



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica del Ecuador

ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO CIVIL

Monitoreo de la calidad de agua del Río Malacatos, tramo comprendido desde los Dos Puentes hasta el sector de Sauces Norte.

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTOR: Maldonado Mendieta, Galo Antonio

DIRECTOR: Cisneros Abad, Mónica Jacqueline, MSc.

LOJA - ECUADOR

2014

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Máster.

Mónica Jacqueline Cisneros Abad

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

El presente trabajo de fin de titulación: "**Monitoreo de la calidad de agua del Río Malacatos, tramo comprendido desde los Dos Puentes hasta el sector de Sauces Norte**" realizado por Maldonado Mendieta Galo Antonio, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo

Loja, julio de 2014

f) _____

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo **Maldonado Mendieta Galo Antonio** declaro ser autor del presente trabajo de fin de titulación: “Monitoreo de la calidad de agua del Río Malacatos, tramo comprendido desde los Dos Puentes hasta el sector de Sauces Norte”, de la Titulación de Ingeniería Civil, siendo Mónica Jacqueline Cisneros Abad directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Maldonado Mendieta Galo Antonio

Cédula 110475688-5

DEDICATORIA

Cuando cruces las aguas,
yo estaré contigo;
cuando cruces los ríos,
no te cubrirán sus aguas.
Isaías 43:2

A Dios por guiarme a cada paso día a día, por poner en mi camino a personas que me han ayudado a crecer las mismas que hoy se sienten orgullosas de mí.

A mis padres por tomar mi mano y enseñarme a afrontar la vida, a mi padre mi ejemplo de trabajo y de superación, mi madre la mujer más importante de mi vida por todo su amor y comprensión.

A mis hermanas por sus consejos y por guiarme por el camino del bien.

A mi sobrina Valery un pedacito de cielo, que me brinda muchas alegrías.

Y finalmente a todos aquellos que estuvieron durante este proceso compartiendo conocimientos, amistad, alegrías y el sueño de lograr esta meta.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por todo lo que me ha brindado y por ser parte fundamental de mi vida.

A mi Directora de tesis, la Ingeniera Mónica Cisneros por aceptar guiar muy acertadamente el presente trabajo de fin de titulación por la paciencia, la confianza y el tiempo brindado para culminar con éxito este proyecto.

Al Ingeniero Celso Romero por compartir sus conocimientos, su confianza, sus consejos y palabras de aliento.

Así mismo y con gran estima al Ing. Miguel Guamán, el Ing. Silvio Aguilar, la Ing. Mercedes Villa, la Ing. Lorena Bermeo, el Ing. James Calva, el Ing. Digo Maza por su apoyo ya que de una u otra forma colaboraron incondicionalmente para que se lleve a cabo el presente trabajo de fin de titulación

A la sección del departamento de Ingeniería Ambiental por brindarme el espacio, equipos, reactivos, entre otros, para el desarrollo de la etapa experimental del proyecto.

A mi compañera Liliana Zúñiga por su colaboración y compañerismo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I	4
1. Generalidades.....	5
1.1. El agua manejo y sostenibilidad.....	5
1.2. Disponibilidad del agua	5
1.2.1. Disponibilidad del agua en el Ecuador.....	9
1.2.2. Calidad del agua en el Ecuador.....	14
1.3. Calidad de Agua.....	14
1.3.1. Parámetros Físicos.....	15
1.3.1.1. Turbiedad.....	15
1.3.1.2. Temperatura in situ del Agua.....	15
1.3.1.3. Sólidos Totales Disueltos.....	15
1.3.1.4. Sólidos Suspendidos Totales.....	15
1.3.1.5. Sólidos Totales.....	16
1.3.2. Parámetros Químicos.....	16
1.3.2.1. Aceites y Grasas.....	16
1.3.2.2. Alcalinidad.....	16
1.3.2.3. Amoníaco.....	17
1.3.2.4. Arsénico.....	17
1.3.2.5. Cadmio.....	17
1.3.2.6. Cloruro.....	18
1.3.2.7. Conductividad eléctrica.....	18
1.3.2.8. Cromo.....	18
1.3.2.9. DBO.....	18
1.3.2.10. DQO.....	19
1.3.2.11. Fosfatos.....	19
1.3.2.12. Fósforo Total.....	20
1.3.2.13. Hierro Total.....	20
1.3.2.14. Mercurio.....	20
1.3.2.15. Nitrato.....	21
1.3.2.16. Nitrito.....	21
1.3.2.17. Nitrógeno Total.....	21
1.3.2.18. Oxígeno disuelto.....	22
1.3.2.19. pH.....	22

1.3.2.20. <i>Plomo</i>	22
1.3.3. Parámetros Microbiológicos	23
1.3.3.1. <i>Coliformes Fecales</i>	23
1.3.3.2. <i>Coliformes Totales</i>	23
1.4. Descripción del área de estudio	23
1.4.1. Clima	25
1.4.2. Hidrografía	26
1.5. Red de monitoreo	26
1.6. Muestreo	37
1.6.1. Muestra Compuesta	37
1.7. Cálculo de Caudales	38
CAPÍTULO II	39
2. Análisis físicos, químicos y microbiológicos	40
2.1. Resultados de ensayos por muestreo	40
2.2. Análisis de Resultados de ensayos por parámetro	47
CAPÍTULO III	62
3. Índices de calidad de agua	63
3.1. Water Quality Index of the National Sanitation Foundation de los Estados Unidos (NSF WQI)	64
3.1.1. Cálculo del índice de calidad de agua NSF	71
3.2. Water Quality Index of the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME WQI)	76
3.2.1. Cálculo del índice de calidad de agua CCME WQI	81
3.3. Índice de calidad de agua (IQA-MC)	86
3.3.1. Metodología para construcción del IQA-MC	86
3.3.2. Cálculo del índice de calidad de agua IQA-MC	91
CONCLUSIONES	100
RECOMENDACIONES	102
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Uso promedio del agua (hab*/l/día) 1998-2002	6
Figura 2. Disponibilidad del agua	7
Figura 3. Distribución de los Recursos Hídricos (agua dulce), por territorio.	8
Figura 4. Recursos Hídricos superficiales.	10
Figura 5. Cuencas Vertientes.	11
Figura 6. Demarcaciones hidrográficas.....	12
Figura 7. Unidades hidrográficas.	13
Figura 8. Área de estudio.	24
Figura 9. Variación de las precipitaciones 2012-2013	25
Figura 10 Red de Monitoreo.	27
Figura 11.Variación de la calidad Coliformes Fecales.	66
Figura 12.Variación de la calidad pH.....	66
Figura 13.Variación de la calidad DBO5.	67
Figura 14.Variación de la calidad Nitratos.	67
Figura 15.Variación de la calidad Fosfatos.....	68
Figura 16.Variación de la calidad Variación de la Temperatura.	68
Figura 17.Variación de la calidad Turbidez.	69
Figura 18.Variación de la calidad Sólidos Totales.....	69
Figura 19.Variación de la calidad Oxígeno Disuelto.....	70
Figura 20. Perfil del índice de calidad físico químico del Río Malacatos, 2013-2014 WQI-NSF.	74
Figura 21. Mapa de monitoreo utilizando la metodología WQI.NSF.....	75
Figura 22. Perfil del índice de calidad físico químico CCME-WQI del Río Malacatos, 2013-2014.	84
Figura 23. Mapa de monitoreo utilizando la metodología CCME WQI.	85

Figura 24 Perfil del índice de calidad físico químico IQA-MC del Río Malacatos, 2013-2014	97
Figura 25. Mapa de monitoreo utilizando la metodología IQA MC.....	98
Figura 26. Mapa comparativo utilizando las 3 metodologías.	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación del punto de muestreo Nro. 1.....	28
Tabla 2. Ubicación del punto de muestreo Nro. 2.....	29
Tabla 3. Ubicación del punto de muestreo Nro. 3.....	30
Tabla 4. Ubicación del punto de muestreo Nro. 4.....	31
Tabla 5. Ubicación del punto de muestreo Nro. 5.....	32
Tabla 6. Ubicación del punto de muestreo Nro. 6.....	33
Tabla 7. Ubicación del punto de muestreo Nro. 7.....	34
Tabla 8. Ubicación del punto de muestreo Nro. 8.....	35
Tabla 9. Ubicación del punto de muestreo Nro. 9.....	36
Tabla 10. Registro de Muestreos.....	37
Tabla 11. Cálculo de Caudales.....	38
Tabla 12. Resultados Muestreo 1.1.....	40
Tabla 13. Resultados Muestreo 1.2.....	41
Tabla 14. Resultados Muestreo 2.1.....	42
Tabla 15. Resultados Muestreo 2.2.....	43
Tabla 16. Resultados Muestreo 3.....	45
Tabla 17. Variación de Aceites y grasas.....	47
Tabla 18. Variación de Alcalinidad.....	47
Tabla 19. Variación de Amoniaco.....	48
Tabla 20. Variación de Cloruro.....	48
Tabla 21. Variación de Conductividad Eléctrica.....	49
Tabla 22. Variación de DBO5.....	49
Tabla 23. Variación de DBO20.....	50
Tabla 24. Variación de DQO.....	50
Tabla 25. Variación de Fosfatos.....	51
Tabla 26. Variación de Fósforo.....	51

Tabla 27. Variación de Hierro Total.	52
Tabla 28. Variación de Nitrato.	52
Tabla 29. Variación de Nitrito.	53
Tabla 30. Variación de Nitrógeno Total.	53
Tabla 31. Variación de Oxígeno disuelto.	54
Tabla 32. Variación de % de Saturación.	54
Tabla 33. Variación de pH.	55
Tabla 34. Variación de Arsénico.	55
Tabla 35. Variación de Cadmio.	56
Tabla 36. Variación de Cromo.	56
Tabla 37. Variación de Mercurio.	57
Tabla 38. Variación de Plomo.	57
Tabla 39. Variación de Coliformes fecales.	58
Tabla 40. Variación de Coliformes totales.	58
Tabla 41. Variación de Turbiedad.	59
Tabla 42. Variación de Temperatura in situ del Agua.	59
Tabla 43. Variación de Sólidos totales disueltos.	60
Tabla 44. Variación de Sólidos suspendidos totales.	60
Tabla 45. Variación de Sólidos Totales.	61
Tabla 46. Ventajas y limitaciones del ICA.	63
Tabla 47. Clasificación del WQI-NSF.	65
Tabla 48. Ejemplo de Cálculo del WQI-NSF.	70
Tabla 49. Cálculo WQI-NSF muestreo 1.1.	71
Tabla 50. Cálculo WQI-NSF muestreo 1.2.	71
Tabla 51. Cálculo WQI-NSF muestreo 2.1.	72
Tabla 52. Cálculo WQI-NSF muestreo 2.2.	72

Tabla 53. Cálculo WQI-NFS muestreo 3.....	73
Tabla 54. Categorías de calidad de agua determinado por CCME.....	79
Tabla 55. Ejemplo de Cálculo del CCME-WQI.....	80
Tabla 56. Cálculo CCMW-WQI punto1.....	81
Tabla 57. Cálculo CCMW-WQI punto 2.	81
Tabla 58. Cálculo CCMW-WQI punto 3.	81
Tabla 59. Cálculo CCMW-WQI punto 4.	82
Tabla 60. Cálculo CCMW-WQI punto 5.	82
Tabla 61. Cálculo CCMW-WQI punto 6.	82
Tabla 62. Cálculo CCMW-WQI punto 7.	83
Tabla 63. Cálculo CCMW-WQI punto 8.	83
Tabla 64. Cálculo CCMW-WQI punto 9.	83
Tabla 65. Categorías de calidad de para IQA-MC.....	86
Tabla 66. Factor de Ponderación, agrupación de parámetros y pesos respectivos IQA-MC.	87
Tabla 67. Factores de Normalización IQA-MC.....	89
Tabla 68. Ejemplo de Cálculo del IQA-MC.	90
Tabla 69. Cálculo de IQA-MC muestreo 1.1.....	91
Tabla 70. Cálculo de IQA-MC muestreo 1.2.....	92
Tabla 71. Cálculo de IQA-MC muestreo 2.1.....	93
Tabla 72. Cálculo de IQA-MC muestreo 2.2.....	94
Tabla 73. Cálculo de IQA-MC muestreo 3.	95
Tabla 74. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto1.	106
Tabla 75. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 2.	106
Tabla 76. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 3.	107
Tabla 77. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 4.	107
Tabla 78. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 5.	108

Tabla 79. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 6.	108
Tabla 80. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 7.	109
Tabla 81. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 8.	109
Tabla 82. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 9.	110
Tabla 83. Distribución Normal Coliformes Fecales punto1.....	110
Tabla 84. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 2.....	111
Tabla 85. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 3.....	111
Tabla 86. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 4.....	112
Tabla 87. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 5.....	112
Tabla 88. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 6.....	113
Tabla 89. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 7.....	113
Tabla 90. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 8.....	114
Tabla 91. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 9.....	114
Tabla 92. Distribución Normal Plomo punto 1.	115
Tabla 93. Distribución Normal Plomo punto 2.	115
Tabla 94. Distribución Normal Plomo punto 3.	116
Tabla 95. Distribución Normal Plomo punto 4.	116
Tabla 96. Distribución Normal Plomo punto 5.	117
Tabla 97. Distribución Normal Plomo punto 6.	117
Tabla 98. Distribución Normal Plomo punto 7.	118
Tabla 99. Distribución Normal Plomo punto 8.	118
Tabla 100. Distribución Normal Plomo punto 9.....	119

RESUMEN

El presente trabajo servirá como base para la toma de decisiones y gestión ambiental urbana para establecer prácticas de manejo adecuadas en los ríos, con esto mantener un control de calidad aceptable del agua, para ello se estableció una red de monitoreo de nueve puntos a lo largo del tramo de estudio en tres muestreos en diferentes épocas del año. El Índice de Calidad de Agua IQA-MC para el Rio Malacatos dio como resultado un promedio de 47 (valor adimensional) clasificándola como agua altamente contaminada, con mayor influencia de: carga orgánica, contaminación fecal, sólidos disueltos; suspendidos totales, nutrientes y metales pesados como plomo, mercurio, arsénico y cadmio.

PALABRAS CLAVES:

Índice de Calidad de Agua (ICA), contaminación del agua, metodologías de calidad de agua.

ABSTRACT

Compare and develop three methodologies of water quality analysis to evaluate surface sources, the present titling ending project will help to establish appropriate management practices in rivers and have an idea of the critical parameters to be monitored to maintain an acceptable quality control of water that we are using. Was determined a monitoring network of nine points along the study reach, in three samplings at different times of year. In developing the Water Quality Index (IQA-MC) to the river Malacatos, length comprised from Dos Puentes until arriving at Sauces Norte sector, it is intended to classify on a scale of 0 to 100 water representative quality, according to the characterization of evaluated constituent. As a result is obtained an average of 47 (dimensionless value) classifying it as highly contaminated water, occur with most influence the following terms: organic concentration, fecal contamination, aesthetic aspects presence of total suspended solids and total dissolved solids, nutrients and heavy metals such as lead, mercury, arsenic and cadmium.

KEYWORDS:

Water Quality, water pollution,

INTRODUCCIÓN

La salud y el bienestar de los seres humanos y los ecosistemas dependen en gran medida de la calidad de los recursos hídricos disponibles. El manejo del agua tanto en calidad como en cantidad es imprescindible para la gestión ambiental ya que constituye un elemento vital y articulador de la naturaleza, que relaciona los recursos naturales, el medio ambiente y la actividad antropogénica.

En el estudio de calidad de agua se van a relacionar características físicas, químicas y biológicas, éstas pueden ser debidas a una amplia gama de contaminantes procedentes de las descargas que causan los diferentes tipos de uso; lo que produce una necesidad inmediata de disponer de mecanismos de gestión y control que contribuyan de manera eficiente y objetiva a la protección y uso sostenible del recurso, dando como resultado herramientas como son los índices de calidad del agua, ICA.

El índice de calidad de agua, es una agrupación de parámetros, que buscan determinar el estado actual del cuerpo de agua en estudio a la vez determinan si es apta para los diferentes usos, para poder evaluar y comunicar un valor representativo, indicativo y de fácil interpretación que lleve a ser comparado con otros para enmarcar rangos, detectar tendencias y como instrumento en la toma de decisiones de medidas preventivas y correctivas para controlar un buen estado en la calidad del agua.

Los pioneros en generar una metodología unificada para el cálculo del índice de calidad (ICA) fueron Horton (1965) y Liebman (1969). (Samboni Ruiz, Carvajal Escobar, & Escobar, 2007),

En este trabajo se presenta un estudio comparativo de 3 índices de calidad del agua (ICA): Water Quality Index of the National Sanitation Foundation de los Estados Unidos (NSF WQI), Water Quality Index of the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME WQI) y se propone alternativas para mejorar e incluir otros parámetros en la metodología del Índice de calidad de agua (IQA-MC), aplicando como caso de estudio el río Malacatos.

CAPÍTULO I

1. Generalidades

1.1. El agua manejo y sostenibilidad.

El agua es un recurso indispensable para todas las formas de vida y para el funcionamiento de los ecosistemas. Los seres humanos utilizamos el agua de acuerdo a nuestras necesidades y en su aprovechamiento introducimos ciertos cambios en la composición de la misma que también afectan al ciclo hidrológico. Estos cambios afectan tanto la disponibilidad como la calidad del agua.

El manejo del agua es un proceso integral mediante el cual se debe coordinar y planificar el uso del agua, el suelo y los recursos que se puedan relacionar de manera racional para obtener beneficios económicos, sin afectar la sostenibilidad de los ecosistemas.

La distribución del agua debe ser un proceso equitativo, en el que se pueda satisfacer las necesidades humanas básicas como el saneamiento, este constituye un derecho humano establecido por la Organización de las Naciones Unidas, cada país debe trazar un plan de gestión de abastecimiento de agua y saneamiento para mejorar la productividad económica, la salud de sus habitantes y en cierta manera mitigar la pobreza.

La gestión sostenible de los recursos hídricos en general busca mantener y mejorar el ecosistema acuático, satisfaciendo las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer el derecho de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

La implementación de medidas de conservación y reutilización; encaminadas hacia el ahorro del agua, garantizando la devolución al medio ambiente del recurso en óptimas condiciones minimizando el impacto ambiental, socializando prácticas de reducción de consumo, el despilfarro, la minimización de pérdidas y la contaminación de este recurso vital.

El agua promete ser en el siglo XXI, lo que fue el petróleo para el siglo XX, el bien precioso que determina la riqueza de las naciones. (ONU, 2003)

1.2. Disponibilidad del agua

La disponibilidad del agua en el mundo es la estimación que resulta del escurrimiento de agua superficial y la recarga que produce esta en los acuíferos, al hablar de esta disponibilidad citamos su cantidad mas no su calidad, es decir el acceso que tienen los usuarios sin previo tratamiento.

La pobreza, la desigualdad, la falta de gestión y políticas de agua son los principales causantes de la escasez del recurso.

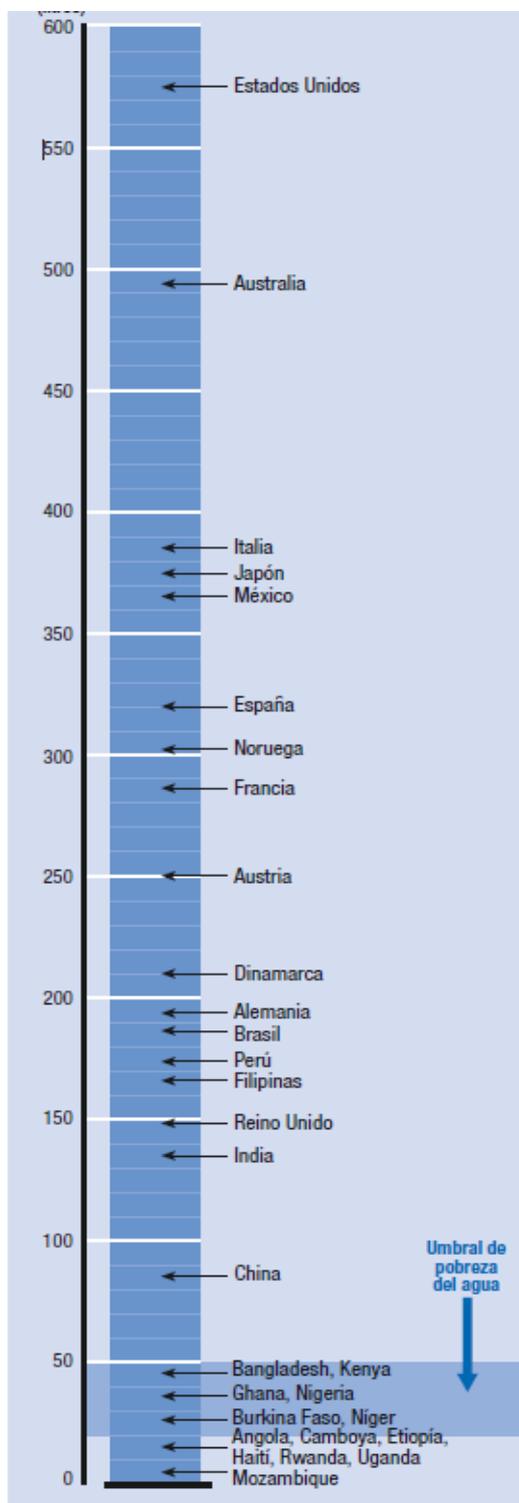


Figura 1. Uso promedio del agua (hab*/l/día) 1998-2002
Fuente: (Watkins, 2006)

El agua dulce representa menos del 2.5% del agua de nuestro planeta, de esta cerca del 68.7% se encuentra congelada en glaciares y solo un 0.4% está disponible para consumo humano previo tratamiento en aguas superficiales y en la atmosfera, tal como lo muestra la FIGURA 2.

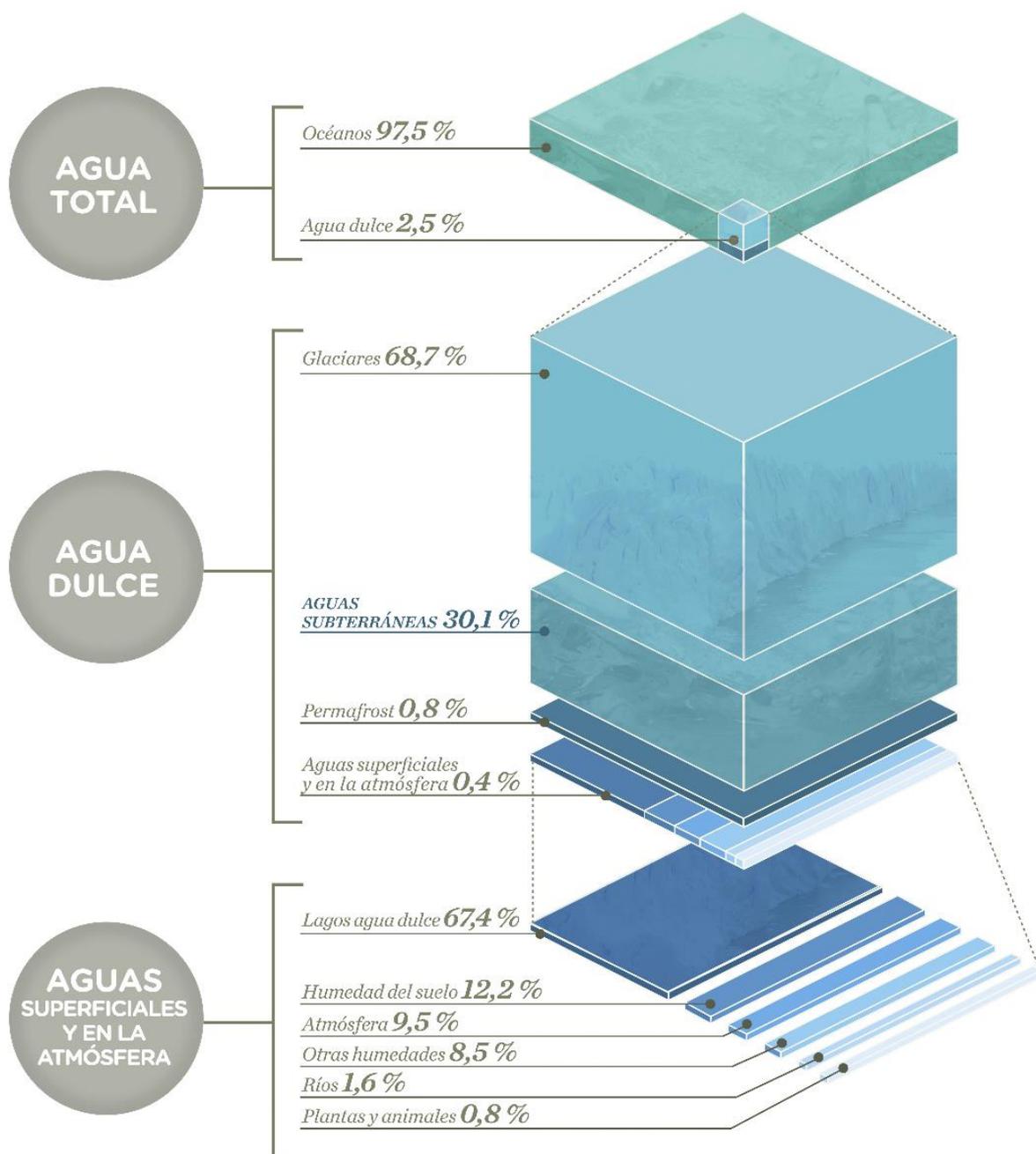


Figura 2. Disponibilidad del agua
Fuente: (United Nations Environment Programme, 2010)

La distribución mundial de los recursos hídricos, beneficia a los países donde se encuentra la cuenca Amazónica además de ser los territorios con mayor precipitación en el mundo así lo indica la **Figura 3**.

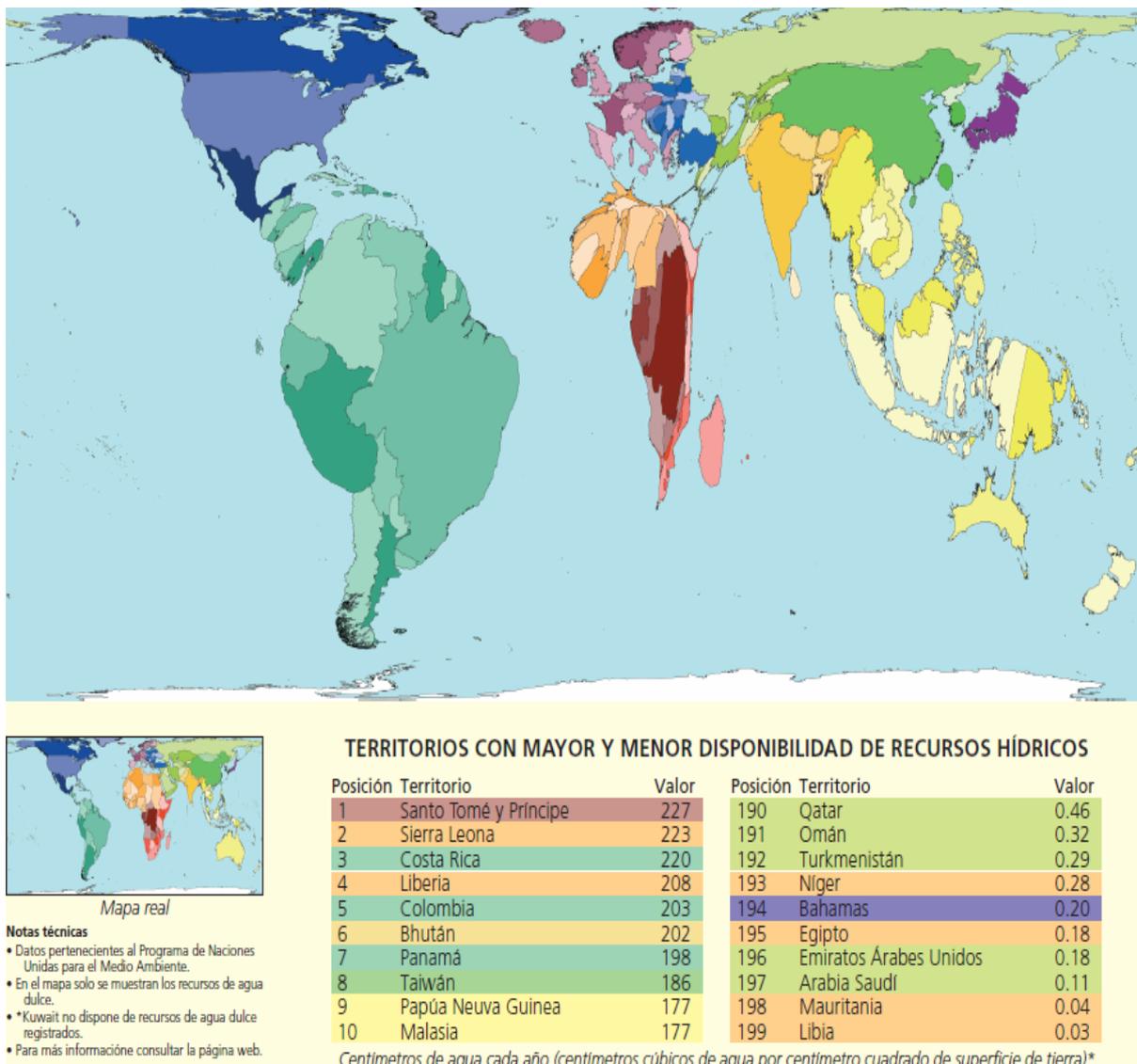


Figura 3. Distribución de los Recursos Hídricos (agua dulce), por territorio.

Fuente: SASI Group (University of Sheffield) and Mark Newman (University of Michigan),2006

América se encuentra favorecido con el 49 % de los recursos hídricos siendo Sudamérica el de mayor distribución con el 30 %, Norteamérica con el 15 % y al final América central con el 4 % de agua dulce.

El otro 51 % se encuentra repartido entre el resto de continentes, a excepción de Kuwait que solo dispone de agua de mar para su tratamiento y posterior consumo.

Santo Tomé y Príncipe encabeza la lista con 2.27m³ de agua dulce por cada m² de su territorio, por otro lado esta Libia en el puesto 199 de la lista con tan solo 0.3 litros por cada m² de su territorio.

1.2.1. Disponibilidad del agua en el Ecuador.

Ecuador está ubicado al noroeste de América del Sur tiene una superficie aproximada de 256370 km², los recursos hídricos totales per capita son de 28550 m³/año, media (AQUASTAT FAO, 2011).

Las zonas de mayor caudal se ubican en la región amazónica, mientras que las de menor caudal se encuentran en la región sierra según la **Figura 4**.

En el país existen en dos vertientes: la del Pacífico que nace en los Andes y del Amazonas, en las Islas Galápagos no se encuentran ríos y las lluvias son escasas, tal como lo muestra la **Figura 5**.

El Ecuador ha sido dividido en 11 demarcaciones hidrográficas, la más importante la Demarcación de Santiago que produce el 18,7% del total del volumen hídrico del país, y en la que se encuentra nuestra área de estudio **Figura 6**.

Existen 31 sistemas hidrográficos, 24 a la vertiente del Pacífico, en una extensión de 124644 km² y 7 a la del Amazonas con una superficie de 131726 km², comprenden 79 cuencas; 72 a la vertiente del Pacífico y 7 cuencas vertiente al Amazonas como lo indica la **Figura 7**, las que se subdividen en 153 sub cuencas y 871 microcuencas se observa en la **Figura 7**.

El país no recibe aporte hídrico de países fronterizos, como son Colombia y Perú, por el contrario los ríos ecuatorianos desembocan en sus territorios.

