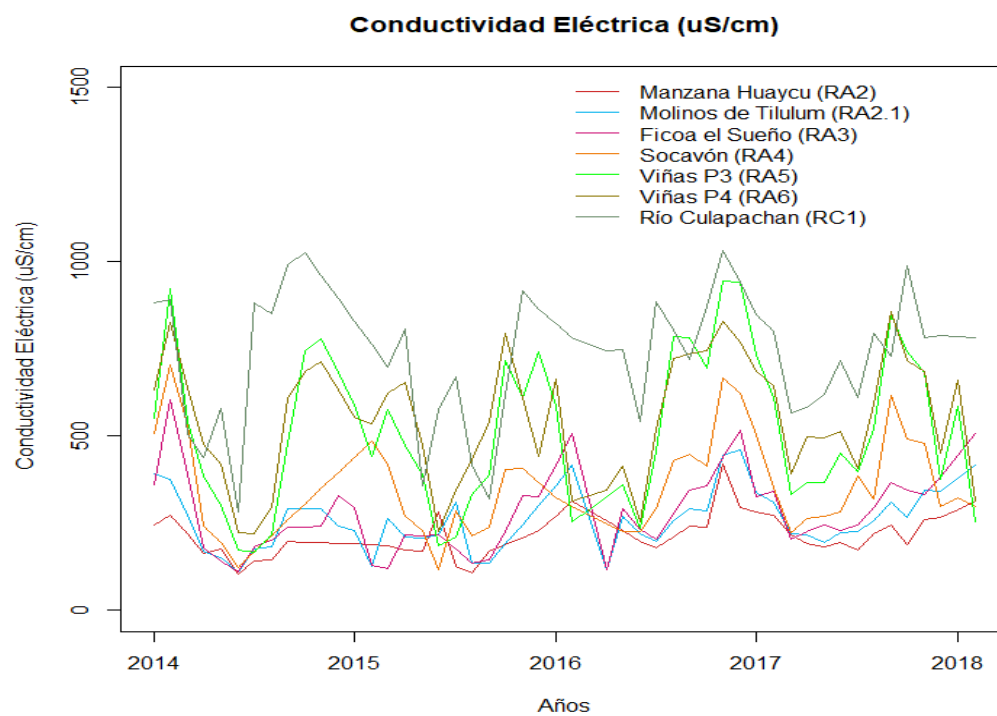
**Figura 99**

*Conductividad eléctrica en el punto Río Culapachán (Rc1).*



En contexto general respecto a los registros de CE en el río Ambato (figura 100), los registros muestran constantes periódicas, de mayor cantidad durante los meses finales e iniciales de cada año, concretamente entre octubre a febrero, registrando 1026  $\mu\text{S/cm}$  en octubre 2014. Posterior en los meses intermedios refleja decrecimiento de aquellos valores, principalmente en junio que en alguno de los puntos de muestreo registraba los valores más bajos, específicamente 100  $\mu\text{S/cm}$

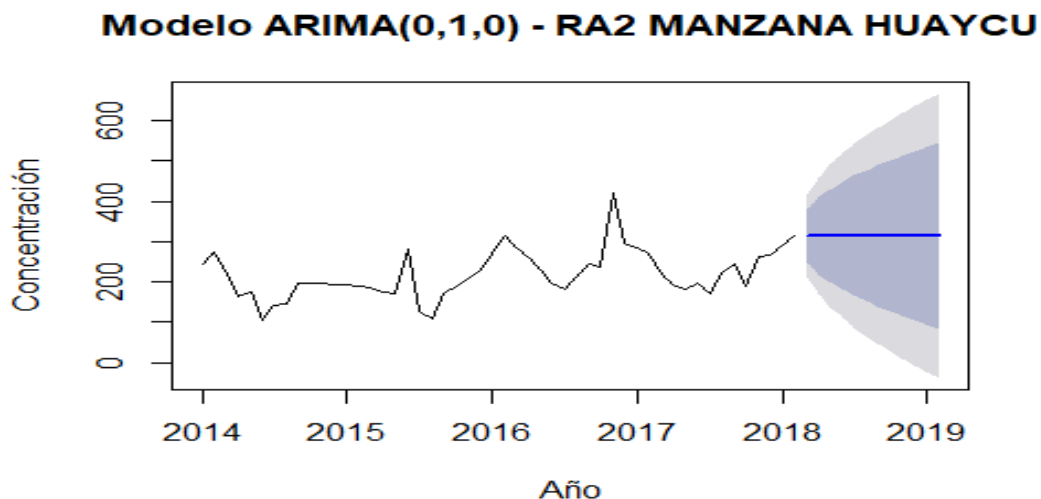
TULSMA (2015) en “Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario”, no considera un valor máximo de conductividad eléctrica, a pesar de aquello se puede definir qué valores superiores a 650  $\mu\text{S/cm}$  se considera como agua dura, es decir que posee una alta cantidad de iones y sales disueltas. Lo cierto para estos casos, es que los elevados niveles de conductividad eléctrica en el transcurso del periodo se han podido asociar a la contaminación experimentada por el río Ambato, esto verificado por los parámetros anteriormente analizados que manifiestan la tendencia creciente de sus valores durante periodos puntuales cada año, es que mientras menos pura es el agua, mayor concentración de sales disueltas en el agua y por lo tanto la CE va a experimentar una tendencia a incrementarse.

**Figura 100***Conductividad Eléctrica en río Ambato.*

### Conductividad Eléctrica: Modelo ARIMA

**Figura 101**

*Modelo Arima (0,1,0) – Ra2 Manzana Huaycu.*



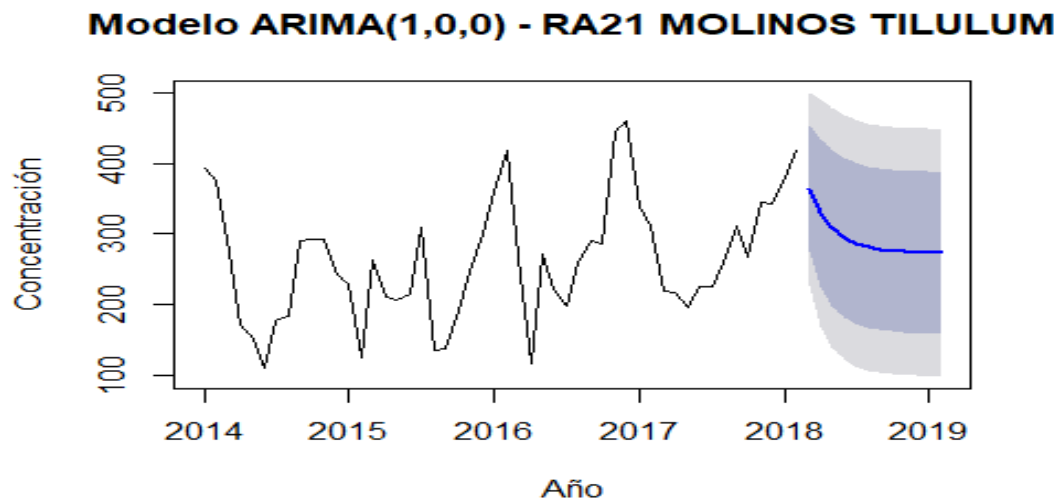
#### **Análisis**

El valor de Conductividad Eléctrica (CE) proyectado con el modelo ARIMA (0,1,0) para el punto Ra2 Manzana Huaycu para los períodos 2018 – 2019 es 314,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; el TULSMA (2015), no considera un valor máximo de conductividad eléctrica, a pesar de aquello, valores superiores a 650  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pueden afectar la calidad del agua por disolución de sólidos, por lo que el valor proyectado demuestra que no habrá afectación al agua del río.

La conductividad eléctrica hace referencia a la capacidad que tiene una solución para conducir la corriente eléctrica. La conductividad eléctrica es proporcional al contenido de sales disueltas y, por tanto, presenta una estrecha correlación con los sólidos totales disueltos, en donde las medidas varían dependiendo de la temperatura.

**Figura 102**

*Modelo Arima 1, (0,0) – Ra2.1 Molinos Tilulum.*

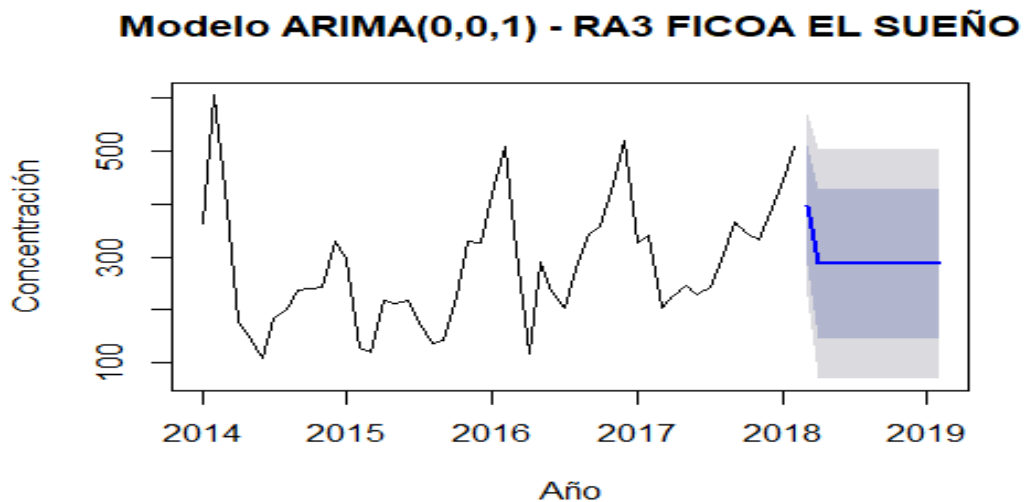


### **Análisis**

El valor de Conductividad Eléctrica (CE) proyectado con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra2.1 Molinos Tilulum para los períodos 2018 – 2019 está entre 364,00  $\mu\text{S/cm}$  y 272.84  $\mu\text{S/cm}$ ; el TULSMA (2015), no considera un valor máximo de conductividad eléctrica, a pesar de aquello, valores superiores a 650  $\mu\text{S/cm}$  pueden afectar la calidad del agua por disolución de sólidos, por lo que el valor proyectado demuestra que no habrá afectación al agua del río.

**Figura 103**

*Modelo Arima (0,0,1) – Ra3 Ficoa El Sueño.*

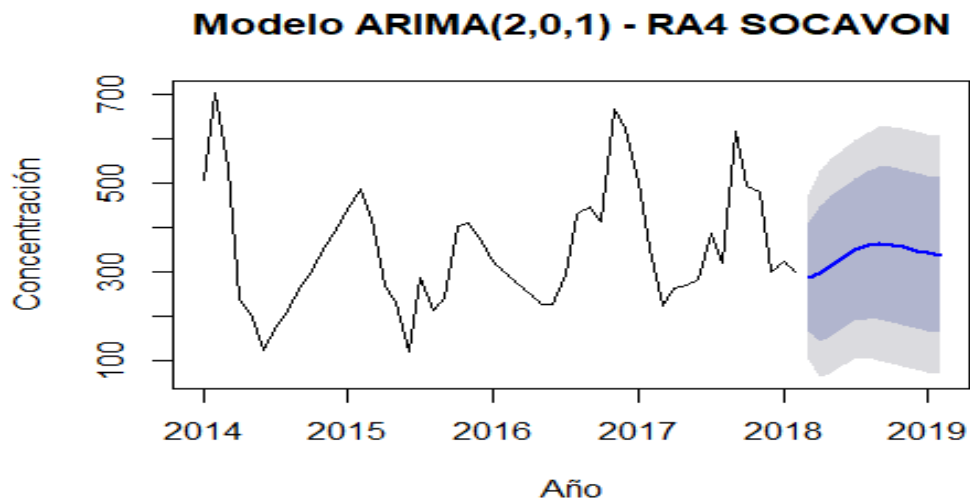


### **Análisis**

El valor de Conductividad Eléctrica (CE) proyectado con el modelo ARIMA (0,0,1) para el punto Ra3 Ficoa El Sueño para los periodos 2018 – 2019 está entre 397,31  $\mu\text{S/cm}$  y 286,35  $\mu\text{S/cm}$ ; el TULSMA (2015), no considera un valor máximo de conductividad eléctrica, a pesar de aquello, valores superiores a 650  $\mu\text{S/cm}$  pueden afectar la calidad del agua por disolución de sólidos, por lo que el valor proyectado demuestra que no habrá afectación al agua del río.

**Figura 104**

*Modelo Arima (2,0,1) – Ra4 Socavón.*



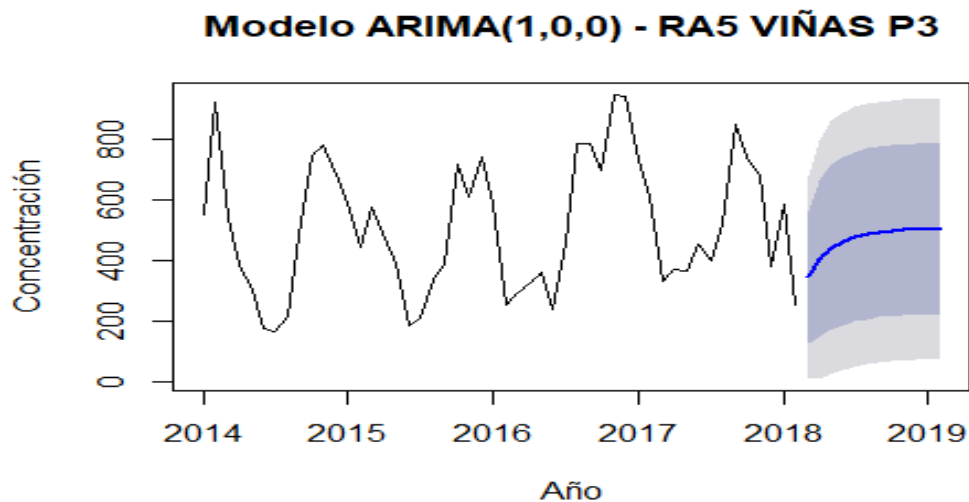
### **Análisis**

El valor de Conductividad Eléctrica (CE) proyectado con el modelo ARIMA (2,0,1) para el punto Ra4 Socavón para los períodos 2018 – 2019 está entre 287,78  $\mu\text{S/cm}$  y 363,29 $\mu\text{S/cm}$ ; el TULSMA (2015) en, no considera un valor máximo de conductividad eléctrica, a pesar de aquello, valores superiores a 650  $\mu\text{S/cm}$  pueden afectar la calidad del agua por disolución de sólidos, por lo que el valor proyectado demuestra que no habrá afectación al agua del río.



**Figura 105**

Modelo Arima (1,0,0) – Ra5 Viñas P3.

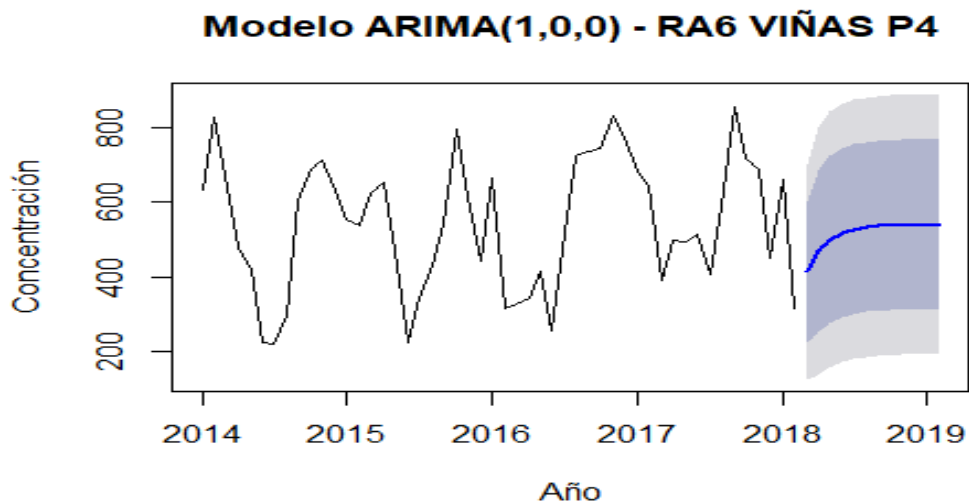


### Análisis

El valor de Conductividad Eléctrica (CE) proyectado con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra5 Viñas P3 para los periodos 2018 – 2019 está entre 345,03  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 502,38  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; el TULSMA, no considera un valor máximo de conductividad eléctrica, a pesar de aquello, valores superiores a 650  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pueden afectar la calidad del agua por disolución de sólidos, por lo que el valor proyectado demuestra que no habrá afectación al agua del río.

**Figura 106**

Modelo Arima (1,0,0) – Ra6 Viñas P4.

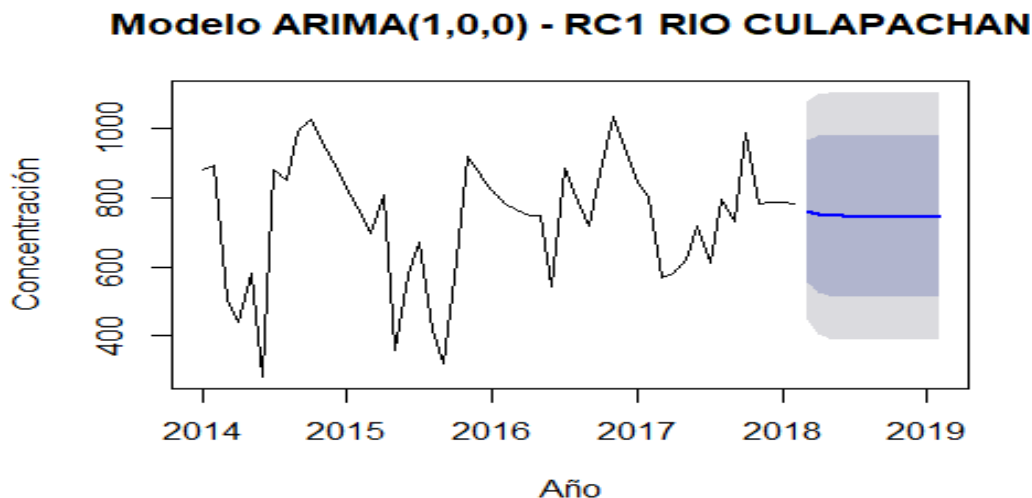


### **Análisis**

El valor de Conductividad Eléctrica (CE) proyectado con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra6 Viñas P4 para los periodos 2018 – 2019 está entre 413,21  $\mu\text{S/cm}$  y 539,75  $\mu\text{S/cm}$ ; el TULSMA (2015), no considera un valor máximo de conductividad eléctrica, a pesar de aquello, valores superiores a 650  $\mu\text{S/cm}$  pueden afectar la calidad del agua por disolución de sólidos, por lo que el valor proyectado demuestra que no habrá afectación al agua del río.

**Figura 107**

*Modelo Arima (1,0,0) – Rc1 Río Culapachán*



### **Análisis**

El valor de Conductividad Eléctrica (CE) proyectado con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Rc1 Río Culapachán para los periodos 2018 – 2019 está entre 762,00  $\mu\text{S/cm}$  y 744,79  $\mu\text{S/cm}$ ; el TULSMA (2015), no considera un valor máximo de conductividad eléctrica, a pesar de aquello, valores superiores a 650  $\mu\text{S/cm}$  pueden afectar la calidad del agua por disolución de sólidos, por lo que el valor proyectado demuestra que si habrá afectación al agua del río por concentración de sales.

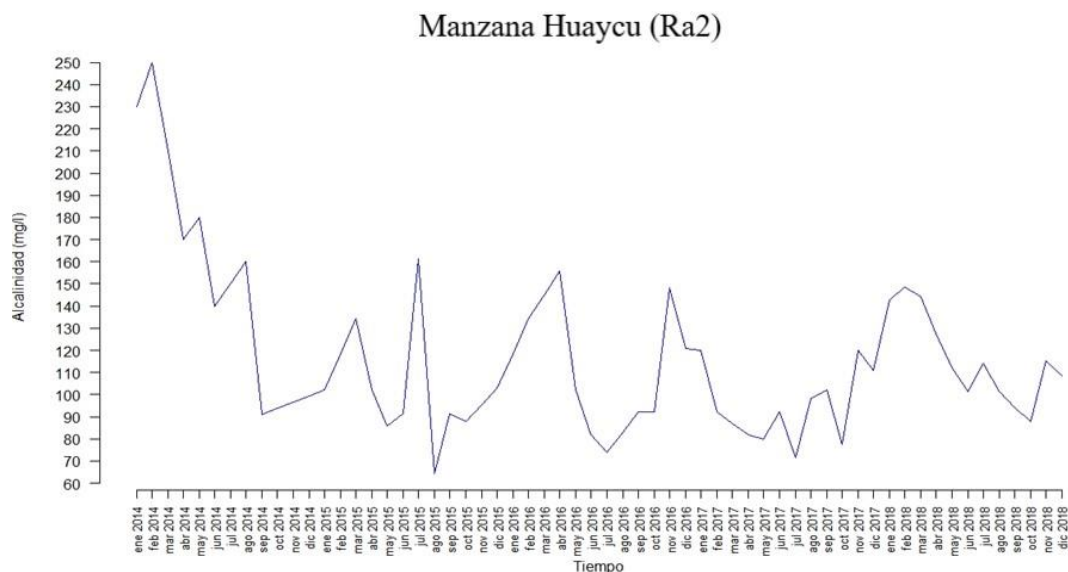
### **Alcalinidad**

Para el punto de muestreo Manzana Huaycu (Ra2), representado en figura 108, las concentraciones de alcalinidad, mantiene la tendencia de disminución desde el inicio del periodo de registro, sin embargo, la mayor parte del periodo muestra variaciones de entre 60mg/l y 160mg/l. El valor máximo se registró en marzo 2014 con 250 mg/l, hasta septiembre 2014 con 90 mg/l y a partir de aquel registro los datos presentaron una tendencia de aumento y descenso, registrando su valor mínimo en agosto 2015. En cuanto a TULSMA (2015), no considera un valor máximo de alcalinidad, a pesar de

aquello, una concentración de iones carbonatados superiores a 180 mg/l tienen la capacidad de transformar el hidrógeno, con lo que se reduce la acidez, afectando esto la calidad del agua, por consiguiente, influyendo directamente en el aumento del pH.

### Figura 108

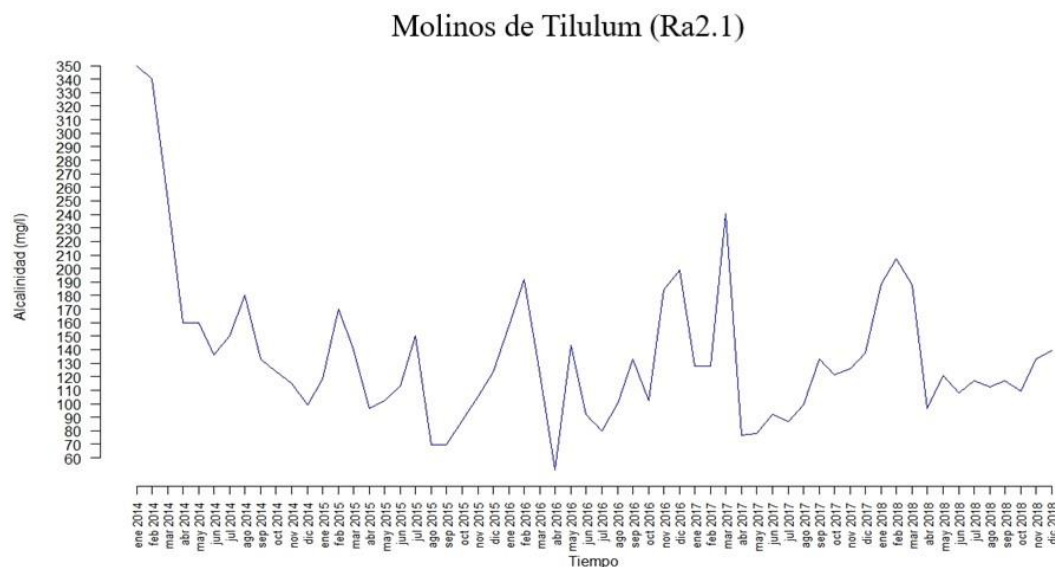
*Alcalinidad en el punto Manzana Huaycu (Ra2)*



En cuanto al punto de muestreo Molino Tilulum (Ra2.1), representando en la figura 109, se observa que manifiesta una tendencia decreciente en cuanto a registro de valores de a partir del primer muestreo del periodo, mostrando que las concentraciones de alcalinidad variaron de entre 60 mg/l como valor mínimo registrado en abril 2016 y 350 mg/l como valor máximo registrado en enero 2014. En cuanto a valores promedios, se situaron entre 80 mg/l y 180 mg/l.

**Figura 109**

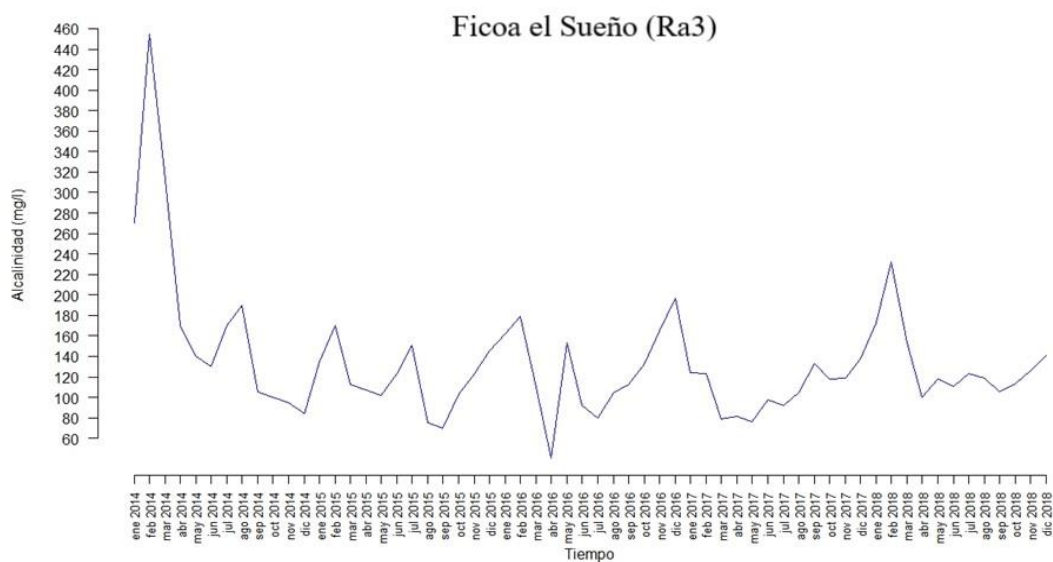
*Alcalinidad en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1)*



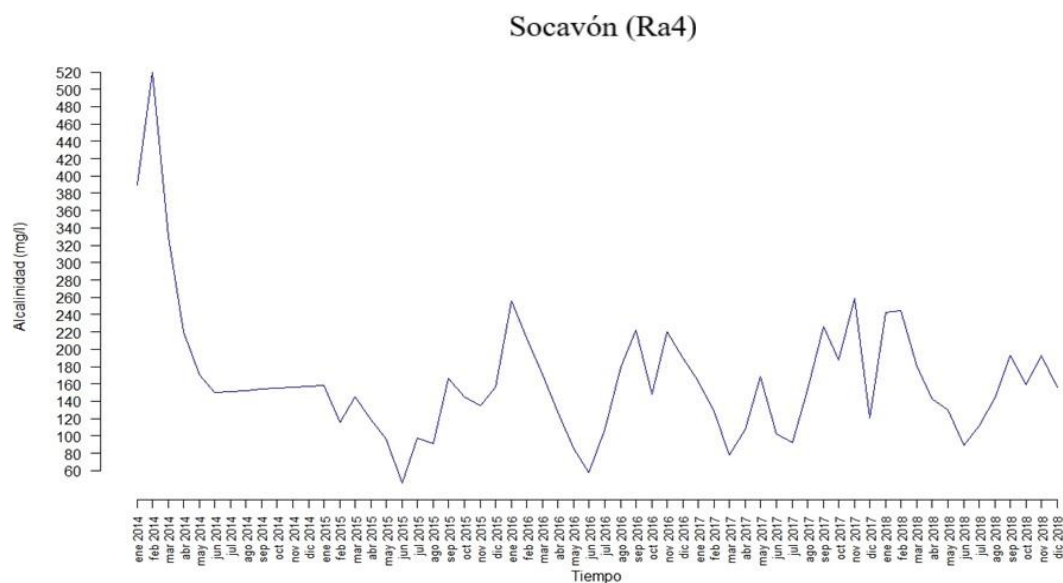
El punto de muestreo Ficoa el Sueño, representando en figura 110, manifiesta nuevamente la tendencia decreciente de valor a partir del primer registro, muestra un valor inicial de 270mg/l en enero 2014, con un incremento y posterior reducción hasta 130mg/l. Posterior a este registro, los valores no muestran aumentos significativos, registrando en este periodo la concentración más baja de 60 mg/l en abril 2016; en cuanto a la concentración máxima fue de 400 mg/l en febrero 2014.

**Figura 110**

*Alcalinidad en el punto Ficoa el Sueño (Ra3)*



En cuanto a la figura 111, que representa el punto de muestreo Socavón (Ra4), el valor máximo registrado corresponde a 520 mg/l en febrero 2014; a partir de febrero 2015 mantiene un periodo de variante entre 60 mg/l a 260 mg/l, siendo 60 mg/l el valor mínimo registrado para este punto en junio 2015.

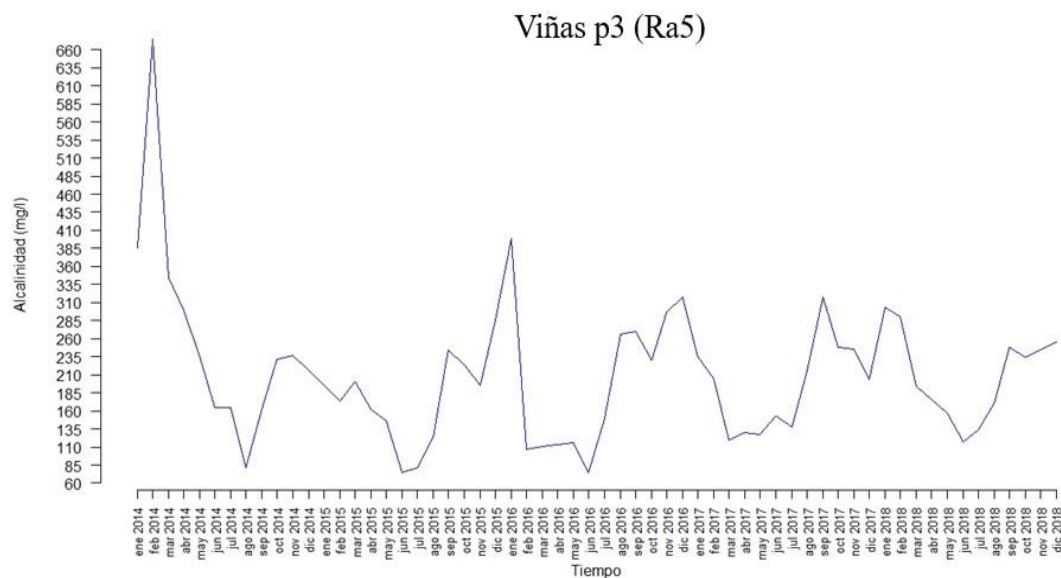
**Figura 111***Alcalinidad en el punto Socavón (Ra4)*

Nota: tendencia de la alcalinidad en el punto Socavón.

Para el punto de muestreo Viñas p3 (Ra5), la tendencia de disminución a partir del primer registro se mantiene, presentando valores similares obtenidos en los puntos anteriores, destacando la permanencia (aunque con periodos cortos) de niveles de concentración bajos. En febrero 2014, se registra el valor máximo para este punto de muestreo, correspondiente a 600 mg/l. En cuanto al valor mínimo registrado, se localizó en agosto 2014 y junio 2016 con 60mg/l.

**Figura 112**

*Alcalinidad en el punto Viñas p3 (Ra5)*

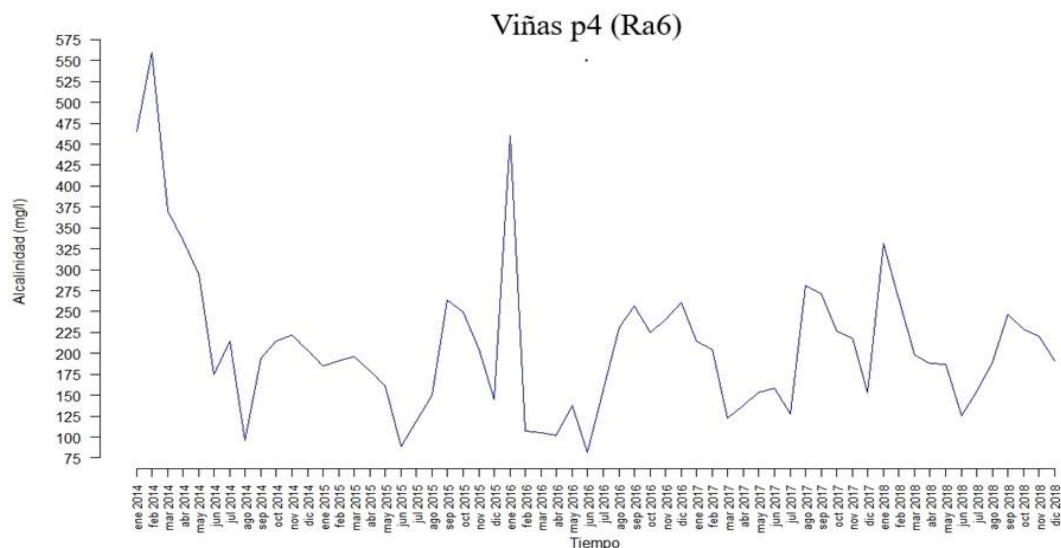


En Viña p4 (Ra6), representando en figura 113, se observa un caso similar con las concentraciones de alcalinidad, registrando en marzo 2014 un valor de 570mg/l correspondiente al máximo y a partir de ello el descenso de valores continúa hasta agosto 2014 que registras 90mg/l. Posterior destaca una creciente en enero 2016 de 460 mg/l que luego del registro más es el segundo valor más representativo. Para el registro mínimo en este punto de muestreo, se situó en junio 2016 con una concentración de 76 mg/l.



**Figura 113**

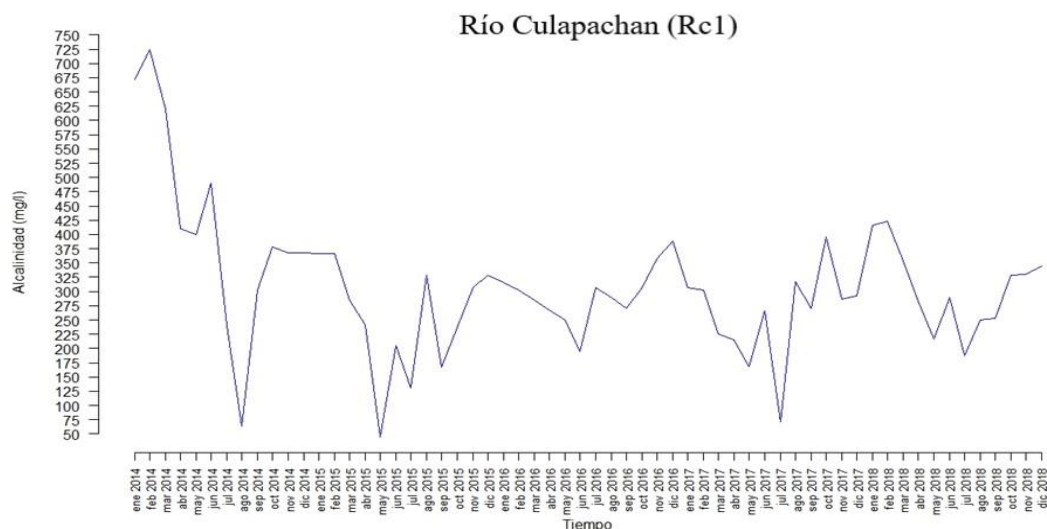
*Alcalinidad en el punto Viñas p4 (Ra6)*



Finalmente, en el último punto de registro Río Culapachán (Rc1), representando en la figura 114, ratifica la mencionada tendencia de disminución a partir del primer registro, en donde las concentraciones de alcalinidad decrecieron significativamente en tres ocasiones en los meses julio del 2014, mayo del 2015 y julio del 2017 llegando a 50 mg/l. Sin embargo, a pesar del mencionado decrecimiento, los valores manifiestan una concentración alta en gran parte del periodo de registro, donde destaca en marzo 2014 el valor máximo registrado de 725 mg/l.