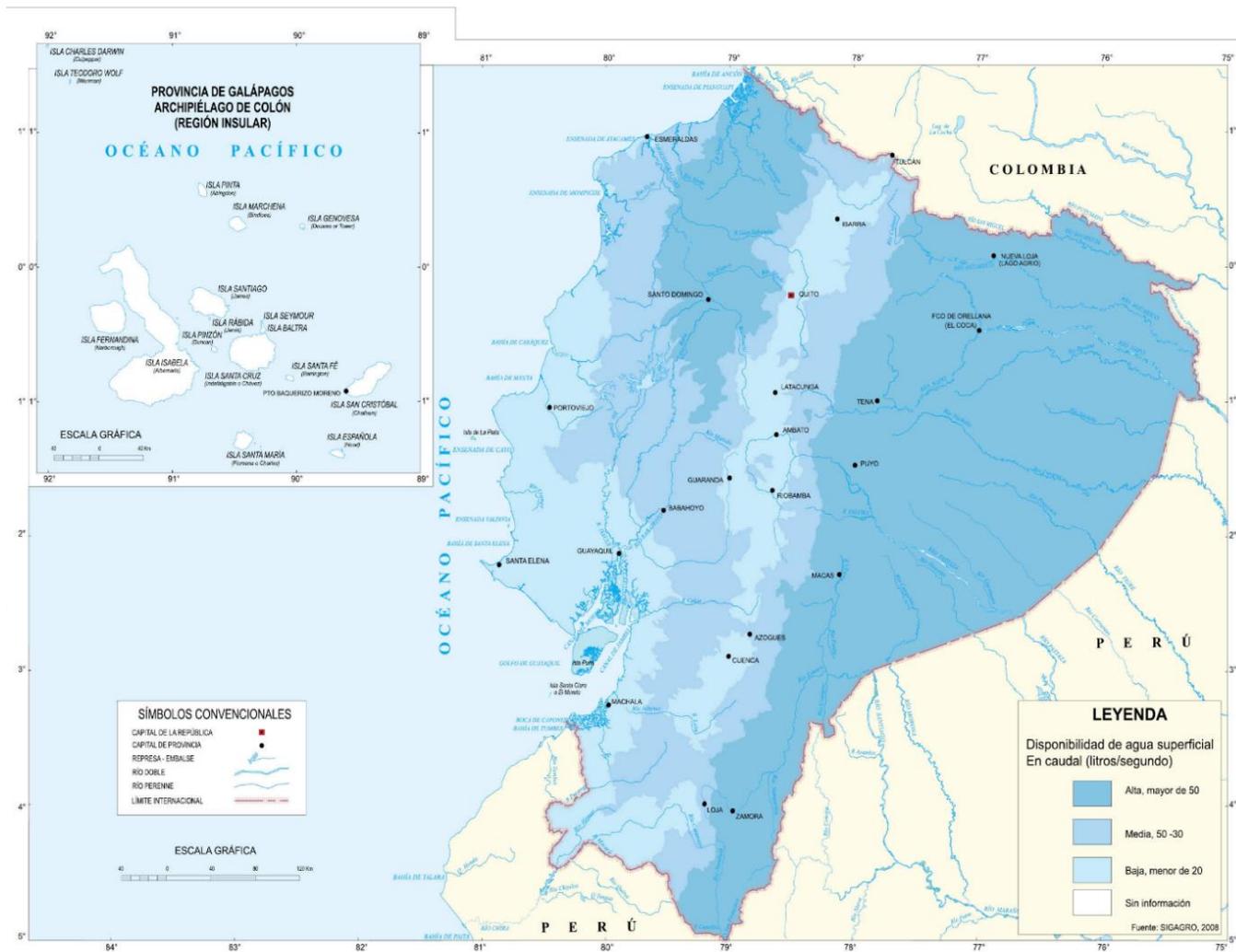
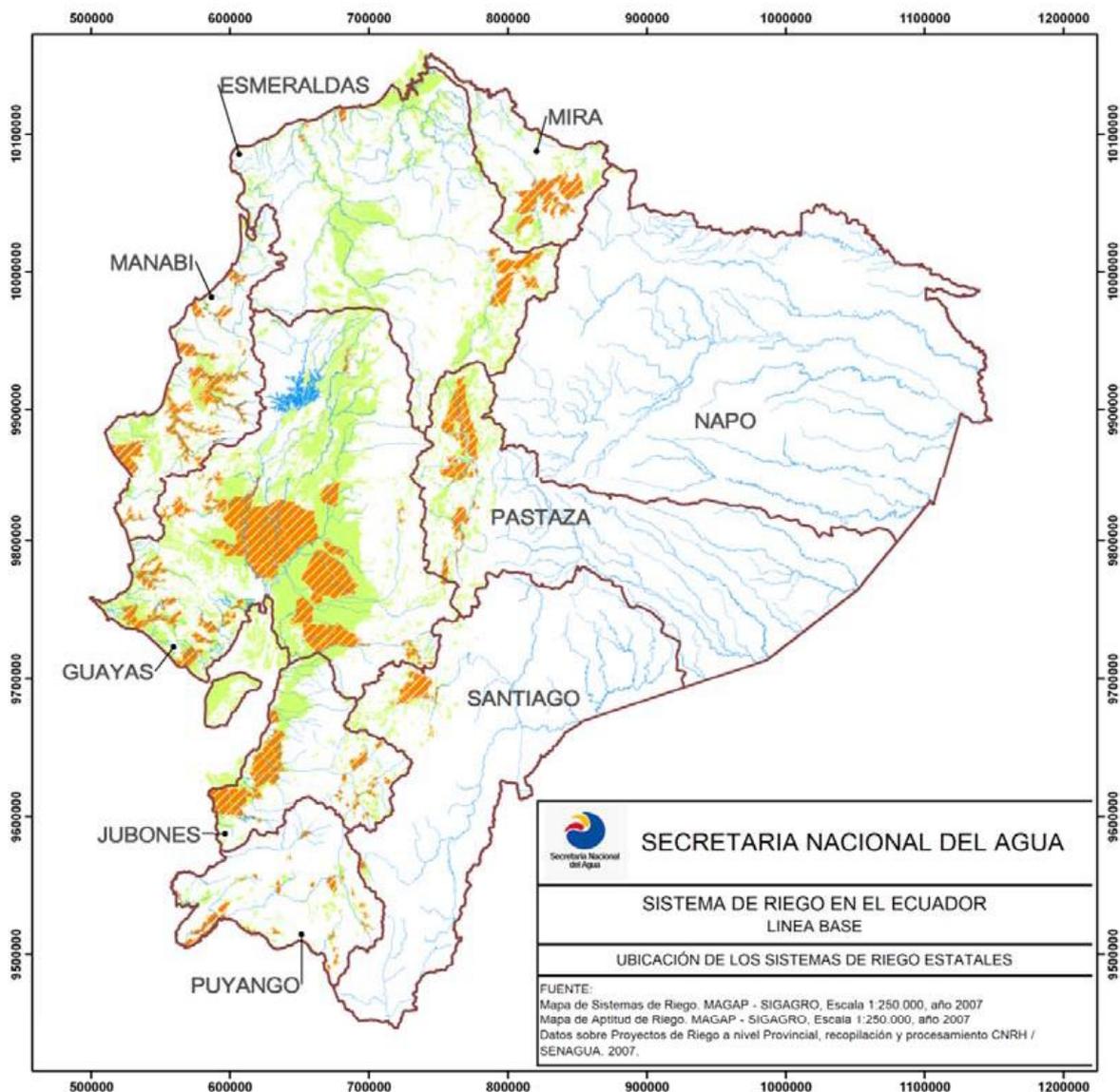


Figura 4. Recursos Hídricos superficiales.
Fuente: (SIGAGRO, 2008)



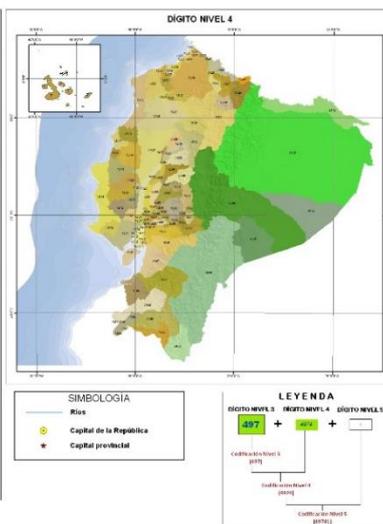
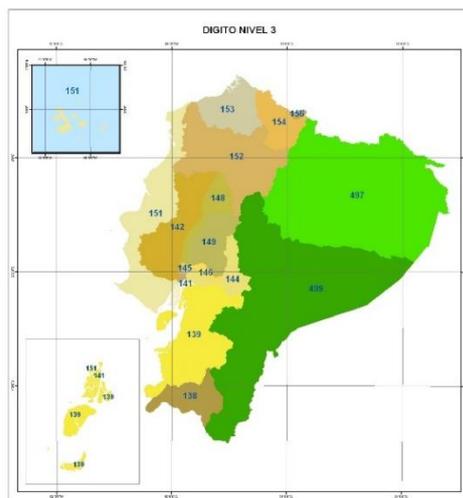
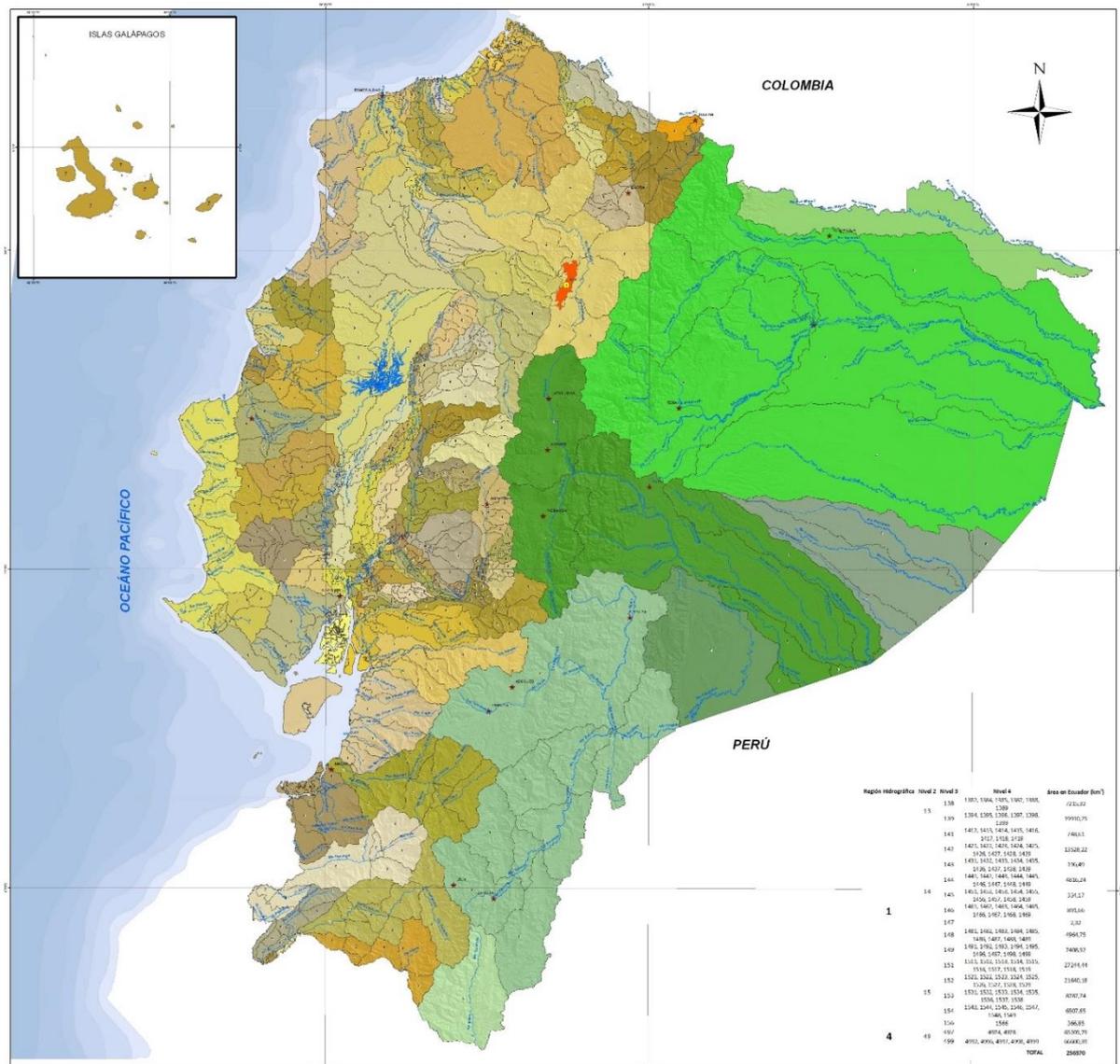
Figura 5. Cuencas Vertientes.
Fuente: (SENAGUA, 2008)



PROVINCIA	CAUDALES (m ³ /s)	AREA REGABLE (has)	AREA REGADA (has)
AZUAY	5,5	6.700,0	4.170,0
BOLIVAR	1,1	1.250,0	840,0
CAÑAR	0,6	1.200,0	500,0
CARCHI	4,7	4.875,0	4.307,0
CHIMBORAZO	11,6	11.072,0	8.720,0
COTOPAXI	7,0	10.127,0	8.714,0
EL ORO	29,2	45.089,0	23.835,0
GUAYAS	50,8	95.821,0	44.917,0
IMBABURA	5,7	3.785,0	3.415,0
LOJA	20,6	15.920,8	5.094,5
LOS RIOS	10,1	16.360,0	6.300,0
MANABI	24,8	29.561,0	20.166,0
PICHINCHA	11,0	15.600,0	11.325,0
TUNGURAHUA	7,5	17.600,0	15.465,1
TOTAL	190,2	274.960,8	157.768,6



Figura 6. Demarcaciones hidrográficas.
Fuente: (SENAGUA, 2007)



Proyección en el Ecuador de Albers, zona 27 referencial internacional
 Datum horizontal: Puntos de Nivel 1984
 Datum vertical: Nivel del mar (La Libertad - Ecuador)

UICN **Senagua** **Senagua**

PROYECTO: DELIMITACIÓN Y CODIFICACIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS EN EL ECUADOR.
 E.C.U.A.L.P.C.I.R.

MAPA DE LAS UNIDADES HIDROGRÁFICAS DEL ECUADOR - NIVEL 5

Elaborado: Senagua
 Fecha: Mayo 2009

ESCALA: 1:1 000 000

FUENTE: Dirección de Riego y Saneamiento - s/ de arco Proyecto Hidro 2006.
 Cartografía de Base: IGN, 2005.
 Cartografía base del Ecuador: IGN, Instituto Geográfico Militar

1 de 1

Figura 7. Unidades hidrográficas.
 Fuente: (SENAGUA, 2009)

1.2.2. Calidad del agua en el Ecuador.

Para el Ecuador la contaminación a gran escala comenzó con la modernización del Estado y a partir de la primera reforma agraria, en 1963, y que, se afianzo con el auge del petróleo desde la década del 1970. Hasta entonces, el Ecuador había sido un país típicamente agroexportador: en 1950, el 70 % de la población vivía en el campo u apenas el 30 % en las ciudades; no había muchas industrias ni automóviles, ni se utilizaba tantos pesticidas como ahora; era un país diferente al actual (Atlas, 2013).

La calidad del agua es una variable fundamental del medio hídrico, en función de esta se debería hacer la planificación territorial (minería, urbanización, industrial, etc.) y de usos para el agua, caracterizándola con parámetros físicos, químicos y microbiológicos. La calidad del agua en el Ecuador se enmarca en la normativa vigente como es el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Decreto No. 3516, publicado en la Edición Especial No. 2 del Registro Oficial, con fecha 31 de marzo del 2003), el mismo que está compuesto de nueve libros, de los cuales, la norma correspondiente a esta investigación es el ANEXO 1 DEL LIBRO VI: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA, dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, vigente y aplicable en todo el territorio nacional.

La mayor parte de los ríos del país tienen una preocupante calidad bacteriológica (microorganismos patógenos). En estudios realizados en 1984, en cuatro cuencas hidrográficas importantes del país, Mira, Esmeraldas, Guayas y Pastaza, se advierte que hay una mala calidad bacteriológica y, en consecuencia, se prohíbe su uso para ingestión y contactos directos. La actividad agropecuaria de carácter convencional, con alto uso de agroquímicos para aumentar el rendimiento de los cultivos o para controlar las plagas, se convierte en otro factor contaminante de las aguas. Además existen graves problema relacionados con el riego y la mala condición de los suelos. (Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012-2027)

1.3. Calidad de Agua.

Desde el principio el hombre en la búsqueda de la supervivencia se ha ido aprovechando de los recursos naturales para conseguirlo, y en el intento sin planificación más el desconocimiento de las consecuencias que trae para el medio ambiente.

La calidad de un cuerpo de agua se puede definir por parámetros físicos, químicos, microbiológicos, y biológicos.

1.3.1. Parámetros Físicos.

1.3.1.1. Turbiedad.

Su presencia disminuye la producción de oxígeno por fotosíntesis, restringe los usos del agua, indica deterioro estético del cuerpo de agua, interfiere en la desinfección. (Sierra Ramirez, 2011)

Método de análisis: Nefelométrico LUTPL-T-HACH-003 Se mide en NTU.

1.3.1.2. Temperatura in situ del Agua.

La temperatura es un constituyente físico del agua y se relaciona con todos los constituyentes de calidad, mide la cantidad de energía térmica de las partículas contenidas en el agua.

La temperatura es un indicador de vida, temperaturas altas indican mayor cantidad de bacterias y organismos patógenos.

La elevación de la temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) e incrementa, en general, la solubilidad de las sales. También, aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando, de esta manera, la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 15°C. (Davis & Cornwell, 1998).

Método de análisis: Potenciométrico. LUTPL-OD- ELECT-033 Se mide en °C.

1.3.1.3. Sólidos Totales Disueltos.

Sustancias orgánicas e inorgánicas solubles en agua, TDS, se relaciona con la conductividad eléctrica, a mayor cantidad de sales disueltas mayor conductividad.

Los TDS son un importante indicador de contención del agua, ya que aportan sabor al agua.

Se producen por arrastre de materiales provocados por crecidas.

Método de análisis: Espectrofotómetro. LUTPL-SD-ELECT-005 Se mide en mg/l.

1.3.1.4. Sólidos Suspendedos Totales.

Los SST están compuestos por Sólidos Sedimentables, Sólidos en suspensión, y Sólidos Coloidales, cuyo tamaño de partícula no pasa el filtro estándar de fibra de vidrio con un diámetro de por de 1.5 micrómetros.

Estas partículas ayudan a la adhesión de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas.

Aportan color y turbiedad al agua de esta manera es más difícil el paso de luz decreciendo la actividad fotosintética disminuyendo la concentración de oxígeno, permite caracterizar el agua para diversos usos.

Método de análisis: Espectrofotómetro. LUTPL-Sst-Vol-057 Se mide en mg/l.

1.3.1.5. Sólidos Totales.

Los sólidos totales son toda la materia suspendida y disuelta en el agua que afecta negativamente su calidad, este parámetro es esencial controlar en las fases de tratamiento del agua.

Método de análisis: Gravimétrico. Se mide en mg/l.

1.3.2. Parámetros Químicos.

1.3.2.1. Aceites y Grasas.

Sustancias de naturaleza lípida, la fuente radica en lubricantes, gasolina, hidrocarburos, industria doméstica, alcantarillado comercial e industrial, residuos de alimentos y concina.

Son difíciles de metabolizar por las bacterias además forman en la superficie una película visible perjudicial para los seres vivos, afectando la estética del cuerpo de agua e impidiendo el paso de luz.

Pueden ser permanentes o volátiles, solubles o insolubles de persistencia o de fácil degradación.

Método de análisis: Gravimétrico. Se mide en mg/l.

1.3.2.2. Alcalinidad.

Producida por hidrolisis se debe a la presencia de hidroxilo, carbonatos y bicarbonatos, de elementos tales como: calcio, sodio, potasio, magnesio o amoníaco, la alcalinidad en altas cantidades puede volver al agua dura, salada y con más minerales, afectando a cultivos y especies de agua dulce, es importante en el tratamiento del agua porque reacciona con coagulantes hidrolizables (como sales de hierro y aluminio) durante el proceso de coagulación.

Comúnmente el agua residual es alcalina y puede provocar daños de corrosión o incrustante en la tubería.

Método de análisis: Volumétrico. Se mide en mg/l.

1.3.2.3. *Amoníaco.*

Este nitrógeno es una porción del nitrógeno total, la principal fuente de amonio esta en las aguas residuales, ya que proviene el amoniaco de la descomposición de la urea, presente en la orina y en la materia fecal.

Con la intervención de bacterias del género nitrosomas se oxida el amoniaco a nitrito.

Método de análisis: Espectrofotómetro. LUTPL-N-NH3-HACH-025 Se mide en mg/l.

1.3.2.4. *Arsénico.*

Metal pesado resultado de actividad minera, como producto secundario de la industria del cobre, plomo, estaño, oro y zinc se encuentra como impureza de estos metales. En concentraciones muy bajas se pueden encontrar también en insecticidas y herbicidas.

El riego de consumir arsénico en el agua es intoxicación crónica, debido a que se puede acumular en el organismo aun en concentraciones pequeñas, su exposición prolongada puede provocar lesiones en la piel.

La remoción de arsénico del agua se basa principalmente en su oxidación a su forma pentavalente antes de la coagulación con sulfato férrico a pH de 6 a 8, con alumbre a pH de 6 a 7 o ablandamiento con cal a pH 11.

Método de análisis: Espectrofotómetro de absorción atómica. LUTPL-Ar-ABS-020 Se mide en ppm.

1.3.2.5. *Cadmio.*

Subproducto de la actividad minera para la extracción del zinc, además ampliamente utilizada en la industria de la metalurgia (fabricación de soldaduras, aleaciones y revestimientos metálicos).

También puede llegar al agua por descargas de lixiviado de áreas de relleno o desechos industriales.

Este metal pesado es persistente en el agua y bioacumulativo, Afecta al sistema nervioso, la capacidad reproductiva, es cancerígeno y altamente toxico.

Una vez absorbido se combina con la proteína metalotioneina y se acumula en los riñones, hígado y órganos reproductores.

Método de análisis: Espectrofotómetro de absorción atómica. LUTPL-Cd-ABS-21 Se mide en ppm.

1.3.2.6. *Cloruro*

El cloruro está relacionado con la sal, presentes en aguas superficiales debido a efluentes de actividad industrial, escurrimiento de riego agrícola, contaminantes domésticos, fugas en alcantarillado sanitario y materia residual de origen animal

Contamina tóxicamente a cultivos frutales, además que ataca con quemaduras en las hojas, y hace difícil la absorción de nutrientes como (nitratos y fosfatos).

Aportan un sabor salado al agua, en considerables concentraciones.

Método de análisis: Volumétrico. Se mide en mg/l.

1.3.2.7. *Conductividad eléctrica.*

Es la capacidad que tiene el agua para conducir electricidad indica la presencia de iones, directamente proporcional a la concentración de iones.

Relacionada con la temperatura del agua a mayor temperatura mayor conductividad además de ser una medida indirecta de los sólidos disueltos.

Indicador de la posible presencia de sal en el agua, por esto es que puede dañar al cultivo lo marchitaría, ya que afecta la capacidad de absorción del agua, además de salinizar el suelo.

Método de análisis: Potenciómetro. LUTPL-CE-ELECT-009 Se mide en microS/cm.

1.3.2.8. *Cromo.*

El cromo puede funcionar con distintas valencias la más nociva hexavalente o cromo VI, se encuentra en todas partes, rocas, suelos, animales y gases volcánicos.

El cromo es un metal pesado muy resistente a la corrosión, utilizado también en la industria del acero. El principal riesgo del cromo es que puede causar cáncer debido a su ingesta,

Método de análisis: Espectrofotómetro de absorción atómica. Se mide en ppm.

1.3.2.9. *DBO.*

La demanda bioquímica de oxígeno es una prueba usada en la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y residuales. Su aplicación permite calcular los efectos de las

descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. (Davis & Cornwell, 1998).

Se determina midiendo el proceso de consumo de oxígeno disuelto en una muestra de agua a temperatura constante de 20 °C en un periodo de 5 días.

La demanda bioquímica de oxígeno a los 20 días corresponde al a degradación de la materia orgánica biodegradable entre el 95 y 100 %.

Método de análisis: Respirométrico. LUTPL-DBO-RESP-014 Se mide en mg/l.

1.3.2.10. DQO.

La DQO mide la cantidad de oxígeno disuelto consumido para degradar químicamente la materia orgánica presente en el agua, La DQO abarca a la DBO y otras necesidades de oxígeno del agua ya que busca la oxidación completa de la muestra.

El ensayo puede llevarse a cabo en aproximadamente 3 horas, por lo que es más eficiente en procesos de tratamiento biológico de aguas.

La DQO y DBO guardan una relación para cada tipo de agua esta relación es aproximada y depende de muchas variables propias de cada región.

Método de análisis: Espectrofotómetro. LUTPL-DQO-ESPECT-015 Se mide en mg/l.

1.3.2.11. Fosfatos.

Se pueden encontrar en solución, en forma de partículas, en organismos acuáticos, o se pueden incorporar al cuerpo de agua en forma de aditivo a detergentes para todo tipo de limpieza en general y por escurrimiento de fertilizantes, abonos orgánicos y pesticidas organofosforados.

Es un factor limitante en los ecosistemas para el crecimiento de vegetación, es un nutriente limitante en el crecimiento Fitoplantónico.

Modifica las características organolépticas del agua y dificulta los procesos de floculación coagulación en plantas de tratamiento.

Método de análisis: Espectrofotómetro. LUTPL-PO4-HACH-038 Se mide en mg/l.

1.3.2.12. *Fósforo Total.*

Es una medida total de todos los fósforos existentes (ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico), para su determinación se convierte todos ellos en ortofosfatos, estos se consideran importantes nutrientes de las plantas y conducen el crecimiento de vegetación (algas) en las aguas superficiales en el proceso de eutrofización.

Puede ser utilizado como indicador de la cantidad de detergentes sintéticos vertidos a una corriente, ya que éstos poseen entre el 12 y 13 %de fosforo en sus formulaciones. (Sierra Ramirez, 2011)

Método de análisis: Espectrofotómetro. Se mide en mg/l.

1.3.2.13. *Hierro Total.*

El hierro es uno de los metales más comunes se encuentra en gran cantidad en suelos y rocas, por reacciones complejas se puede formar formas solubles de hierro que pueden contaminar los cuerpos de agua más comúnmente los subterráneos.

Es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, además se encuentra presente en muchos minerales y en la hemoglobina de la sangre.

Es vital para el metabolismo de las plantas, su presencia en el agua provoca coloración no deseada.

Método de análisis: Espectrofotómetro de absorción atómica. LUTPL-Fe-ABS-024 Se mide en ppm.

1.3.2.14. *Mercurio.*

Se encuentra en la minería, tiene su aplicación industrial, procesamiento de metales y farmacéuticos además se hallan en fungicidas.

Es extremadamente toxico, los compuestos orgánicos como el fenil y el alquil de mercurios son los que más se encuentran en el agua.

El mercurio puede ser transferido en las cadenas alimenticias, los efectos en la salud van desde daño al sistema nervioso, las funciones del cerebro, daño en el ADN y cromosomas, reacciones alérgicas, hasta posibles abortos.

Método de análisis: Espectrofotómetro de absorción atómica. LUTPL-Hg-ABS-018 Se mide en ppm.

1.3.2.15. *Nitrato.*

La mayor fuente de nitratos se encuentra en la agricultura donde se utilizan como componentes de abonos y fertilizantes nitrogenados, además se los encuentra en la litosfera en forma de sales sódicas y potásicas.

El nitrato es un compuesto inorgánico, compuesto por tres átomos de oxígeno y un átomo de nitrógeno NO_3 , no es peligroso para la salud a menos que sea reducido a nitrito.

En concentraciones mayores el nitrato puede causar trastornos sanguíneos metahemoglobina o “enfermedad de los bebés azules”, estimular el crecimiento alga verde-azul, llevando a la desoxigenación.

Método de análisis: Espectrofotómetro. LUTPL- NO_3 -HACH-011 Se mide en mg/l.

1.3.2.16. *Nitrito.*

El nitrito o NO_2 es perjudicial para la salud, reacciona con la hemoglobina y forma un compuesto, la metahemoglobina, reduciendo la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, pudiendo ocasionar la muerte si el 70 % de la hemoglobina del cuerpo se transforma en metahemoglobina.

En el tratamiento para eliminar los nitritos del agua se oxida a nitratos, inyectando ozono en el agua de esta manera se elimina la toxicidad de los nitritos.

Debido a que el nitrito es formador de ácido nitroso en solución ácida, cuya mezcla con aminas secundarias forma las nitroso-aminas (cancerígenas), debe tener un cuidadoso control. (Sierra Ramirez, 2011)

Método de análisis: Espectrofotómetro. LUTPL- NO_2 -HACH-010 Se mide en mg/l.

1.3.2.17. *Nitrógeno Total.*

Se puede presentar en forma de Nitrógeno orgánico, amoniacal, compuestos como nitritos y nitratos, el nitrógeno es tóxico para la vida acuática, presente en compuestos nitrogenados para la agricultura, y en la industria química, además sirve para llenar bulbos de lámparas incandescentes

Método de análisis: Volumétrico. Se mide en mg/l.

1.3.2.18. *Oxígeno disuelto.*

El origen del oxígeno disuelto en el agua es por aireación y como un producto de desecho de la fotosíntesis es esencial para que el agua sea de buena calidad niveles altos muestran buena calidad del agua. Depende de variables como la temperatura y presión.

Es un excelente indicador de contaminación, su escasez puede generar sabores y olores como consecuencia de la descomposición anaerobia.

Entre los riesgos de la escasez de oxígeno disuelto está el desprendimiento de hierro y manganeso y su disolución, producción de sulfuro de hidrogeno y compuestos de azufre.

Método de análisis: Potenciómetro. LUTPL-NO2-HACH-010 Se mide en mg/l.

1.3.2.19. *pH.*

El ph es un indicador de la acidez o basicidad de una sustancia y se define como la concentración del ión hidrógeno en el agua (Davis & Cornwell, 1998).

El ph del agua depende de la concentración de CO₂, además el tipo de suelo que atraviesa ph alcalino indica que el suelos calizos, y acido que son suelos silíceos.

La medida del ph puede variar de entre 0 y 14 siendo 7 el ph neutro, si el valor no es normal puede causar desequilibrios de nutrición en las plantas, además se relaciona con la capacidad de autodepuración de una corriente.

El origen del oxígeno disuelto en el agua es por aireación y como un producto de desecho de la fotosíntesis es esencial para que el agua sea de buena calidad niveles altos muestran buena calidad del agua. Depende de variables como la temperatura y presión.

Es un excelente indicador de contaminación, su escasez puede generar sabores y olores como consecuencia de la descomposición anaerobia.

Entre los riesgos de la escasez de oxígeno disuelto está el desprendimiento de hierro y manganeso y su disolución, producción de sulfuro de hidrogeno y compuestos de azufre.

Método de análisis: Potenciómetro. LUTPL-Ph- ELECT-001 Unidades arbitrarias.

1.3.2.20. *Plomo.*

Es un metal pesado muy toxico acumulativo bioadaptable, tiende a acumularse en la tierra y en sedimentos, accesible a la cadena alimenticia, y al metabolismo humano acumulándose en los huesos.

El plomo se encuentra en tuberías antiguas, tejados y en cristales de ventanas. Generalmente el plomo disuelto o en suspensión en el agua residual proviene de calles, tuberías y suelos.

Puede llevar al envenenamiento, riegos en la salud de bebés recién nacidos y en formación ya que las mujeres son más susceptibles, causando alteraciones menstruales, infertilidad y riesgo de aborto, los compuestos orgánicos del plomo pueden ser cancerígenos

Método de análisis: Espectrofotómetro de absorción atómica. LUTPL-Pb-ABS-019 Se mide en ppm.

1.3.3. Parámetros Microbiológicos.

1.3.3.1. Coliformes Fecales.

Bacterias que tienen ciertas características bioquímicas en común, se encuentran en el intestino de los humanos como en el de los animales de sangre caliente, presentes en las heces de humanos y animales que se deriven al agua, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal.

Indicador de posible descarga sanitaria en el agua sin previa desinfección.

Método de análisis: Microbiológico. LUTPL-CF-MEMBR-017 Se mide en ufc/100 ml.

1.3.3.2. Coliformes Totales.

Presentes en vertidos de aguas residuales de alcantarillado, fosas sépticas, implica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo

Llamadas también coliformes termotolerantes comprenden a los géneros de *Escherichia*, *Enterobacter* y *Citrobacter*, estos organismos pueden fermentar la lactosa entre 44 – 45 °C.

Pueden afectar seriamente la salud de las plantas animales y personas.

Las coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales.

Método de análisis: Microbiológico. LUTPL-CT-MEMBR-016 Se mide en ufc/100 ml.

1.4. Descripción del área de estudio.

El presente estudio se desarrolla en el área urbana del cantón y provincia de Loja situada a 4º de latitud sur, en la región interandina de la República del Ecuador en el continente de América del Sur.

CASO DE ESTUDIO

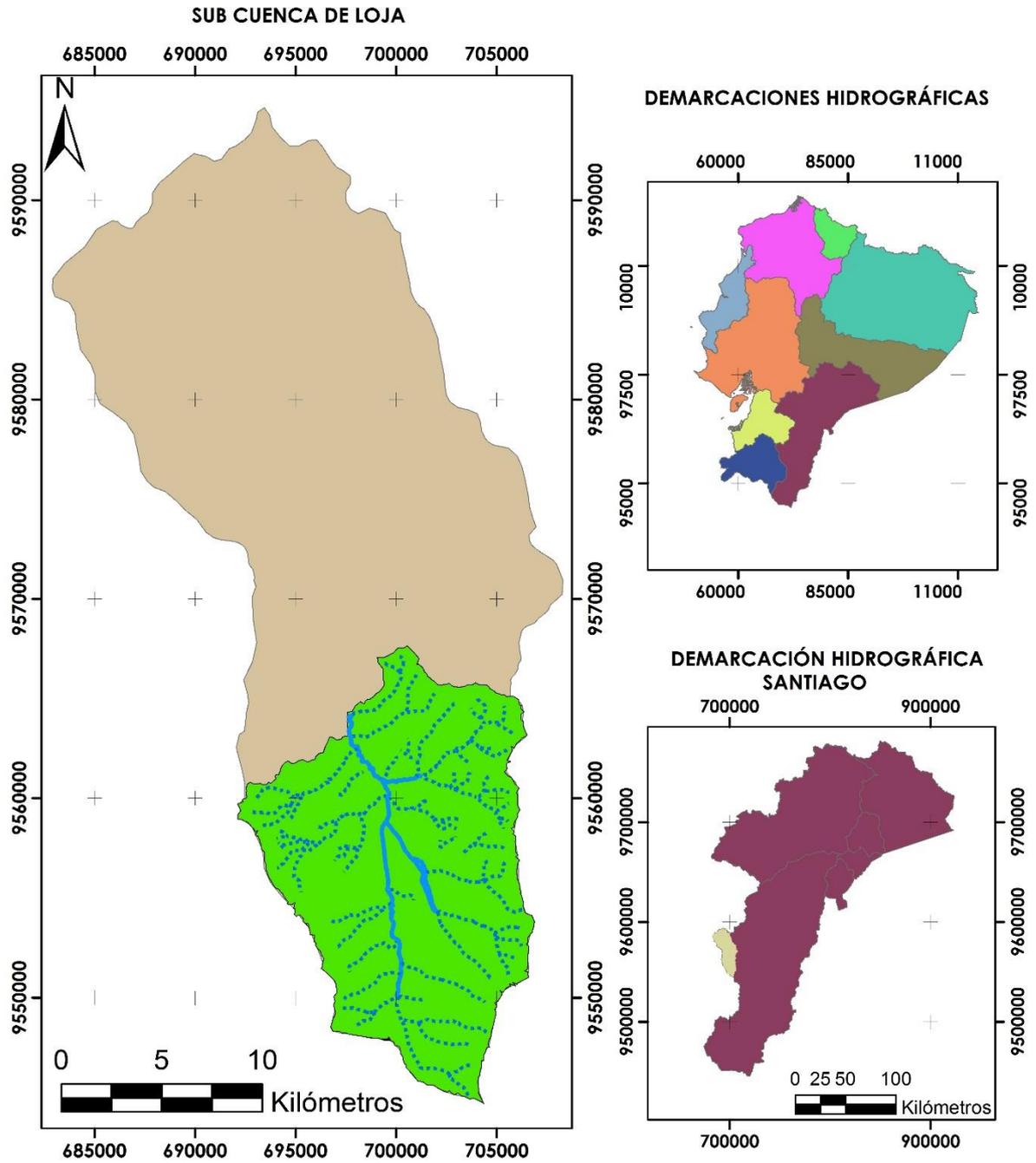


Figura 8. Área de estudio.
Fuente: El Autor.

1.4.1. Clima.

El clima es templado-ecuatorial subhúmedo, caracterizado por una temperatura media del aire anual de 16.9 °C superando en 0.6 % a la temperatura media normal anual de 16.4 °C, la temperatura mínima media en el 2013 alcanzó los 8.5 °C.

La precipitación anual acumulada 2013 alcanzó 1047.4mm (1047.4litros por metro cuadrado), siendo superior en 14 % respecto a la precipitación normal acumula de 918.6 mm, el número de días de precipitación registro un total de 247 días de precipitaciones, las precipitaciones máximas en 24 horas se registraron en el mes de mayo alcanzado los 39.2mm, en la estación La Argelia–Loja. (Ontaneda Rosales & Palacios Tapia, 2013).

Tomando como base la variación de la Precipitación total mensual de los años 2012 y 2013 se han planificado las fechas de muestreo como se muestra en la **Figura 9**. En el 2012 los meses de bajas precipitaciones fueron de julio a octubre por lo que se planifico para el 2013 el muestreo en los meses de septiembre y octubre de 2013, el segundo muestreo se planificó para dos meses, abril que fue el mes de menor precipitación de 2013 y diciembre que fue un mes regular de precipitaciones, considerando que de noviembre a febrero son los meses más lluviosos del año, siendo febrero el de mayor precipitaciones, se decide efectuar un muestreo en el mes de febrero.

En base a los registros de precipitaciones poder relacionar el efecto que produce el escurrimiento, la infiltración y la dilución de agentes contaminantes por el aporte de precipitaciones en el área de estudio, así mismo poder comparar con los resultados cuando el aporte de precipitaciones es menor.



Figura 9. Variación de las precipitaciones 2012-2013
Fuente: Adaptado de (Tutiempo Network, S.L, 2014).

1.4.2. Hidrografía.

De las quebradas Mónica, Sta Urcu y Curitroje en el límite urbano de la ciudad de Loja nace el Río Malacatos, a lo largo del cauce recibe aportaciones de las quebradas Potrerillos, Namanda, Las Violetas y la quebrada Punzara en el sector “El Electricista”, atraviesa la ciudad y en el sector del mercado mayorista Gran Colombia se une con el río Zamora Huayco, desde este punto toma el nombre de río Zamora, a éste se incorporan las Quebradas San Cayetano y Turunuma en el sector del terminal para unirse aguas abajo con el río Jipiro y las quebradas La Banda y Consacola.

1.5. Red de monitoreo.

La ubicación de los puntos de monitoreo dependen en primer lugar de los objetivos que enmarca el estudio; en principio la condición de toma de muestras será donde exista facilidad para el aforo, el fácil acceso al punto para todo tipo de condiciones hidrológicas y climáticas, la distancia al laboratorio para la entrega de muestras en tiempo y forma, en la determinación analítica de los parámetros de interés, otra variable a considerar es la frecuencia de monitoreo que está en función del número de parámetros a evaluar y la variabilidad de las concentraciones respectivas, otro aspecto a tener en cuenta es el presupuesto, ya que es base para la planificación de cantidad de muestras que el laboratorio puede procesar, número de estaciones de monitoreo, frecuencia de monitoreo y en cierta forma es el límite de los requisitos estadísticos para un manejo confiable y preciso de los datos.

Para determinar la calidad del agua en la zona de estudio, el número de muestras a coleccionar por estación de monitoreo en la sub cuenca del tramo de estudio es de 3 en diferentes frecuencias, con la ubicación de 9 puntos estratégicos de monitoreo a lo largo del cauce tal como se muestra en la **Figura 10**.

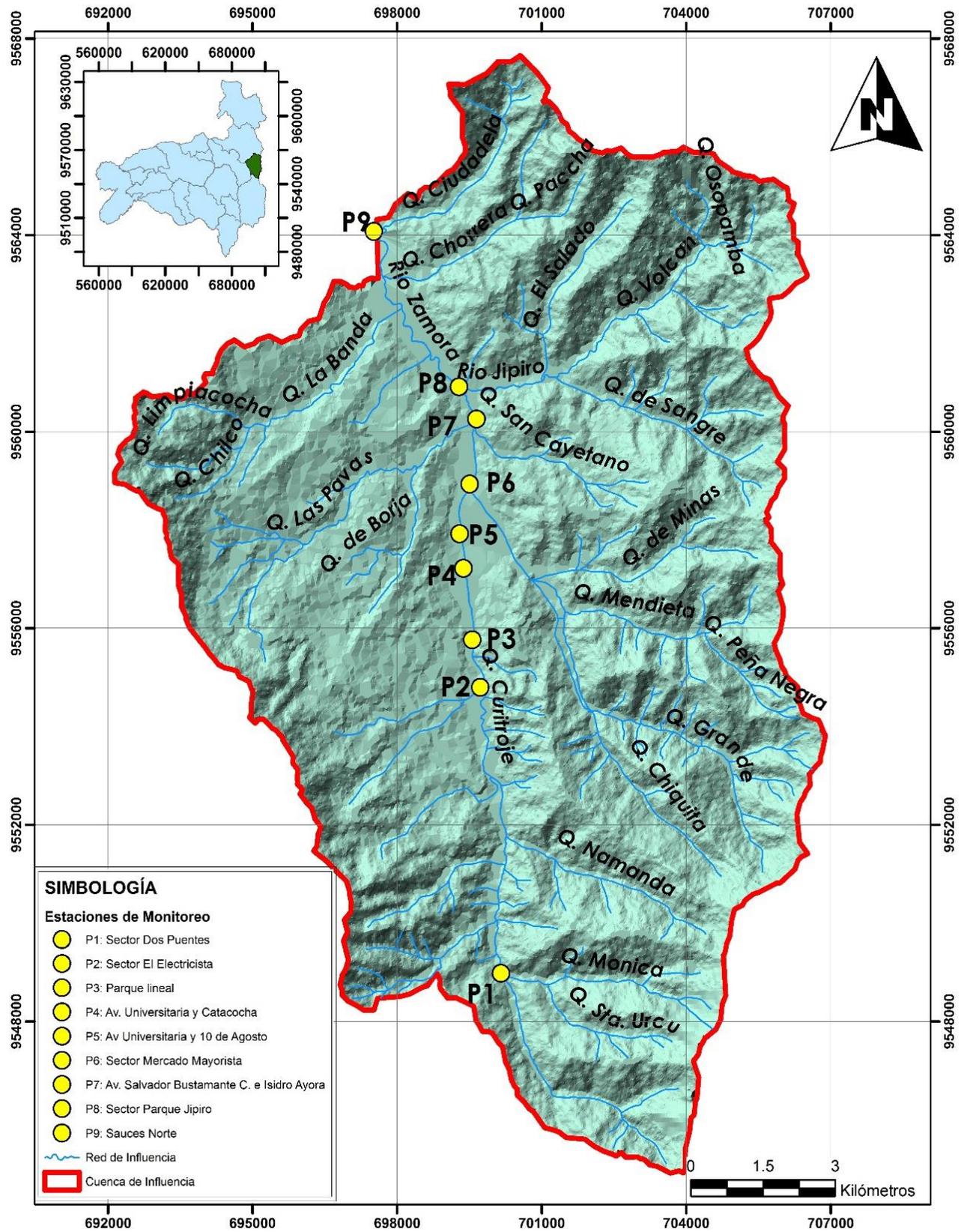
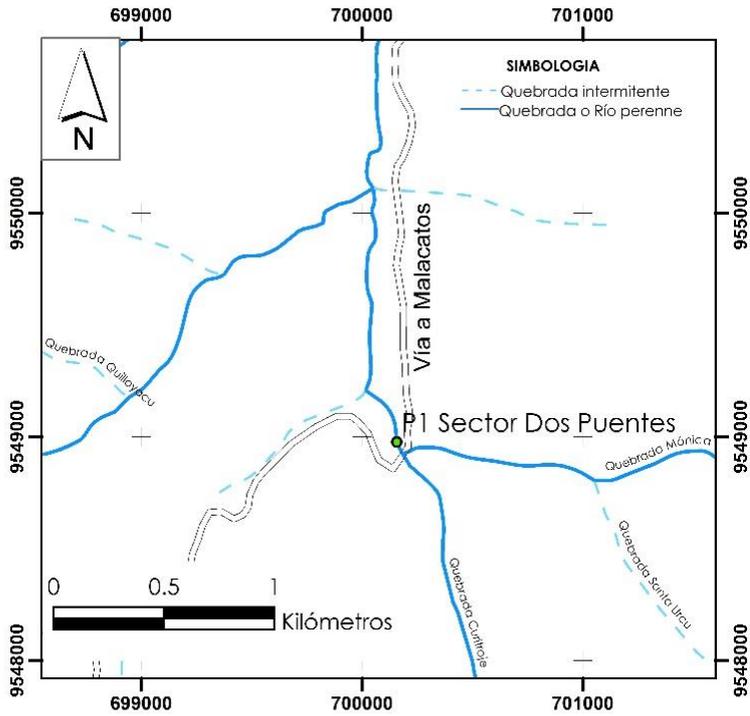


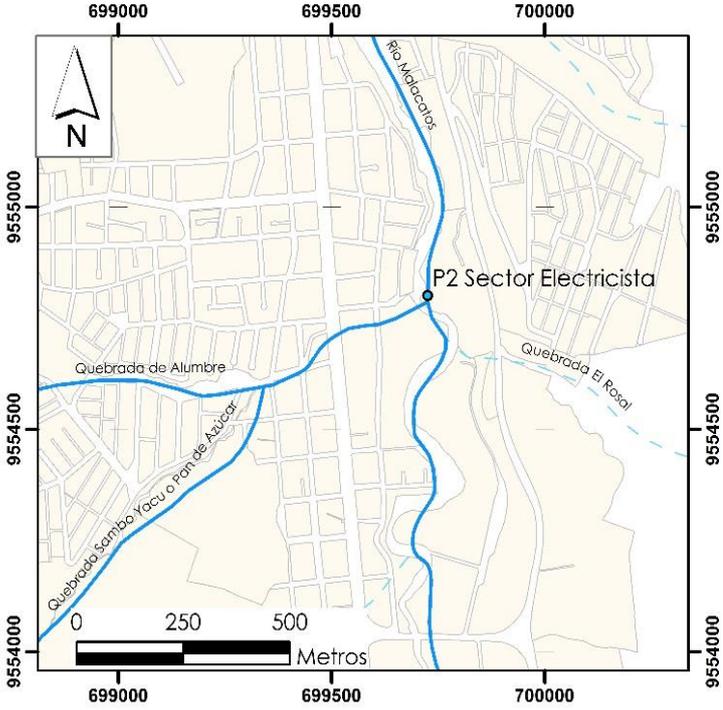
Figura 10 Red de Monitoreo.
Fuente: (Maldonado G. Zuñiga L., 2014)

Tabla 1. Ubicación del punto de muestreo Nro. 1.

PUNTO DE MUESTREO				
P 1	PROVINCIA	LOJA	UBICACIÓN	
	CANTON	LOJA	LONGITUD	700156
	PARROQUIA	SAN SEBASTIAN	LATITUD	9548954
	SITIO	DOS PUENTES	ALTITUD	2251
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
				
CROQUIS DEL PUNTO DE MUESTREO				
				
DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO:				
<p>Ubicado en el sector de Dos Puentes, recepta los efluentes de la quebrada Mónica, la quebrada Santa Urcu y la quebrada Curitroje.</p>				

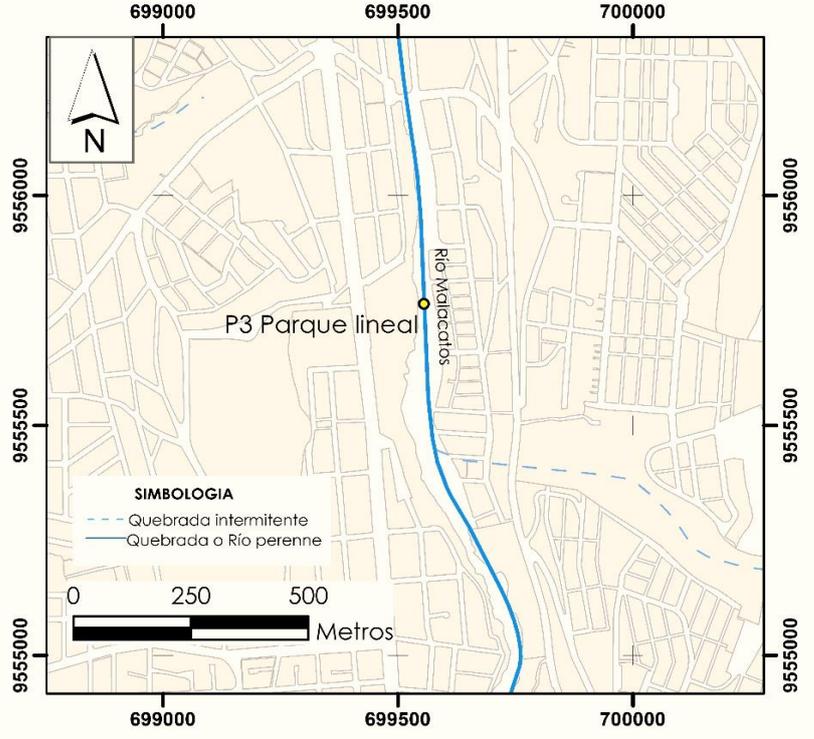
Fuente: El Autor.

Tabla 2. Ubicación del punto de muestreo Nro. 2.

PUNTO DE MUESTREO				
P 2	PROVINCIA	LOJA	UBICACIÓN	
	CANTON	LOJA	LONGITUD	699725
	PARROQUIA	SAN SEBASTIAN	LATITUD	9554801
	SITIO	EL ELECTRICISTA	ALTITUD	2099
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
				
CROQUIS DEL PUNTO DE MUESTREO				
				
DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO:				
<p>Aguas arriba recibe las aportaciones de la quebrada La Manda, Las Violetas y la quebrada El Rosal, además del efluente de la unión de las quebradas Punzara grande, la quebrada Del Alumbre y la quebrada Pan de Azúcar.</p>				

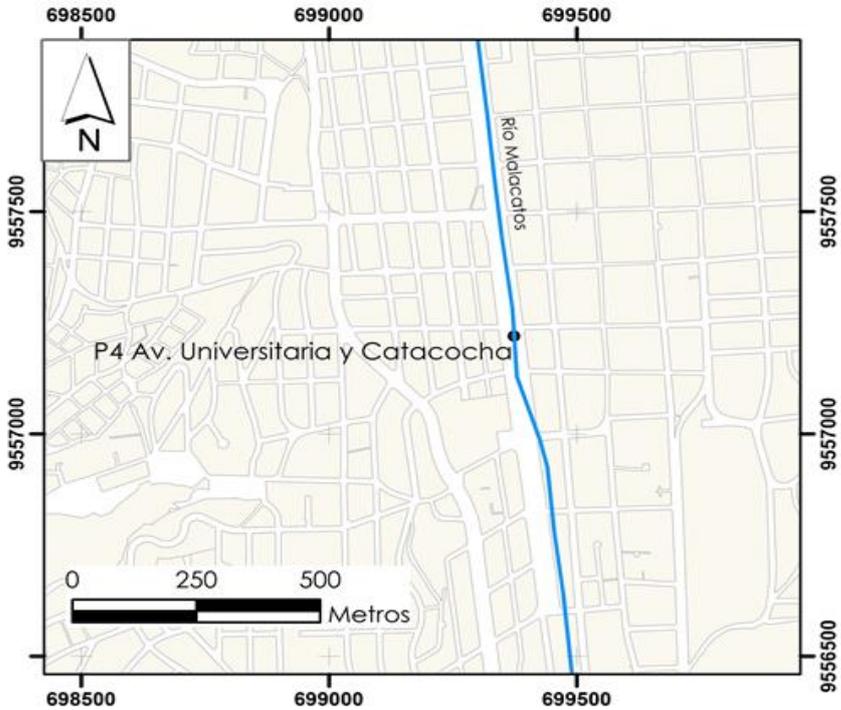
Fuente: El Autor.

Tabla 3. Ubicación del punto de muestreo Nro. 3.

PUNTO DE MUESTREO				
P 3	PROVINCIA	LOJA	UBICACIÓN	
	CANTON	LOJA	LONGITUD	699373
	PARROQUIA	SAN SEBASTIAN	LATITUD	9555764
	SITIO	LA TEBAIDA	ALTITUD	2082
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
				
CROQUIS DEL PUNTO DE MUESTREO				
				
DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO:				
<p>Se encuentra en el parque lineal "La Tebaida" recibe las aportaciones de Aguas Pluviales. Las cargas contaminantes se incorporan al agua por el lavado de superficies y terrenos.</p>				

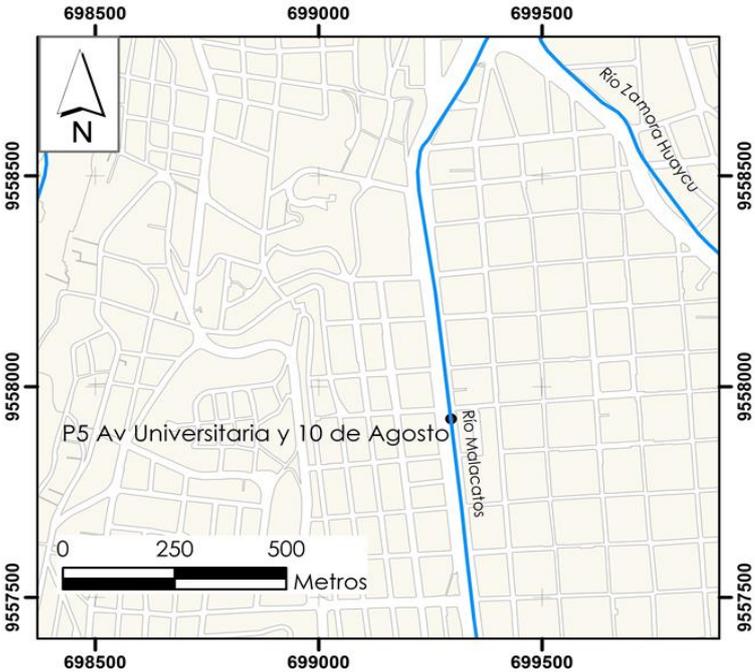
Fuente: El Autor.

Tabla 4. Ubicación del punto de muestreo Nro. 4.

PUNTO DE MUESTREO					
P 4	PROVINCIA	LOJA		UBICACIÓN	
	CANTON	LOJA		LONGITUD	699373
	PARROQUIA	SAN SEBASTIAN		LATITUD	9557220
	SITIO	Av. Universitaria y Catacocha		ALTITUD	2074
REGISTRO FOTOGRÁFICO					
					
CROQUIS DEL PUNTO DE MUESTREO					
					
DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO:					
<p>Se localiza en la zona céntrica de Loja, recibe aportaciones de los emisarios no clausurados del sistema de alcantarillado sanitario, además de recoger gran parte del sistema de alcantarillado pluvial.</p>					

Fuente: El Autor.

Tabla 5. Ubicación del punto de muestreo Nro. 5.

PUNTO DE MUESTREO					
P 5	PROVINCIA	LOJA		UBICACIÓN	
	CANTON	LOJA		LONGITUD	699301
	PARROQUIA	EL SAGRARIO		LATITUD	9557924
	SITIO	Av. Universitaria y 10 de Agosto		ALTITUD	2065
REGISTRO FOTOGRÁFICO					
					
CROQUIS DEL PUNTO DE MUESTREO					
					
DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO:					
<p>Recibe aportaciones del alcantarillado pluvial, se han construido azudes a lo largo del recorrido del río para disminuir la velocidad y evitar la socavación de muros de embalsado.</p>					

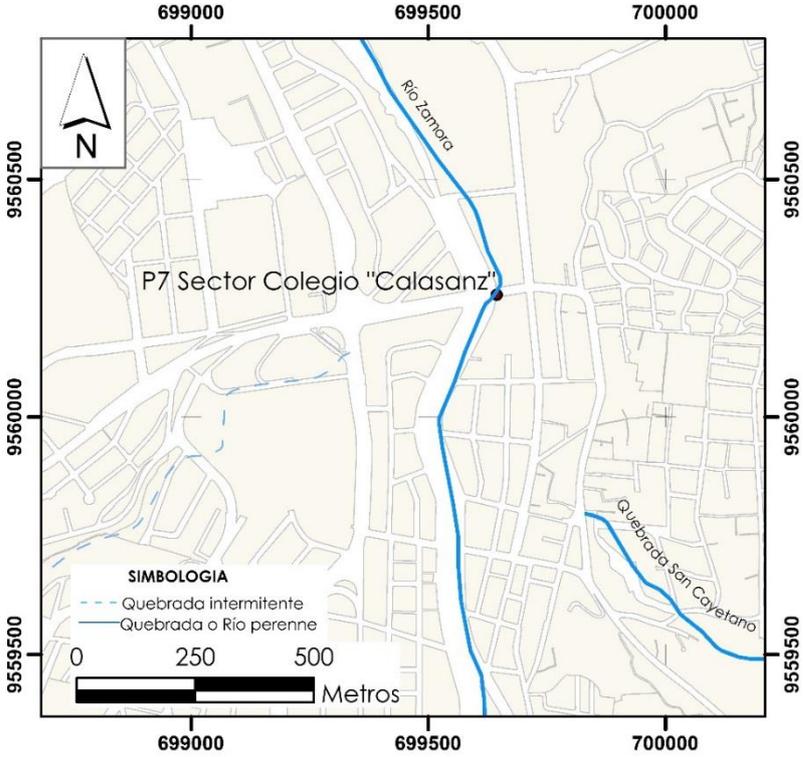
Fuente: El Autor.

Tabla 6. Ubicación del punto de muestreo Nro. 6.

PUNTO DE MUESTREO				
P 6	PROVINCIA	LOJA	UBICACIÓN	
	CANTON	LOJA	LONGITUD	699508
	PARROQUIA	EL VALLE	LATITUD	9558933
	SITIO	Gran Colombia	ALTITUD	2058
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
				
CROQUIS DEL PUNTO DE MUESTREO				
				
DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO:				
<p>El sitio de muestreo es cercano al mercado "Mayorista" de la ciudad, en dicho sitio se unen los ríos Zamora Huaycu y Malacatos</p>				

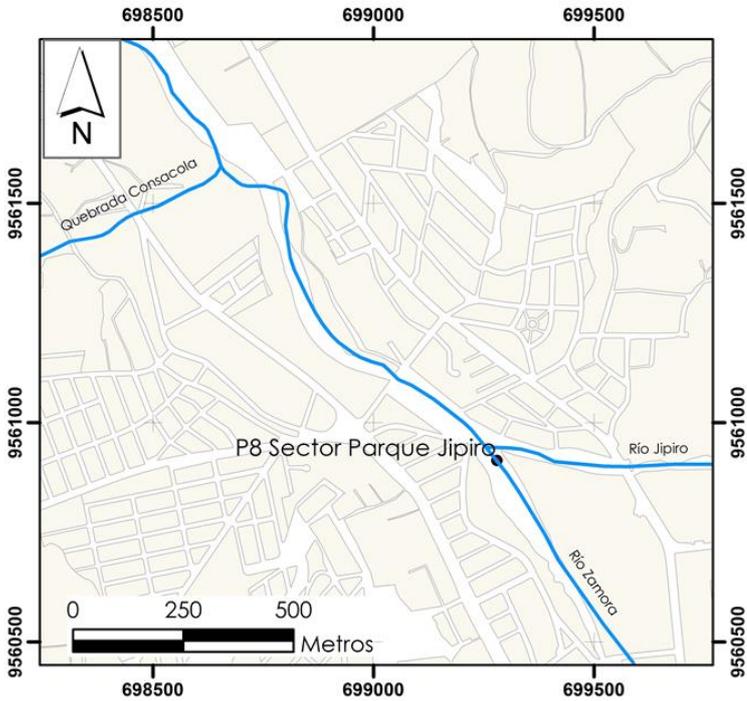
Fuente: El Autor.

Tabla 7. Ubicación del punto de muestreo Nro. 7.

PUNTO DE MUESTREO				
P 7	PROVINCIA	LOJA	UBICACIÓN	
	CANTON	LOJA	LONGITUD	699641
	PARROQUIA	EL VALLE	LATITUD	9560258
	SITIO	COLEGIO "CALASANZ"	ALTITUD	2038
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
				
CROQUIS DEL PUNTO DE MUESTREO				
				
DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO:				
<p>El punto de muestreo recibe aportaciones de la quebrada San Cayetano y descargas de alcantarillado pluvial del sector.</p>				

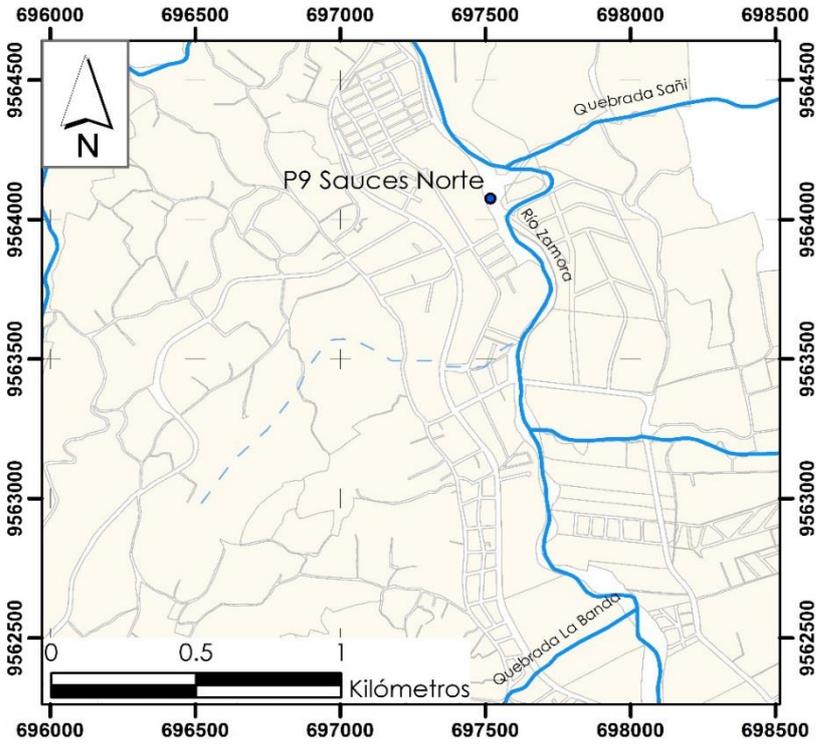
Fuente: El Autor.

Tabla 8. Ubicación del punto de muestreo Nro. 8.

PUNTO DE MUESTREO				
P 8	PROVINCIA	LOJA	UBICACIÓN	
	CANTON	LOJA	LONGITUD	699278
	PARROQUIA	EL VALLE	LATITUD	9560913
	SITIO	PARQUE JIPIRO	ALTITUD	2017
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
				
CROQUIS DEL PUNTO DE MUESTREO				
				
DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO:				
<p>Ubicado en el parque Jipiro recibe aportación intermitente de la quebrada Turunuma y de alcantarillado pluvial.</p>				

Fuente: El Autor.

Tabla 9. Ubicación del punto de muestreo Nro. 9.

PUNTO DE MUESTREO				
P 9	PROVINCIA	LOJA	UBICACIÓN	
	CANTON	LOJA	LONGITUD	697533
	PARROQUIA	EL VALLE	LATITUD	9564084
	SITIO	SAUCES NORTE	ALTITUD	1998
REGISTRO FOTOGRÁFICO				
				
CROQUIS DEL PUNTO DE MUESTREO				
				
DESCRIPCION DEL SITIO DE MUESTREO:				
<p>Formado por el río Zamora y la unión de las quebradas Consacola, La Banda y Paccha.</p>				

Fuente: El Autor.

1.6. Muestreo.

El objetivo de la toma de muestra es obtener una porción de material con el volumen suficiente para que pueda ser transportado de manera conveniente y manipulable en el laboratorio y lo suficientemente grande para los propósitos analíticos sin que por ello deje de representar con exactitud al material de donde procede. Este objetivo implica que la porción o concentración relativa de todos los componentes pertinentes serán las mismas en las muestras que en el material que está siendo muestreado y que dichas muestras serán manipuladas de tal forma que no se produzcan alteraciones significativas en su composición antes de aplicar los métodos (American Public Health Association, 2005).

1.6.1. Muestra Compuesta.

Es aquella que resulta de dos o más pequeñas muestras instantáneas recolectadas en diferentes momentos y depositadas en el mismo recipiente, representando una característica promedio de la fuente en el periodo que fueron tomadas las muestras instantáneas, estas representan las concentraciones contaminantes promedio durante el periodo compuesto.

Tabla 10. Registro de Muestreos.

Fecha de muestreo	Punto	Código de la muestra	Hora	Condiciones Atmosférica	Tempera Ambiental (°C)	Temperatura del agua (°C)
12/09/2013	P1	130048266	10:45	Sombrío	19.8	12.8
12/09/2013	P2	130048267	13:00	Sombrío	21.4	16
12/09/2013	P3	130048268	16:00	Sombrío	25.8	15
04/10/2013	P4	130050272	9:27	Sombrío	20.1	16.1
04/10/2013	P5	130050271	7:42	Sombrío	22.7	16.1
12/09/2013	P6	130048269	17:30	Sombrío	21	15.8
04/10/2013	P7	130050273	12:00	Sombrío	21.5	15.9
04/10/2013	P8	130050274	14:00	Sombrío	24	16.6
04/10/2013	P9	130050275	15:41	Sombrío	23	17.8
12/12/2013	P1	130055292	10:35	Nublado	20.9	13.5
12/12/2013	P2	130055293	12:10	Soleado	27.1	17.1
12/12/2013	P3	130055294	13:30	Soleado	24.1	15.7
12/12/2013	P4	130055295	15:20	Soleado	26.4	18.2
25/03/2014	P5	140066360	7:00	Nublado	16	14
12/12/2013	P6	130055296	16:20	Soleado	23.2	18.8
25/03/2014	P7	140066361	9:30	Sombrío	20	14.4
25/03/2014	P8	140066362	10:30	Sombrío	23	14.9
25/03/2014	P9	140066363	11:10	Soleado	25	16.2

Sigue...

...Continua

Fecha de muestreo	Punto	Código de la muestra	Hora	Condiciones Atmosférica	Tempera Ambiental (°C)	Temperatura del agua (°C)
24/02/2014	P1	140064346	7:00	Nublado	15.8	12.7
24/02/2014	P2	140064347	7:30	Nublado	17.8	13.8
24/02/2014	P3	140064348	10:00	Nublado	19.1	13.9
24/02/2014	P4	140064349	12:00	Sombrío	21.7	15.4
25/02/2014	P5	140064350	7:00	Lluvioso	17.5	14.7
24/02/2014	P6	140064351	14:00	Nublado	20.8	15.8
25/02/2014	P7	140064352	9:00	Lluvioso	17.5	15
24/02/2014	P8	140064353	15:00	Soleado	25.3	16.5
25/02/2014	P9	140064354	11:00	Lluvioso	22.6	16.4

Fuente: El Autor.

1.7. Cálculo de Caudales.

Para el cálculo del caudal en cada punto de la red de monitoreo se hace un reconocimiento visual de preferencia que la topografía permita dicha medición esto es en donde el flujo es recto y el fondo relativamente uniforme, con una cinta métrica se mide el ancho del río y se abscisas cada 1 metro y se procede a medir la profundidad del agua de esta manera se puede determinar el área de la sección transversal del río.

Método área velocidad: se procede a medir la velocidad media de la corriente en el centro de cada sección con el molinete portátil o medidor de corriente (FP111 Global Flow Probe), si la profundidad del agua > 60 cm, se hace una medición al 20 % y 80 % de la profundidad o tirante, si la profundidad del agua < 60 cm, se hace una medición a 60% de profundidad (medida desde la superficie del agua hacia abajo), rango de lectura de velocidad (0.1-6.1 MPS).

Tabla 11. Cálculo de Caudales.

	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9
1.1 (l/s)	280	440	280			1260			
1.2 (l/s)				980	2370		1760	1730	2410
2.1 (l/s)	240	560	530	510		1030			
2.2 (l/s)					3890		4850	4210	5600
3er (l/s)	1580	1830	1890	1580	1500	3530	4740	4120	4800

Fuente: El Autor.

CAPÍTULO II

2. Análisis físicos, químicos y microbiológicos.

A continuación se muestran las tablas de los distintos ensayos realizados en campo como en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica Particular de Loja.