**Figura 114**

*Alcalinidad en el punto Río Culapachán (Rc1)*

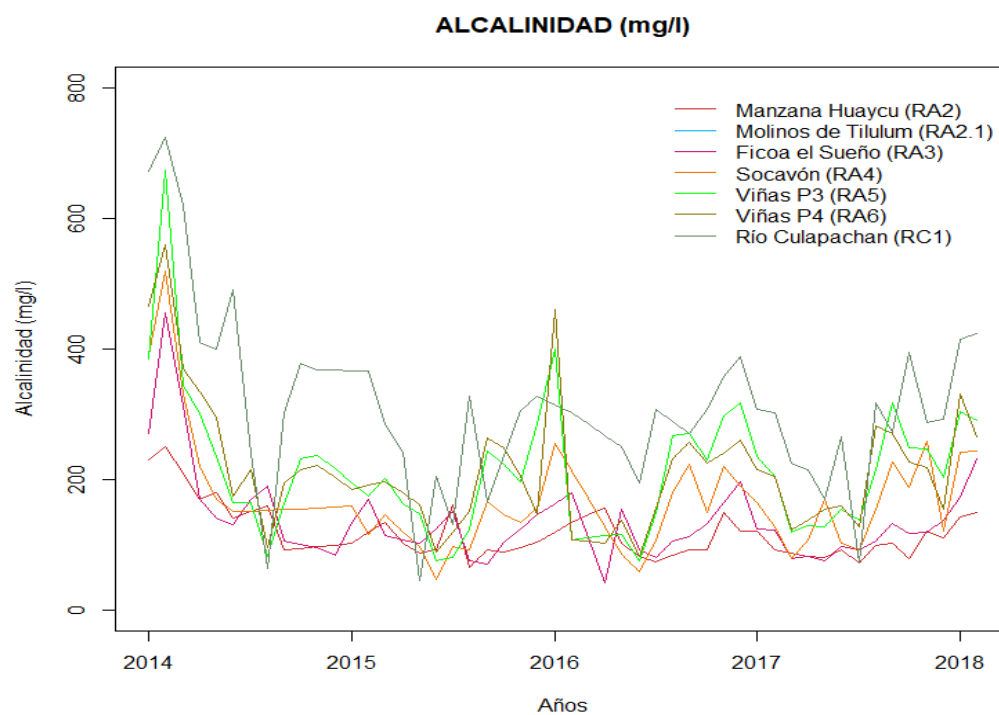


En cuanto a valores generales de Alcalinidad en el río Ambato (figura 115), desde un principio se mencionó las altas concentraciones iniciales de cada representación, manifestando una tendencia decreciente de estos valores que posterior al registro mínimo, no evidencia aumentos significativos a excepción de representaciones puntuales de Viñas p4 (Ra6) que muestra dos picos significativos, registrando el máximo 460 mg/l en enero 2016. A pesar de aquello, los valores de alcalinidad no obedecen a los más adecuados, TULSMA (2015) no considera un valor máximo de alcalinidad, teniendo en cuenta que la alcalinidad está determinada por ácidos débiles como: bicarbonatos, carbonatos, hidroxilos, sulfuros, bisulfuros, silicatos y fosfatos, nos posibilita de manera general considerar una concentración de sales en agua para de esa manera definir valores permisibles, que en este caso correspondería a valores superiores a 180 mg/l. Teniendo en cuenta que en su mayoría los valores registrados están por encima de los 60 mg/l y por debajo de los 280 mg/l estos valores, por supuesto aportan a la representación variable de pH, influyendo en la temperatura

del agua, la disponibilidad de oxígeno y la demanda bioquímica del agua, determinando la capacidad para mantener la interacción y funcionamiento de los procesos biológicos.

**Figura 115**

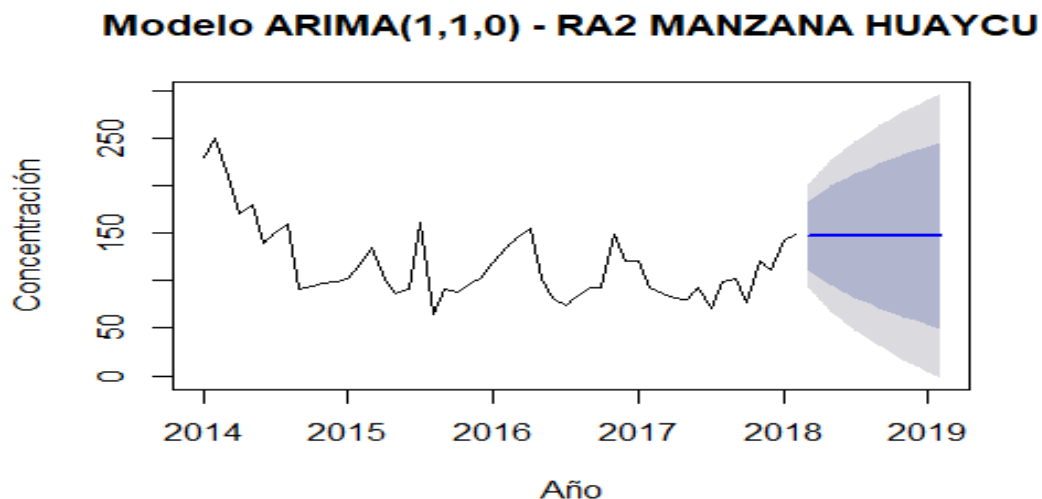
*Alcalinidad en el Río Ambato.*



### Alcalinidad: Modelo ARIMA

Figura 116

Modelo Arima (1,1,0) – Ra2 Manzana Huaycu.

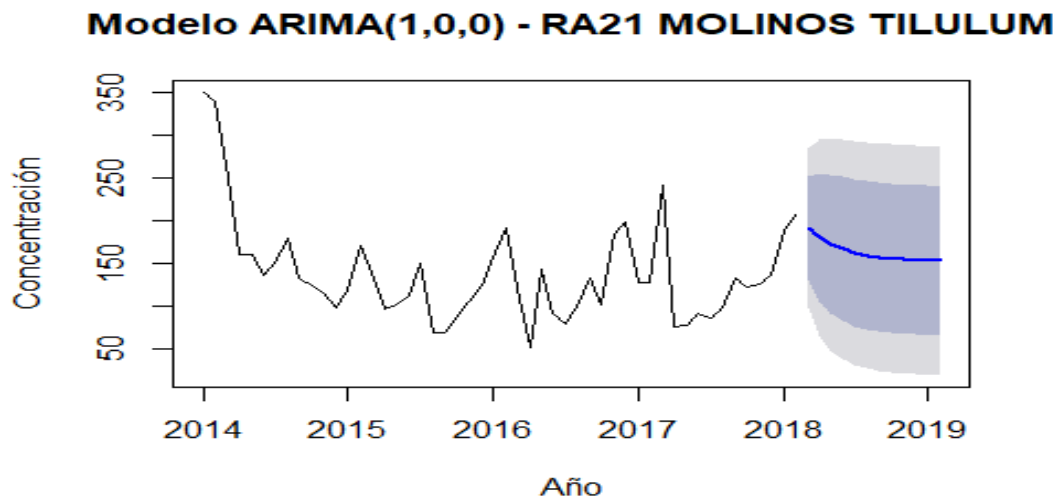


### Análisis

Los valores de alcalinidad proyectados con el modelo ARIMA (1,1,0) para el punto Ra2 Manzana Huaycu para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 92,21 mg/l y 296,49 mg/l con 95% de confianza y un pronóstico de 147,24 mg/l; según el TULSMA (2015), no considera un valor máximo de Alcalinidad, lo que lleva a considerar la concentración de iones que permita definir la dureza y por supuesto la calidad del agua, que en este caso correspondería a valores superiores a 180 mg/l; por lo que, en este caso el pronóstico es inferior al valor admisible.

**Figura 117**

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra2.1 Molinos Tilulum.*

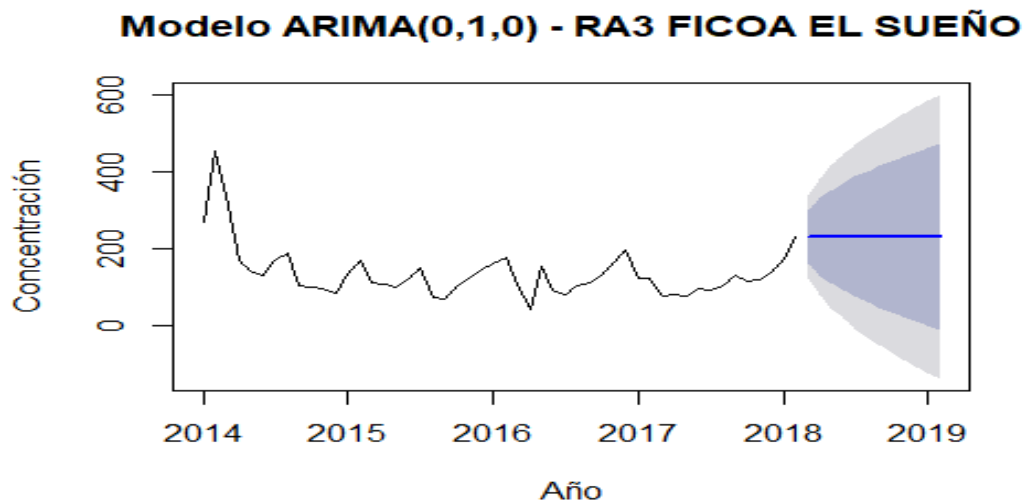


### **Análisis**

Los valores de alcalinidad proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra2.1 Molinos Tilulum para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 98,87 mg/l y 286,44 mg/l con 95% de confianza y un pronóstico de 152,86 mg/l; según el TULSMA (2015), no considera un valor máximo de Alcalinidad, lo que lleva a considerar la concentración de iones que permita definir la dureza y por supuesto la calidad del agua, que en este caso correspondería a valores superiores a 180 mg/l; por lo que, en este caso el pronóstico es inferior al valor admisible.

**Figura 118**

*Modelo Arima (0,1,0) – Ra3 Ficoa El Sueño.*

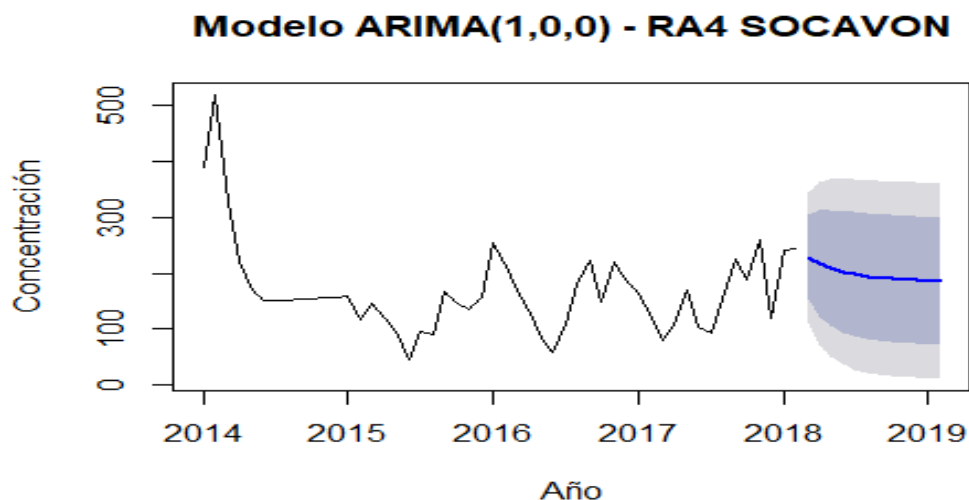


### **Análisis**

Los valores de alcalinidad proyectados con el modelo ARIMA (0,1,0) para el punto Ra3 Ficoa El Sueño para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 125,13 mg/l y 601,28 mg/l con 95% de confianza y un pronóstico en el último mes de 2019 de 231.8; según el TULSMA (2015) lo que lleva a considerar la concentración de iones que permita definir la dureza y por supuesto la calidad del agua, que correspondería a valores superiores a 180 mg/l; por lo que, en este caso el pronóstico es superior a lo anteriormente manifestado, lo que impactaría en agua utilizada para riego debido a su alta alcalinidad que modifica el pH.

**Figura 119**

Modelo Arima (1,0,0) – Ra4 Socavón.

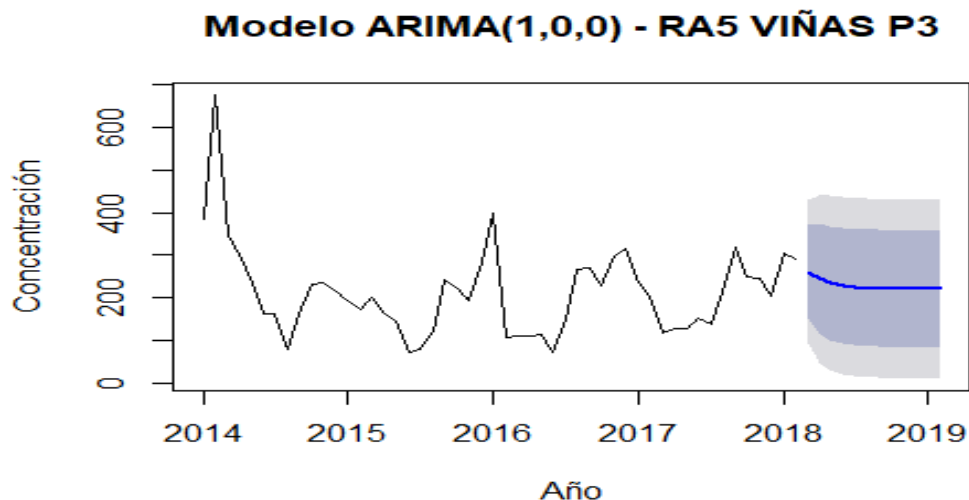


### Análisis

Los valores de alcalinidad proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra4 Socavón para los períodos 2018 – 2019 oscilan entre 112,27 mg/l y 360,85 mg/l con 95% de confianza y un pronóstico en el último mes de 2019 de 185.88; según el TULSMA (2015), no considera un valor máximo de Alcalinidad, lo que lleva a considerar la concentración de iones que permita definir la dureza y por supuesto la calidad del agua, que correspondería a valores en promedio superiores a 180 mg/l; sin embargo, para las estaciones andinas bajas, la alcalinidad optimo debe estar en el rango de 150-200 mg/CaCo<sub>3</sub>, lo que asegura su contribución como agua de riego; por lo que el pronóstico de alcalinidad en la estación Socavón se encuentra dentro del rango aceptable.

**Figura 120**

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra5 Viñas P3.*



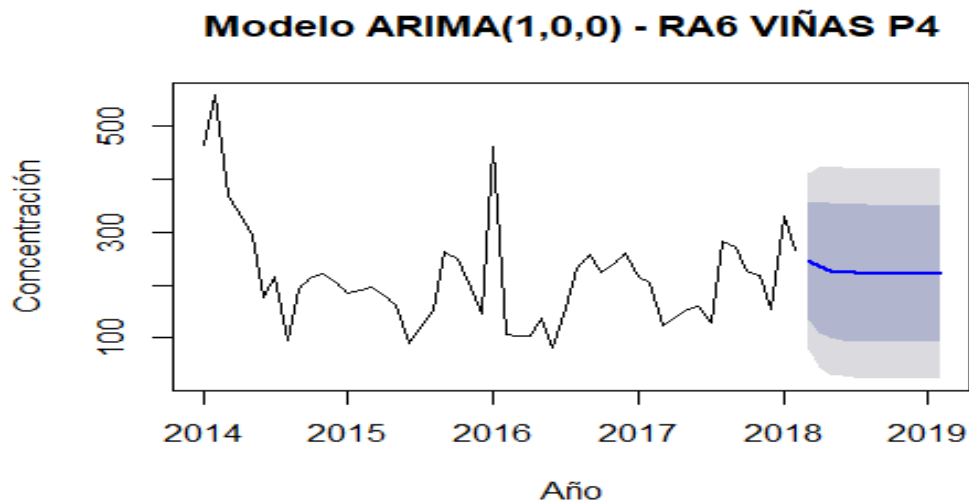
### **Análisis**

Los valores de alcalinidad proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra5 Viñas P3 para los periodos 2018 – 2019 oscilan entre 93,90 mg/l y 429,53 mg/l con 95% de confianza y un pronóstico en el último mes de 2019 de 220,73 mg/l; según el TULSMA (2015), no considera un valor máximo de Alcalinidad, lo que lleva a considerar la concentración de iones que permita definir la dureza y por supuesto la calidad del agua, que correspondería a valores superiores a 180 mg/l; por lo que, en este caso el pronóstico es superior al valor admisible y cuando se utilizan para riego aguas con alta alcalinidad se produce un alto pH del sustrato lo que provoca una disminución en la disponibilidad de ciertos nutrientes, aunque éstos estén presentes en el sustrato; uno de los cuales es el hierro, cuya falta se nota rápidamente con síntomas de clorosis en las hojas jóvenes.