2.1. Resultados de ensayos por muestreo.

Tabla 12. Resultados Muestreo 1.1

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 6
pH	unidades arbitrarias	6.51	6.79	6.86	6.77
Turbiedad	NTU	19.70	27.90	8.63	14.90
Cloruro	mg/l	5.50	5.00	7.00	12.00
Alcalinidad	mg/l	18.00	30.00	36.00	60.00
Nitrato	mg/l	1.30	3.20	2.70	4.00
Nitrito	mg/l	0.01	0.04	0.10	0.10
Nitrógeno Total	mg/l	2.80	5.60	4.20	16.79
Amoniaco	mg/l	0.93	1.36	1.50	5.00
Hierro Total	mg/l	0.15	0.48	0.00	0.51
Conductividad eléctrica	microS/cm	34.70	64.16	84.12	178.08
Fosfatos	mg/l	0.64	0.40	0.61	1.71
Fósforo	mg/l	0.12	0.24	0.19	0.97
Oxígeno disuelto	mg/l	8.52	7.39	8.02	5.93
% de Saturación		104.60	94.70	102.10	76.40
Sólidos totales disueltos	mg/l	17.71	39.00	13.00	24.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	15.00	33.31	43.35	91.47
Solidos Totales	mg/l	176.00	135.00	88.00	175.00
Aceites y Grasas	mg/l	4.50	3.00	6.00	19.50
DBO5	mg/l	3.00	4.00	8.00	22.00
DBO20	mg/l	8.00	7.50	17.90	57.00
DQO	mg/l	12.00	13.00	27.00	80.00
Coliformes fecales	ufc/100 ml	10000.00	150000.00	120000.00	400000.00
Coliformes totales	ufc/100 ml	30000.00	320000.00	450000.00	650000.00
Temperatura in situ del Agua	°C	12.80	16.00	15.00	15.80
temperatura ambiental	°C	19.80	21.40	25.80	21.00

...Sigue

...Continúa

Metales Pesados					
PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 6
Arsénico	mg/l	0.326	0.198	0.142	0.111
Cadmio	ppm	0.003	0.007	0.002	0.001
Cromo	ppm	0.296	0.416	0.421	0.427
Mercurio	ppm	0.022	0.021	0.020	0.020
Plomo	mg/l	0.389	0.529	0.637	0.609

Fuente: Adaptado de Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica Particular de Loja. , 2013-2014

Tabla 13. Resultados Muestreo 1.2

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
pH	unidades arbitrarias	6.85	6.75	6.57	6.43	6.61
Turbiedad	NTU	15.00	2.34	3.66	6.94	11.80
Cloruro	mg/l	8.50	7.50	8.50	8.50	8.50
Alcalinidad	mg/l	76.83	72.89	51.22	51.22	57.13
Nitrato	mg/l	5.00	2.10	2.60	2.80	2.10
Nitrito	mg/l	0.01	0.08	0.24	0.02	0.01
Nitrógeno Total	mg/l	9.80	0.70	4.90	0.70	0.70
Amoniaco	mg/l	4.90	6.10	6.70	6.75	9.90
Hierro Total	mg/l	0.41	0.64	0.48	0.79	5.85
Conductividad eléctrica	microS/cm	171.37	174.74	117.53	126.96	142.16
Fosfatos	mg/l	1.14	1.20	0.50	0.50	0.38
Fósforo	mg/l	1.17	1.08	0.64	0.62	0.49
Oxígeno disuelto	mg/l	5.84	6.64	6.89	5.78	5.48
% de Saturación		75.70	86.10	88.30	75.60	73.40
Sólidos totales disueltos	mg/l	89.68	91.69	60.45	62.87	72.89
Sólidos suspendidos totales	mg/l	32.00	7.00	9.00	17.00	19.00
Sólidos Totales	mg/l	239.00	232.00	171.00	213.00	533.00
Aceites y Grasas	mg/l	18.00	11.00	12.00	26.00	6.00
DBO5	mg/l	23.00	12.00	15.00	16.00	9.50
DBO20	mg/l	56.00	31.00	36.80	37.60	22.70
DQO	mg/l	80.20	43.80	53.20	54.50	32.90

...Sigue

...Continúa

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
Coliformes fecales	ufc/100 ml	1050000.00	750000.00	170000.00	350000.00	120000.00
Coliformes totales	ufc/100 ml	1200000.00	800000.00	450000.00	750000.00	300000.00
Temperatura in situ del Agua	°C	16.10	16.10	15.90	16.60	17.80
temperatura ambiental	°C	20.10	22.70	21.50	24.00	23.00
Metales Pesados						
PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
Arsénico	mg/l	0.043	0.055	0.070	0.039	0.022
Cadmio	ppm	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo	ppm	0.441	0.422	0.438	0.416	0.468
Mercurio	ppm	0.175	0.052	0.070	0.058	0.043
Plomo	mg/l	0.664	0.585	0.474	0.675	0.688

Fuente: Adaptado de Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica Particular de Loja. , 2013-2014

Tabla 14. Resultados Muestreo 2.1.

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 6
pH	unidades arbitrarias	6.66	6.75	6.80	6.67	6.75
Turbiedad	NTU	2.50	31.80	16.80	47.50	28.00
Cloruro	mg/l	3.00	5.00	4.50	9.00	8.00
Alcalinidad	mg/l	20.00	38.00	34.00	61.00	66.00
Nitrato	mg/l	0.80	3.30	2.70	4.30	3.90
Nitrito	mg/l	0.01	0.06	0.08	0.12	0.15
Nitrógeno Total	mg/l	1.40	1.40	2.80	8.40	5.60
Amoniaco	mg/l	0.80	1.71	1.75	5.90	5.20
Hierro Total	mg/l	<0.001	2.52	1.90	0.94	0.11
Conductividad eléctrica	microS/cm	25.05	69.58	69.81	143.96	142.20
Fosfatos	mg/l	0.34	1.80	1.50	3.40	3.70
Fósforo	mg/l	0.03	0.21	0.22	0.92	0.86
Oxígeno disuelto	mg/l	8.41	7.80	7.96	5.65	6.08
% de Saturación		105.30	104.00	102.90	76.60	82.90
Sólidos totales disueltos	mg/l	13.50	35.32	36.46	73.47	72.52

...Sigue

...Continúa

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 6
Sólidos suspendidos totales	mg/l	3.00	13.00	7.00	17.00	8.00
Sólidos Totales	mg/l	31.00	94.00	74.00	135.00	130.00
Aceites y Grasas	mg/l	17.00	20.50	26.25	34.00	45.50
DBO5	mg/l	5.00	9.00	6.00	22.00	10.00
DBO20	mg/l	6.50	11.00	7.20	26.00	12.00
DQO	mg/l	21.00	36.00	23.00	82.00	40.00
Coliformes fecales	ufc/100 ml	2200.00	600.00	20000.00	450000.00	1000000
Coliformes totales	ufc/100 ml	2200.00	4000.00	240000.00	1200000.00	1000000
Temperatura in situ del Agua	°C	13.50	17.10	15.70	18.20	18.40
temperatura ambiental	°C	20.90	27.10	24.10	26.40	21.50
Metales Pesados						
PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 6
Arsénico	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cadmio	ppm	0.017	0.023	0.024	0.022	0.022
Cromo	ppm	0.130	0.148	<0.001	<0.001	<0.001
Mercurio	ppm	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Plomo	mg/l	0.003	0.162	0.128	<0.001	<0.001

Fuente: Adaptado de Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica Particular de Loja. , 2013-2014

Tabla 15. Resultados Muestreo 2.2.

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 5	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
pH	unidades arbitrarias	7.95	7.62	7.44	7.31
Turbiedad	NTU	621.00	570.00	571.00	473.00
Cloruro	mg/l	13.05	8.15	7.34	6.52
Alcalinidad	mg/l	40.00	30.00	30.00	30.00
Nitrato	mg/l	5.70	5.30	4.10	4.60
Nitrito	mg/l	0.01	0.04	0.03	0.06
Nitrógeno Total	mg/l	5.60	8.40	8.40	20.99
Amoniaco	mg/l	3.00	2.48	2.41	2.00

...Sigue

...Continúa

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 5	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
Hierro Total	mg/l	1.01	1.02	1.08	1.23
Conductividad eléctrica	microS/cm	80.01	67.87	85.97	90.08
Fosfatos	mg/l	0.25	0.23	0.16	0.17
Fósforo	mg/l	0.02	0.00	0.00	0.12
Oxígeno disuelto	mg/l	8.50	8.45	8.22	7.98
% de Saturación		105.90	105.20	103.50	103.00
Sólidos totales disueltos	mg/l	95.00	79.00	94.00	87.00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	417.00	583.00	566.00	479.00
Sólidos Totales	mg/l	512.00	662.00	568.00	506.00
Aceites y Grasas	mg/l	18.00	5.00	11.00	5.00
DBO5	mg/l	3.00	2.60	6.00	4.00
DBO20	mg/l	4.00	3.20	7.20	5.00
DQO	mg/l	11.00	10.00	23.00	15.00
Coliformes fecales	ufc/100 ml	16000.00	310000.00	360000.00	14500.00
Coliformes totales	ufc/100 ml	18000.00	520000.00	600000.00	16000.00
Temperatura in situ del Agua	°C	14.00	14.50	14.90	16.20
temperatura ambiental	°C	16.00	20.00	23.00	25.00
Metales Pesados					
PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 5	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
Arsénico	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cadmio	ppm	0.026	0.029	0.032	0.036
Cromo	ppm	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Mercurio	ppm	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Plomo	mg/l	0.600	0.628	0.619	0.644

Fuente: Adaptado de Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica Particular de Loja. , 2013-2014

Tabla 16. Resultados Muestreo 3.

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
pH	unidades arbitrarias	5.66	6.28	6.30	6.51	6.65	6.46	6.68	6.57	6.71
Turbiedad	NTU	7.04	38.70	51.20	54.80	30.50	47.50	89.00	46.90	53.70
Cloruro	mg/l	5.00	7.00	5.00	9.00	12.00	9.00	12.00	10.00	15.00
Alcalinidad	mg/l	20.00	30.00	26.00	22.00	44.00	34.00	40.00	30.00	46.00
Nitrato	mg/l	2.50	4.30	3.70	4.70	3.80	5.00	4.00	4.60	4.00
Nitrito	mg/l	0.01	0.10	0.01	0.04	0.10	0.12	0.09	0.11	0.23
Nitrógeno Total	mg/l	12.59	16.79	11.19	25.19	29.39	15.39	15.39	9.80	13.29
Amoniaco	mg/l	0.70	2.01	1.28	2.47	4.80	2.27	4.32	2.35	4.44
Hierro Total	mg/l	0.359	0.330	0.301	0.287	<0.001	0.001	0.343	<0.001	1.085
Conductividad eléctrica	microS/cm	18.26	61.89	34.76	72.35	107.56	77.72	95.20	83.45	132.94
Fosfatos	mg/l	0.03	0.13	0.06	0.17	0.47	0.14	0.44	0.19	0.38
Fósforo	mg/l	0.02	0.22	0.18	0.48	0.74	0.44	0.64	0.40	0.83
Oxígeno disuelto	mg/l	8.91	8.76	8.99	8.40	8.28	8.32	7.69	8.14	7.31
% de Saturación		109.40	108.40	111.20	106.90	104.20	107.20	100.30	102.70	94.80
Sólidos totales disueltos	mg/l	8.52	33.46	17.44	37.33	54.33	40.18	48.46	43.22	67.22

...Sigue

...Continúa

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
Sólidos suspendidos totales	mg/l	1.00	17.00	27.00	33.00	33.00	27.00	33.00	7.00	40.00
Solidos Totales	mg/l	45.00	72.00	82.00	132.00	106.00	103.00	77.00	82.00	524.00
Aceites y Grasas	mg/l	2.00	0.00	3.00	4.00	2.00	0.00	5.00	4.00	27.00
DBO5	mg/l	3.00	2.00	4.00	9.00	7.00	12.00	4.00	5.00	3.00
DBO20	mg/l	7.00	3.00	6.00	11.00	8.00	14.00	5.00	6.00	8.00
DQO	mg/l	12.00	7.00	15.00	34.00	26.00	48.00	17.00	19.00	13.00
Coliformes fecales	ufc/100 ml	30000	440000	110000	120000	1000000	490000	850000	420000	740000
Coliformes totales	ufc/100 ml	250000	740000	190000	4000000	4000000	920000	950000	960000	850000
Temperatura in situ del Agua	°C	12.70	13.80	16.70	15.40	14.70	15.80	16.50	15.00	16.40
temperatura ambiental	°C	15.80	17.80	19.10	21.70	17.50	20.80	25.30	17.50	22.60
Metales Pesados										
PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 5	PUNTO 6	PUNTO 7	PUNTO 8	PUNTO 9
Arsénico	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.005	<0.001
Cadmio	ppm	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo	ppm	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Mercurio	ppm	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Plomo	mg/l	0.170	0.256	0.273	0.376	0.423	0.470	0.529	0.544	0.600

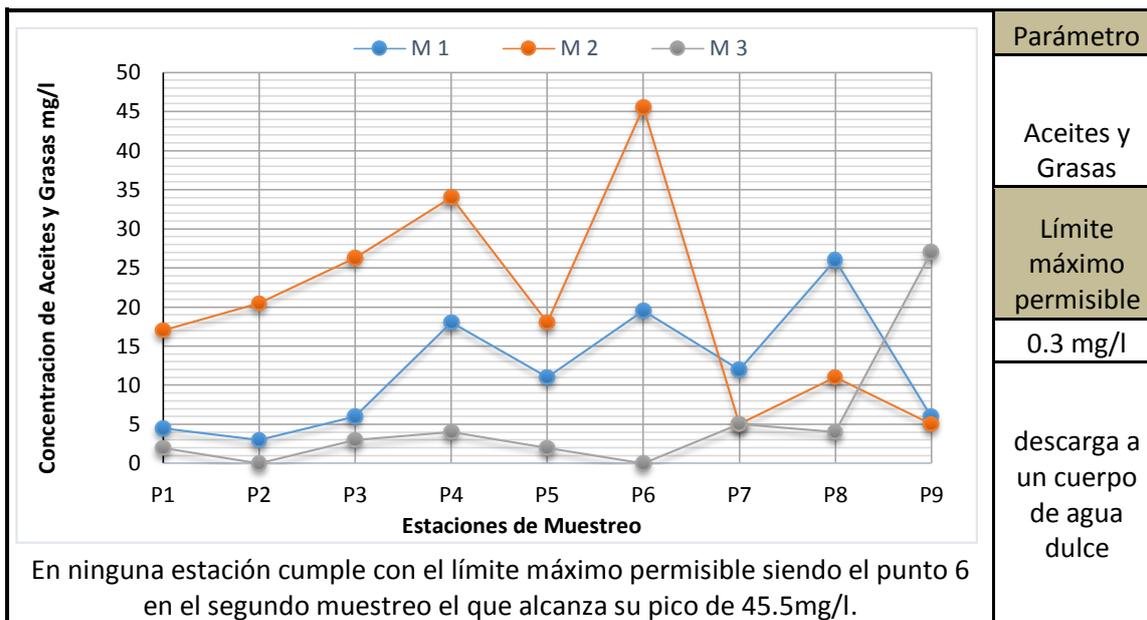
Fuente: Adaptado de Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica Particular de Loja. , 2013-2014

2.2. Análisis de Resultados de ensayos por parámetro.

A continuación se detalla la relación entre la concentraciones de cada parámetro en función de la estación de monitoreo para su comparación por muestreo realizado además del límite máximo permisible establecido por la normativa ecuatoriana.

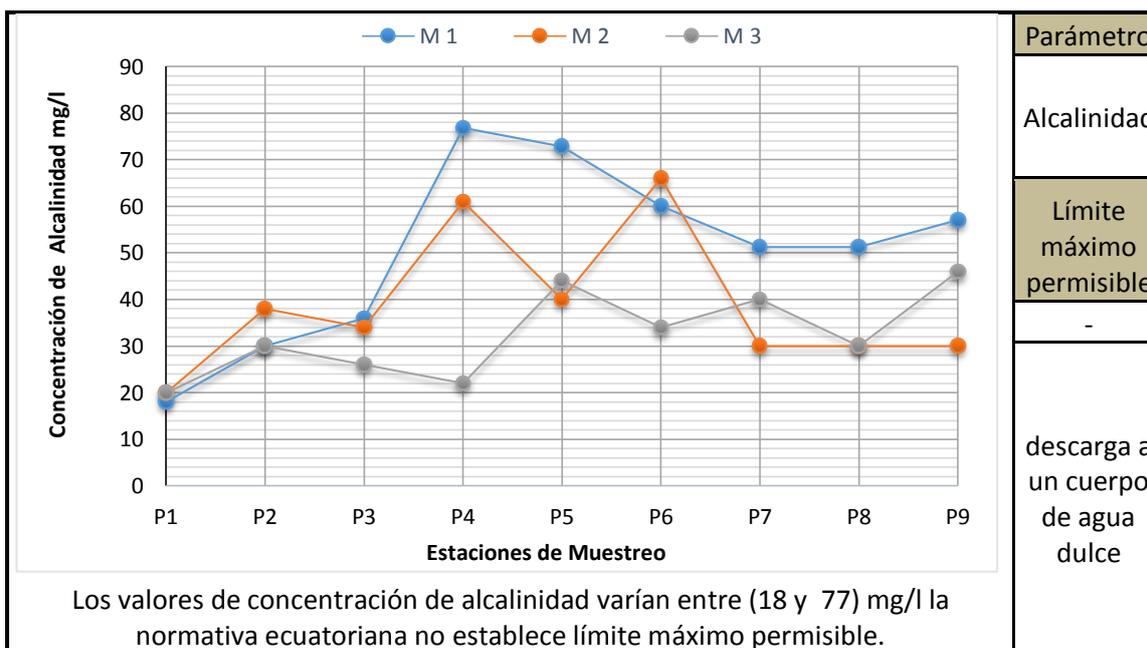
El análisis estadístico se realizó por punto de monitoreo en el que se relaciona la concentración de cada parámetro en función de los monitoreos realizados **ANEXO1**.

Tabla 17. Variación de Aceites y grasas.



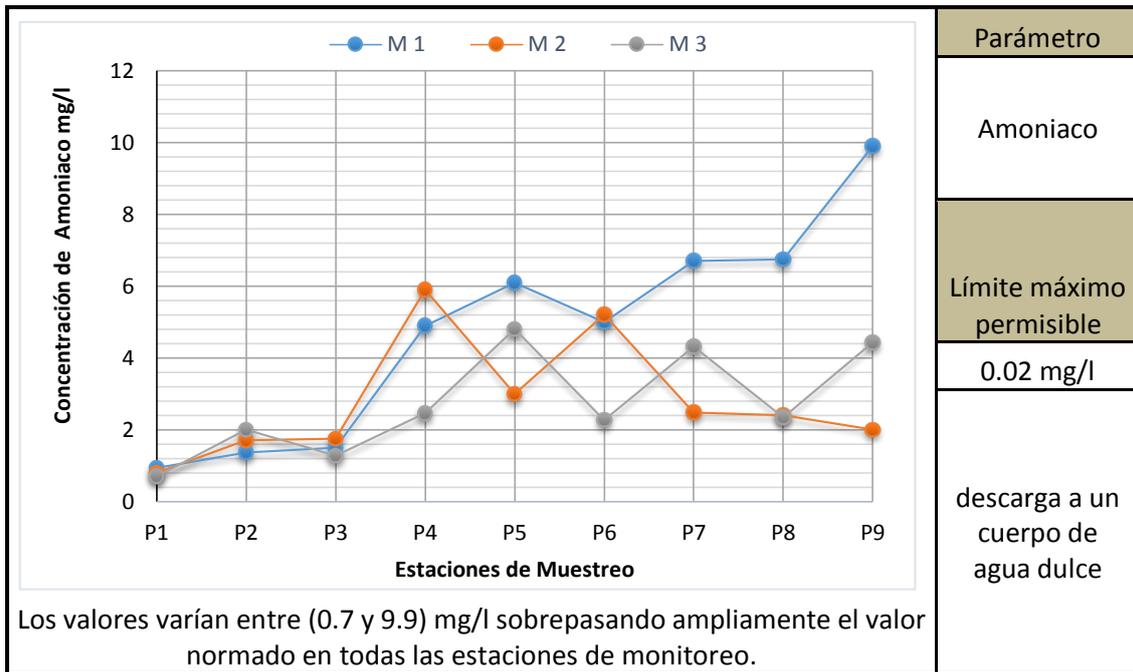
Fuente: El Autor

Tabla 18. Variación de Alcalinidad.



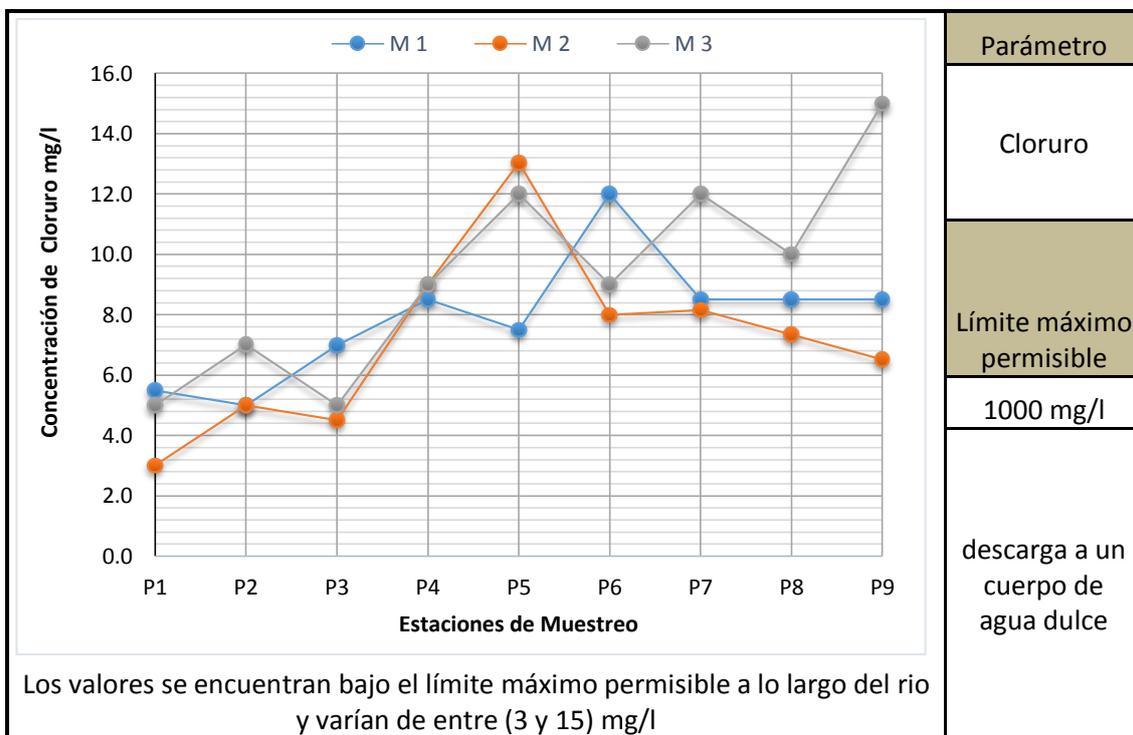
Fuente: El Autor

Tabla 19. Variación de Amoniaco.



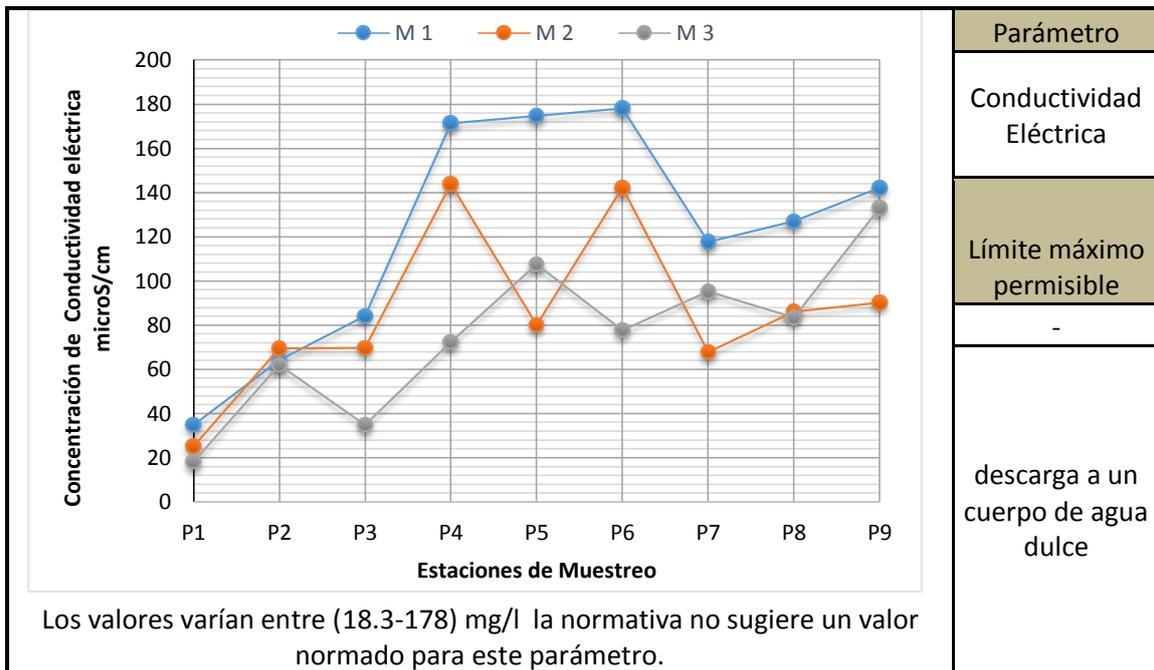
Fuente: El Autor

Tabla 20. Variación de Cloruro.



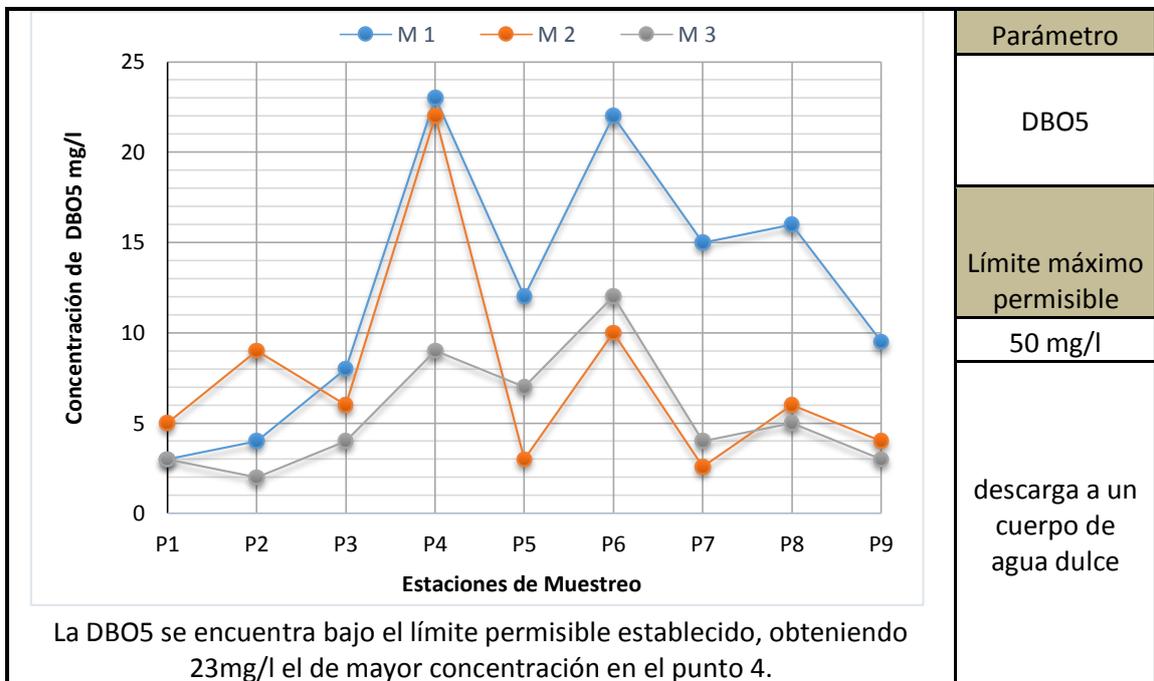
Fuente: El Autor

Tabla 21. Variación de Conductividad Eléctrica.



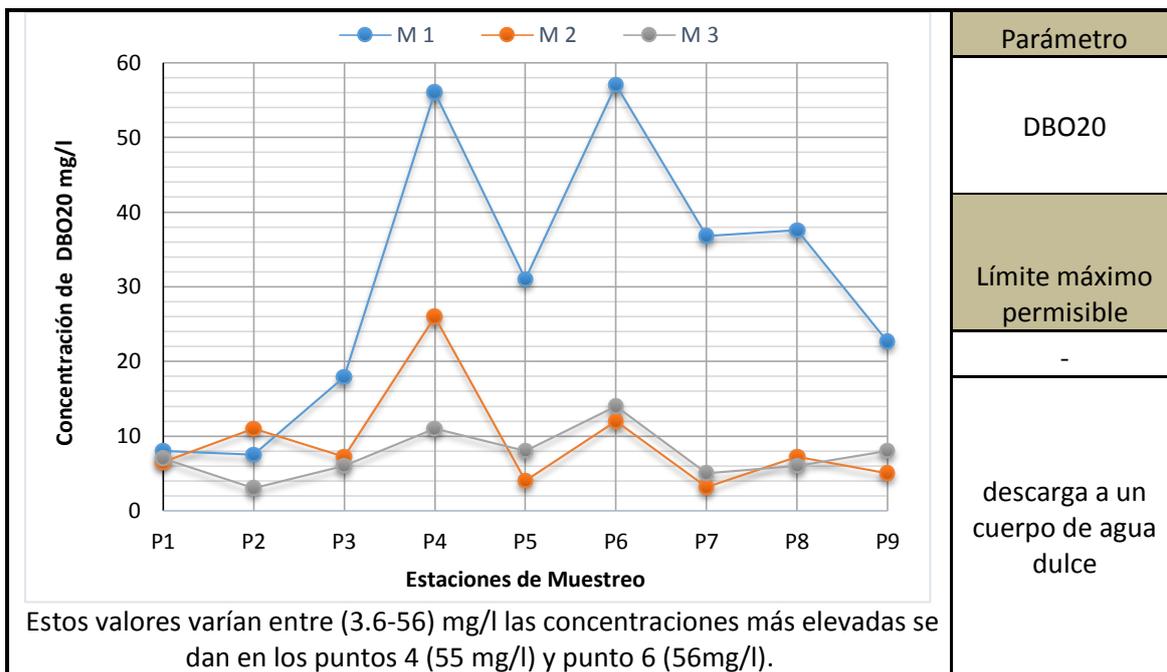
Fuente: El Autor

Tabla 22. Variación de DBO5.



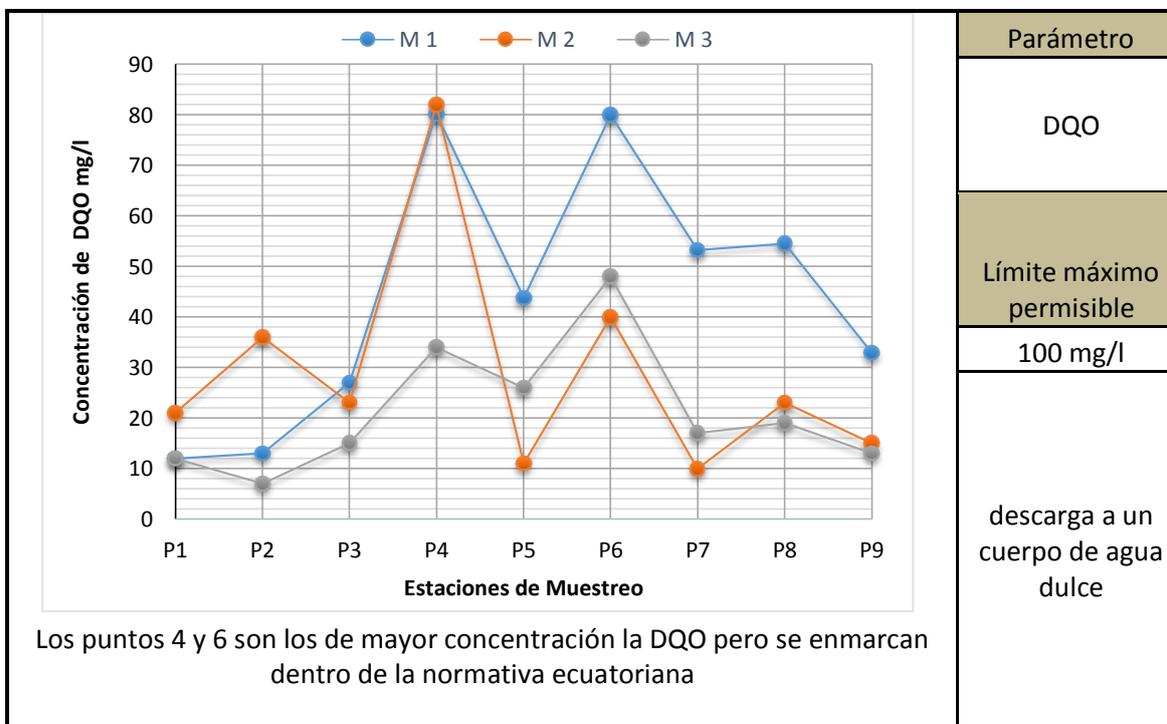
Fuente: El Autor

Tabla 23. Variación de DBO20.



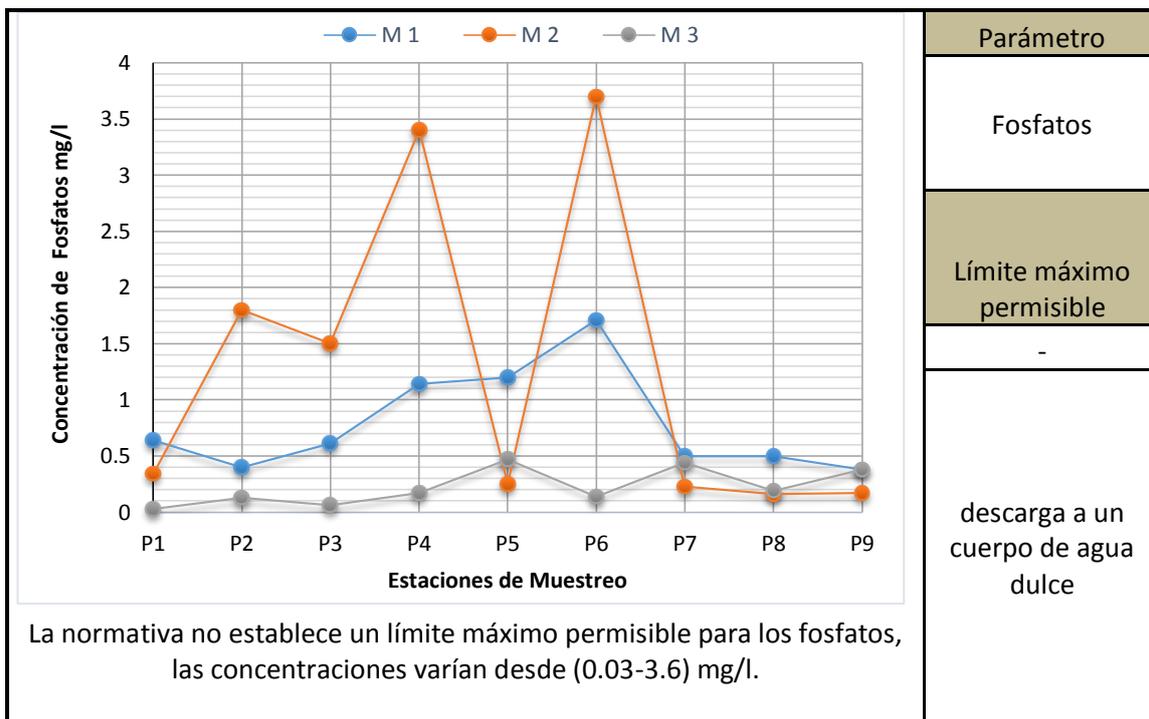
Fuente: El Autor

Tabla 24. Variación de DQO.



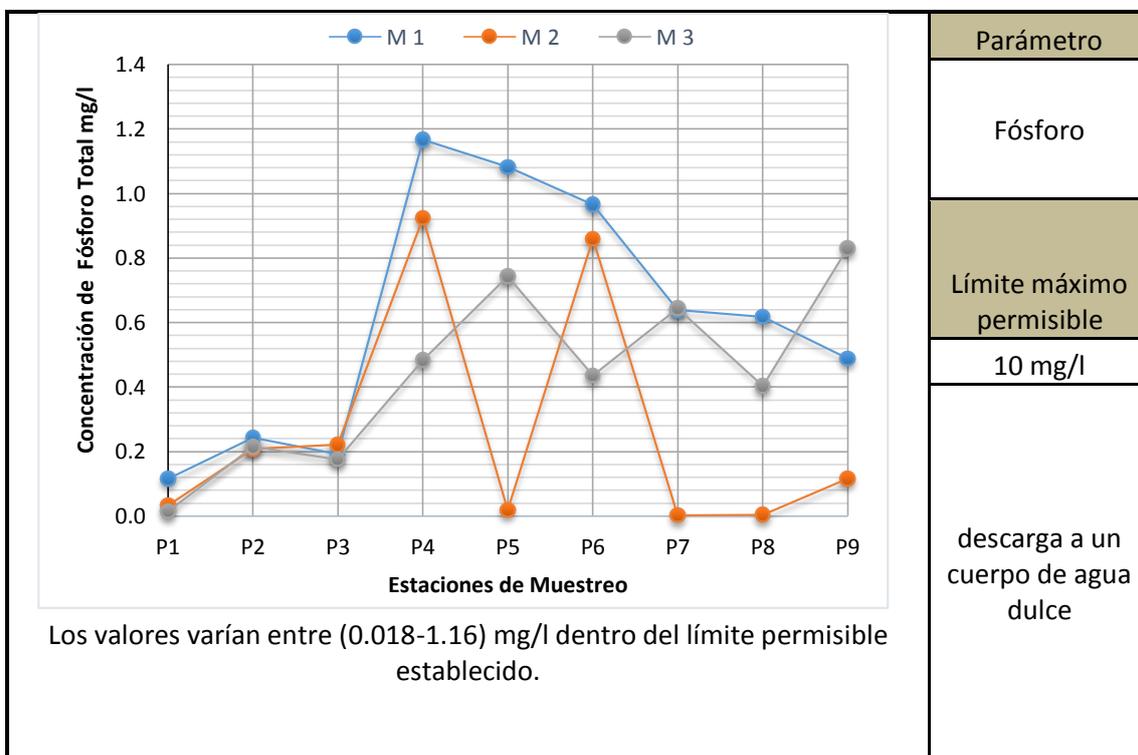
Fuente: El Autor

Tabla 25. Variación de Fosfatos.



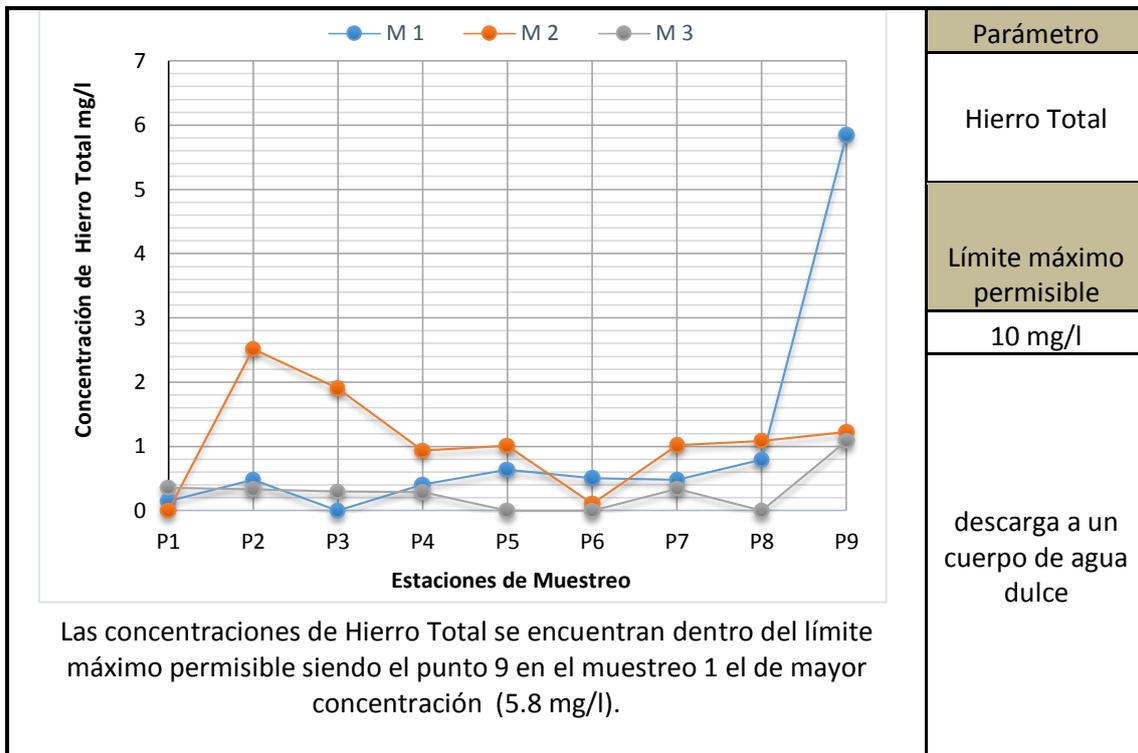
Fuente: El Autor

Tabla 26. Variación de Fósforo.



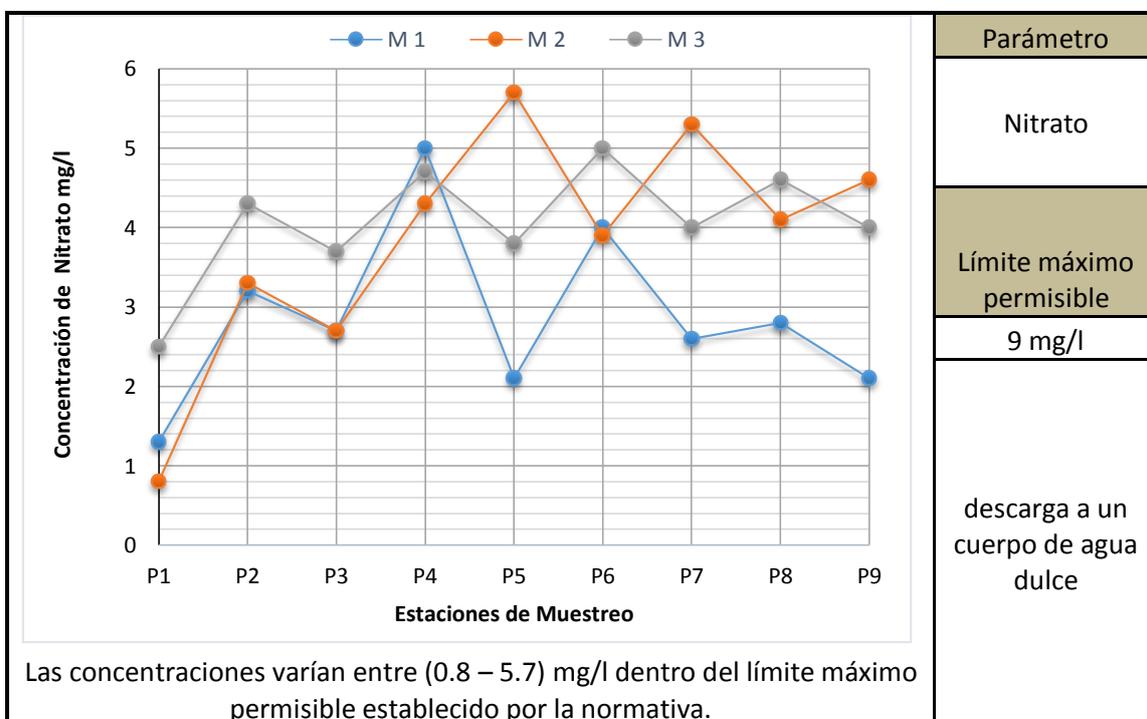
Fuente: El Autor

Tabla 27. Variación de Hierro Total.



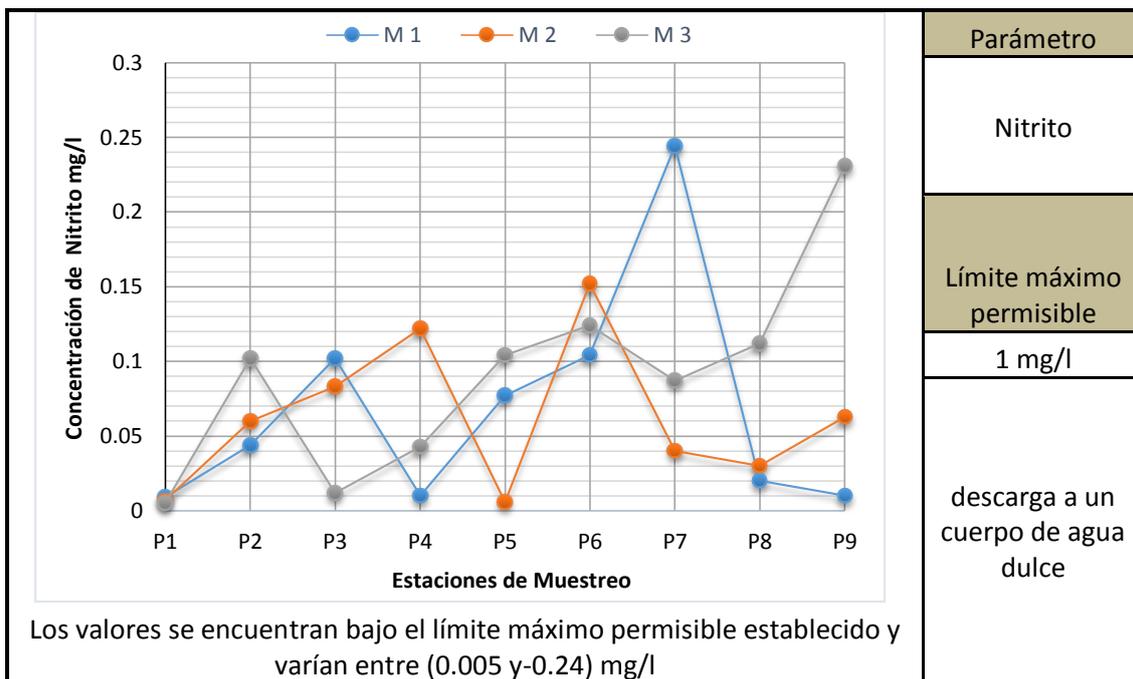
Fuente: El Autor

Tabla 28. Variación de Nitrato.



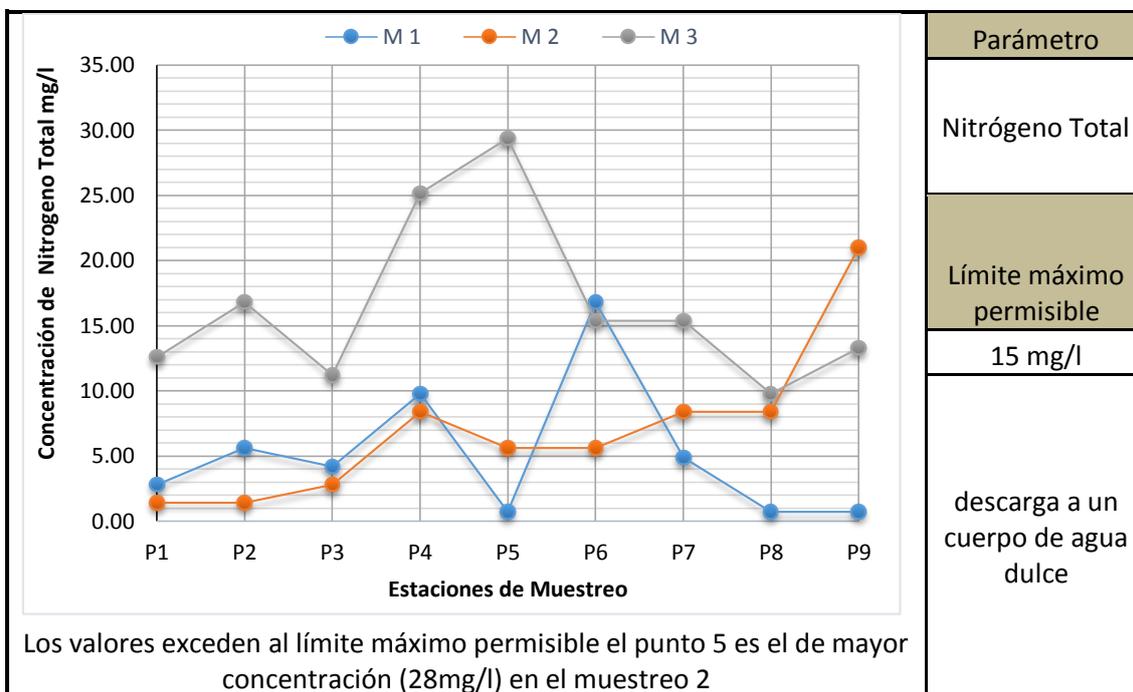
Fuente: El Autor

Tabla 29. Variación de Nitrito.



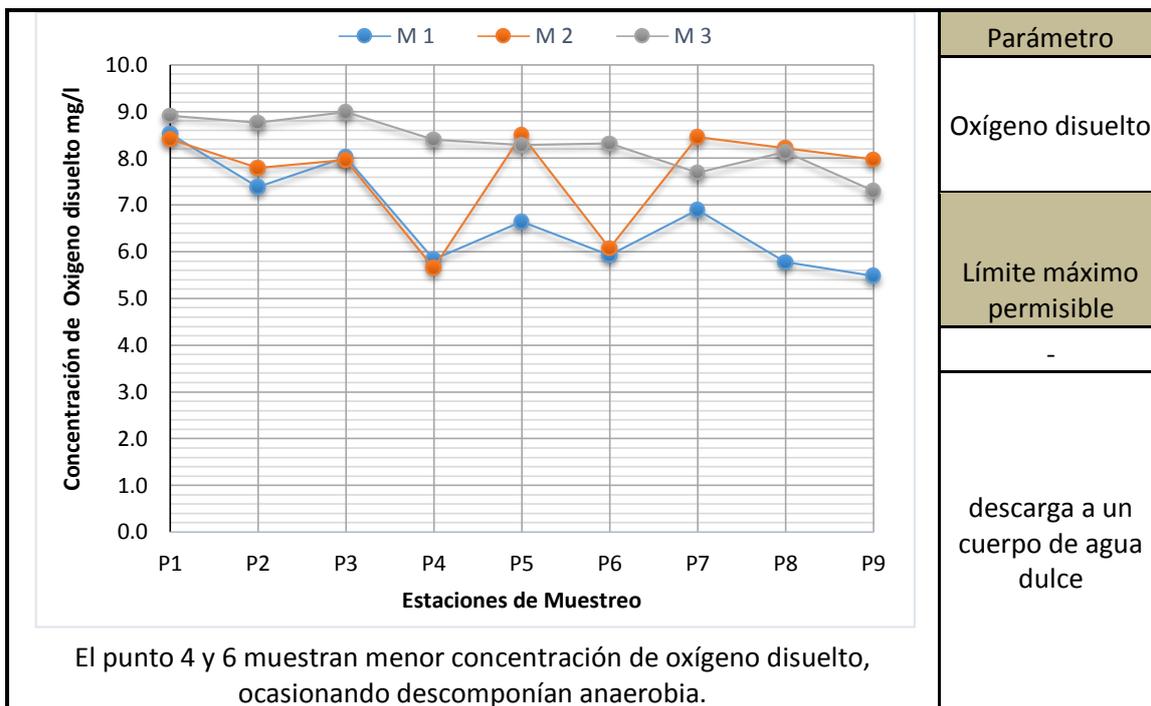
Fuente: El Autor

Tabla 30. Variación de Nitrógeno Total.



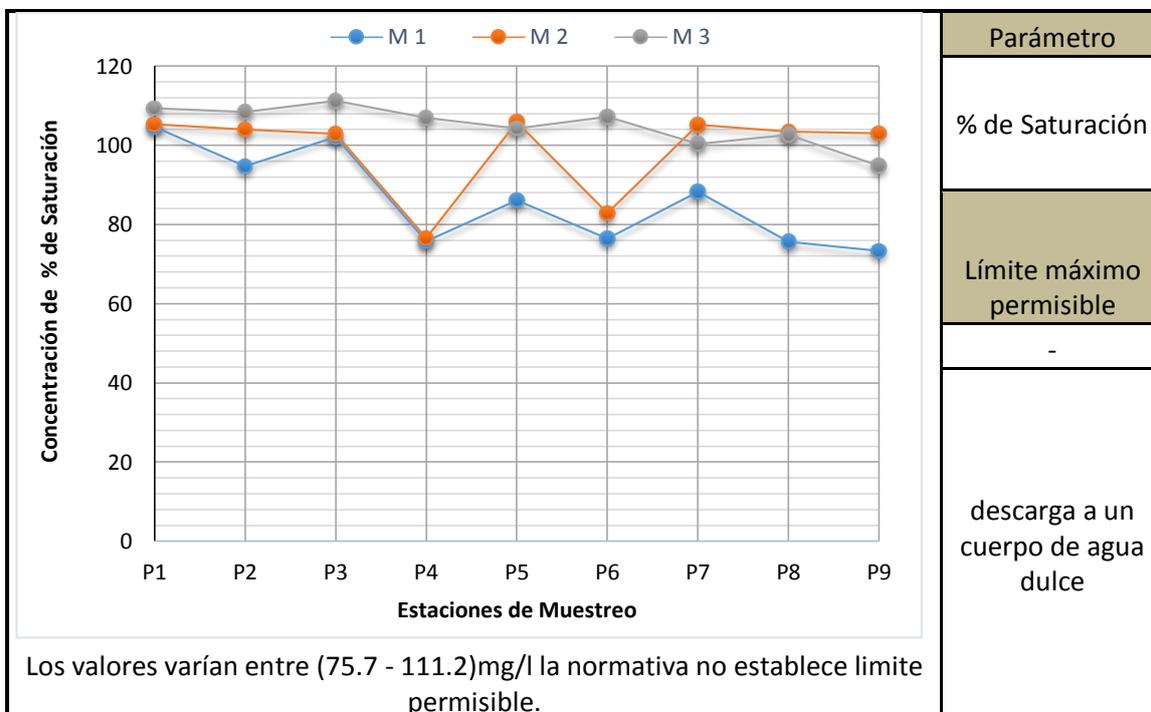
Fuente: El Autor

Tabla 31. Variación de Oxígeno disuelto.



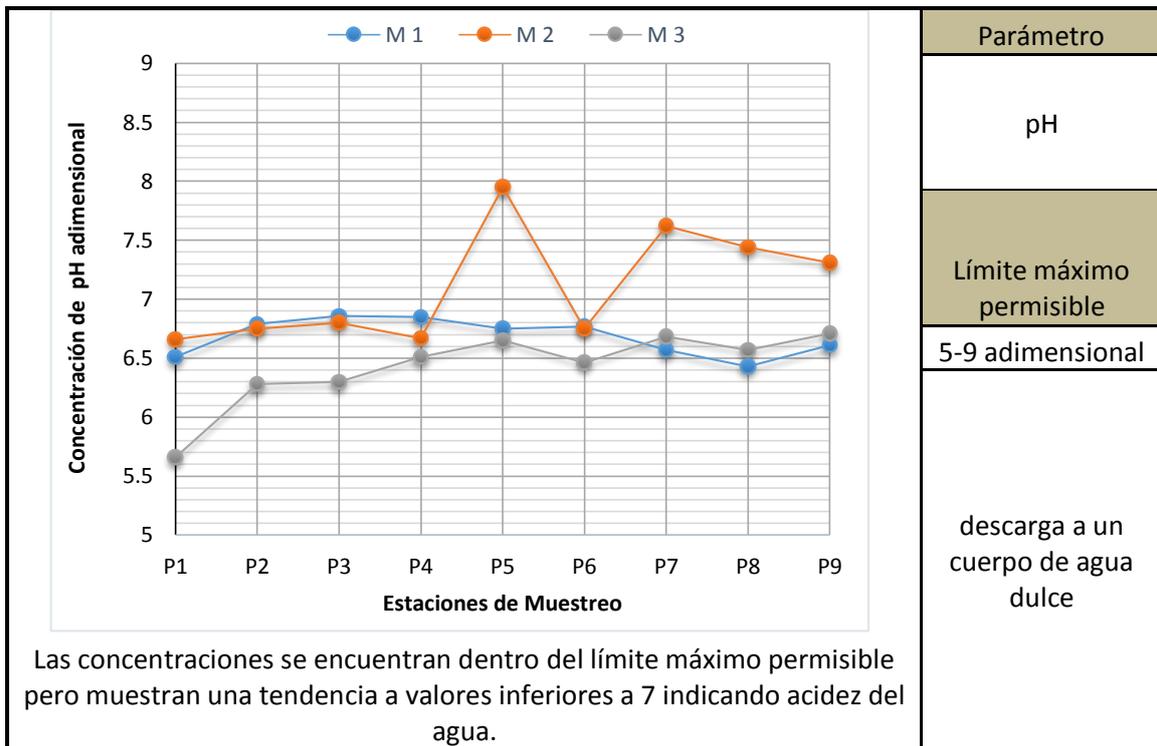
Fuente: El Autor

Tabla 32. Variación de % de Saturación.



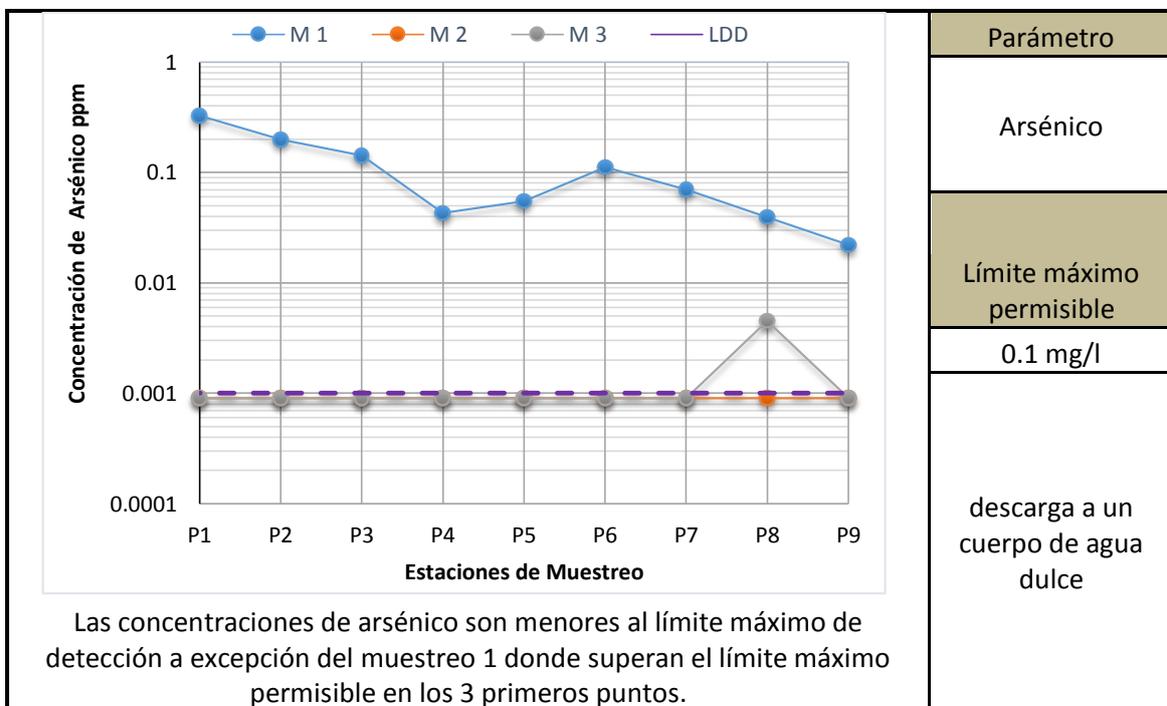
Fuente: El Autor

Tabla 33. Variación de pH.



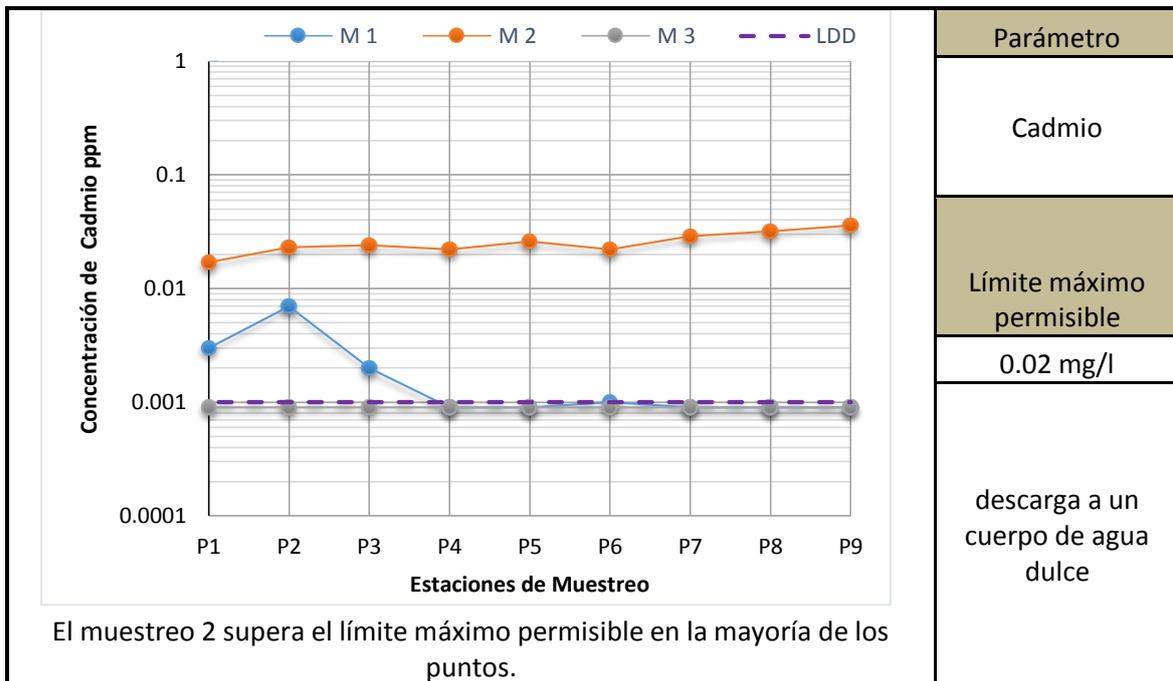
Fuente: El Autor

Tabla 34. Variación de Arsénico.



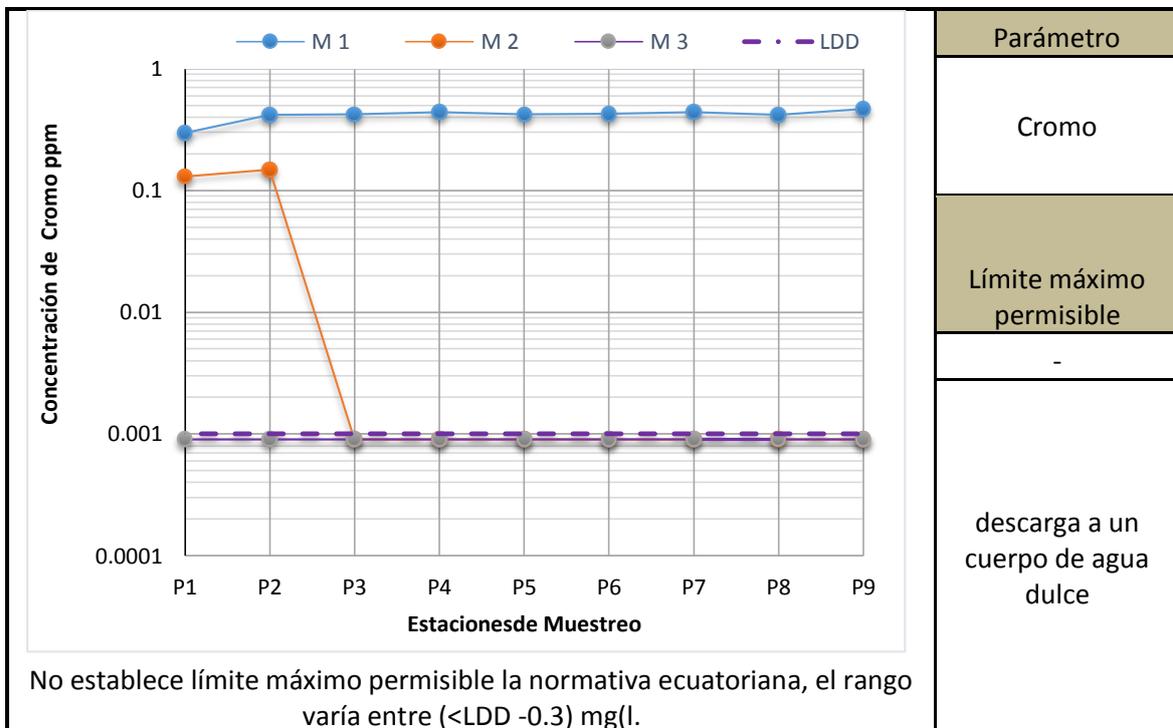
Fuente: El Autor

Tabla 35. Variación de Cadmio.



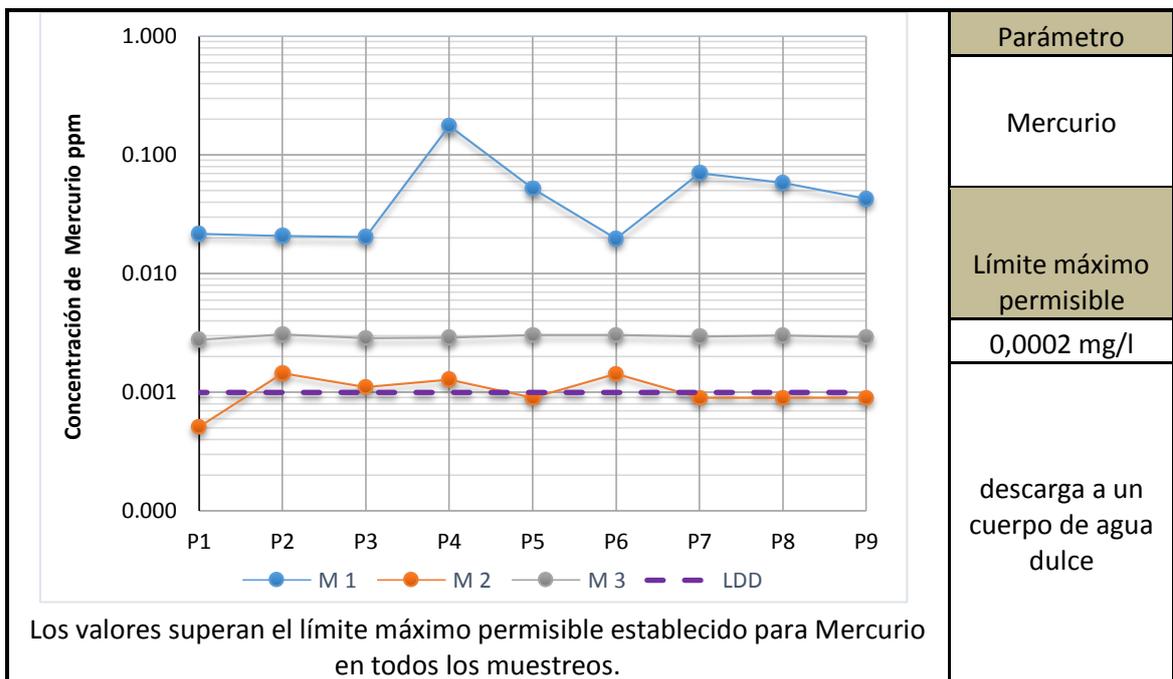
Fuente: El Autor

Tabla 36. Variación de Cromo.



Fuente: El Autor

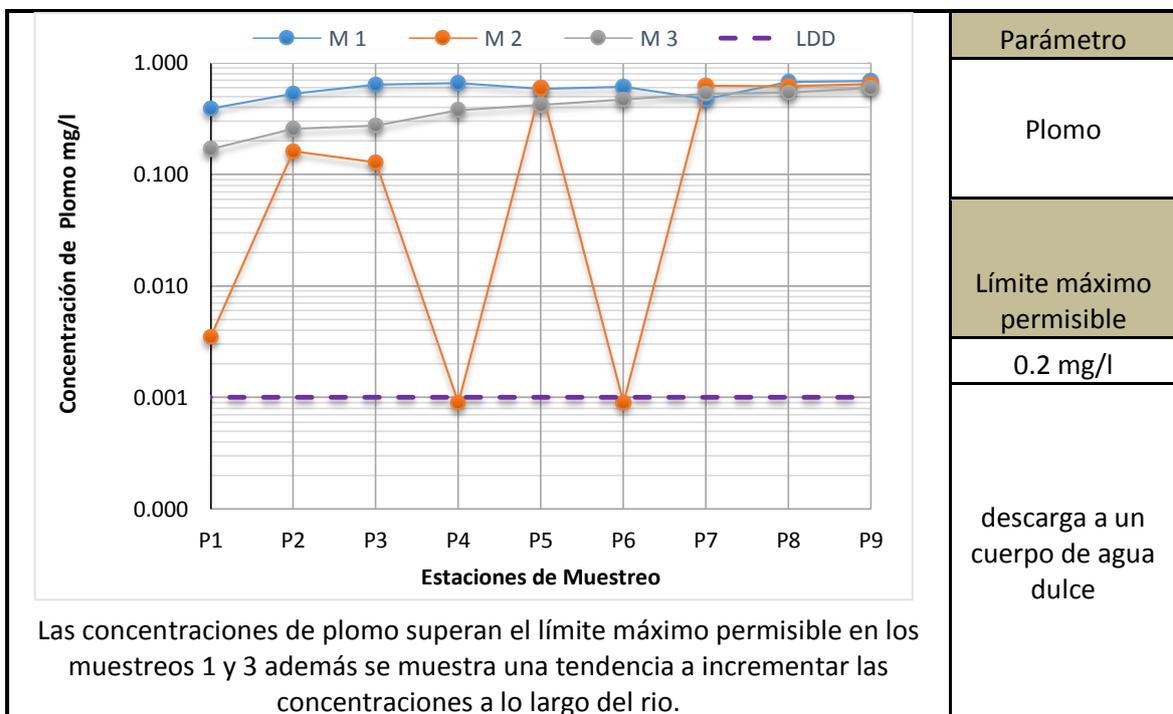
Tabla 37. Variación de Mercurio.