**Figura 121**

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra6 Viñas P4.*

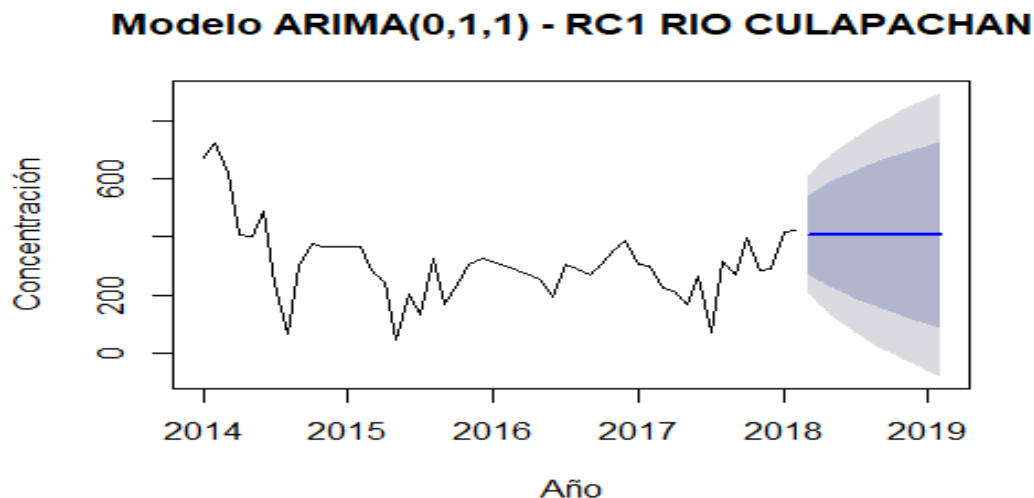


### **Análisis**

Los valores de alcalinidad proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra6 Viñas P4 para los periodos 2018 – 2019 oscilan entre 77,64 mg/l y 419,16 mg/l con 95% de confianza y un pronóstico en el último mes de 2019 de 220,89; según el TULSMA (2015), no considera un valor máximo de Alcalinidad, lo que lleva a considerar la concentración de iones que permita definir la dureza y por supuesto la calidad del agua, que correspondería a valores superiores a 180 mg/l; por lo que, en este caso el pronóstico es superior al valor admisible y cuando se utilizan para riego aguas con alta alcalinidad se produce un alto pH del sustrato lo que provoca una disminución en la disponibilidad de ciertos nutrientes, aunque éstos estén presentes en el sustrato; uno de los cuales es el hierro, cuya falta se nota rápidamente con síntomas de clorosis en las hojas jóvenes.

**Figura 122**

*Modelo Arima (0,1,1) – Rc1 Río Culipachán.*



### **Análisis**

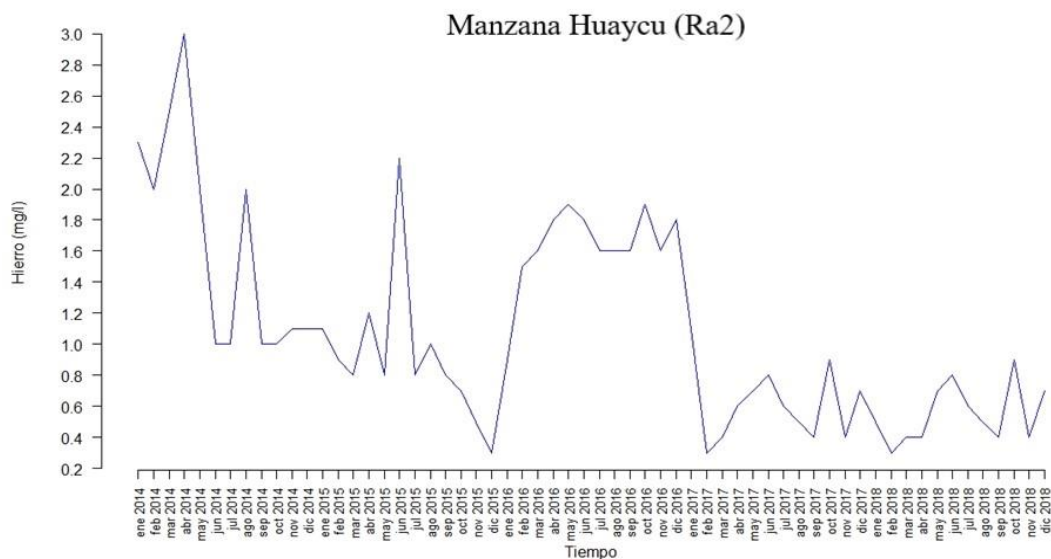
El valor proyectado de alcalinidad con el modelo ARIMA (0,1,1) para el punto Rc1 Río Culapachán para los períodos 2018 – 2019 es 407,96 mg/l; según el TULSMA (2015), no considera un valor máximo de Alcalinidad, lo que lleva a considerar la concentración de iones que permita definir la dureza y por supuesto la calidad del agua, que correspondería a valores superiores a 180 mg/l; por lo que, en este caso el pronóstico es superior al valor admisible y cuando se utilizan para riego aguas con alta alcalinidad se produce un alto pH del sustrato lo que provoca una disminución en la disponibilidad de ciertos nutrientes, aunque éstos estén presentes en el sustrato; uno de los cuales es el hierro, cuya falta se nota rápidamente con síntomas de clorosis en las hojas jóvenes.

## Hierro

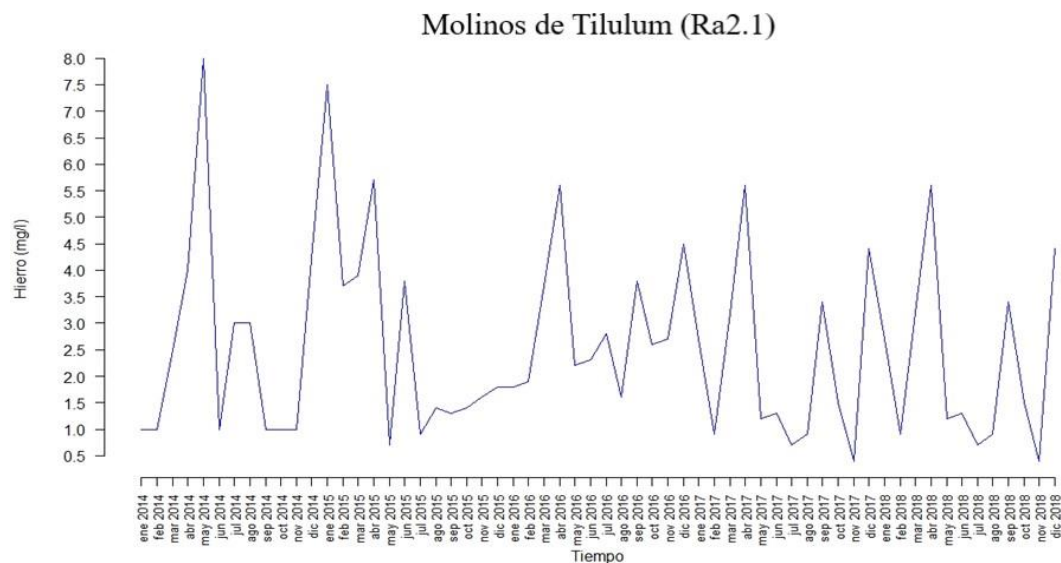
La Figura 123, representa los datos del punto de monitoreo Manzana Huaycu (Ra2), muestra un descenso de concentraciones posterior a los primeros registros, presentando una concentración mínima de 0,2 mg/l en diciembre 2015, febrero 2017, febrero 2018; posterior se generó un incremento que se mantuvo durante febrero 2016 y febrero 2017, registrando un máximo para ese periodo de 1,9 mg/l que tiende a descender y tener como valor máximo 0,8 mg/l. Respecto a la concentración máxima registrada en todo el periodo de análisis, corresponde a 3 mg/l en abril 2014. El hierro en aguas superficiales, se lo encuentra de manera natural como resultado de su interacción con el suelo, en donde a partir de la solubilidad de los iones de hierro, se integra al sistema. Comúnmente las concentraciones de hierro en masas de agua naturales, suelen ser pequeñas, lo que no representa efectos tóxicos o nocivos para la diversidad de especies acuáticas. TULSMA (2015) indica que la concentración de hierro en agua no debe sobrepasar 0,3 mg/l, por lo tanto, para este punto de muestreo en gran parte del periodo analizado, registra valores superiores a los que indica la norma.

**Figura 123**

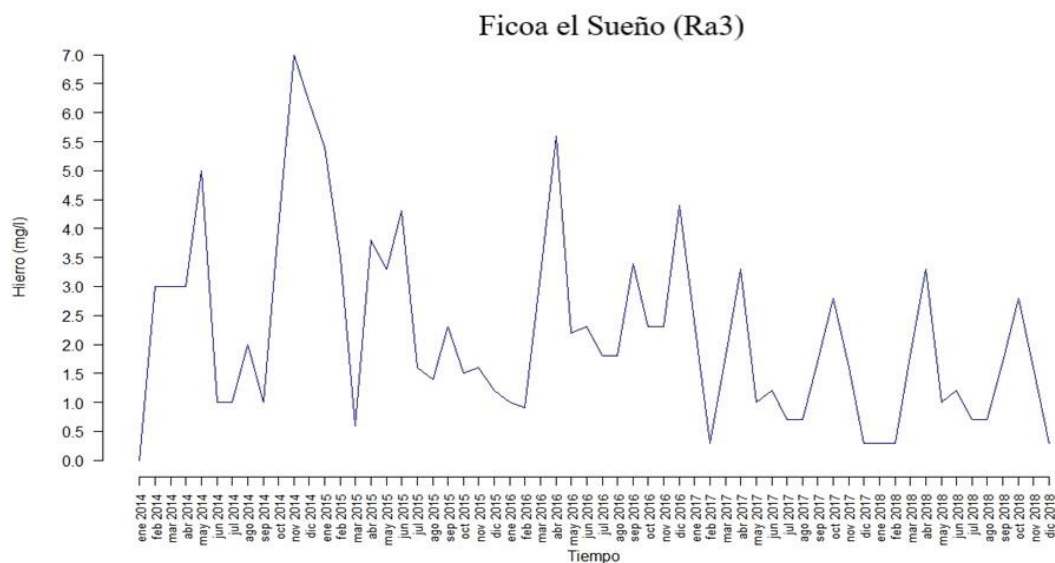
*Hierro en el punto Manzana Huaycu (Ra2)*



En el punto de muestreo Molinos de Tilulum (Ra2.1), representando en la figura 124, que muestra variables constantes y aumentos significativos de hierro. Como valor máximo, registra en mayo 2014 una concentración de 8 mg/l; en cuanto a valores promedios de registro, oscilan entre 1 mg/l y 5,5 mg/l. La concentración mínima, se registró en noviembre 2017 con un valor de 0,5, a pesar de aquellos, los valores registrados son superiores al mínimo que define la norma.

**Figura 124***Hierro en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1)*

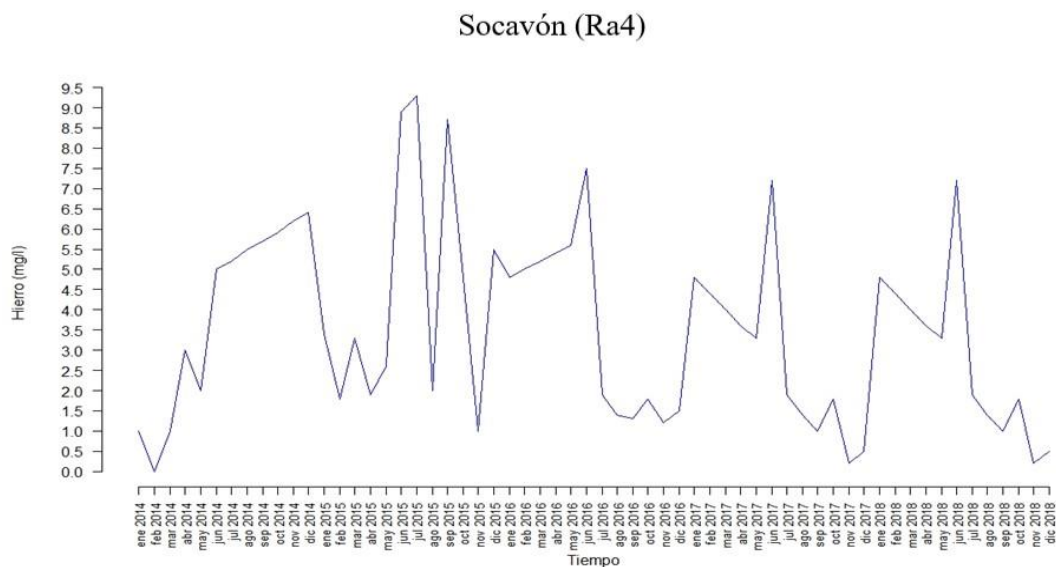
Para la representación de datos en la figura 125, correspondiente al punto de muestreo Ficoa el Sueño, la tendencia de variación es contante con leve descenso en el nivel de concentración. Los valores promedios de concentración de hierro para este punto de muestreo varían en un rango de 0,7 mg/l a 5 mg/l. En relación al valor máximo registrado durante todo el periodo de análisis, corresponde a 7 mg/l en noviembre 2014 y el en cuanto al mínimo se registró un mismo valor en varios meses, siendo febrero 2017, diciembre 2017, enero 2018 y febrero 2018 con una concentración de hierro en 0,3 mg/l, que en periodos específicos se ajusta a los límites permisibles de TULSMA (2015), pero que gran parte de periodo es superior, por lo que excede la norma.

**Figura 125***Hierro en el punto Ficoa el Sueño (Ra3)*

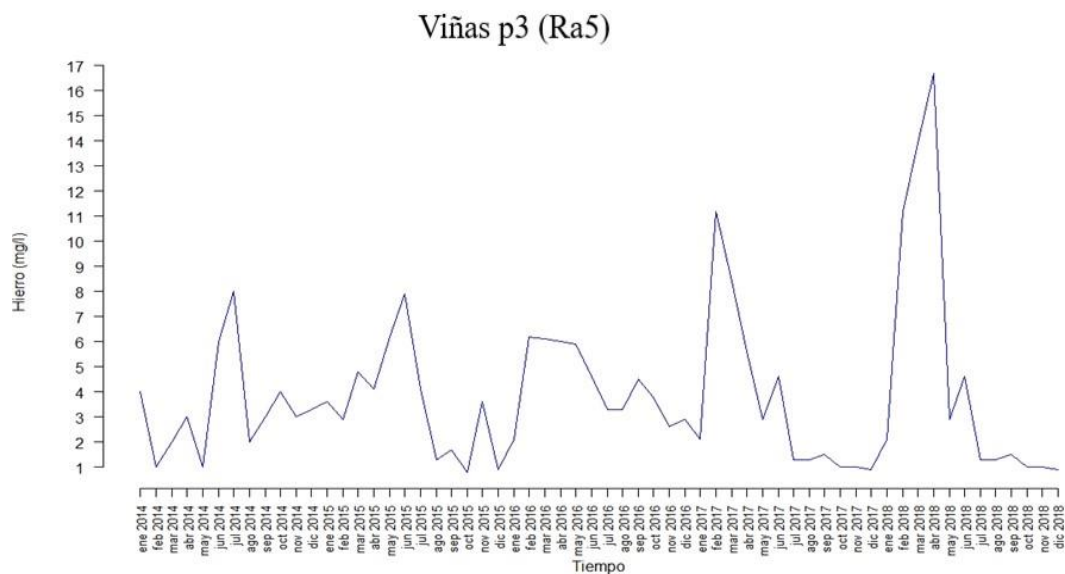
En el punto de muestreo Socavón (Ra4), representado en figura 126, los valores registrado manifiestan concentraciones altas gran parte del periodo analizado, la tendencia decreciente de valores posterior a primer registro se revierte y es así que los valores promedios para este punto de muestreo, se encuentran en torno a 1 mg/l y 7 mg/l, siendo este último el que presenta más cercanía con la mayoría de valores registrados, por lo que excede los valores permisibles manifestados en TULSMA (2015). En cuanto al registro máximo, corresponde a un valor de 9,5 mg/l en julio 2015 y el mínimo 0,2 mg/l en noviembre 2017 y noviembre 2018.

**Figura 126**

*Hierro en el punto Socavón (Ra4).*

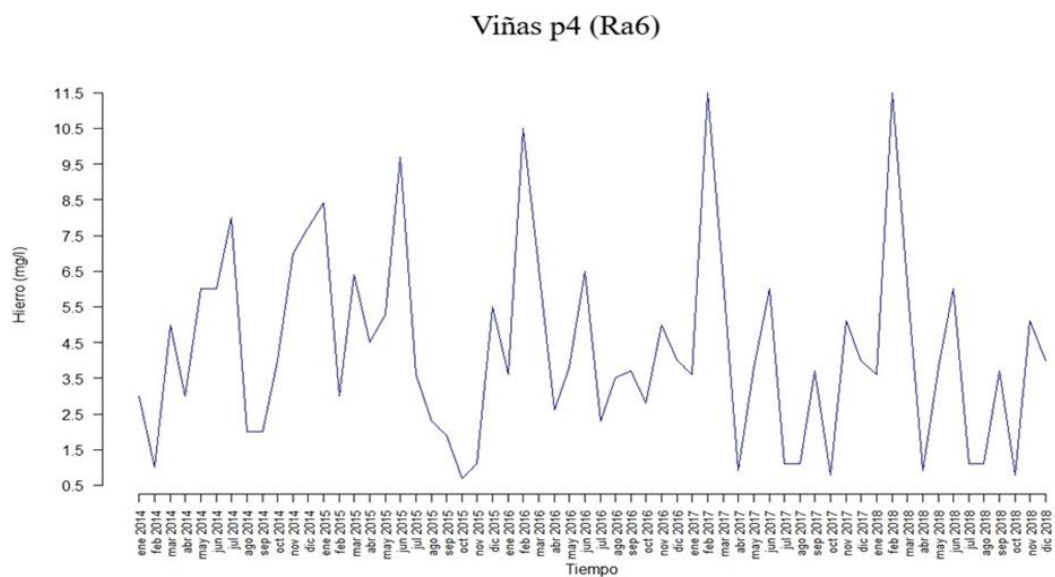


El punto de muestreo Viñas p3 (Ra5), representado en figura 127, muestra un comportamiento con aumentos de concentración relevantes, muy por encima del criterio de calidad, siendo así su máximo registro 17 mg/l en marzo 2018, como menor registro, pero de igual manera significativo en febrero 2017 con una concentración de 12 mg/l; el valor mínimo registrado en todo el periodo de análisis se dio en octubre 2015 representado en 1 mg/l. Los valores promedios de concentración de hierro, varían entre 1 mg/l y 8 mg/l, incuestionablemente superiores a los límites permisibles manifestado en TULSMA (2015).