Parámetro
Mercurio
Límite máximo permisible
0,0002 mg/l
descarga a un cuerpo de agua dulce

Fuente: El Autor

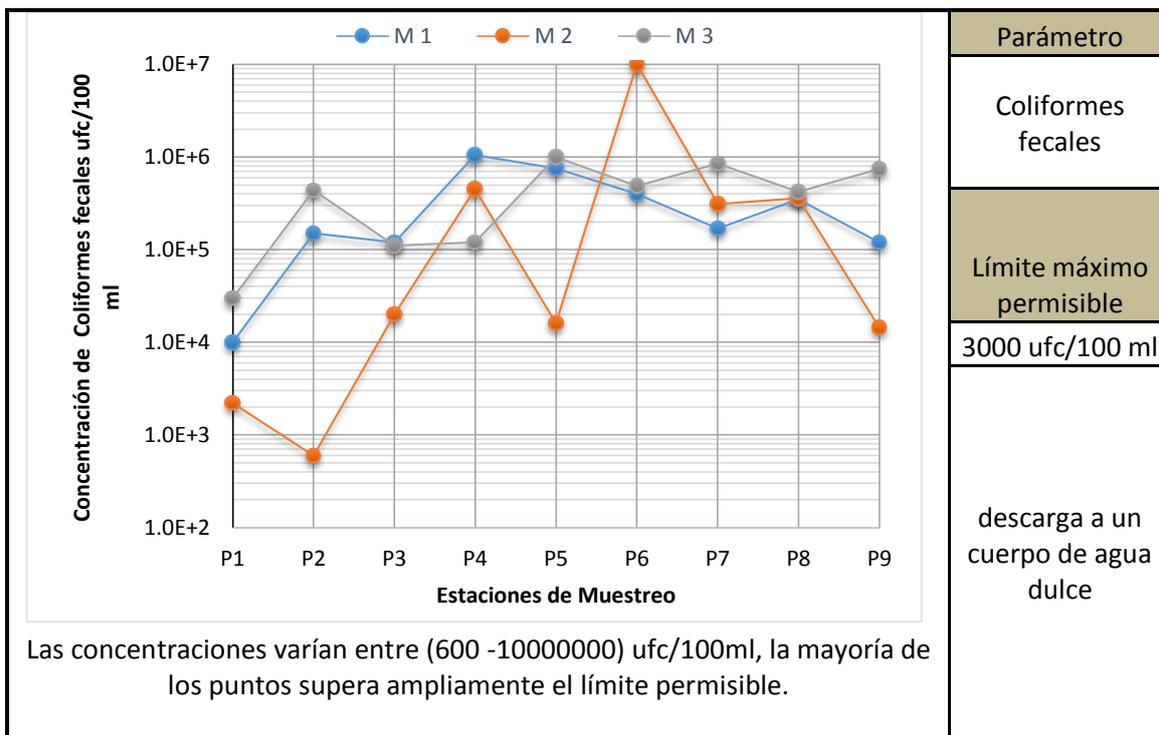
Tabla 38. Variación de Plomo.



Parámetro
Plomo
Límite máximo permisible
0.2 mg/l
descarga a un cuerpo de agua dulce

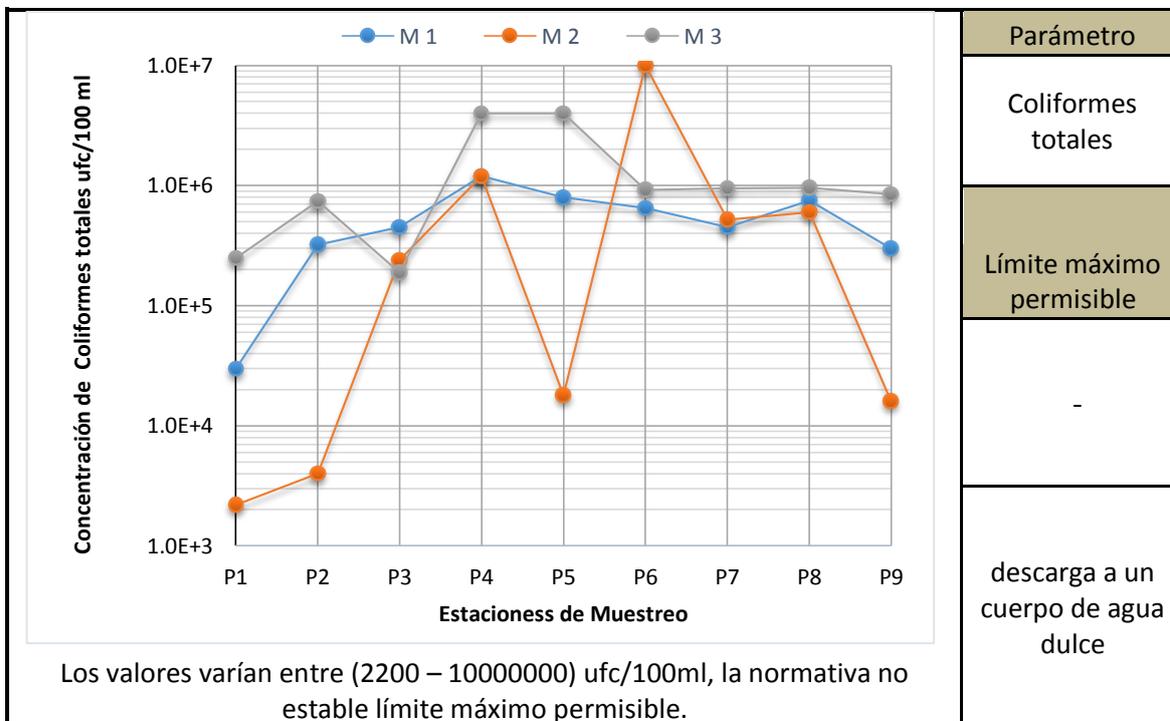
Fuente: El Autor

Tabla 39. Variación de Coliformes fecales.



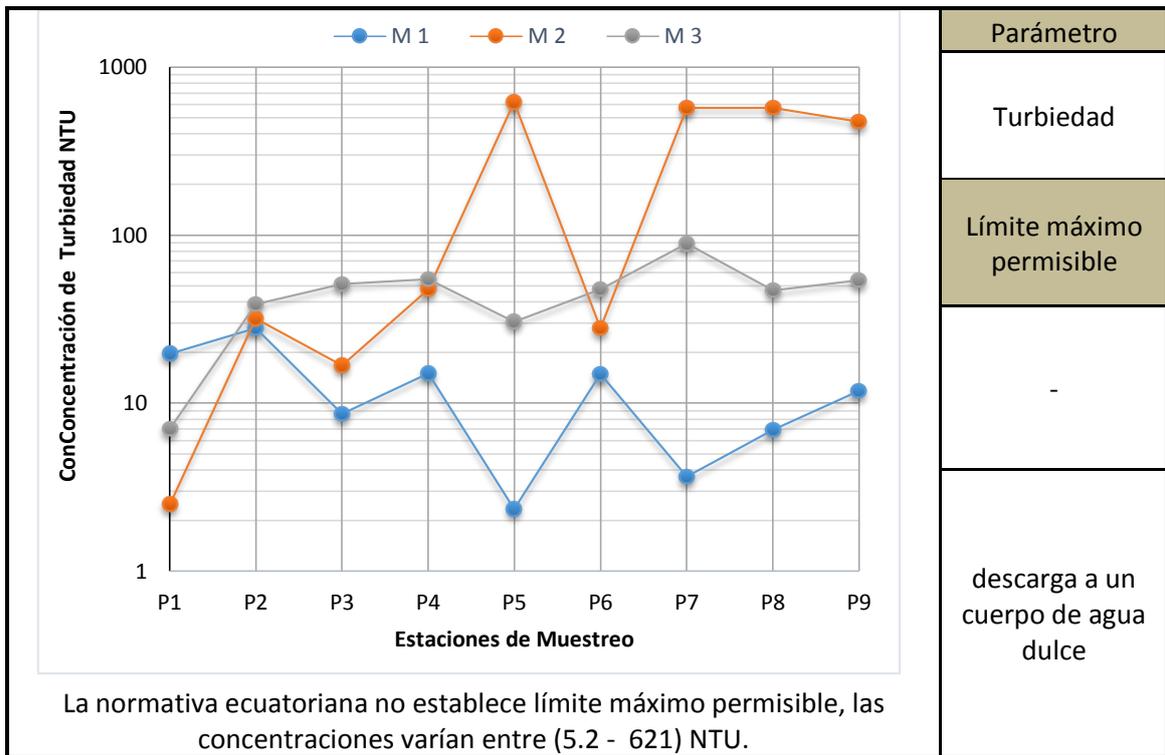
Fuente: El Autor

Tabla 40. Variación de Coliformes totales.



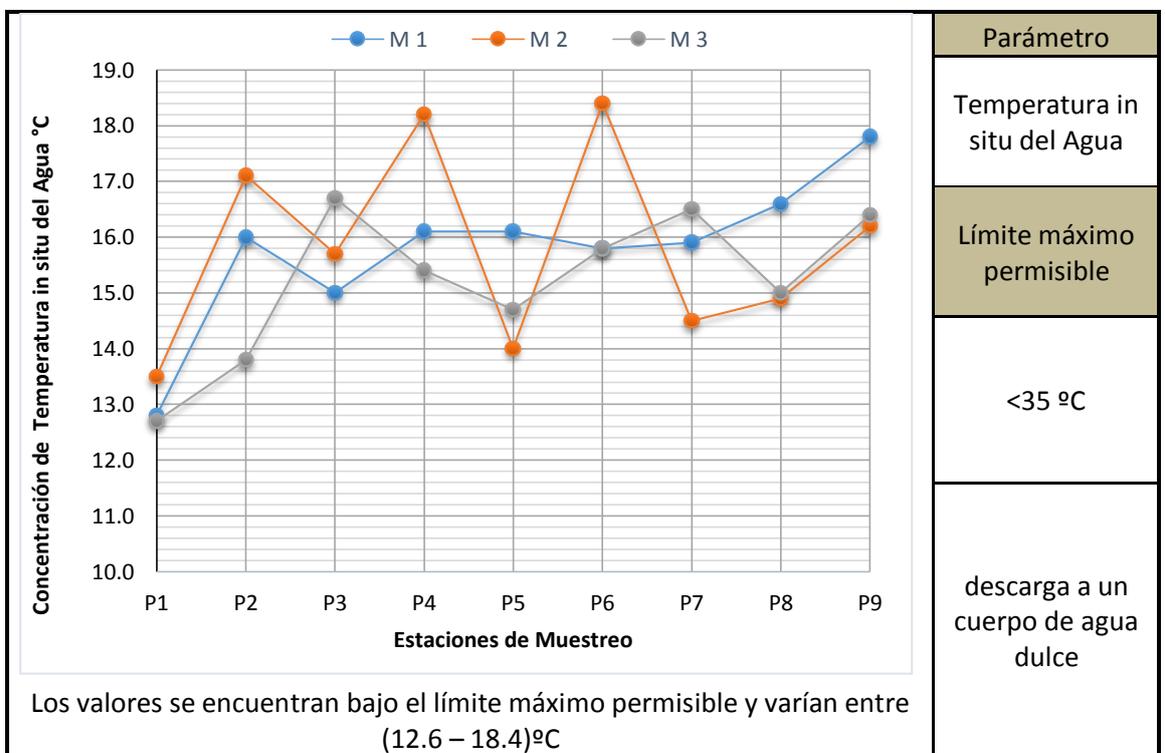
Fuente: El Autor

Tabla 41. Variación de Turbiedad.



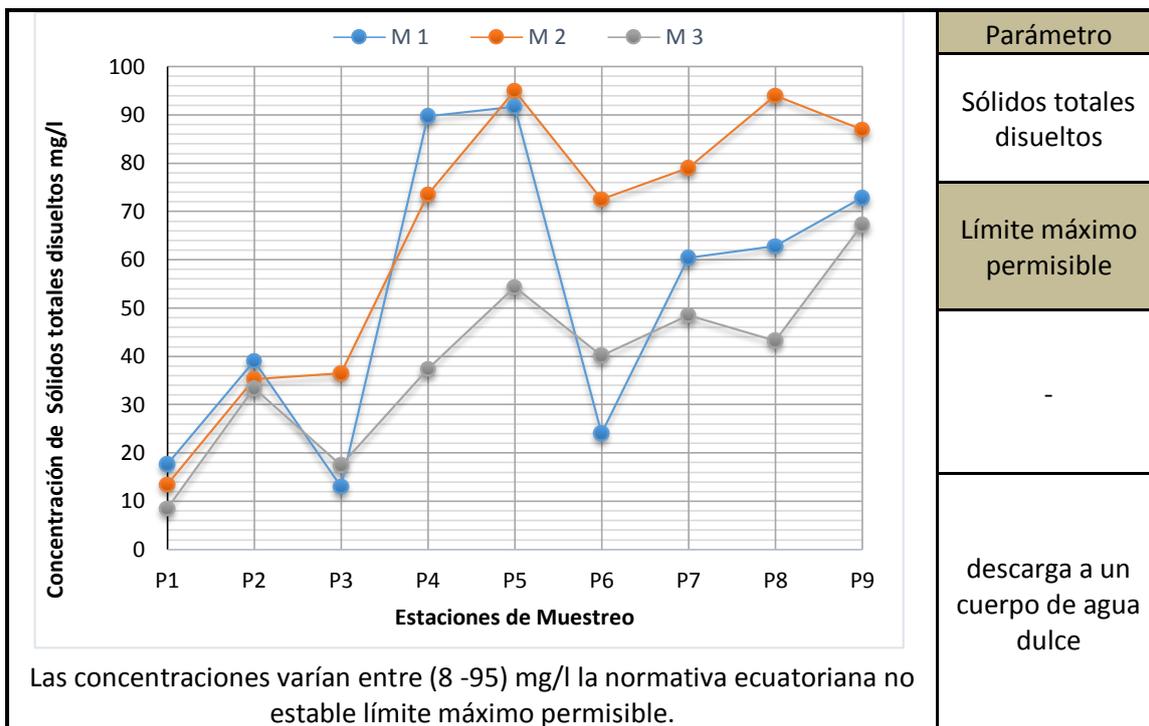
Fuente: El Autor

Tabla 42. Variación de Temperatura in situ del Agua.



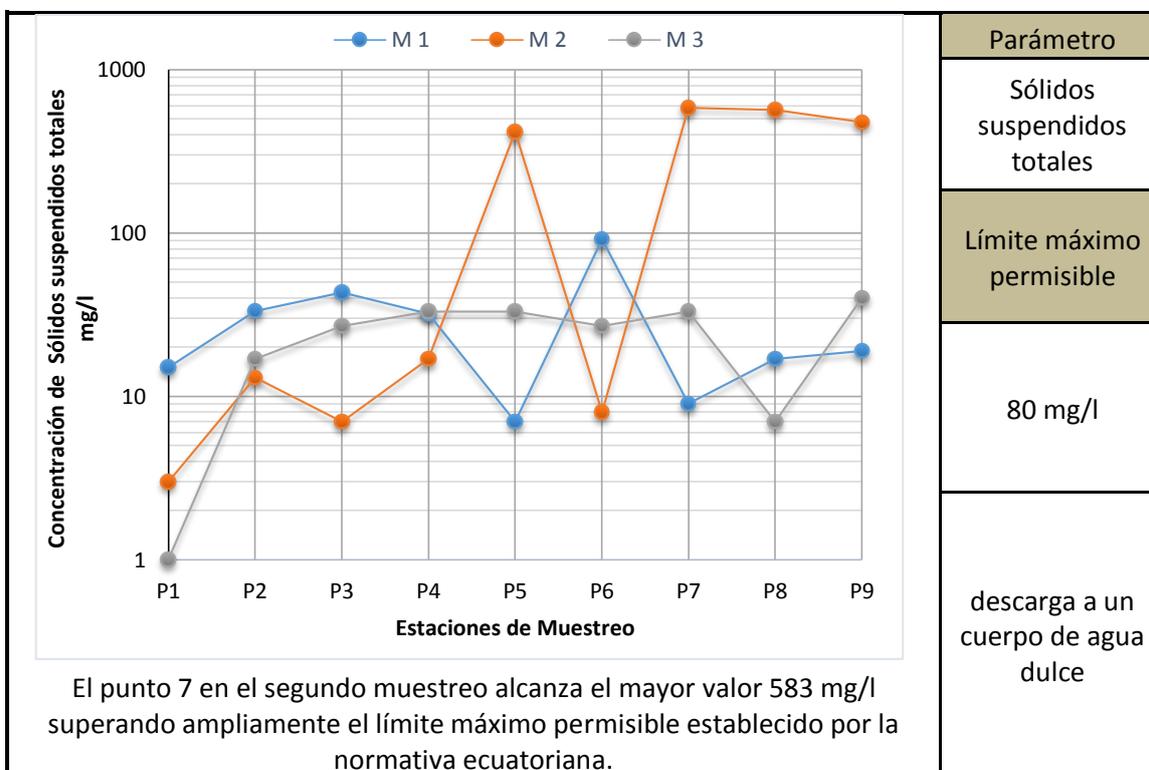
Fuente: El Autor

Tabla 43. Variación de Sólidos totales disueltos.



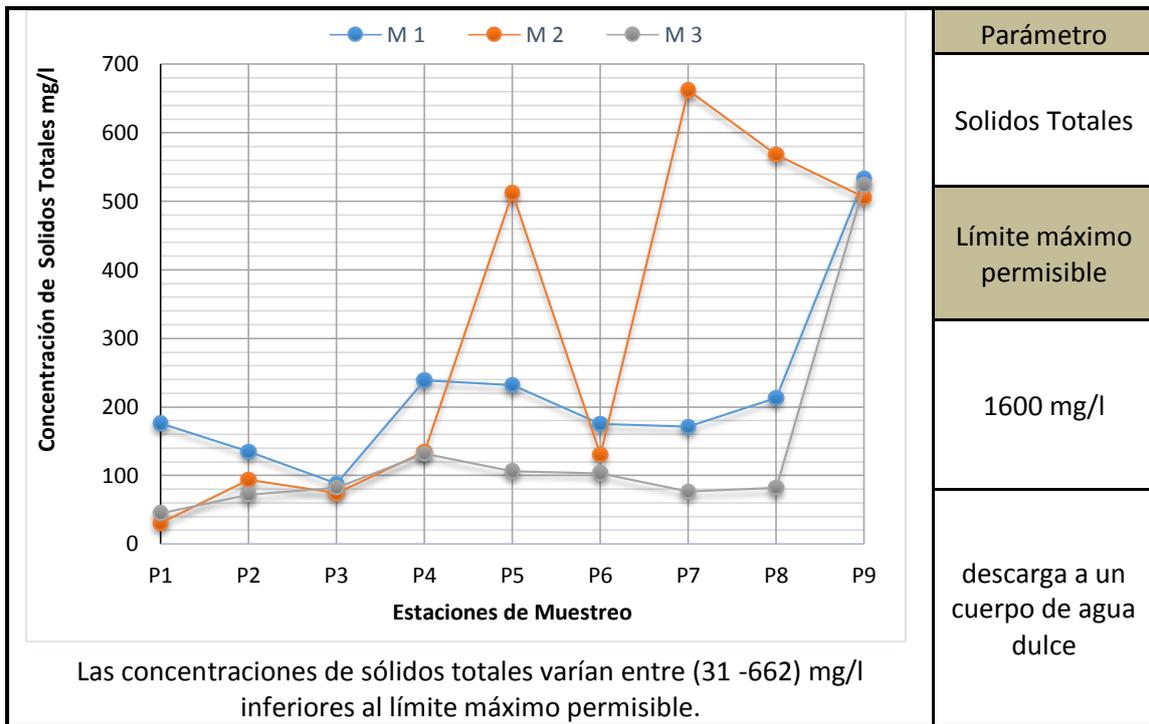
Fuente: El Autor

Tabla 44. Variación de Sólidos suspendidos totales.



Fuente: El Autor

Tabla 45. Variación de Sólidos Totales.



Fuente: El Autor

CAPÍTULO III

3. Índices de calidad de agua.

La calidad de agua se valora a partir de un conjunto de características físicas, químicas y biológicas, en relación a estándares o límites máximos permisibles que se enmarcan dentro de una legislación con esto lograr validar su adaptabilidad a un uso determinado.

Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico. (Orozco Barrenetxea, Alfayate Blanco, González Vidal, Pérez Serrano, & Rodríguez Vidal , 2005)

Un índice de calidad de agua consiste, básicamente, en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, que permite valorar la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso, un color. (Fernández, Ramírez, & Solano, 2005)

El ICA permitirá reflejar las condiciones reales en términos de calidad de agua los diferentes tramos del curso, a fin de generar información que permita plantear medidas apropiadas de manejo, conservación del recurso hídrico, y también de mitigación de contaminación.

Tabla 46. Ventajas y limitaciones del ICA.

Ventajas	Limitaciones
Permiten mostrar la variación espacial y temporal de la calidad del agua.	Proporcionan un resumen de los datos.
Método simple, conciso y válido para expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio.	No proporcionan información completa sobre la calidad del agua.
Útiles en la evaluación de la calidad del agua para usos generales.	No pueden evaluar todos los riesgos presentes en el agua.
Permiten a los usuarios una fácil interpretación de los datos.	Pueden ser subjetivos y sesgados en su formulación.
Pueden identificar tendencias de la calidad del agua y áreas problemáticas.	No son de aplicación universal debido a las diferentes condiciones ambientales que presentan las cuencas de una región a otra.

...Sigue

Continúa...

Ventajas	Limitaciones
Permiten priorizar para evaluaciones de calidad del agua más detalladas.	Se basan en generalizaciones conceptuales que no son de aplicación universal.
Mejoran la comunicación con el público y aumentan su conciencia sobre las condiciones de calidad del agua.	Algunos científicos y estadísticos tienden a rechazar y criticar su metodología, lo que afecta la credibilidad de los ICA como una herramienta para la gestión.
Ayudan en la definición de prioridades con fines de gestión.	

Fuente: (Torres, Cruz, & Patiño, 2009)

3.1. Water Quality Index of the National Sanitation Foundation de los Estados Unidos (NSF WQI).

El índice propuesto por la Fundación Nacional de Saneamiento utiliza la metodología Delphi (1) y es ampliamente manejado entre todos los índices de calidad de agua existentes, además que puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río además de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos.

$$WQI = \sum_{i=1}^9 w_i q_i \quad (1)$$

En la utilización del índice se encontró que la formulación aritmética en el cálculo carecía de sensibilidad, esto llevo a (Brown et al 1973) a proponer una variación NFS-WQI (2).

$$WQI = \prod_{i=1}^n S_i^{w_i} \quad (2)$$

Donde:

W_i : son los pesos específicos asignados a cada parámetro (i), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a la unidad.

S_i : q_i : Es la calidad del parámetro (i), en función de su concentración y cuya calificación oscila entre 0 y 100. Se lo obtiene de las curvas de variación de la calidad en función de cada parámetro.

En la primera etapa para la elaboración de este índice, se convocó a un panel de 142 expertos profesionales en diferentes áreas en el tema de calidad de agua, los cuales definieron en base a una lista de 35 parámetros los cuales a su criterio debían ser incluidos por su importancia en el índice de calidad de agua, los parámetros debían ser clasificados como: “incluidos”, “no incluidos” e “indecisos”, de los calificados como “incluidos” se presentaría una evaluación según su grado de contaminación sobre la calidad de agua en un escala de 1 a 5 siendo 1 la calificación para el que tuviese mayor impacto y 5 para una importancia relativamente baja, además de esto los expertos tendrían la oportunidad de añadir algún parámetro a su criterio necesario.

En la segunda etapa se dio la evaluación comparativa de las respuestas de los expertos y se incluyeron los parámetros añadidos por petición y con base en ello se constituyeron 9 variables como aquellas que conformarían el índice y fueron: demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, variación de temperatura, coliformes fecales, pH, nitratos, turbidez, fosfatos, sólidos disueltos. (Fernández, Ramírez, & Solano, 2005)

En la tercer y última etapa se evaluaron las variables seleccionadas en función de su variación en concentración para la construcción de curvas de función o relaciones funcionales de cada variable, en las cuales los valores de calidad del agua se escalan de 0 a 100 en el eje de Y, y los valores de las concentraciones de las variables en el eje X, a continuación el autor promedió cada curva obtenida para generar las 9 curvas correspondientes a las variables.

Tabla 47. Clasificación del WQI-NSF.

Calidad de Agua	WQI-NSF
Excelente	91 a 100
Buena	71 a 90
Regular	51 a 70
Mala	26 a 50
Pésima	0 a 25

Fuente: (Brown , Robert M; McClelland, Nina I; Deininger , Rol; Tozer, Ronald G;, 1970)

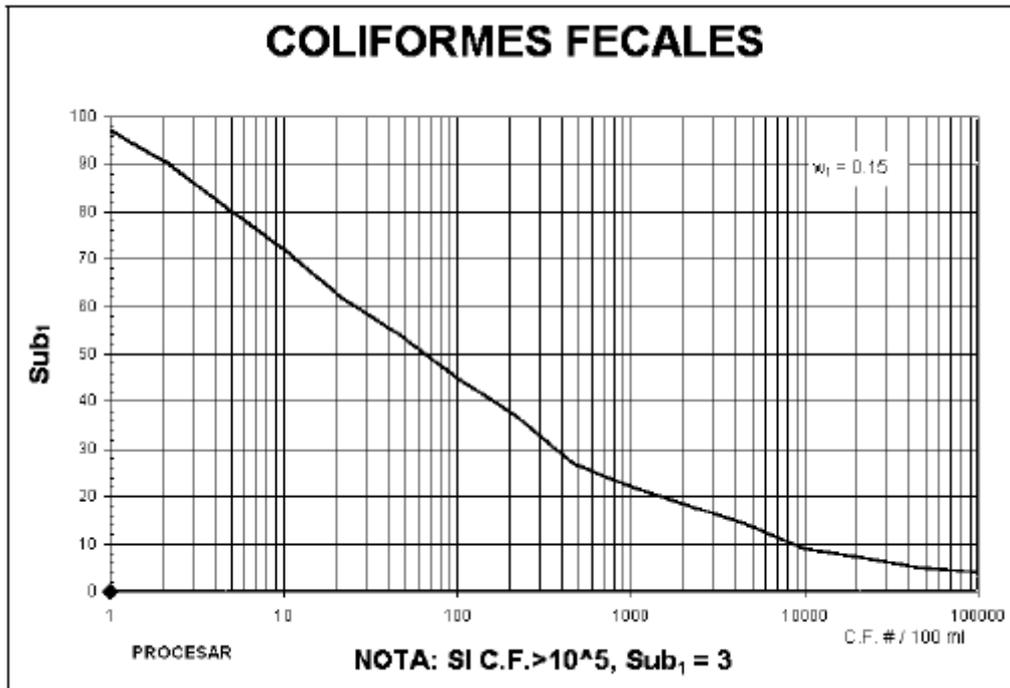


Figura 11. Variación de la calidad Coliformes Fecales.
 Fuente: (Brown , Robert M; McClelland, Nina I; Deininger , Rol; Tozer, Ronald G;, 1970)

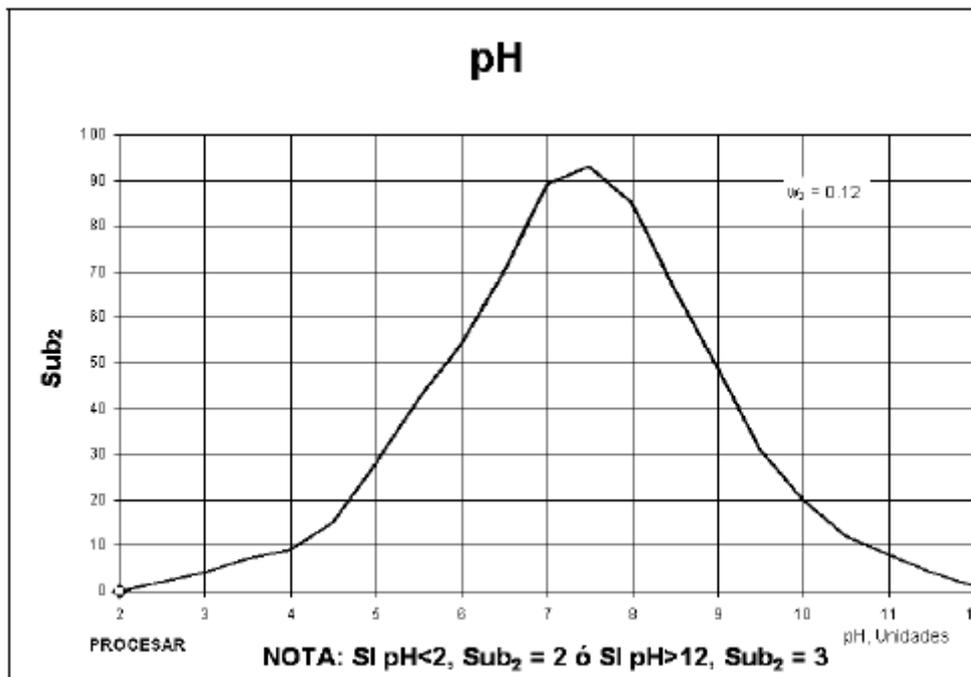


Figura 12. Variación de la calidad pH.
 Fuente: (Brown , Robert M; McClelland, Nina I; Deininger , Rol; Tozer, Ronald G;, 1970)

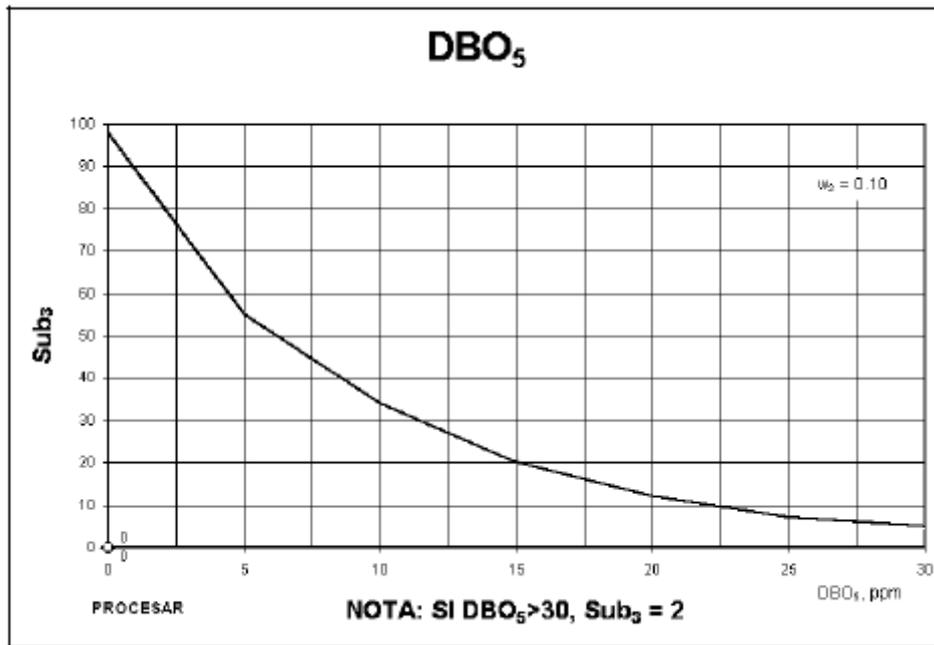


Figura 13. Variación de la calidad DBO5.
Fuente: (Brown , Robert M; McClelland, Nina I; Deininger , Rol; Tozer, Ronald G;, 1970)

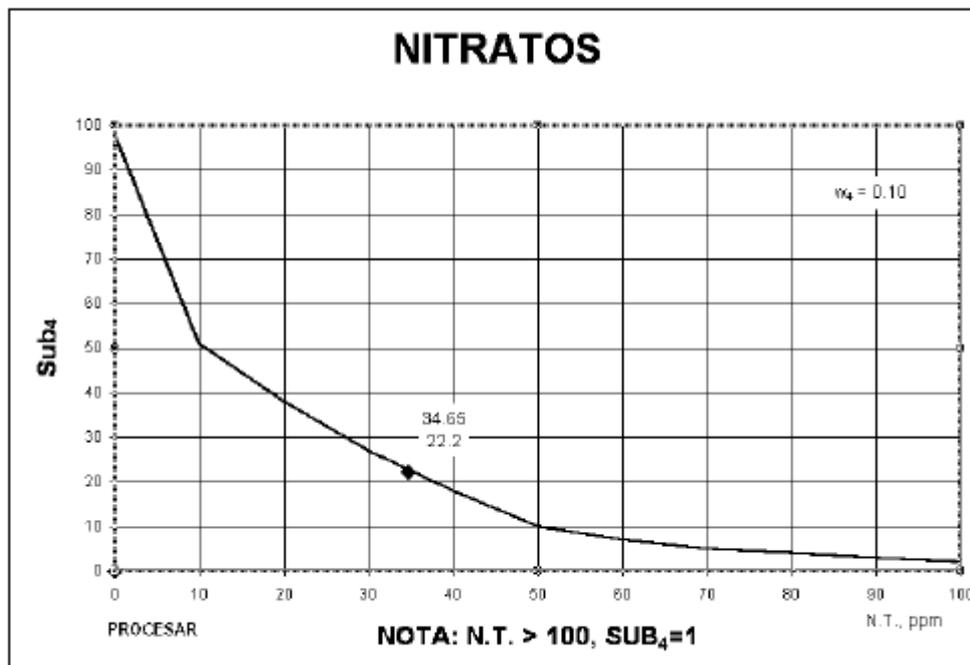


Figura 14. Variación de la calidad Nitratos.
Fuente: (Brown , Robert M; McClelland, Nina I; Deininger , Rol; Tozer, Ronald G;, 1970)

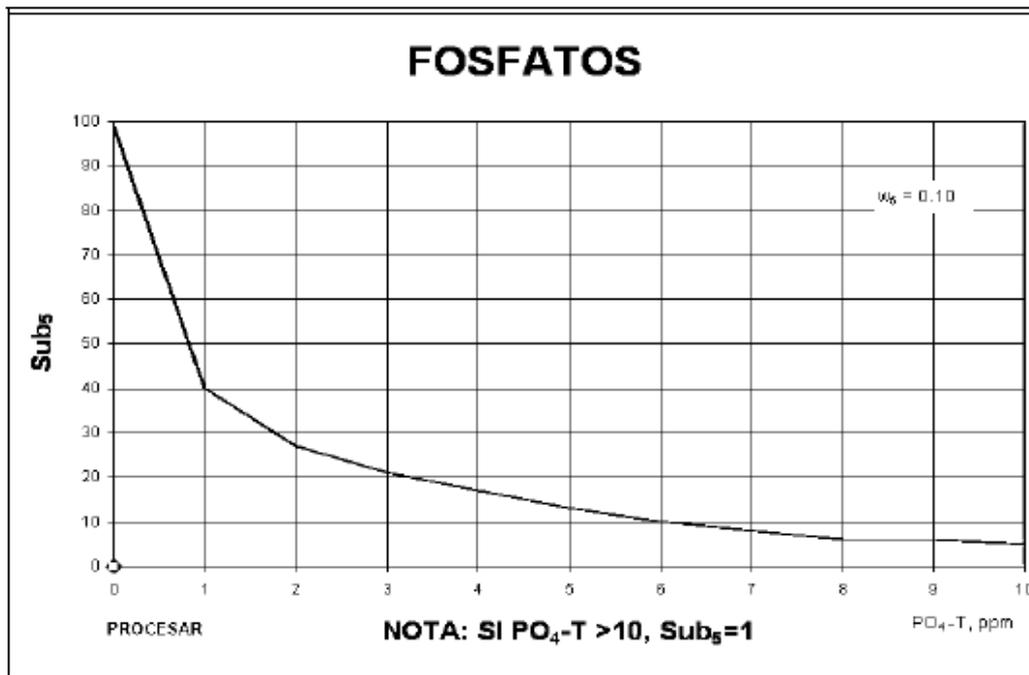


Figura 15. Variación de la calidad Fosfatos.
 Fuente: (Brown , Robert M; McClelland, Nina I; Deininger , Rol; Tozer, Ronald G;, 1970)

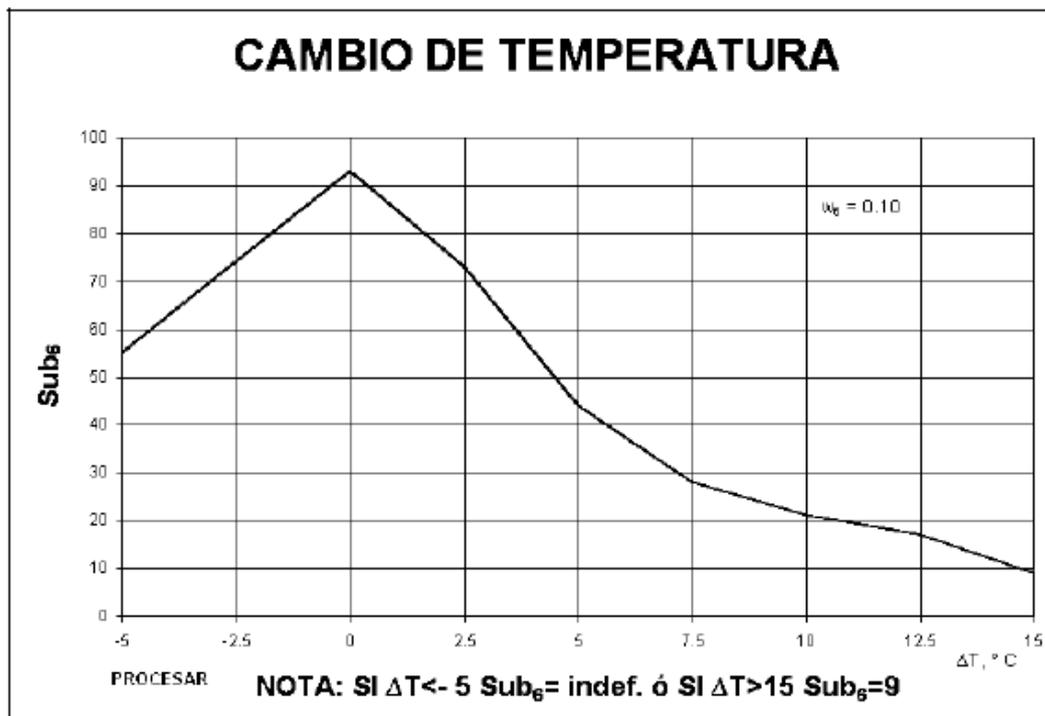


Figura 16. Variación de la calidad Variación de la Temperatura.
 Fuente: (Brown , Robert M; McClelland, Nina I; Deininger , Rol; Tozer, Ronald G;, 1970)

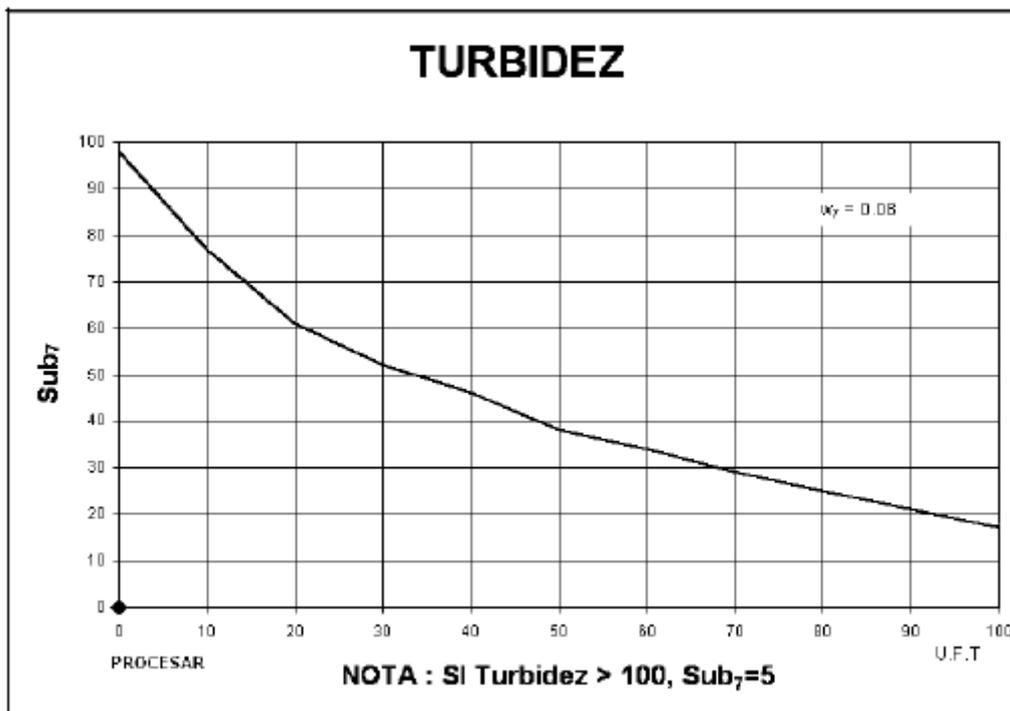


Figura 17. Variación de la calidad Turbidez.

Fuente: (Brown , Robert M; McClelland, Nina I; Deininger , Rol; Tozer, Ronald G;, 1970)

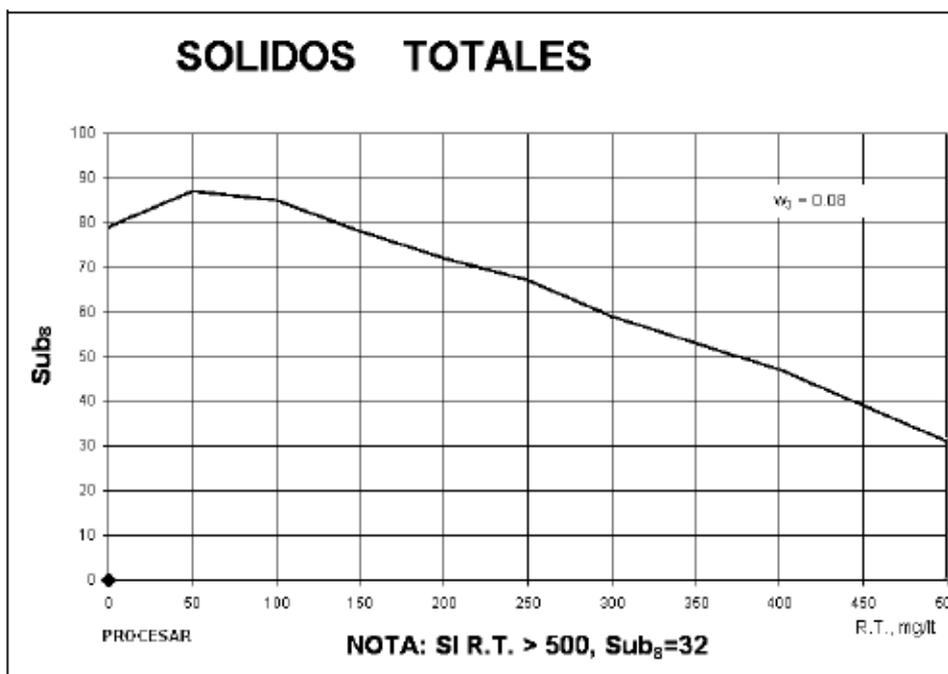


Figura 18. Variación de la calidad Sólidos Totales.

Fuente: (Brown , Robert M; McClelland, Nina I; Deininger , Rol; Tozer, Ronald G;, 1970)

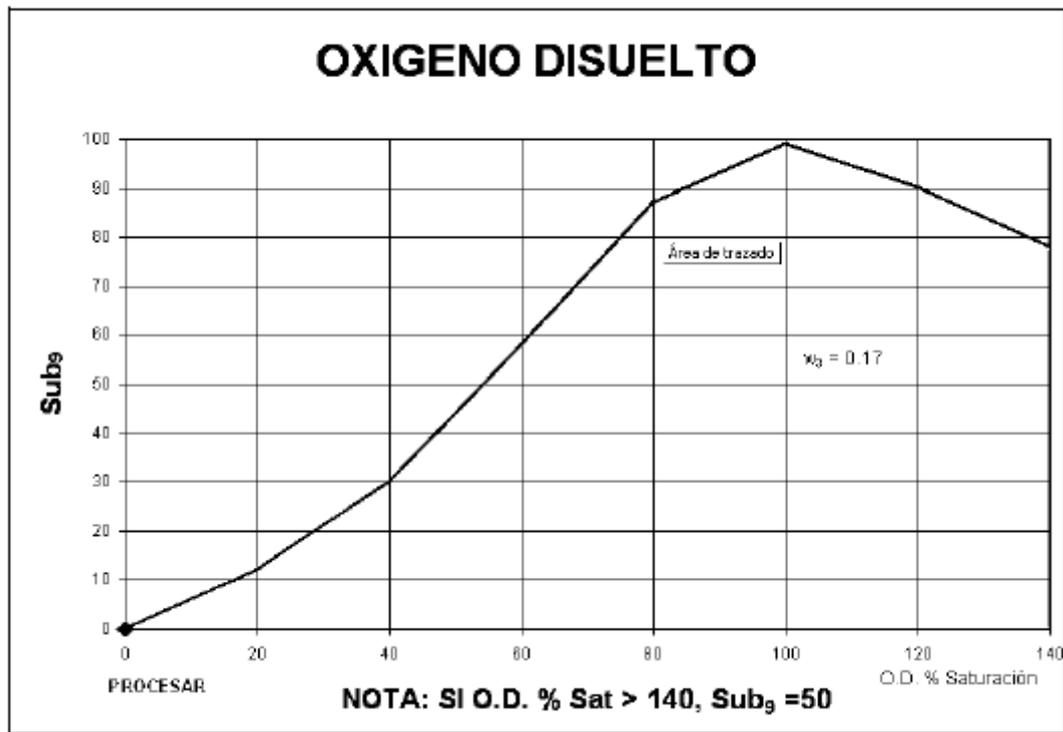


Figura 19. Variación de la calidad Oxígeno Disuelto.

Fuente: (Brown , Robert M; McClelland, Nina I; Deininger , Rol; Tozer, Ronald G; , 1970)

Tabla 48. Ejemplo de Cálculo del WQI-NFS.

Muestreo 3 Punto 1	Unidad	Medición	Peso Wi	Calidad individual Si
DBO5	mg/l	3.00	0.11	67.00
% de Saturación		109.40	0.17	96.03
Coliformes fecales	ufc/100 ml	30000.00	0.16	7.00
Nitrato	mg/l	2.50	0.10	92.50
Ph		5.66	0.11	45.27
Δ de la temperatura	°C	3.10	0.10	80.60
Solidos totales	mg/l	45.00	0.07	86.25
Fosfatos	mg/l	0.03	0.10	98.80
Turbiedad	NTU	7.04	0.08	81.92
		Σ	1.00	
$WQI = \sum_{i=1}^9 w_i q_i = 69.6 \quad (1)$		$WQI = \prod_{i=1}^n S_i^{w_i} = 53.8 \quad (2)$		
Regular	51-70	Regular	51-70	

Fuente: El Autor.

3.1.1. Cálculo del índice de calidad de agua NSF

Tabla 49. Cálculo WQI-NFS muestreo 1.1.

Parámetro	Unidad	Peso Wi	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 6	
			qi	Wi*qi	qi	Wi*qi	qi	Wi*qi	qi	Wi*qi
DBO	mg/l	0.11	67	7.37	61	6.71	42	4.62	9.57	1.05
% de Saturación		0.17	95.4	16.2	98	16.69	99	16.8	82.8	14.1
Coliformes fecales	ufc/100 ml	0.16	10	1.6	2	0.32	2	0.32	2	0.32
Nitrato	mg/l	0.1	95.7	9.57	86	8.6	91.5	9.15	70	7
pH	adimensional	0.11	71.9	7.91	83	9.088	84.5	9.3	81.9	9
Δ de la temperatura	°C	0.1	61.4	6.14	71	7.069	41.3	4.13	71.8	7.18
Solidos Totales	mg/l	0.07	75.6	5.29	80	5.622	84.4	5.91	75.8	5.3
Fosfatos	mg/l	0.1	53	5.3	71	7.067	54.5	5.45	29.2	2.92
Turbiedad	NTU	0.08	61.4	4.91	55	4.374	78.7	6.3	67.2	5.37
ICA NSF	Σ	1	64.3		65.5		62.0		52.2	

Fuente: El Autor.

Tabla 50. Cálculo WQI-NFS muestreo 1.2.

Parámetro	Unidad	Peso Wi	PUNTO 4		PUNTO 5		PUNTO 7		PUNTO 8		PUNTO 9	
			qi	Wi*qi								
DBO	mg/l	0.11	8.7	0.96	27.5	3.025	20	2.2	18	1.98	36	3.96
% de Saturación		0.17	82	13.9	91.8	15.6	94	15.91	82	13.92	79	13.5
Coliformes fecales	ufc/100 ml	0.16	2	0.32	2	0.32	2	0.32	2	0.32	2	0.32
Nitrato	mg/l	0.1	65	6.5	94.5	9.45	92	9.2	91	9.1	95	9.45
pH	adimensional	0.11	84	9.27	81.1	8.919	74	8.16	69	7.57	76	8.33
Δ de la temperatura	°C	0.1	77	7.7	63.8	6.376	70	6.953	59	5.913	72	7.18
Solidos Totales	mg/l	0.07	67	4.72	68.3	4.784	76	5.339	71	4.957	20	1.4
Fosfatos	mg/l	0.1	37	3.72	36	3.6	60	6	60	6	73	7.28
Turbiedad	NTU	0.08	67	5.36	92	7.358	89	7.094	82	6.57	72	5.79
ICA NSF	Σ	1	52.5		59.4		61.2		56.3		57.2	

Fuente: El Autor.

Tabla 51. Cálculo WQI-NFS muestreo 2.1.

Parámetro	Unidad	Peso Wi	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 4		PUNTO 6	
			qi	Wi*qi								
DBO	mg/l	0.11	55.8	6.14	38	4.18	50.6	5.57	9.6	1.05	34	3.74
% de Saturación		0.17	98.2	16.7	99	16.75	98.8	16.8	83	14.1	89.2	15.2
Coliformes fecales	ufc/100 ml	0.16	17.6	2.82	27	4.32	8	1.28	2	0.32	2	0.32
Nitrato	mg/l	0.1	96.2	9.62	84	8.4	91.5	9.15	69	6.85	72	7.2
ph	adimensional	0.11	77.6	8.54	81	8.919	83	9.13	78	8.58	81.1	8.92
Δ de la temperatura	°C	0.1	59.1	5.91	45	4.48	53.4	5.34	55	5.45	80.6	8.06
Solidos totales	mg/l	0.07	84.7	5.93	84	5.873	85.7	6	80	5.62	80.8	5.65
fosfatos	mg/l	0.1	77.1	7.71	29	2.85	31.3	3.13	19	1.93	18.1	1.81
turbiedad	NTU	0.08	91.5	7.32	52	4.125	64.9	5.19	41	3.24	54.6	4.37
ICA NSF	Σ	1	70.7		59.9		61.6		47.2		55.2	

Fuente: El Autor.

Tabla 52. Cálculo WQI-NFS muestreo 2.2.

Parámetro	Unidad	Peso Wi	PUNTO 5		PUNTO 7		PUNTO 8		PUNTO 9	
			qi	Wi*qi	qi	Wi*qi	qi	Wi*qi	qi	Wi*qi
DBO	mg/l	0.11	67	7.37	69	7.634	51	5.566	61	6.71
% de Saturación		0.17	98	16.66	98	16.69	99	16.77	99	16.8
Coliformes fecales	ufc/100 ml	0.16	8.8	1.408	2	0.32	2	0.32	9.1	1.46
Nitrato	mg/l	0.1	61.5	6.15	64	6.35	70	6.95	67	6.7
ph	adimensional	0.11	85.5	9.405	92	10.1	93	10.21	93	10.2
Δ de la temperatura	°C	0.1	85	8.5	70	7.011	55	5.509	51	5.1
Solidos totales	mg/l	0.07	20	1.4	20	1.4	20	1.4	20	1.4
fosfatos	mg/l	0.1	86.7	8.667	89	8.88	94	9.36	93	9.32
turbiedad	NTU	0.08	5	0.4	5	0.4	5	0.4	5	0.4
ICA NSF	Σ	1	60.0		58.8		56.5		58.1	

Fuente: El Autor.

Tabla 53.Cálculo WQI-NFS muestreo 3.

Parámetro	Unidad	Peso Wi	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 4		PUNTO 5		PUNTO 6		PUNTO 7		PUNTO 8		PUNTO 9	
			qi	Wi*qi																
DBO	mg/l	0.11	67	7.37	80	8.8	61	6.71	38	4.18	46	5.06	27.5	3.03	61	6.71	56	6.138	67	7.37
% de Saturación	0	0.17	96	16.3	97	16.42	95	16.1	97	16.6	98.5	16.74	97.3	16.5	99	16.83	99	16.8	98	16.7
Coliformes fecales	ufc/100 ml	0.16	7	1.12	2	0.32	2	0.32	2	0.32	2	0.32	2	0.32	2	0.32	2	0.32	2	0.32
Nitrato	mg/l	0.1	92.5	9.25	69	6.85	76	7.6	67	6.65	74	7.4	65	6.5	70	7	67	6.7	70	7
pH	adimensional	0.11	45.3	4.98	63	6.938	63.9	7.03	72	7.91	77.3	8.498	70	7.7	78	8.624	74	8.16	80	8.75
Δ de la temperatura	°C	0.1	80.6	8.06	77	7.7	83.4	8.34	65	6.55	81.8	8.18	73	7.3	51	5.104	83	8.3	66	6.61
Solidos totales	mg/l	0.07	86.3	6.04	86	6.007	85	5.95	81	5.64	82.9	5.8	83.1	5.82	85	5.977	85	5.947	20	1.4
fosfatos	mg/l	0.1	98.8	9.88	95	9.48	97.6	9.76	93	9.32	63.2	6.32	94.4	9.44	66	6.64	92	9.24	73	7.28
turbiedad	NTU	0.08	81.9	6.55	46	3.683	38.3	3.06	36	2.89	52.6	4.208	40.5	3.24	22	1.784	41	3.269	37	2.94
ICA NSF	Σ	1	69.6		66.2		64.9		60.0		62.5		59.9		59.0		64.9		58.4	

Fuente: El Autor.

Con la metodología propuesta por National Sanitation Foundation of the United States la calidad del agua en el tramo de estudio se enmarca en la clasificación Regular Tabla 47, lo cual se debe a que presenta valores bajos de oxígeno disuelto y valores altos de fosfatos. En el tramo de estudio el NSF-WQI crítico está en P4 **Figura 20**, esto se debe a la presencia de coliformes fecales y materia orgánica por la descarga puntual de aguas residuales

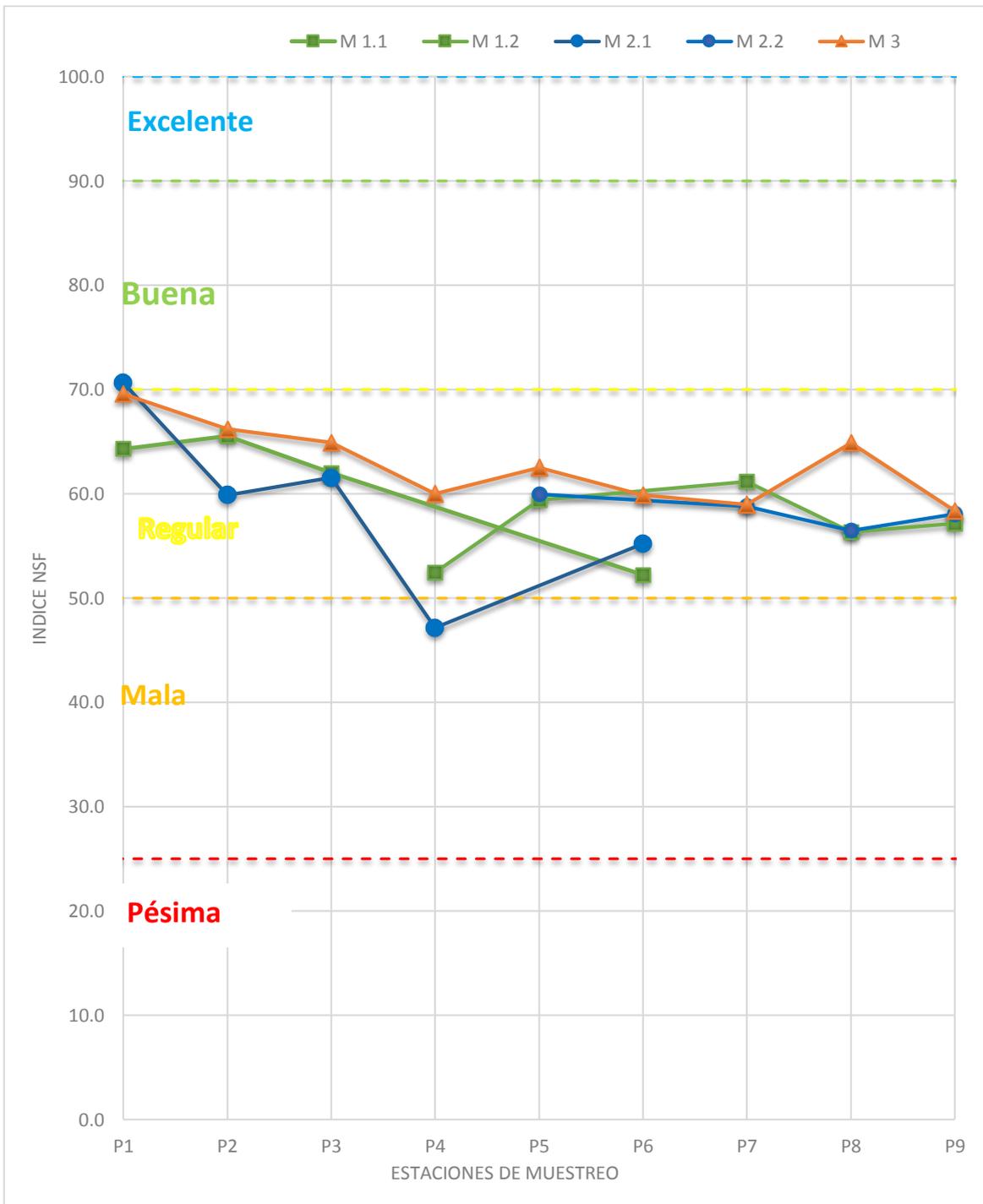


Figura 20. Perfil del índice de calidad físico químico del Río Malacatos, 2013-2014 WQI-NSF.
Fuente: El Autor.

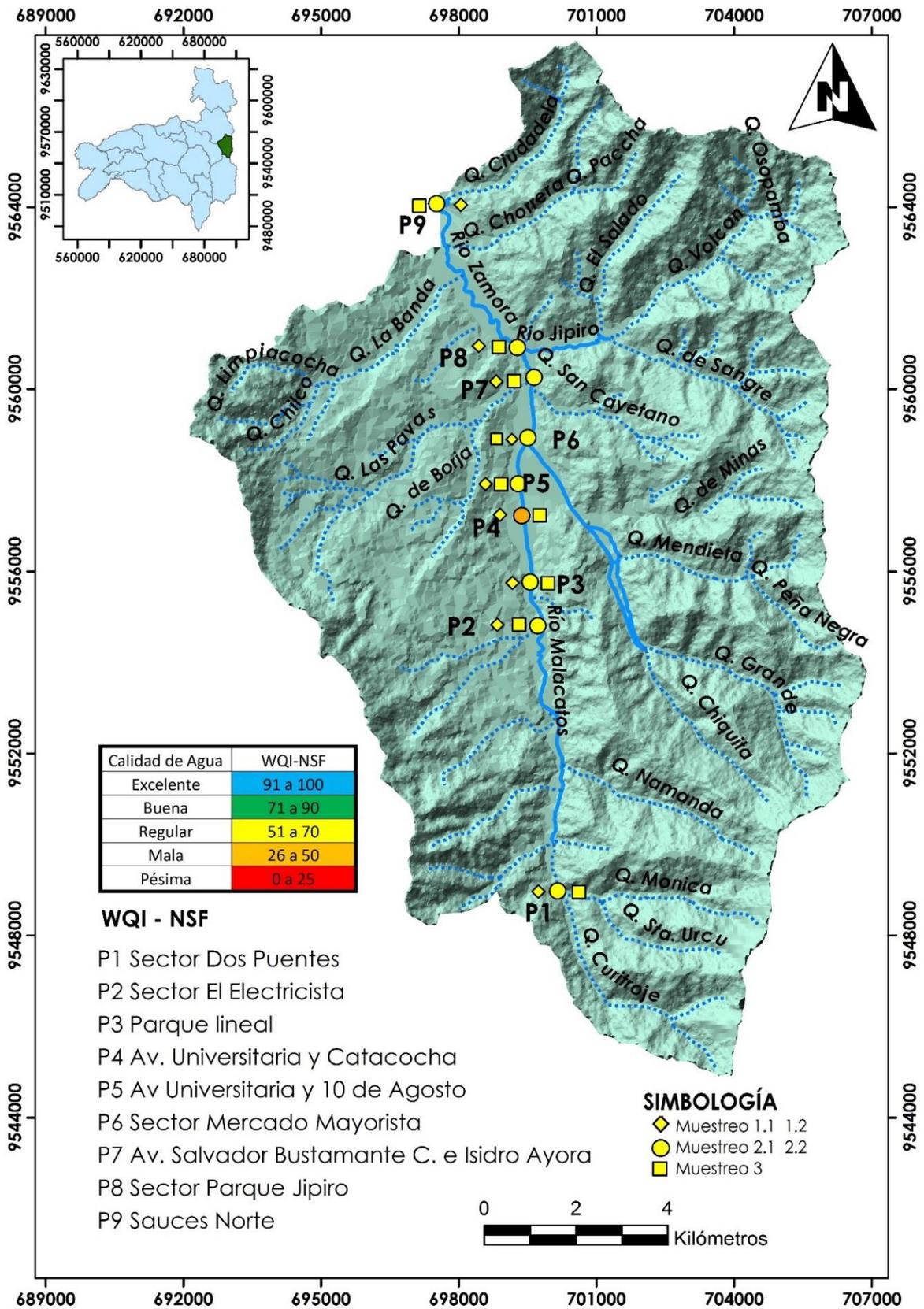


Figura 21. Mapa de monitoreo utilizando la metodología WQI.NSF.
Fuente: El Autor.

3.2. Water Quality Index of the Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME WQI).

El subcomité técnico del índice de calidad del agua (WQI) adoptó el modelo conceptual del *British Columbia Index*, que considera tres factores (amplitud, alcance y frecuencia) que se evalúan en una escala entre (0-100).

El modelo CCME-WQI consiste en tres medidas de varianza de los objetivos de calidad del agua seleccionados (alcance, frecuencia, amplitud). Estos tres factores se combinan para producir un valor entre 0 y 100 que representa la calidad general del agua. Este valor se convierte en un ranking utilizando un esquema de categorización índice que se basa en la opinión de expertos. Aunque el CCME-WQI fue desarrollado para simplificar la comunicación de los datos de calidad del agua ha evolucionado para convertirse en una herramienta multiuso. (Khan, Khan, & Hall, 2005).

El índice puede ser utilizado tanto para el seguimiento de cambios en un sitio en el tiempo, así como para comparaciones entre diferentes lugares, si se utiliza para la comparación entre diferentes sitios es de vital importancia tener en cuenta que solo podrán compararse índices, cuando se hayan usado las mismas variables para calcularlo y los mismos límites permisibles (es decir que estén designados para el mismo uso), de lo contrario la comparación deberá limitarse a la calificación final obtenida (Excelente, buena, regular, etc.).

Las características específicas de los parámetros que se incluyen o excluyen de los cálculos del índice tienen más influencia en el resultado del cálculo CCME -WQI que el número de parámetros.

Al menos siete parámetros deben mantenerse con el fin de producir un cálculo del índice relativamente estable. Sin embargo, los detalles de cuales parámetros se conserven en el índice tienen mayor influencia que el número real de parámetros, estableciendo un mínimo absoluto de cuatro parámetros para el cálculo (CCME, 2001).

Los pesticidas también se identificaron como una consideración importante sin embargo, la variedad de especies de pesticidas y la inconsistencia en su seguimiento dio lugar a la exclusión de pesticidas desde el conjunto de parámetros esenciales, con el fin de permitir la comparación de los valores recomendados produjeron un conjunto básico de 8 parámetros de calidad del agua.

Factor 1: ALCANCE.

Este factor representa el número de objetivos que no fueron alcanzados (3), es decir el número de parámetros que no cumplieron con el límite máximo permisible agua dulce establecido en la normativa vigente como es el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, ANEXO 1 DEL LIBRO VI: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA, indica la conformidad con los objetivos en un periodo de tiempo, indicando el porcentaje de parámetros que no alcanzaron los objetivos.

$$F_1 = \frac{\text{Numero de variables que fallaron}}{\text{Numero total de variables}} * 100 \quad (3)$$

Factor 2: FRECUENCIA.

Representa el número de pruebas individuales que no alcanzaron los objetivos, evalúa la frecuencia con la cual los objetivos no se alcanzaron e indica el porcentaje de pruebas individuales que no alcanzaron su objetivo (4).

Para el cálculo del factor de frecuencia, se toma en cuenta el número pruebas en las cuales los parámetros mencionados en el factor 1 no alcanzaron el máximo permisible, los parámetros que no cumplieron con lo establecido en la legislación, se toman en consideración, entonces del número total de mediciones realizadas en cuantas ocasiones ocurrió esto, así mismo también se necesita conocer el número total de pruebas que se realizaron.

$$F_2 = \frac{\text{Número de pruebas deficientes}}{\text{Número total de pruebas}} * 100 \quad (4)$$

Factor 3: AMPLITUD.

Representa la cantidad de las pruebas que no alcanzaron los objetivos y se calcula en tres pasos (es decir en que tanto se excedió respecto al límite permisible)

El número de veces que una concentración de un parámetro excede un objetivo se denomina “excursión”.

Para el cálculo de la excursión se cuentan con dos ecuaciones las cuales contemplan dos escenarios, el primero en el cual la normativa establece que un parámetro no puede superar determinada concentración (límite máximo permisible) y un segundo escenario donde las concentraciones no deben ser menores a un valor mínimo.

Este cálculo se realiza para cada valor inaceptable, es decir si 10 parámetros superaron el máximo permisibles, se calcularan 10 excursiones (una para cada uno).

Cuando un parámetro no debe exceder una concentración:

$$Excursión = \left(\frac{Valor\ Inaceptable}{Objetivo} \right) - 1 \quad (5)$$

Cuando un parámetro no debe ser menor a un objetivo:

$$Excursión = \left(\frac{Objetivo}{Valor\ Inaceptable} \right) - 1 \quad (6)$$

La cantidad colectiva de pruebas individuales que se encuentran fuera de conformidad se denominan “suma normalizada de excursiones” o NSE que se calcula, teniendo en cuenta cada una de las excursiones del ítem anterior y el número total de pruebas realizadas a todos los parámetros incluidos en el índice y se rige por la siguiente ecuación:

$$NSE = \frac{\sum_{i=1}^n Excursiones}{Numero\ de\ pruebas} \quad (7)$$

Finalmente con el valor calculado de NSE, se calcula el tercer factor:

$$F_3 = \left(\frac{NSE}{0.01 * NSE + 0.01} \right) \quad (8)$$

Al igual que los demás índices de calidad del agua, el CCME – WQI cuenta con una fórmula para el cálculo la cual integra los 3 factores mencionados anteriormente, dicha ecuación se presenta a continuación:

$$CCME\ WQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right) \quad (9)$$

Tabla 54. Categorías de calidad de agua determinado por CCME.

Rango	Calificación	Descripción
95-100	Excelente	Ausencia virtual de deterioro, condiciones muy cercanas a las prístinas
80-94	Buena	Grado menor de deterioro, las condiciones rara vez se alejan de los niveles deseables
65-79	Aceptable	Deterioro ocasional, algunas veces las condiciones se alejan de los niveles deseables
45-64	Marginal	Deterioro frecuente, las condiciones se alejan con frecuencia de los niveles deseables.
0-44	Pobre	La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.

Fuente: (CCME, 2001)

A continuación se presenta un ejemplo de cálculo del CCME-WQI, donde el “Objetivo” es límite máximo permitido según la normativa ecuatoriana, cuando la concentración no alcanza el objetivo se resalta su valor con color rojo caso contrario se resalta de color verde.

Tabla 55. Ejemplo de Cálculo del CCME-WQI.