**Figura 127***Hierro en el punto Viñas p3 (Ra5)*

En la figura 128, muestra los valores registrados en Viñas p4 (Ra6), se evidencian concentraciones altas de hierro, constantes en el tiempo, presentando mayores niveles de concentración en el periodo comprendido entre abril 2015 y marzo 2018, registrando en este periodo la concentración máxima de hierro, correspondiente a 11,5 mg/l en febrero 2017 y febrero 2018. En cuanto a valores mínimos, se registró en octubre 2015 una concentración de 0,5 mg/l. Los valores promedio para este punto de muestreo oscilan entre 1 mg/l y 6 mg/l, que comparación con TULSMA (2015) exceden los valores permisibles.

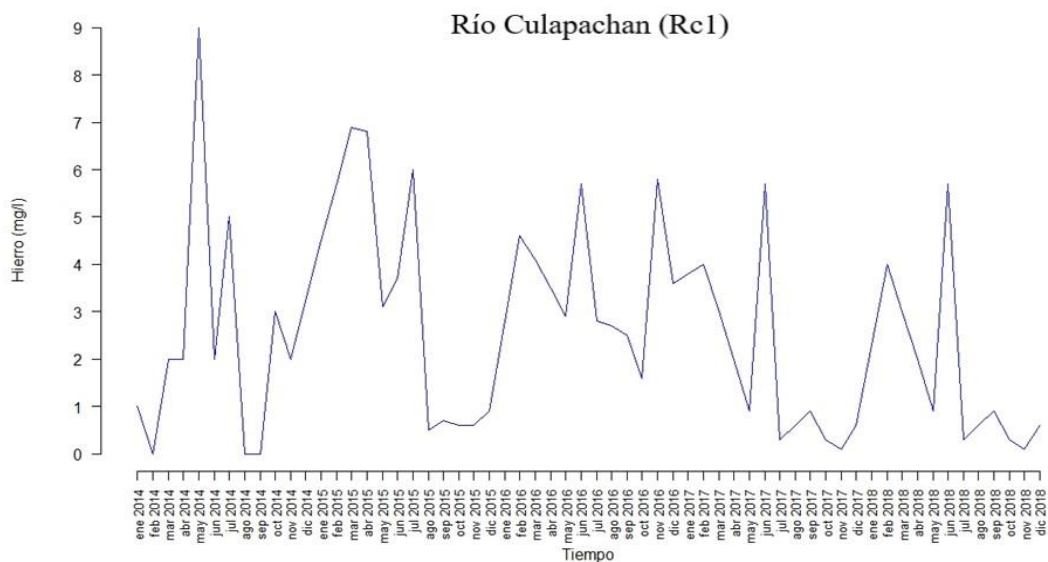


**Figura 128***Hierro en el punto Viñas p4 (Ra6)*

El punto de muestreo Río Culapachán (Rc1), representando en figura 129, se muestra una tendencia de aumentos significados en los primeros meses de cada año, registrando así una concentración máxima de 9 mg/l en mayo 2014 y las concentraciones promedio oscilan entre 1 mg/l y 6 mg/l, manifestando exceso respecto a lo determinado en TULSMA (2015). En cuanto a concentraciones mínimas, se registró en febrero 2014, agosto 2014, septiembre 2014 y noviembre 2014 un valor de 0,1 mg/l.

**Figura 129**

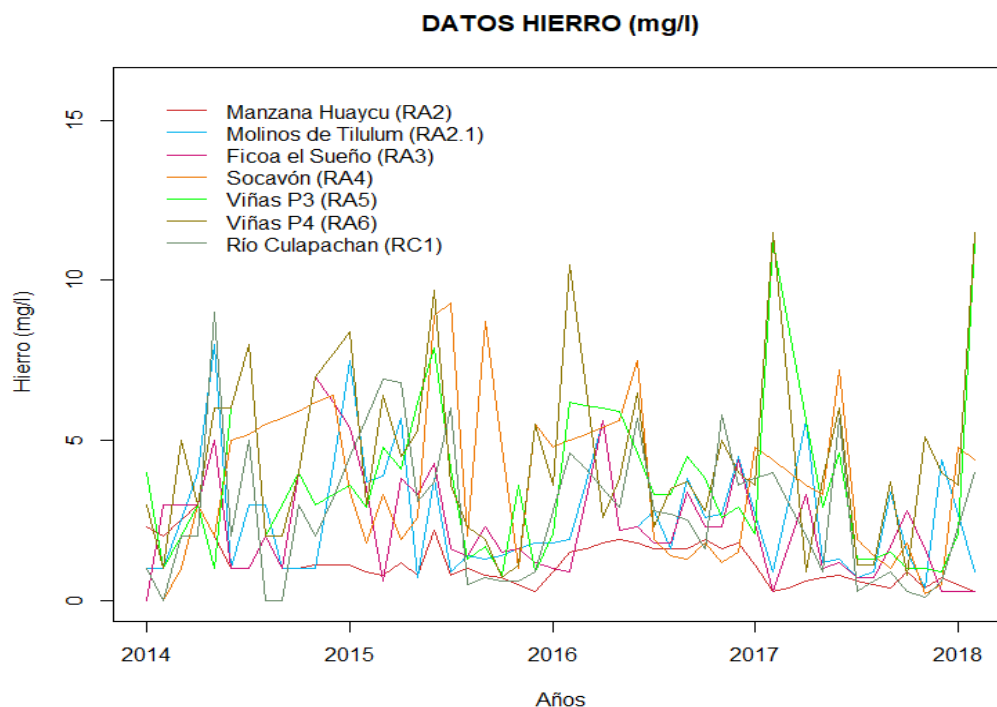
*Hierro en el punto Río Culapachán (Rc1)*



En cuanto a las concentraciones totales de Hierro en el río Ambato, representando en la figura 130, manifiestan un comportamiento desproporcionado, variando constantemente y de manera significativa en tiempo y espacio, es así que se registraron valores mínimos de 0,1 mg/l. y valores máximos de 17 mg/l. Los valores promedio registrados se concentran en un rango de 1 mg/l a 7 mg/l., que tomando en cuenta lo presentando en TULSMA (2015), que manifiesta un criterio de calidad 0,3 mg/l, gran parte, a excepción de algunos meses en (Rc1), los registros superar aquel valor de referencia y que por supuesto tiene sus efectos en el agua, modificando sus estructura. El hierro como tal no tiene un efecto nocivo, pero se lo utiliza como parámetro cualitativo del agua, debido a que a partir del mismo se determina una alta o baja cantidad de iones presentes en agua.

**Figura 130**

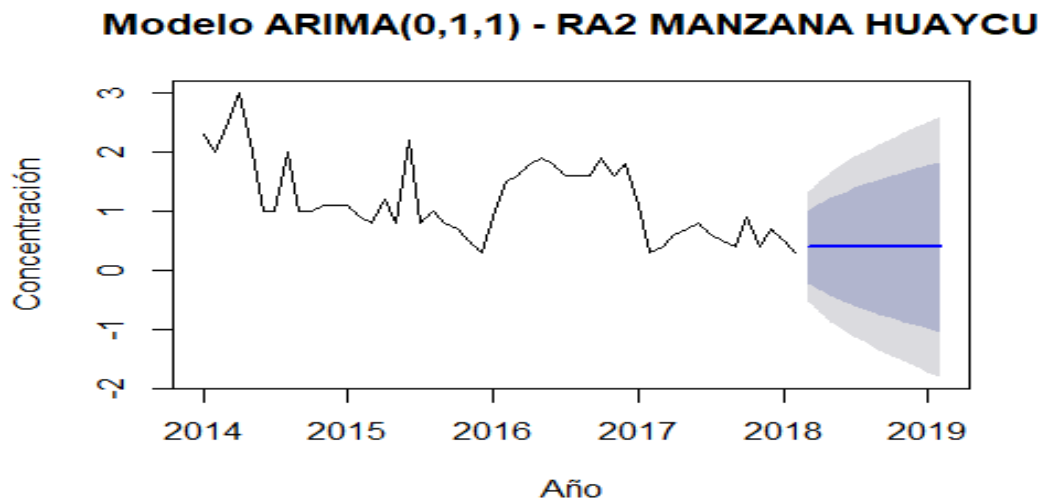
*Hierro en el Río Ambato.*



**Hierro: Modelo ARIMA**

**Figura 131.**

*Modelo Arima (0,1,1) – Ra2 Manzana Huaycu.*

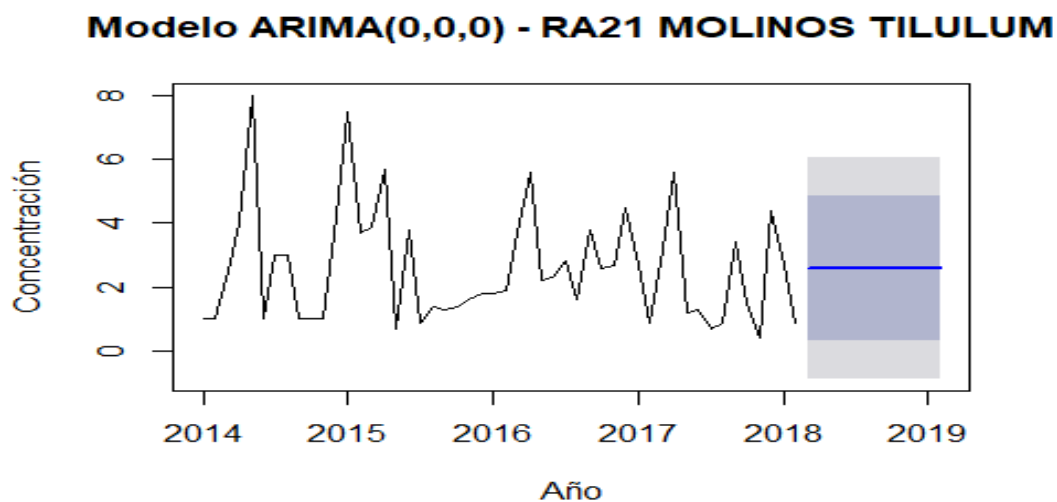


### Análisis

Los valores de hierro proyectados con el modelo ARIMA (0,1,1) para el punto Ra2 Manzana Huaycu para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -1,80 y 2,58 con 95% de confianza y la estimación puntual es de 0,38 mg/l; según el TULSMA (2015) en “Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario”, indica que la concentración de hierro en agua no debe sobrepasar 0,3 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso supera ligeramente el límite, mientras el valor máximo del intervalo de confianza lo superaría en gran magnitud, si las condiciones actuales no varían.

### Figura 132

*Modelo Arima (0,0,0) – Ra2.1 Molinos Tilulum.*



### Análisis

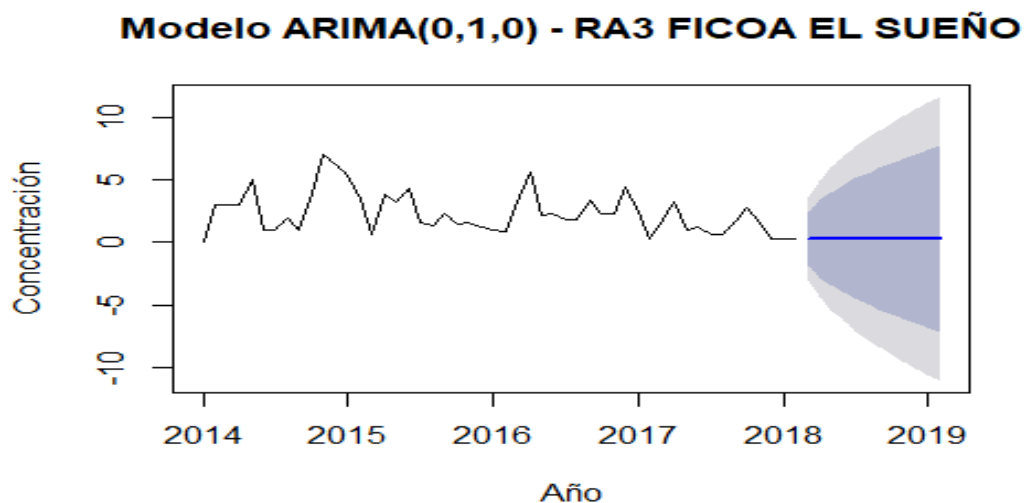
Los valores de hierro proyectados con el modelo ARIMA (0,0,0) para el punto Ra2.1 Molinos Tilulum para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -0,86 y 6,05 con 95% de confianza y la estimación puntual es de 2,59mg/l; según el TULSMA (2015) en “Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario”, indica que la

concentración de hierro en agua no debe sobrepasar 0,3 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso supera el límite permisible.

La toxicidad para la vida acuática es difícil de precisar, está en función del estado químico del metal (ferroso o férrico). Según la norma INEN –2006, el valor de hierro (Fe) permisible para que el agua potable sea apta para consumo humano es de 0,30mg/l.

### Figura 133

*Modelo Arima (0,1,0) – Ra3 Ficoa El Sueño.*



### Análisis

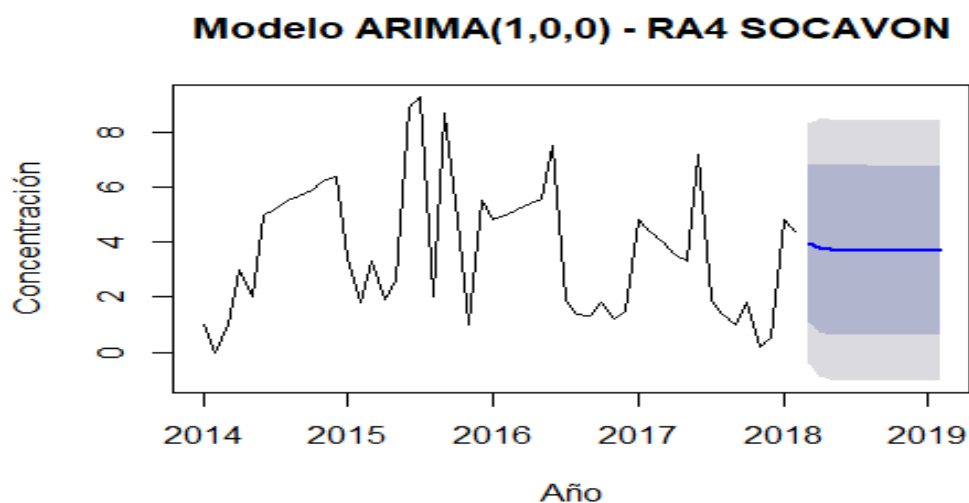
Los valores de hierro proyectados con el modelo ARIMA (0,1,0) para el punto Ra3 Ficoa El Sueño para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -11,08 y 11,68 con 95% de confianza y la estimación puntual es de 0,3mg/l; según el TULSMA (2015) en “Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario”, indica que la concentración de hierro en agua no debe sobrepasar 0,3 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso no supera el límite permisible, mientras el valor máximo del

intervalo de confianza lo superaría en gran magnitud, si las condiciones actuales no varían.

La toxicidad para la vida acuática es difícil de precisar, está en función del estado químico del metal (ferroso o férrico). Según la norma INEN –2006, el valor de hierro (Fe) permisible para que el agua potable sea apta para consumo humano es de 0,30mg/l.

### Figura 134

*Modelo Arima (1,0,1,0) – Ra4 Socavón*



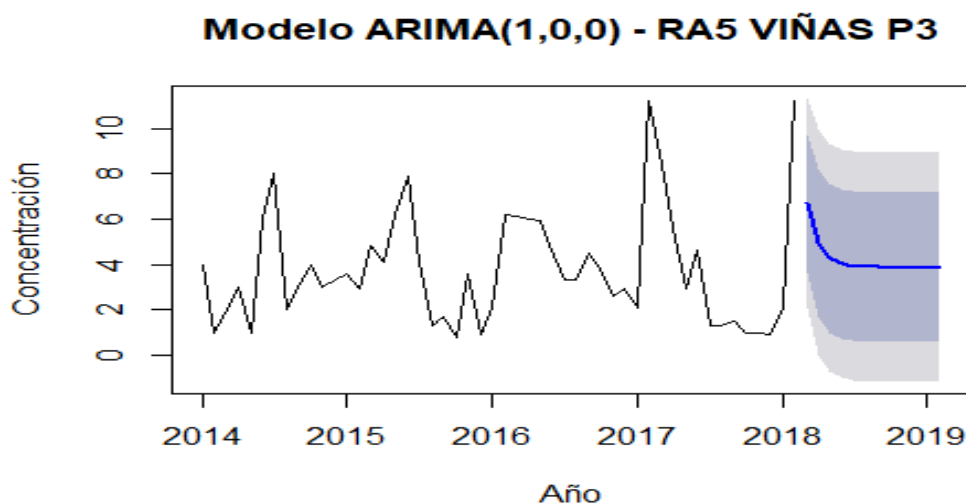
### Análisis

Los valores de hierro proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra4 Socavón para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -1,03 y 8,47 con 95% de confianza y la estimación puntual es de 3,97mg/l; según el TULSMA (2015) en “Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario”, indica que la concentración de hierro en agua no debe sobrepasar 0,3 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso supera el límite permisible.

La toxicidad para la vida acuática es difícil de precisar, está en función del estado químico del metal (ferroso o férrico). Según la norma INEN –2006, el valor de hierro (Fe) permisible para que el agua potable sea apta para consumo humano es de 0,30mg/l.

### Figura 135

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra5 Viñas P3.*



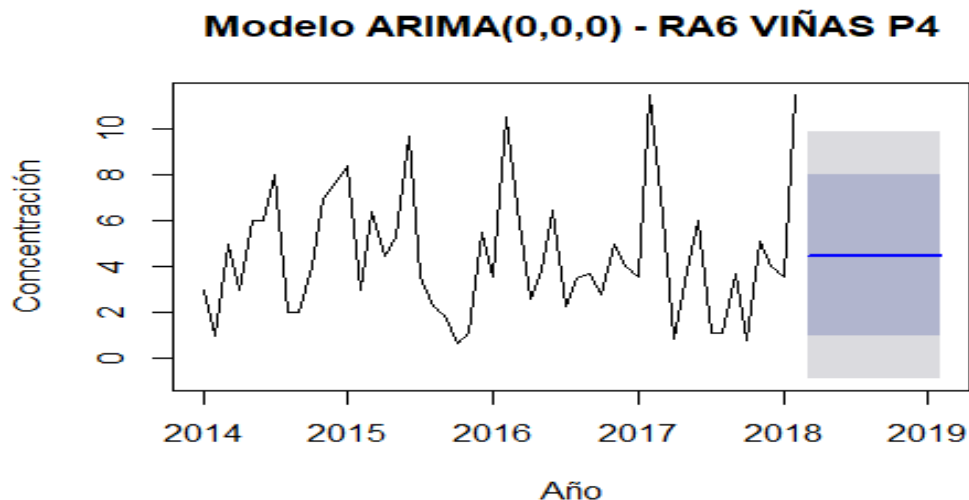
### Análisis

Los valores de hierro proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra5 Viñas P3 para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre 2,05 y 11,34 con 95% de confianza y la estimación puntual entre 3,86 mg/l y 6,70mg/l; según el TULSMA (2015), indica que la concentración de hierro en agua no debe sobrepasar 0,3 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso supera el límite permisible.

La toxicidad para la vida acuática es difícil de precisar, está en función del estado químico del metal (ferroso o férrico). Según la norma INEN –2006, el valor de hierro (Fe) permisible para que el agua potable sea apta para consumo humano es de 0,30mg/l.

**Figura 136**

*Modelo Arima (0,0,0) – Ra6 Viñas P4.*



### **Análisis**

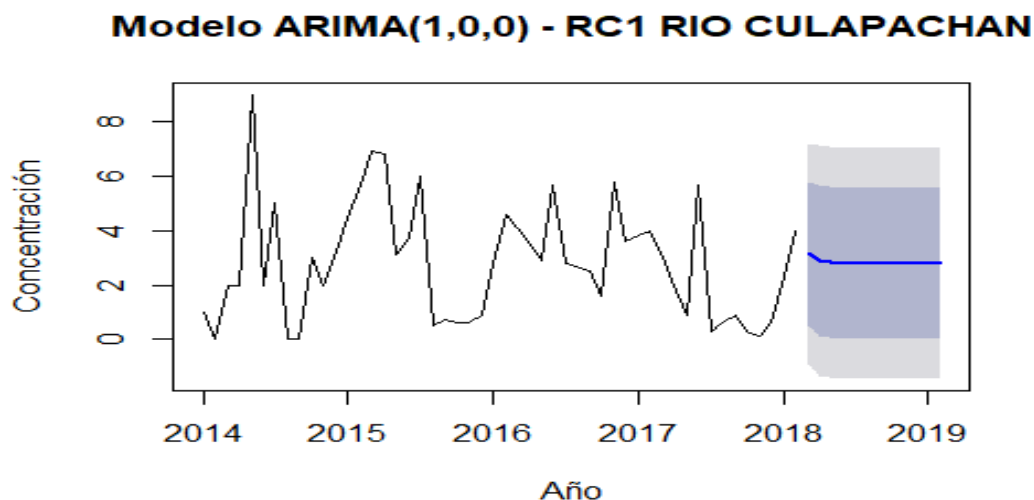
Los valores de hierro proyectados con el modelo Arima (0,0,0) para el punto Ra6 viñas p4 para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -0,86 y 9,85 con 95% de confianza y la estimación puntual es 4.49mg/l; según el TULSMA (2015), indica que la concentración de hierro en agua no debe sobrepasar 0,3 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso supera el límite permisible.

La toxicidad para la vida acuática es difícil de precisar, está en función del estado químico del metal (ferroso o férrico). Según la norma Inen –2006, el valor de hierro (fe) permisible para que el agua potable sea apta para consumo humano es de 0,30mg/l.



**Figura 137**

*Modelo Arima (1,0,0) – Rc1 Río Culapachán.*



### **Análisis**

Los valores de hierro proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Rc1 Río Culapachán para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -1,44 y 7,21 con 95% de confianza y la estimación puntual entre 2,8 mg/l y 3,15 mg/l; según el TULSMA (2015), indica que la concentración de hierro en agua no debe sobrepasar 0,3 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso supera el límite permisible.

La toxicidad para la vida acuática es difícil de precisar, está en función del estado químico del metal (ferroso o férrico). Según la norma INEN –2006, el valor de hierro (Fe) permisible para que el agua potable sea apta para consumo humano es de 0,30mg/l.

### **Sulfatos**

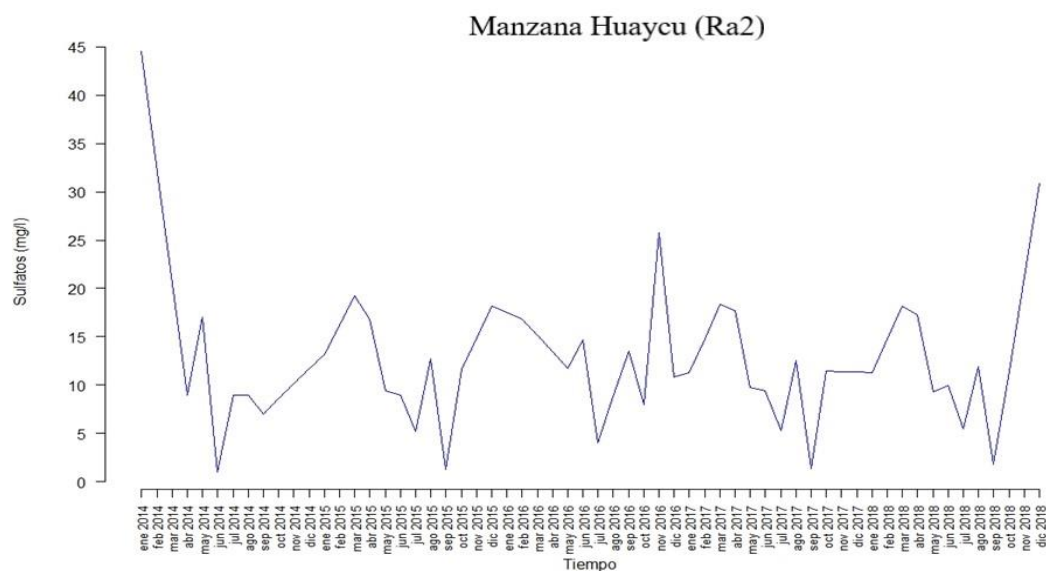
Para la figura 138, correspondiente al punto de muestreo Manzana Huaycu (Ra2), se observan dos concentraciones máximas, una de 45 mg/l en enero del 2014 y otra en 32 mg/l en el mes de diciembre del 2018 siendo los registros más significativos;

en el resto del periodo los valores promedio oscilan en un rango de 2 mg/l a 25 mg/l. El valor mínimo se registró en junio 2014 y septiembre 2017 con un valor de 2 mg/l.

TULSMA (2015), determina un límite permisible de 250 mg/l., por lo que en este punto de muestreo, no excede la norma. Los sulfatos principalmente son considerados para evaluaciones cualitativas del agua, debido su solubilidad como cationes que a partir de su disolución y precipitación con el agua dan lugar a otras sales aprovechado por los microorganismos.

### Figura 138

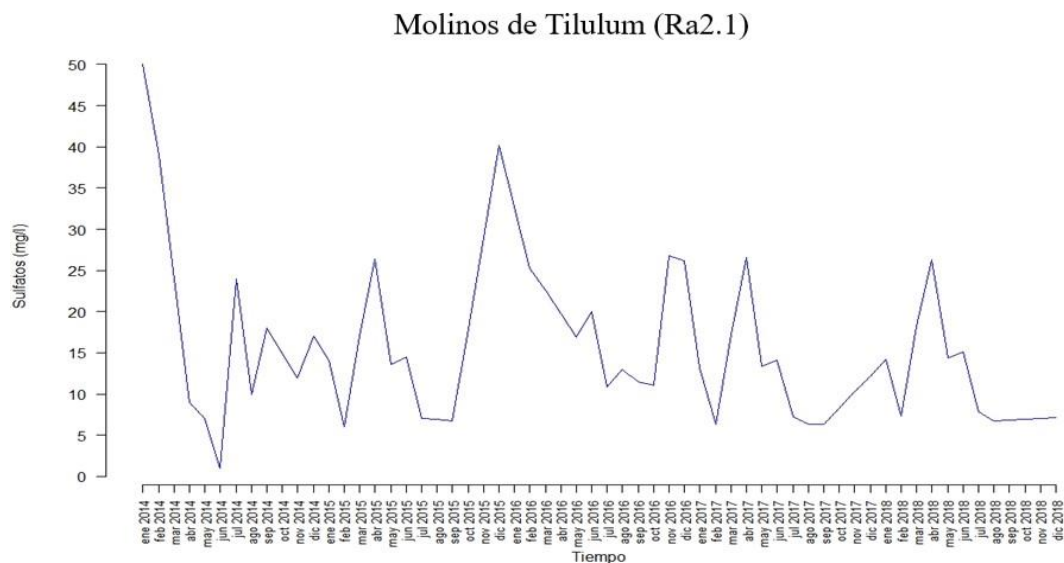
*Sulfatos en el punto Manzana Huaycu (Ra2)*



En el punto de muestreo Molinos de Tilulum (Ra2.1), figura 139, presenta concentraciones inferiores a 50 mg/l que además de ser el valor inicial de registro, obedece al valor máximo registrado. La tendencia de comportamiento muestra una variación de concentración durante todo el periodo de entre 6 mg/l y 26 mg/l, con lo que no excede los límites permisibles definidos en TULSMA (2015). En cuanto al registro mínimo es de 6 mg/l en febrero 2015.

**Figura 139**

*Sulfatos en el punto Molinos de Tilulum (Ra2.1)*



Con respecto al punto de muestreo Ficoa el Sueño (Ra3), representado en la figura 140, registra una concentración máxima de sulfatos en marzo de 2014 es de 125 mg/l, tiende a disminuir significativamente, llegando a una concentración mínima de 5 mg/l en junio 2014, así como también en agosto 2015; posterior al descenso significativo de concentración, se registró un incremento de hasta 55 mg/l, que no excede el límite permisibles determinado en TULSMA (2015). En cuanto a concentraciones promedio para este punto de muestreo, se encuentra en un intervalo de 5 mg/l a 55 mg/l.

**Figura 140**

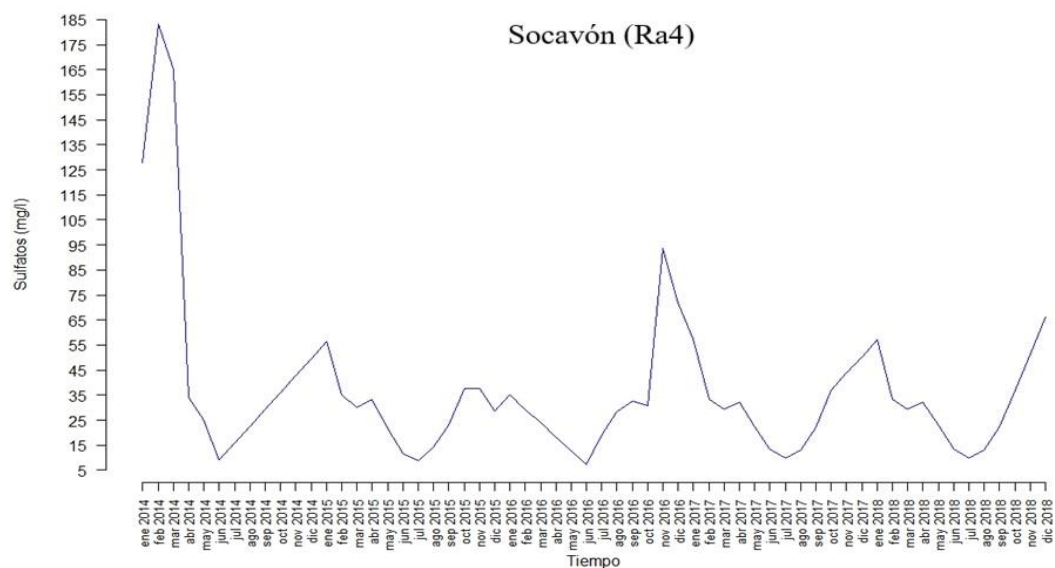
Sulfatos en el punto Ficoa el Sueño (Ra3)



Para el punto de muestreo Socavón (Ra4) (Figura 141), el valor de la concentración de sulfatos máxima fue 185 mg/l en marzo 2014, seguido por un valor de 95 mg/l en noviembre 2016. Los valores promedios para este punto de muestreo tienden a ser relativamente constante durante todo el periodo y que no superan la concentración de 250 mg/l manifestada en TULSMA (2015), definiendo así un rango de concentración que varía ente 5 mg/l y 55 mg/l. El valor mínimo se registró en junio 2014, junio 2016 y julio 2018, representado en 5 mg/l.

**Figura 141**

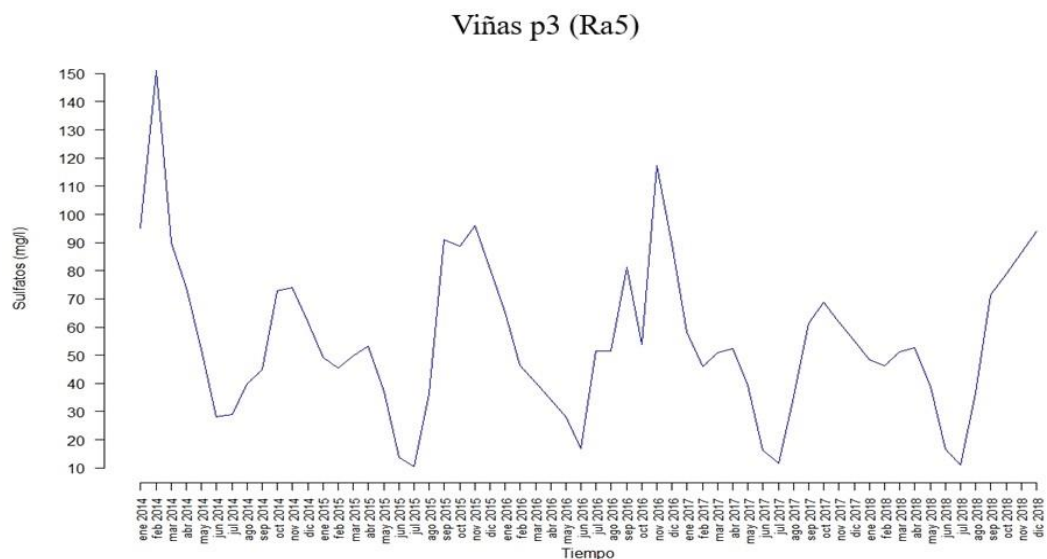
*Sulfatos en el punto Socavón (Ra4)*



Para el punto de muestreo Viñas p3 (Ra5), (figura 142), registra una variación más amplia de las concentraciones de sulfatos, siendo así que el máximo valor alcanza los 150 mg/l en marzo del 2014 y la variación promedio de concentraciones registrado oscila entre 10 mg/l y 100 mg/l que a pesar de ser un valor alto, no excede los valores permisibles determinados en TULSMA (2015) . Respecto al registro mínimo, fue de 10 mg/l en julio 2015, julio 2017 y julio 2018.

**Figura 142**

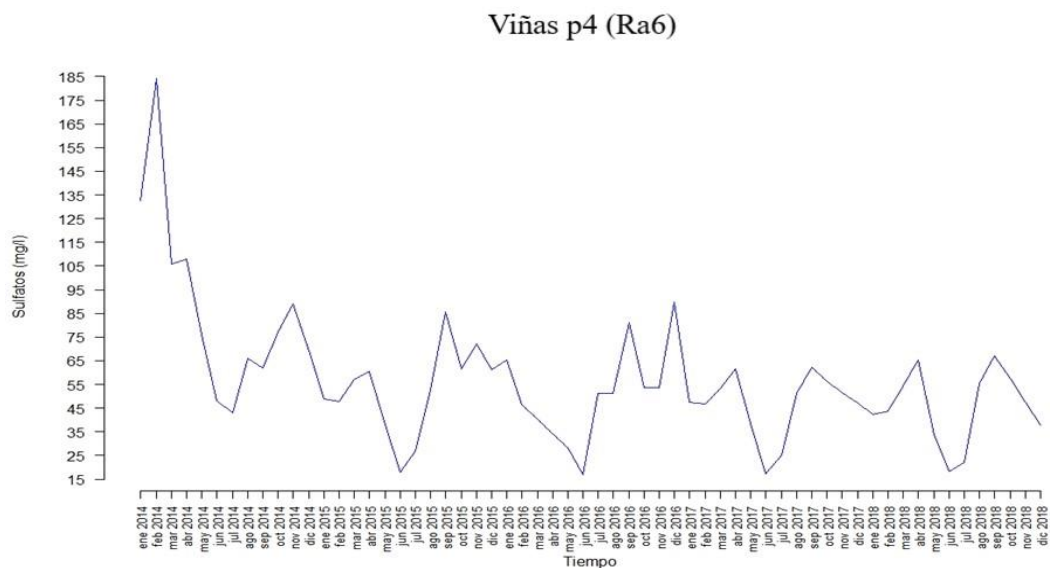
*Sulfatos en el punto Viñas p3 (Ra5)*



En el punto de muestreo Viñas p4 (Ra6) (figura 143), se evidencian variaciones representativas en cuanto a descenso, registrando un mismo valor mínimo en junio 2015, junio 2016, junio 2017 y junio 2018 con una concentración de 15 mg/l. En cuanto a concentraciones máximas, se registró en marzo 2014 un valor de 185 mg/l. Los valores promedio para este punto de muestreo, oscilan entre 15 mg/l y 85 mg/l, que no exceden los valores permisibles manifestados en TULSMA (2015).

**Figura 143**

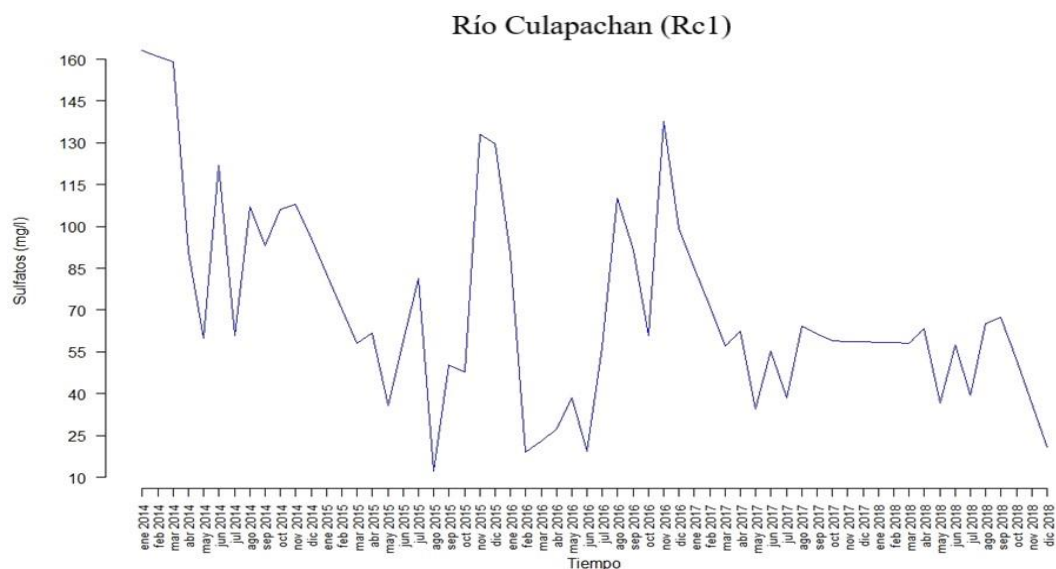
Sulfatos en el punto Viñas p4 (Ra6)



Para el último punto de muestreo, correspondiente a Río Culapachán (Rc1) (figura 144), muestra la variación en concentración de valores más altas, presentando un pico de concentración en marzo 2014 de 160 mg/l seguida de manera descendente 132 mg/l en noviembre 2016 y 130 mg/l en noviembre 2015, lo cuales con exceden los valores permisibles determinados en TULSMA (2015). En cuanto a concentraciones mínimas, se registró en agosto 2015 un valor de 10 mg/l.

**Figura 144**

Sulfatos en el punto Río Culapachán (Rc1)

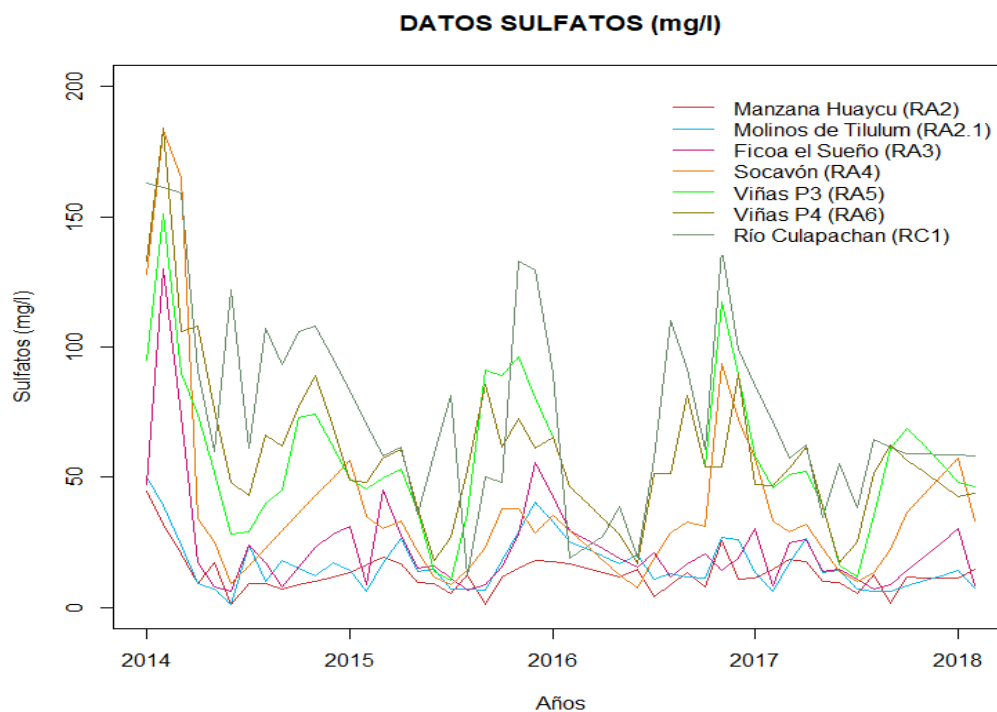


En relación a registros generales de sulfatos en el Río Ambato (figura 145), presenta variaciones promedio entre 2 mg/l a 120 mg/l, teniendo predominancia valores inferiores a 60 mg/l y destacando el punto de muestreo Río Culapachán (Rc1) como el de registros máximos de 180 mg/l, 132 mg/l, 130 mg/l, 117 mg/l, 103 mg/l y 100 mg/l como valores más representativos que si tomamos en cuenta los indicadores de TULSMA (2015) en donde manifiesta un criterio de calidad de 250 mg/l, no supera dicho valor pero lo óptimo sería mantener al mínimo la concentración de sulfatos. Así mismo, la presencia de sulfatos en concentraciones bajas no representa efectos nocivos al ecosistema acuático en general; corresponde más bien a un indicador de presencia de sales como sulfato de sodio, sulfato de magnesio y sulfato de calcio.



**Figura 145**

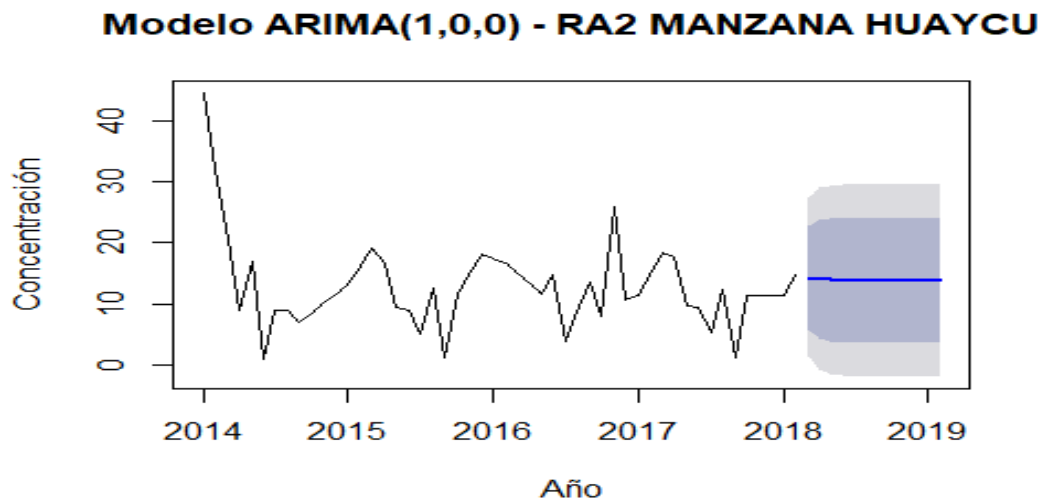
Sulfatos en el punto Río Culapachán (Rc1)



**Sulfatos: Modelo ARIMA**

**Figura 146**

Modelo Arima (1,0,0) – Ra2 Manzana Huaycu.

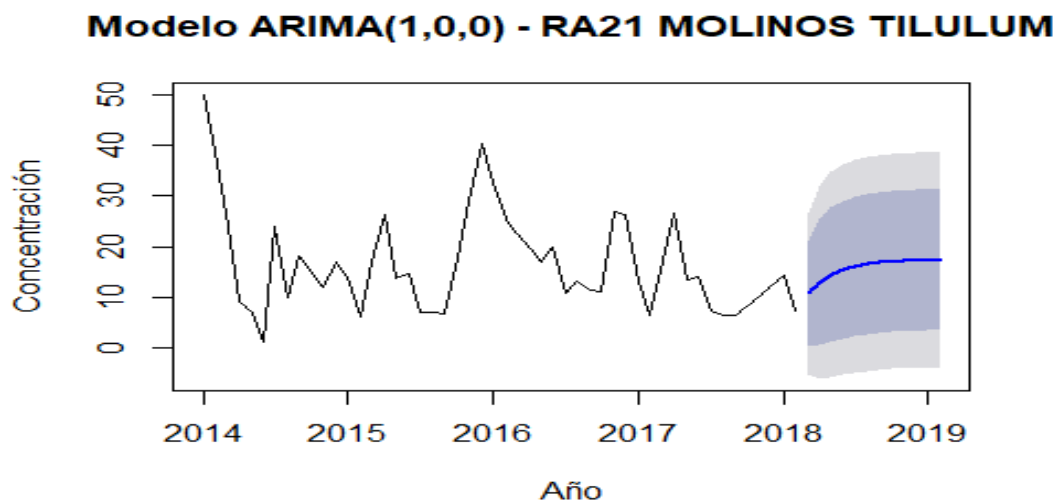


### Análisis

Los valores de sulfatos proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra2 Manzana Huaycu para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre 1,47 mg/l y 29,40 mg/l con 95% de confianza y la estimación puntual entre 14,35 mg/l y 13,78mg/l; según el TULSMA (2015), manifiesta un máximo de concentración de 250 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

### Figura 147

*Modelo Arima (1,0,0) – Ra2.1 Molinos Tilulum.*

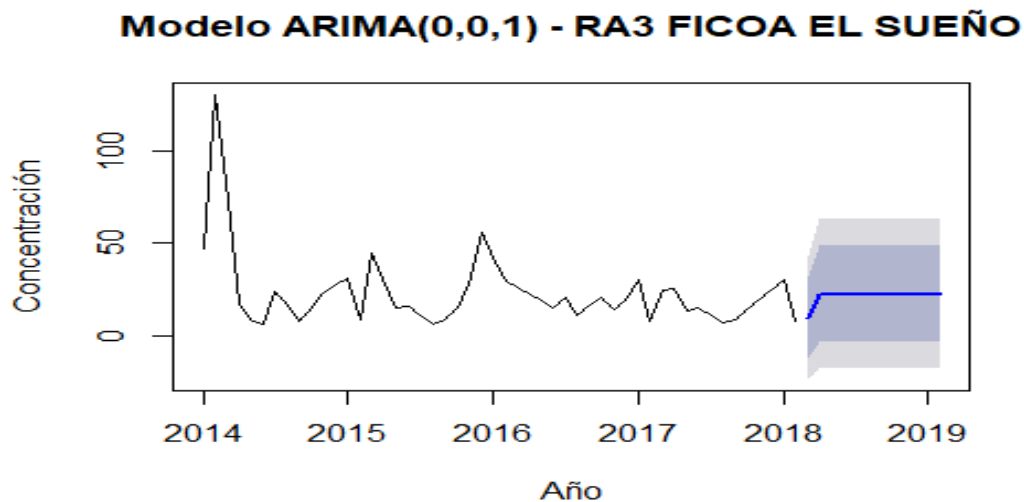


### Análisis

Los valores de sulfatos proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra2.1 Molinos Tilulum para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -6,13 mg/l y 38,56 mg/l con 95% de confianza y la estimación puntual entre 10,67 mg/l y 17,31mg/l.; según el TULSMA (2015), manifiesta un máximo de concentración de 250 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

**Figura 148**

*Modelo Arima (0,0,1) – Ra3 Ficoa El Sueño.*

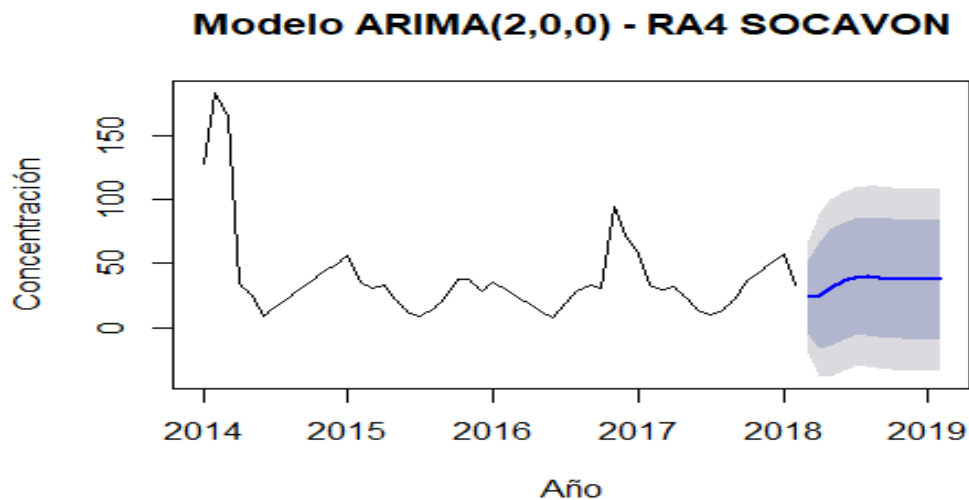


### **Análisis**

Los valores de sulfatos proyectados con el modelo ARIMA (0,0,1) para el punto Ra3 Ficoa El Sueño para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre 6,13 mg/l y 62,85 mg/l con 95% de confianza y la estimación puntual entre 9,95 mg/l y 22.72mg/l.; según el TULSMA (2015), manifiesta un máximo de concentración de 250 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

**Figura 149**

*Modelo Arima (2,0,0) – Ra4 Socavón.*

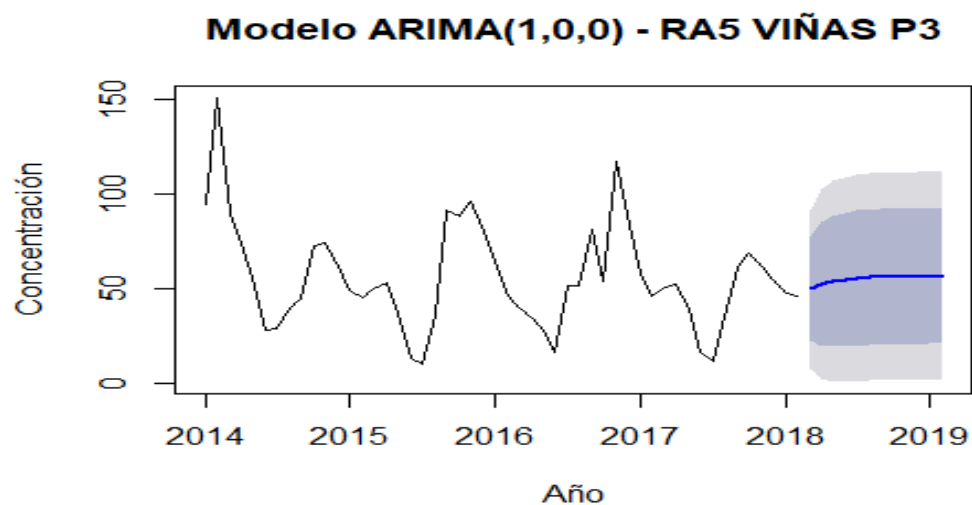


### **Análisis**

Los valores de sulfatos proyectados con el modelo ARIMA (2,0,0) para el punto Ra4 Socavón para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -33,72 y 110,23l con 95% de confianza y la estimación puntual entre 24,01 mg/l y 37,25 mg/l.; según el TULSMA (2015) en “Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario”, manifiesta un máximo de concentración de 250 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

**Figura 150**

Modelo Arima (1,0,0) – Ra5 Viñas P3.

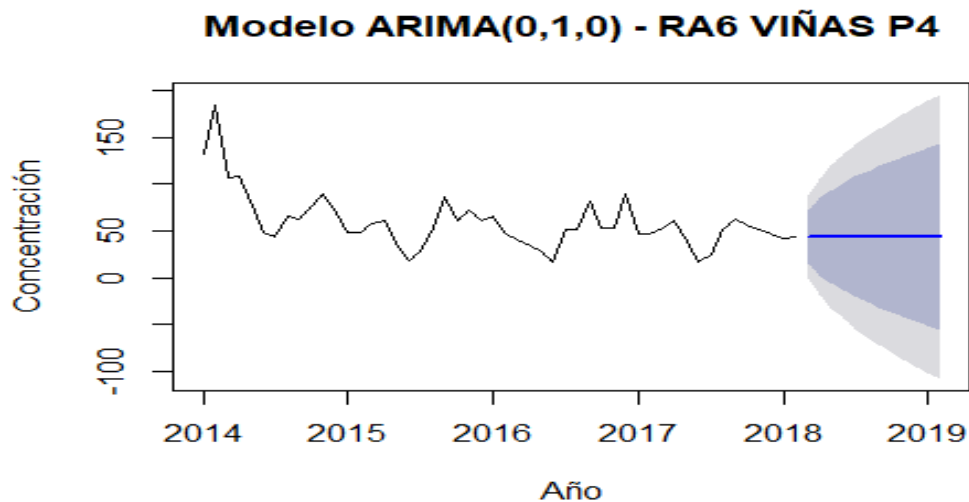


### Análisis

Los valores de sulfatos proyectados con el modelo ARIMA (1,0,0) para el punto Ra5 Viñas P3 para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre 1,04 mg/l y 111,62 mg/l con 95% de confianza y la estimación puntual entre 50,09 mg/l y 56,79 mg/l.; según el TULSMA (2015), manifiesta un máximo de concentración de 250 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

**Figura 151**

*Modelo Arima (0,1,0) – Ra6 Viñas P4.*



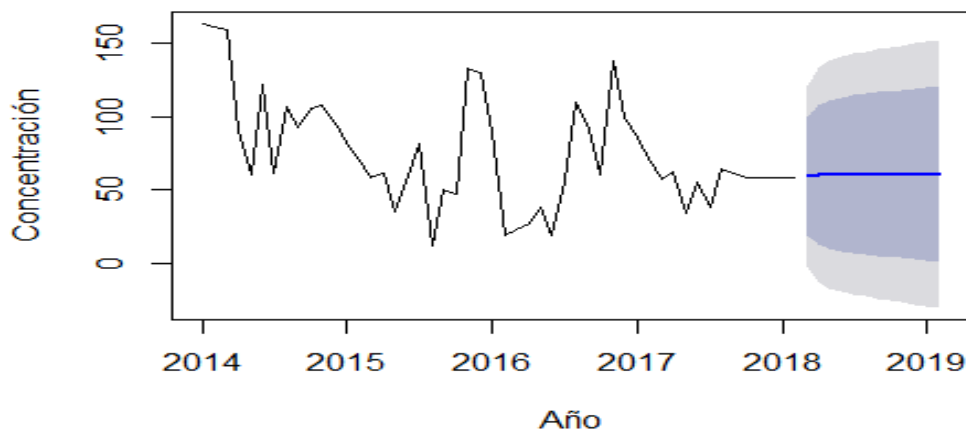
### **Análisis**

Los valores de sulfatos proyectados con el modelo ARIMA (0,1,0) para el punto Ra6 Viñas P4 para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -108,06 y 195,46 con 95% de confianza y la estimación puntual es 43,7 mg/l.; según el TULSMA (2015), manifiesta un máximo de concentración de 250 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

**Figura 152**

*Modelo Arima (1,1,1) – Rc1 Río Culapachán.*

### Modelo ARIMA(1,1,1) - RC1 RIO CULAPACHAN



#### Análisis

Los valores de sulfatos proyectados con el modelo ARIMA (1,1,1) para el punto Rc1 Río Culapachán para los períodos 2018 – 2019 el intervalo de confianza está entre -29,80 mg/l y 151,69 mg/l con 95% de confianza y la estimación puntual entre 59,59 mg/l y 60,94 mg/l.; según el TULSMA (2015), manifiesta un máximo de concentración de 250 mg/l., por lo que la estimación puntual en este caso cumple la norma.

#### Propuesta

##### Propuesta de gestión y manejo del río Ambato

El estado cualitativo actual del río Ambato, determinado una vez analizado e interpretado los resultados, conduce al planteamiento de la presente propuesta que tiene como principal intención, gestionar y reducir la contaminación que actualmente

experimenta el río Ambato, en su trayecto por el área urbana, esto a partir de la elaboración de estrategias puntuales que aporten al mejoramiento de la calidad del agua.

### **Objetivo**

- Plantear estrategias de gestión que aporten a la reducción de la contaminación en el río Ambato.

### **Estrategias**

Con el fin de cumplir con la gestión eficiente de la contaminación y dar cumplimiento al objetivo planteado, se establecieron las estrategias que se mencionan a continuación:

- Estrategia de Planificación
- Educación Ambiental
- Estrategia Económica

### ***Estrategia de Planificación***

Esta estrategia juega un papel importante, debido a que significa el punto de partida hacia la gestión de la contaminación del río Ambato. A partir de esto, el proceso de planificación sigue un orden adecuado y en donde resulta necesario e importante la participación de instituciones públicas que, desde sus competencias territoriales y administrativas, aporten a gestión de la contaminación y al cumplimiento del objetivo planteado.

Para esto se plantean actividades que se detallan a continuación:

1. Participación activa instituciones públicas inherentes a temas ambientales y de agua para desde este punto generar una planificación adecuada e integradora de la población que se desarrolla en el área a intervenir.



2. Ampliar el periodo de control de la contaminación a una vez por semana, en tres muestras (mañana, tarde, noche), en los puntos de muestreos considerados en la investigación, esto orientado a la identificación de acciones, vertidos o presiones ambientales que influyan en el deterioro de la calidad del agua en el río Ambato.
3. Adecuar medidas sancionatorias de responsabilidad civil como labor social o multa económica, para quienes realicen vertidos directo o sin el tratamiento adecuado, y que generen acciones o actividades que deterioren la calidad del agua del río Ambato.
4. Elaborar un manual práctico de acuerdo a las principales actividades que se desarrollan en el área urbana, enfocada a buenas prácticas ambientales, en el mismo es importante considerar el adecuado uso y disposición del agua en las áreas urbanas e industriales de la ciudad de Ambato.
5. Adoptar una normativa ambiental local pertinente (de acuerdo a la legislación nacional), mediante la que establezca parámetros mínimos a evaluar, así como valores máximos permisibles para el vertido o descarga de agua residual, así como la prohibición de descargas directas al cauce del río Ambato.
6. Generar convenios institucionales que aporten al fortalecimiento del proceso de planificación, así como al control, monitoreo y vigilancia del mismo.

### ***Estrategia de Educación Ambiental***

La Educación Ambiental desempeña el papel más importante a nivel de población, puesto que, por este medio, a través de la generación, divulgación y gestión de conocimiento se pretende alcanzar un acercamiento óptimo a la población de Ambato con la intención de generar compromiso y conciencia ambiental. Por lo tanto, se espera crear aquella concientización ambiental en los habitantes, mediante actividades

públicas, divulgación masiva, capacitaciones y actualizaciones de conocimiento que brinde el Municipio de Ambato, a través de sus departamentos de cultura y ambiente. El desarrollo de la estrategia de educación ambiental, se lo llevará a cabo con la realización de actividades durante 4 sesiones, 1 por semana, considerando la temática referenciada a continuación:

- Disponibilidad de agua en el planeta (semana 1).
- Importancia de los recursos hídricos (semana 1).
- El papel de la sociedad en la contaminación de las fuentes naturales de agua (semana 2).
- Impacto ambiental, social y económico de la contaminación del agua (semana 2).
- Beneficios de cuidar, proteger y conservar el agua (semana 3).
- Usos y aprovechamiento sostenibles del agua (semana 3).
- Alternativas convencionales para una fácil reutilización del agua (semana 4).
- El papel de las instituciones públicas en el control de la contaminación en fuentes de agua (semana 4).

Como medidas adicionales que servirán de medios y complemento para lo planteado anteriormente, se describen las acciones enunciadas a continuación:

1. Elaboración de material didáctico intuitivo de fácil acceso, como material audiovisual u organizadores gráficos con información básica para llegar de manera eficiente a la mayor parte de la población con influencia en el área de influencias.
2. Formar líderes en Educación Ambiental en cuanto a la importancia en la sociedad de un ambiente sano, en uso, aprovechamiento y conservación de recursos naturales, a partir de la colaboración entre instituciones, que se

desempeñen como capacitadores enfocados en la conservación de Recursos Hídricos, quienes adicional se conviertan en actores sociales que se involucren en la validación de medidas orientadas a la planificación para reducir la contaminación en el río Ambato se esté cumpliendo de manera óptima.

3. Reconocer públicamente de manera semestral a líderes u organizaciones que hayan participen directamente y propuesto acciones o estrategias innovadoras en las diferentes actividades que ejecute el Municipio de Ambato en torno a la conservación del río Ambato como medio de motivación e incentivo para de esa manera generar una participación activa la población.

### ***Estrategia Económica***

El tema económico desempeña un papel estratégico, puesto que a partir de este se diseñan actividades que sirvan como herramientas de gestión ambiental y económica; que aporte a la reducción de la contaminación en el río Ambato, para lo que se plantean acciones y actividades puntuales, como enunciadas a continuación:

1. Crear incentivos económicos en cuanto a reducción del pago de impuestos municipales para las industrias que cumplan con los parámetros establecidos en la normativa relacionada a la calidad mínima vertidos.
2. Plantear espacios en la elaboración de la planificación anual por parte de la alcaldía, a partir del departamento de planificación, en los que la población participe a manera de concurso, sugiriendo iniciativas y estratégicas que aporten a la reducción de la contaminación del río Ambato; como resultado la municipalidad deberá comprometerse a coordinar la ejecución de un plan que materialice las propuestas, así como la financiación del mismo.

3. Definir estrategias de compensación económica, social y ambiental para las industrias que incumplan con la normativa relacionada a la calidad mínima de vertidos.

## Conclusiones

- La utilización de series temporales permitió observar el comportamiento de cada uno de los 10 parámetros considerados, para los 7 puntos de muestreo del río Ambato durante el periodo 2014 – 2018; que no denota una tendencia específica, si no, más bien, un comportamiento variado en cada uno de los puntos, desde el primero al último. Con la utilización de TULSMA (2015), se determinó la calidad del agua del río Ambato, esta se deteriora a medida que el río fluye hacia la zona urbana de Ambato; siendo los puntos de muestreos Ra4, Ra5, Ra6, los que presentan mayor incremento en los 10 parámetros analizados durante el total del periodo considerado.
- Los parámetros que mayor alteración experimentaron, fueron Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Oxígeno Disuelto (OD), tres parámetros que puntualmente exceden sus valores mínimos con la presencia de contaminantes. Las modificaciones más variadas y exponenciales precisamente se evidencian en los 3 puntos de muestreos ya mencionados (Ra4, Ra5, Ra6). En cuando a los registros máximos de DBO, fue en Ra5 de 285 mg/l en diciembre 2016, TULSMA determina como límite máximo permisible 100 mg/l; para DQO fue en Ra5 de 555 mg/l en diciembre 2016, TULSMA determina como límite máximo permisible 250 mg/l; y finalmente OD fue en Ra6 con 5 mg/l en diciembre 2015, TULSMA determina como límite máximo permisible 6 mg/l. De esta manera se determina que la calidad física, química y biológica del agua del río Ambato, no es la adecuada, y esto por supuesto afecta al óptimo funcionamiento ecosistémicos y desarrollo de los organismos acuáticos.
- Como resultado de análisis de la calidad del agua del río Ambato, se planteó una propuesta compuesta por tres estrategias específicas, puntuales y sencillas que

abarca actividades principalmente la gestión y reducción los procesos que deterioran la calidad del agua del río Ambato, así como la integración de la población como principales protagonistas y parte sumamente importante en el proceso de restauración y recuperación de la masa de agua.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda al Municipio de Ambato, en caso de considerar conveniente, hacer uso del respectivo documento como guía y punto de partida para un proceso planificación en la restauración de la calidad del río Ambato.
- Se recomienda cumplir con las actividades establecidas en la propuesta realizada con el propósito de recuperar la calidad del río Ambato.
- Realizar una capacitación continua del personal del Municipio de Ambato en temas relacionados al manejo, cuidado y monitoreo del recurso agua.
- Establecer grupos para el control de la calidad del río Ambato con el fin de involucrar a la comunidad, entidades públicas y privadas al compromiso de restaurar las características de este cuerpo hídrico, a través de reuniones con los diferentes actores sociales.

## Bibliografía

- Alonso, A. (2015). *Introducción al Análisis de Series Temporales*. Grupo de Investigación.
- Arpi, J., & Yunga, M. (2017). *Evaluación de la calidad de agua de los sectores Corazón de María y Zhirincay de la Junta Administradora de agua potable Regional Bayas del cantón Azogues*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Asamblea Nacional . (2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. Registro Oficial N° 305.
- Barba, L. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Barceló, D., & López, M. (2008). *Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes*. Barcelona: Universidad de Sevilla - Ministerio de Medio Ambiente.
- Barrenechea, A. (2010). *Aspectos físicoquímicos de la calidad del agua*. Lima: CEPIS.
- Benjumea, C., & Álvarez, G. (2017). Demanda de oxígeno por sedimentos en diferentes tramos del río Negro Rionegro, Antioquia, Colombia. *Producción Limpia*, 12(2), 131-146.
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Tecnología en Marcha*, 30(4), 1-12.
- Borja, A. V. (2000). Salud pública de México. *Estudios ecológicos*, 42(6), 533-538.
- Calles, J. (2015). *Calidad del agua de los ríos en los páramos de Tungurahua usando bioindicadores acuáticos*. Geoinformática y Sistemas Cia. Ltda.



- Carangui, D. (2016). *Desarrollo de un plan para evaluación del sistema de filtración rápida de la planta potabilizadora de la junta de agua potable de bayas*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Carvajal. (2017). *Análisis integral de la calidad de agua del río Ambato, mediante la utilización de indicadores biológicos, complementadas con variables físico-químicas, para la generación de propuestas de gestión*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Carvajal. (2017). *Valoración del Impacto Ambiental del Sector Industrial del Ecuador mediante la utilización de energías renovables*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Chiliquinga, C., & Donoso, H. (2012). *Ingeniería en Biotecnología Ambiental*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- condorchem envitech. (2017). *Tratamiento de aguas residuales industriales*. Madrid.
- Cumbre Pueblos. (2017). *Contaminación del agua: Qué es, causas, consecuencias y soluciones*. México.
- Donoso, J. (2013). *Diseño de un Sistema de Tratamiento de agua para consumo humano de la red N°4 de la ciudad de Riobamba*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica del Chimborazo.
- Durán, J., & Torres, A. (2006). Los problemas del abastecimiento de agua potable en una ciudad media. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, XII(36), 36-62.
- Echavarría, M., La Pinta, C., La Rabida, E., & Quito, E. (2003). *Algunas lecciones sobre la aplicación de pagos por la protección del agua con base en experiencias en Colombia y Ecuador*. Quito: Ecodecisión.
- Encinas, M. M. (2011). *Medio Ambiente Y Contaminación. Principios Básicos* (1ª edición ed.). España. doi:ISBN: 978-84-615-1145-7

- Espigares, M., & Pérez, J. (1985). *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*.  
Universidad de Granada.
- Estévez, A. (2009). *Análisis Estadístico*. Barcelona: Escola Santísima Trinitat.
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Revista Química Viva*, 11(3), 85-102.
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2016). *Las aguas residuales de origen agrícola y ganadero*.
- FONAG. (2004). *Carpeta Informativo sobre el agua para Quito*. Informe Anual.
- FUNDESNA. (2015). *Cómites Locales*. Proyecto CEPF.
- García, G. (2002). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. México.
- García, M., Sánchez, F., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Domínguez, E., . . .  
Cortés, G. (2015). *El Agua*. Bogotá: El Medio Ambiente en Colombia.
- Gil, J., Soto, A., Usma, J., & Gutiérrez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas  
efectos y posibles tratamientos. *Producción Limpia*, 7(2), 52-73.
- INAMHI. (2013). *Boletín Climático Anual*. Quito.
- INAMHI. (2021). *Boletín Climatológico Mensual*. Obtenido de  
[https://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_men.pdf](https://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_men.pdf)
- INEN 2176. (2011). *Agua Potable*. Quito: Primera Revisión.
- Informe Municipio de Ambato. (2018). *Altos niveles de contaminación en el río Ambato*.
- Iturralde, M. (2011). *El agua contaminada*. San Salvador: MINED.
- La Hora. (2018, abril 22). Altos niveles de contaminación en el río Ambato. *La Hora*.
- León, L. (2015). *Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de estimarlos y aplicación en la cuenca Lerma-Chapala*. Jiutepec, Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Loayza, J. (2009). La problemática del agua y el tratamiento de aguas residuales  
industriales. *Revista Virtual Pro, Bogotá, Colombia*(86), 62-85.

- Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa. (2013). *Análisis de la calidad del agua de los afluentes de la cuenca alta del Río Lempa y residuos de plaguicidas en la producción hortícola. Región Trifinio 2010-2012*. Ocatepeque: CATIE.
- MINAET. (2018). *Guía práctica para el uso eficiente del agua en el sector público Costa Rica*. Embajada Británica.
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Ley de Gestión Ambiental, Registro Oficial 213*. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2018). *Calidad Ambiental*. Subsecretaría del Ambiente.
- Municipio de Ambato. (2018). *Altos niveles de contaminación en el río Ambato*. Quito: La Hora.
- Muñoz, H., Suárez, J., Vera, A., Orozco, S., Batle, J., Ortiz, A., & Mendiola, J. (2011). Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Contaminación Ambiental*, 28(1), 1-40.
- Navarro, O. E. (Diciembre de 2004). Representación social del agua y de sus usos. . *Psicología desde el Caribe*(14), 222-236.
- OEFA. (2014). *Aguas Residuales*. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
- OMS. (2007). *Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares*. Switzerland: La Red.
- Orozco, E., & Polo, M. (2018). *Generación de series temporales de calidad de aguas mediante métodos empíricos*. Córdoba: Universidad de Córdoba.
- Pazmiño, H., & Villamarín, M. (2018). *Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la "Zona B" de Santo Domingo de los Tsáchilas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Pazmiño, I., & Villamarín, M. (2018). *Propuesta de tratamiento de las aguas residuales de la "Zona B" de Santo Domingo de los Tsáchilas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Peña. (2007). *Oxígeno Disuelto*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.

- Peña, E. (2007). *Calidad de Agua*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 29(3), 1-12.
- Psicología Ambiental. (2018). *Elementos básicos*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Quintuña, J., & Samaniego, M. (2016). *Evaluación Físicoquímica y microbiológica del agua potable de la planta potabilizadora del cantón Chordeleg*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Rodríguez, H. (2017). *Las aguas residuales y sus efectos contaminantes*. La Paz: iagua.
- Rojas, A. (2011). Calidad de Vida Calidad ambiental y sustentabilidad como conceptos urbanos complementarios. *Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 21(61), 176-207.
- Solano, M. (2011). *Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la calidad del agua de la parte media-alta de la microcuenca del río Damas y propuesta de manejo*. Universidad Nacional Costa Rica.
- Spiegel, J., & Maystre, L. (2015). *Control de la Contaminación Ambiental*. Caracas: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo.
- Spiegel, J., & Maystre, L. (2016). *Control de la Contaminación Ambiental*. Caracas: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo.
- Trinca Figuera, D. (julio - diciembre de 2005). La Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales y el deterioro del ambiente. *Revista Geográfica Venezolana*, 46(2), 175-177.
- TULSMA. (2015). *Texto Unificado de Legislación Secundaria, Medio Ambiente. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. LIBRO VI ANEXO 1*. Ministerio del Ambiente. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>

- Urgilés, L. (2013). *La comunicación para el desarrollo como estrategia de prevención para reducir la contaminación ambiental del río Ambato*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Vizuete, M. (2013). *La calidad del agua residual doméstica evacuada al río Guayllabamba parroquia de Yaruquí y su incidencia en el proceso de autodepuración e higiene ambiental en la zona*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Water Quality Testing and Analytical Instruments. (2000). *Manual de Análisis de Agua*. EE.UU.: HACH.
- Yáñez, E., & Vásquez, R. (2015). *Caracterización de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de agua al río Cutuchi en el sector Lasso cantón Latacunga Provincia Cotopaxi, periodo 2015*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Zhen, B. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica año hidrológico 2007-2008*. San José: Universidad Estatal a Distancia.