PUNTO 1	Coliformes fecales	Fósforo	Oxígeno disuelto	pH	Nitrógeno Total	Arsénico	Mercurio	Plomo
UNIDAD	ufc/100 ml	mg/l	mg/l	Adimensional	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Muestreo 1	10000	0.12	8.52	6.51	2.80	0.326	0.022	0.389
Muestreo 2	2200	0.03	8.41	6.66	1.40	0.001	0.001	0.003
Muestreo 3	30000	0.02	8.91	5.66	12.59	0.001	0.003	0.170
OBJETIVO	200	10	5	6.5-9	15	0.05	0.0002	0.2
$F_1 = \frac{5}{8} * 100 = 62.5 \quad (3)$								
$F_2 = \frac{9}{24} * 100 = 37.5 \quad (4)$								
$Coliformes Fecales Excursión = \left(\frac{10000}{200}\right) - 1 + \left(\frac{2200}{200}\right) - 1 + \left(\frac{30000}{200}\right) - 1 = 208 \quad (5)$								
$pH Excursión = \left(\frac{6.5}{5.66}\right) - 1 = 0.15 \quad (6)$								
$Arsénico Excursión = \left(\frac{0.326}{0.05}\right) - 1 = 5.52 \quad (5)$								
$Mercurio Excursión = \left(\frac{0.022}{0.0002}\right) - 1 + \left(\frac{0.001}{0.0002}\right) - 1 + \left(\frac{0.003}{0.0002}\right) - 1 = 121.35 \quad (5)$								
$Plomo Excursión = \left(\frac{0.389}{0.2}\right) - 1 = 0.945 \quad (5)$								
$NSE = \frac{208+0.15+5.52+121.35+0.94}{24} = 13.99 \quad (6)$								
$F_3 = \left(\frac{13.99}{0.01 * 13.99 + 0.01}\right) = 93.33 \quad (8)$								
$CCME WQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{62.5^2 + 37.5^2 + 93.33^2}}{1.732}\right) = 31.77 \quad (9)$								

Fuente: El Autor

3.2.1. Cálculo del índice de calidad de agua CCME WQI

Tabla 56. Cálculo CCMW-WQI punto 1.

PUNTO 1	Coliformes fecales	Fósforo	Oxígeno disuelto	pH	Nitrógeno Total	Arsénico	Mercurio	Plomo
UNIDAD	ufc/100 ml	mg/l	mg/l	Adimensional	mg/l	mg/l	ppm	mg/l
M1	10000	0.12	8.52	6.51	2.80	0.326	0.022	0.389
M2	2200	0.03	8.41	6.66	1.40	0.001	0.001	0.003
M3	30000	0.02	8.91	5.66	12.59	0.001	0.003	0.170
OBJETIVO	200	10	5	6.5-9	15	0.05	0.0002	0.2
F1 = 62.5		F2 = 37.5		F3 = 93		CCME-WQI		31.78
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.							Pobre	0-44

Fuente: El Autor.

Tabla 57. Cálculo CCMW-WQI punto 2.

PUNTO 2	Coliformes fecales	Fósforo	Oxígeno disuelto	pH	Nitrógeno Total	Arsénico	Mercurio	Plomo
UNIDAD	ufc/100 ml	mg/l	mg/l	Adimensional	mg/l	mg/l	ppm	mg/l
M1	150000	0.24	7.39	6.79	5.60	0.198	0.021	0.529
M2	600	0.21	7.80	6.75	1.40	0.001	0.001	0.162
M3	440000	0.22	8.76	6.28	16.79	0.001	0.003	0.256
OBJETIVO	200	10	5	6.5-9	15	0.05	0.0002	0.2
F1 = 75		F2 = 45.83		F3 = 99		CCME-WQI		23.56
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.							Pobre	0-44

Fuente: El Autor.

Tabla 58. Cálculo CCMW-WQI punto 3.

PUNTO 3	Coliformes fecales	Fósforo	Oxígeno disuelto	pH	Nitrógeno Total	Arsénico	Mercurio	Plomo
UNIDAD	ufc/100 ml	mg/l	mg/l	Adimensional	mg/l	mg/l	ppm	mg/l
M1	120000	0.19	8.02	6.86	4.20	0.142	0.020	0.637
M2	20000	0.22	7.96	6.80	2.80	0.001	0.001	0.128
M3	110000	0.18	8.99	6.30	11.19	0.001	0.003	0.273
OBJETIVO	200	10	5	6.5-9	15	0.05	0.0002	0.2
F1 = 62.5		F2 = 41.67		F3 = 98		CCME-WQI		28.71
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.							Pobre	0-44

Fuente: El Autor.

Tabla 59.Cálculo CCMW-WQI punto 4.

PUNTO 4	Coliformes fecales	Fósforo	Oxígeno disuelto	pH	Nitrógeno Total	Arsénico	Mercurio	Plomo
UNIDAD	ufc/100 ml	mg/l	mg/l	Adimensional	mg/l	mg/l	ppm	mg/l
M1	1050000	1.17	5.84	6.85	9.80	0.043	0.175	0.664
M2	450000	0.92	5.65	6.67	8.40	0.001	0.001	0.001
M3	120000	0.48	8.40	6.51	25.19	0.001	0.003	0.376
OBJETIVO	200	10	5	6.5-9	15	0.05	0.0002	0.2
F1 = 50		F2 = 37.5		F3 = 100		CCME-WQI		31.91
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.							Pobre	0-44

Fuente: El Autor.

Tabla 60.Cálculo CCMW-WQI punto 5.

PUNTO 5	Coliformes fecales	Fósforo	Oxígeno disuelto	pH	Nitrógeno Total	Arsénico	Mercurio	Plomo
UNIDAD	ufc/100 ml	mg/l	mg/l	Adimensional	mg/l	mg/l	ppm	mg/l
M1	750000	1.08	6.64	6.75	0.70	0.055	0.052	0.585
M2	16000	0.02	8.50	7.95	5.60	0.001	0.000	0.600
M3	1000000	0.74	8.28	6.65	29.39	0.001	0.003	0.423
OBJETIVO	200	10	5	6.5-9	15	0.05	0.0002	0.2
F1 = 62.5		F2 = 41.66		F3 = 100		CCME-WQI		27.79
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.							Pobre	0-44

Fuente: El Autor.

Tabla 61.Cálculo CCMW-WQI punto 6.

PUNTO 6	Coliformes fecales	Fósforo	Oxígeno disuelto	pH	Nitrógeno Total	Arsénico	Mercurio	Plomo
UNIDAD	ufc/100 ml	mg/l	mg/l	Adimensional	mg/l	mg/l	ppm	mg/l
M1	400000	0.97	5.93	6.77	16.79	0.111	0.020	0.609
M2	1000000	0.86	6.08	6.75	5.60	0.000	0.001	0.001
M3	490000	0.44	8.32	6.46	15.39	0.000	0.003	0.470
OBJETIVO	200	10	5	6.5-9	15	0.05	0.0002	0.2
F1 = 75		F2 = 50		F3 = 100		CCME-WQI		22.27
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.							Pobre	0-44

Fuente: El Autor.

Tabla 62.Cálculo CCMW-WQI punto 7.

PUNTO 7	Coliformes fecales	Fósforo	Oxígeno disuelto	pH	Nitrógeno Total	Arsénico	Mercurio	Plomo
UNIDAD	ufc/100 ml	mg/l	mg/l	Adimensional	mg/l	mg/l	ppm	mg/l
M1	170000	0.64	6.89	6.57	4.90	0.070	0.070	0.474
M2	310000	0.00	8.45	7.62	8.40	0.001	1.436	0.628
M3	850000	0.64	7.69	6.68	15.39	0.001	0.003	0.529
OBJETIVO	200	10	5	6.5-9	15	0.05	0.0002	0.2
F1 = 62.5		F2 = 45.83		F3 = 100		CCME-WQI		26.95
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.							Pobre	0-44

Fuente: El Autor.

Tabla 63.Cálculo CCMW-WQI punto 8.

PUNTO 8	Coliformes fecales	Fósforo	Oxígeno disuelto	pH	Nitrógeno Total	Arsénico	Mercurio	Plomo
UNIDAD	ufc/100 ml	mg/l	mg/l	Adimensional	mg/l	mg/l	ppm	mg/l
M1	350000	0.62	5.78	6.43	0.70	0.039	0.058	0.675
M2	360000	0.00	8.22	7.44	8.40	0.001	0.000	0.619
M3	420000	0.40	8.14	6.57	9.80	0.005	0.003	0.544
OBJETIVO	200	10	5	6.5-9	15	0.05	0.0002	0.2
F1 = 50		F2 = 37.5		F3 = 100		CCME-WQI		31.91
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.							Pobre	0-44

Fuente: El Autor.

Tabla 64.Cálculo CCMW-WQI punto 9.

PUNTO 9	Coliformes fecales	Fósforo	Oxígeno disuelto	pH	Nitrógeno Total	Arsénico	Mercurio	Plomo
UNIDAD	ufc/100 ml	mg/l	mg/l	Adimensional	mg/l	mg/l	ppm	mg/l
M1	120000	0.49	5.48	6.61	0.70	0.022	0.043	0.688
M2	14500	0.12	7.98	7.31	20.99	0.001	0.000	0.644
M3	740000	0.83	7.31	6.71	13.29	0.001	0.003	0.600
OBJETIVO	200	10	5	6.5-9	15	0.05	0.0002	0.2
F1 = 50		F2 = 37.5		F3 = 99		CCME-WQI		32.40
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables.							Pobre	0-44

Fuente: El Autor.

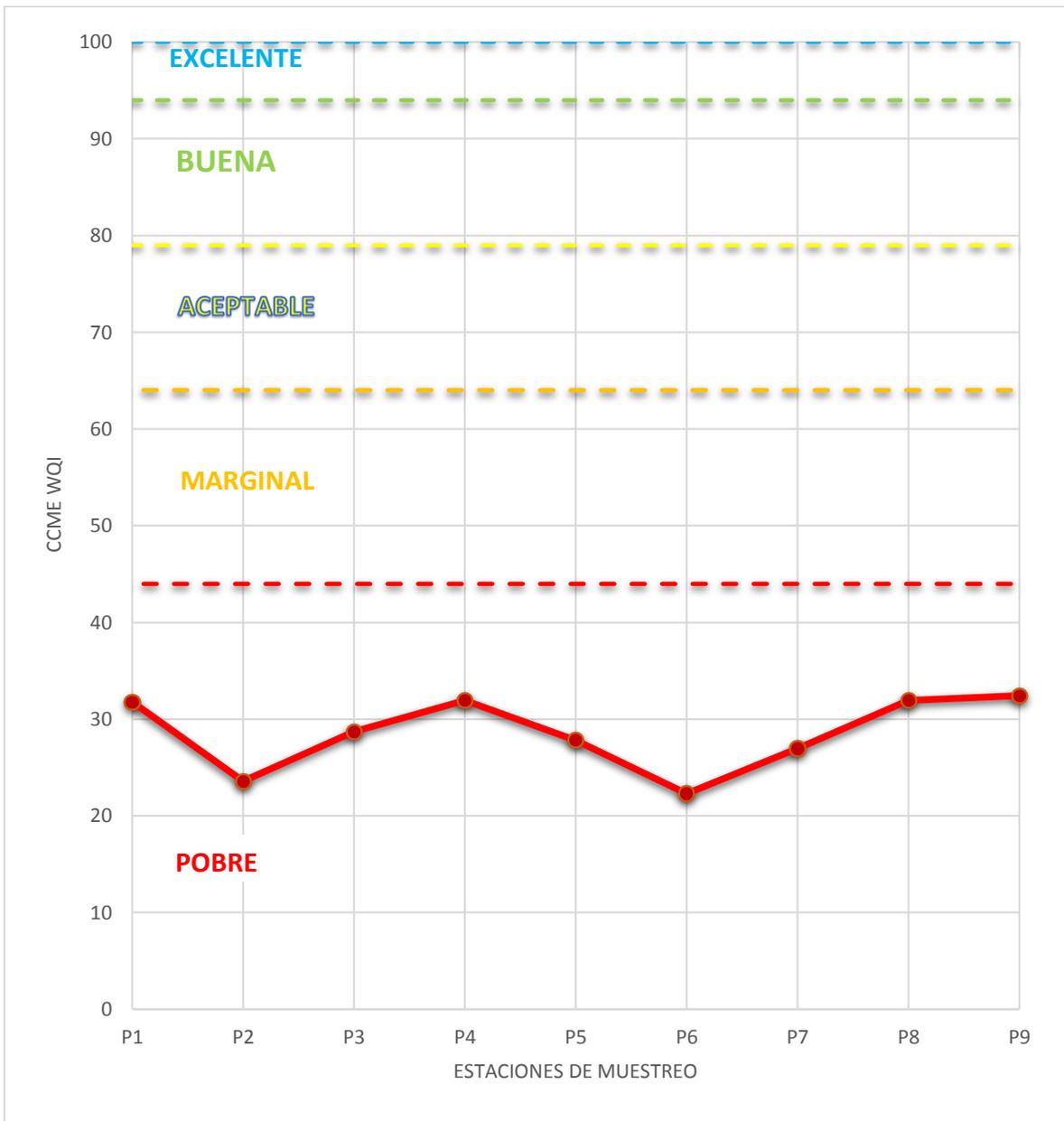


Figura 22. Perfil del índice de calidad físico químico CCME-WQI del Río Malacatos, 2013-2014.
Fuente: El Autor

Aplicando el método CCME-WQI se tiene una clasificación Pobre Tabla 54, lo que nos representa condiciones de deterioro, permite concluir que no se han alcanzado los objetivos planteados para las coliformes fecales, mercurio y plomo. Los CCME-WQI críticos se presentan en P2 y P6 **Figura 22**.

El mapa de monitoreo aplicando la metodología CCME-WQI se presenta en la Figura 23.

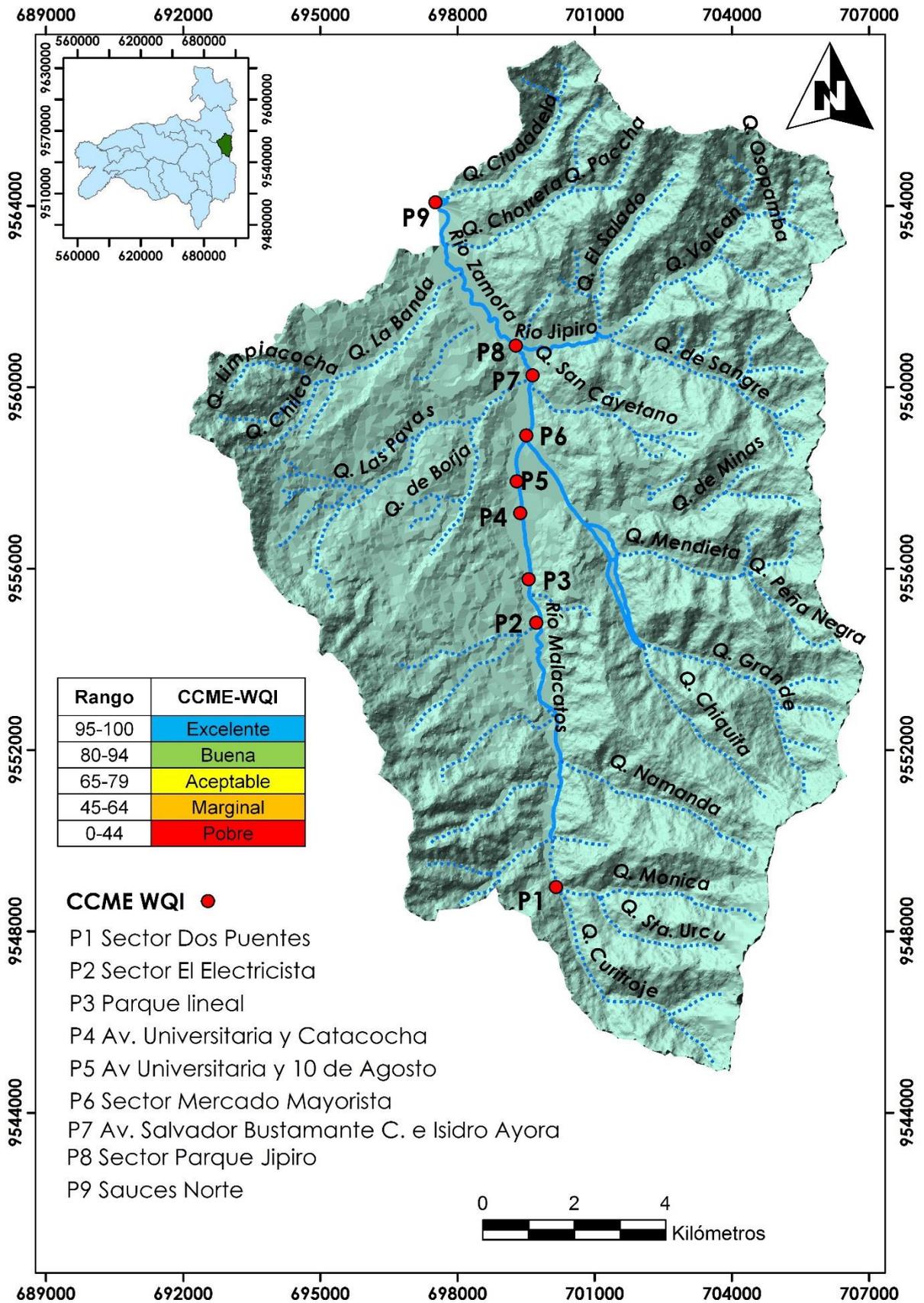


Figura 23. Mapa de monitoreo utilizando la metodología CCME WQI.
Fuente: El Autor.

3.3. Índice de calidad de agua (IQA-MC).

Tomando como base el estudio desarrollado por la UTPL, el IQA-MC, con la metodología propuesta por (Sierra Ramirez, 2011), se propone alternativas para mejorar e incluir otros parámetros relacionados con las condiciones propias del área de estudio.

3.3.1. Metodología para construcción del IQA-MC

PRIMER PASO: Definir los objetivos para el cual se va a utilizar el IQA.

El objetivo principal es desarrollar un procedimiento para calcular el Índice de Calidad de Agua para el río Malacatos en el tramo comprendido desde los Dos Puentes hasta el sector de Sauces Norte. Este índice permitirá mostrar la tendencia en el tiempo del estado de contaminación, establecer prácticas de manejo y gestión del cuerpo de agua y reconocer los parámetros críticos que hay que monitorear para mantener un control aceptable del recurso hídrico.

SEGUNDO PASO: Seleccionar los parámetros por incluir en el índice.

Se seleccionan los parámetros por incluir en el índice de calidad de agua, 28 dados de la caracterización del agua: físicos, químicos y microbiológicos que se detallan en la Tabla 66.

TERCER PASO: Expresión matemática para el cálculo del IQA.

i. Rango de variación del IQA.

Tabla 65. Categorías de calidad de para IQA-MC.

RANGO	CALIFICACIÓN
90-100	Agua de muy buena calidad.
70-90	Agua de buena calidad
50-70	Agua regularmente contaminada.
25-50	Agua altamente contaminada
0-25	Se ha sobrepasado la capacidad de autodepuración del recurso

Fuente: (Cueva, 2012)

- ii. Agrupación de variables dependientes en términos.
- iii. Asignación de Pesos a cada término.

Tabla 66. Factor de Ponderación, agrupación de parámetros y pesos respectivos IQA-MC.

FACTOR DE PONDERACIÓN	TÉRMINO	PARÁMETRO	PESO
a	Carga orgánica	DBO5	1.2
		DQO	
b	Efecto recuperador	% de Saturación.	1.6
c	Contaminación fecal	Coliformes fecales	1.5
		Coliformes totales	
d	Aspectos estéticos	Sólidos totales disueltos	1.1
		Sólidos suspendidos totales	
		Sólidos Totales	
		Turbiedad	
		Aceites y Grasas	
e	Nutrientes	Amoniaco	1
		Nitrato	
		Nitrito	
		Nitrogeno Total	
f	Nutrientes 2	Fosfatos	1
		Fósforo	
g	Metales pesados	Arsénico	0.5
		Cadmio	
		Cromo	
		Mercurio	
		Plomo	
h	Otros	Ph	0.5
i	Otros	Cloruros	0.1
j	Otros	Hierro Total	0.1
k	Otros	Temperatura in situ del Agua	0.5
		temperatura ambiental	
l	Otros	Alcalinidad	0.45
m	Otros	Conductividad Eléctrica	0.45

Fuente: El Autor

Expresión Matemática:

$$\begin{aligned} IQA - MC = & a * (DBO_5 * DQO) + b * (\% \text{ de Saturación}) + c \\ & * (\text{Coliformes Fecales} * \text{Coliformes Totales}) + d \\ & * (\text{Turbiedad} * \text{Sólidos Totales} * \text{Sólidos Totales Disueltos} \\ & * \text{Sólidos Suspendidos Totales} * \text{Aceites y Grasas}) + e \\ & * (\text{Nitrito} * \text{Nitrato} * \text{Nitrógeno Total} * \text{Amoniac}) + f \\ & * (\text{Fosfatos} * \text{Fósforo Total}) + g \\ & * (\text{Mercurio} * \text{Plomo} * \text{Cadmio} * \text{Cromo} * \text{Arsénico}) + h * (\text{pH}) + i \\ & * (\text{Cloruros}) + j * (\text{Hierro Total}) + k \\ & * (\text{Temperatura in Situ} * \text{Temperatura Ambiental}) + l * (\text{Alcalinidad}) \\ & + m * (\text{Conductividad Eléctrica}) \end{aligned}$$

Donde:

$$a + b + c + d + e + f + g + h + i + j + k + l + m = 10$$

iv. Normalización o indexación de las variables.

Consiste en dar valores de entre 0 y 1 a cada variable o parámetro que compone la ecuación.

Los factores de normalización dados por Zuley Rivas se determinan del estudio "Water quality index estimation in the basin of the Catumbo river" en Venezuela, quien normaliza los parámetros siguientes, DBO5, cloruro, conductividad eléctrica, DQO, % de saturación dado como oxígeno disuelto, nitrato, nitrito, aceites y grasas, pH, fosfato, sólidos totales, sulfato, temperatura, coliformes totales y turbidez. (Cueva, 2012)

Parámetros como Nitrógeno Total, Amoniac, Sólidos Totales Disueltos, Sólidos Suspendidos Totales, Hierro Total, Coliformes Fecales, Mercurio, Plomo, Cadmio, Cromo, Arsénico, Fósforo Total, Alcalinidad se normalizan de acuerdo a la norma vigente de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, Ecuador, Conama Resolución N.º 357 de 17 de marzo de 2005 de Brasil, la Ley General de Aguas, Decreto Legislativo N.º 17752 y sus Modificaciones de los Capítulos I, II y IV, promulgado mediante el Decreto Supremo N.º 007-83-SA de Perú, la Norma Oficial MEXICANA NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Tabla 67. Factores de Normalización IQA-MC.

FACTOR DE NORMALIZACIÓN												
PARÁMETRO	UNIDAD	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
*Aceites y Grasas	mg/l	<0.005	<0.02	<0.04	<0.08	<0.15	<0.3	<0.6	<1	<2	≤3	>3
Alcalinidad	mg/l	<75	<90	<105	<120	<135	<150	<175	<200	<250	≤300	>300
Amoniaco	mg/l	<0.5	<0.6	<0.8	<1	<1.5	<2	<4	<6	<8	≤10	>10
Arsénico	mg/l	<0.001	<0.002	<0.003	<0.004	<0.005	<0.01	<0.05	<0.07	<0.09	≤0.1	>0.1
Cadmio	ppm	<0.001	<0.0025	<0.0045	<0.0065	<0.0085	<0.01	<0.0125	<0.015	<0.0175	≤0.02	>0.02
*Cloruro	mg/l	<25	<50	<100	<150	<200	<300	<500	<700	<1000	≤1500	>1500
Coliformes fecales	ufc/100 ml	<0.01	<0.02	<0.03	<0.04	<0.05	<0.06	<0.07	<0.08	<0.09	≤0.1	>0.1
*Coliformes totales	ufc/100 ml	<0.5	<2	<3	<4	<5	<6	<8	<10	<12	≤15	>15
*Conductividad eléctrica	microS/cm	<750	<1000	<1250	<1500	<2000	<2500	<3000	<5000	<8000	≤1200	>1200
Cromo	ppm	<0.001	<0.05	<0.1	<0.15	<0.2	<0.25	<0.3	<0.35	<0.45	≤0.5	>0.5
*DBO5	mg/l	<0.5	<2	<3	<4	<5	<6	<8	<10	<12	≤15	>15
*DQO	mg/l	<5	<10	<20	<30	<40	<50	<60	<80	<100	≤150	>150
*Fosfatos	mg/l	<0.16	<1.6	<3.2	<6.4	<9.6	<16	<32	<64	<96	≤160	>160
Fósforo	mg/l	<0.2	<2	<4	<6	<8	<10	<20	<40	<80	≤160	>160
Hierro Total	mg/l	<0.01	<0.05	<0.5	<1	<3	<5	<7	<8	<9	≤10	>10
Mercurio	ppm	<0.001	<0.0012	<0.0014	<0.0018	<0.002	<0.0025	<0.003	<0.0035	<0.0045	≤0.005	>0.005
*Nitrato	mg/l	<0.5	<2	<4	<6	<8	<10	<15	<20	<50	≤100	>100
*Nitrito	mg/l	<0.005	<0.01	<0.03	<0.05	<0.1	<0.15	<0.2	<0.25	<50	≤1	>1
Nitrógeno Total	mg/l	<50	<60	<70	<80	<90	<100	<150	<250	<350	≤500	>500
*pH	Adimensional	7	7-8	7-8.5	7-9.	6.5	6-9.5	5-10.	4-11.	3-12.	2-13.	1-14.

...Sigue

...Continúa

FACTOR DE NORMALIZACIÓN												
PARÁMETRO	UNIDAD	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Plomo	mg/l	<0.001	<0.005	<0.01	<0.05	<0.075	<0.1	<0.14	<0.16	<0.18	≤0.2	>0.2
Sólidos totales disueltos	mg/l	<100	<250	<400	<500	<750	<1400	<2000	<3000	<5000	≤8000	>8000
Sólidos suspendidos totales	mg/l	<150	<500	<600	<1000	<1250	<1600	<3000	<5000	<7000	≤12000	>12000
*Sólidos Totales	mg/l	<250	<750	<1000	<1500	<2000	<3000	<5000	<8000	<12000	≤20000	>20000
*Temperatura in situ del Agua	°C	<16	<15	<14	<12	<10	<5	<0	<-2	<-4	<-6	>-6
*Temperatura ambiental	°C	<21	<22	<24	<26	<28	<30	<32	<36	<40	<45	>45
*Turbiedad	NTU	<5	<10	<15	<20	<25	<30	<40	<60	<80	≤100	>100
* % de Saturación O.D.		<84.2	<80.1	<77.2	<73.8	<63.5	<52.4	<47.2	<40.5	<29.9	≤15.8	>15.8

Fuente: *RIVAS, Z., 2006, CISNEROS, M.2014.

Tabla 68. Ejemplo de Cálculo del IQA-MC.

MUESTREO 2 ESTACIÓN 9

$IQA - MC = 1.2 * (0.6 * 0.8) + 1.6 * (1) + 1.5 * (0 * 0) + 1.1 * (1 * 0.9 * 0.9 * 0 * 0) + 1 * (0.4 * 0.7 * 0.6 * 1) + 1 * (0.9 * 1) + 0.5 * (1 * 0 * 1 * 1 * 0) + 0.5 * (0.9) + 0.1 * (1) + 0.1 * (0.6) + 0.5 * (1 * 0.7) + 0.45 * (1) + 0.45 * (1) = 51$	
50-70	Agua regularmente contaminada.

Fuente: El Autor.

3.3.2. Cálculo del índice de calidad de agua IQA-MC.

Tabla 69.Cálculo de IQA-MC muestreo 1.1.

FACTOR DE PONDERACIÓN	TÉRMINO	PARAMETRO	PESO	P 1		P 2		P 3		P 6	
a	Carga orgánica	DBO5	1.2	0.6	0.7	0.48	0.58	0.2	0.25	0	0
		DQO									
b	Efecto recuperador	% de Saturación.	1.6	1	1.6	1	1.6	1	1.6	0.7	1.12
c	Contaminación fecal	Coliformes fecales	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0
		Coliformes totales									
d	Aspectos estéticos	Sólidos totales disueltos	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sólidos suspendidos totales									
		Sólidos Totales									
		Turbiedad									
		Aceites y Grasas									
e	Nutrientes	Amoniaco	1	0.6	0.6	0.34	0.34	0.2	0.2	0.11	0.11
		Nitrato									
		Nitrito									
		Nitrógeno Total									
f	Nutrientes 2	Fosfatos	1	0.9	0.9	0.81	0.81	0.9	0.9	0.72	0.72
		Fósforo									
g	Metales pesados	Arsénico	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
		Cadmio									
		Cromo									
		Mercurio									
		Plomo									
h	Otros	pH	0.5	0.5	0.3	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25
i	Otros	Cloruros	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
j	Otros	Hierro Total	0.1	0.8	0.1	0.8	0.08	1	0.1	0.7	0.07
k	Otros	Temperatura in situ del Agua	0.5	0.7	0.4	0.81	0.41	0.6	0.28	0.81	0.41
		temperatura ambiental									
l	Otros	alcalinidad	0.45	1	0.5	1	0.45	1	0.45	1	0.45
m	Otros	conductividad Eléctrica	0.45	1	0.5	1	0.45	1	0.45	1	0.45
IQA-MC		Σ	10	54.19		50.57		45.82		36.7	

Fuente: El Autor

Tabla 70.Cálculo de IQA-MC muestreo 1.2.

FACTOR DE PONDERACIÓN	TÉRMINO	PARAMETRO	PESO	P 4		P 5		P 7		P 8		P 9	
a	Carga orgánica	DBO5	1.2	0	0	0.05	0.06	0	0	0	0	0.18	0.22
		DQO											
b	Efecto recuperador	% de Saturación.	1.6	0.7	1.12	1	1.6	1	1.6	0.7	1.12	0.6	0.96
c	Contaminación fecal	Coliformes fecales	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Coliformes totales											
d	Aspectos estéticos	Sólidos totales disueltos	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sólidos suspendidos totales											
		Sólidos Totales											
		Turbiedad											
		Aceites y Grasas											
e	Nutrientes	Amoniaco	1	0.2	0.17	0.1	0.1	0.05	0.05	0.13	0.13	0.06	0.06
		Nitrato											
		Nitrito											
		Nitrógeno Total											
f	Nutrientes 2	Fosfatos	1	0.8	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
		Fósforo											
g	Metales pesados	Arsénico	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Cadmio											
		Cromo											
		Mercurio											
		Plomo											
h	Otros	pH	0.5	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25
i	Otros	Cloruros	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
j	Otros	Hierro Total	0.1	0.8	0.08	0.7	0.07	0.8	0.08	0.7	0.07	0.4	0.04
k	Otros	Temperatura in situ del Agua	0.5	1	0.5	0.8	0.4	0.81	0.41	0.7	0.35	0.8	0.4
		temperatura ambiental											
l	Otros	alcalinidad	0.45	0.9	0.41	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45
m	Otros	conductividad Eléctrica	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45
IQA-MC		Σ	10	38.83		42.86		41.93		37.28		37.4	

Fuente: El Autor

Tabla 71.Cálculo de IQA-MC muestreo 2.1.

FACTOR DE PONDERACIÓN	TÉRMINO	PARAMETRO	PESO	P 1		P 2		P 3		P 4		P 6	
a	Carga orgánica	DBO5	1.2	0.35	0.42	0.18	0.22	0.3	0.34	0	0	0.1	0.12
		DQO											
b	Efecto recuperador	% de Saturación.	1.6	1	1.6	1	1.6	1	1.6	0.7	1.12	0.9	1.44
c	Contaminación fecal	Coliformes fecales	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Coliformes totales											
d	Aspectos estéticos	Sólidos totales disueltos	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sólidos suspendidos totales											
		Sólidos Totales											
		Turbiedad											
		Aceites y Grasas											
e	Nutrientes	Amoniaco	1	0.57	0.57	0.24	0.24	0.2	0.24	0.1	0.11	0.1	0.1
		Nitrato											
		Nitrito											
		Nitrógeno Total											
f	Nutrientes 2	Fosfatos	1	0.9	0.9	0.72	0.72	0.8	0.81	0.6	0.63	0.63	0.63
		Fósforo											
g	Metales pesados	Arsénico	0.5	0.13	0.06	0	0	0	0	0	0	0	0
		Cadmio											
		Cromo											
		Mercurio											
		Plomo											
h	Otros	pH	0.5	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25
i	Otros	Cloruros	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
j	Otros	Hierro Total	0.1	1	0.1	0.6	0.06	0.6	0.06	0.7	0.07	0.8	0.08
k	Otros	Temperatura in situ del Agua	0.5	0.7	0.35	0.6	0.3	0.6	0.32	0.6	0.3	0.9	0.45
		temperatura ambiental											
l	Otros	alcalinidad	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45
m	Otros	conductividad Eléctrica	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45
IQA-MC			10	52.5		43.86		46.11		34.75		40.66	

Fuente: El Autor

Tabla 72.Cálculo de IQA-MC muestreo 2.2.

FACTOR DE PONDERACIÓN	TÉRMINO	PARAMETRO	PESO	P 5		P 7		P 8		P 9	
a	Carga orgánica	DBO5	1.2	0.56	0.67	0.64	0.77	0.28	0.34	0.48	0.58
		DQO									
b	Efecto recuperador	% de Saturación.	1.6	1	1.6	1	1.6	1	1.6	1	1.6
c	Contaminación fecal	Coliformes fecales	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0
		Coliformes totales		1		1		1		1	
d	Aspectos estéticos	Sólidos totales disueltos	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0
		Sólidos suspendidos totales									
		Solidos Totales									
		Turbiedad									
		Aceites y Grasas									
e	Nutrientes	Amoniaco	1	0.25	0.25	0.2	0.2	0.2	0.2	0.17	0.17
		Nitrato									
		Nitrito									
		Nitrógeno Total									
f	Nutrientes 2	Fosfatos	1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
		Fósforo									
g	Metales pesados	Arsénico	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
		Cadmio									
		Cromo									
		Mercurio									
		Plomo									
h	Otros	pH	0.5	0.9	0.45	0.9	0.45	0.9	0.45	0.9	0.45
i	Otros	Cloruros	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
j	Otros	Hierro Total	0.1	0.6	0.06	0.6	0.06	0.6	0.06	0.6	0.06
k	Otros	Temperatura in situ del Agua	0.5	0.7	0.35	0.8	0.4	0.64	0.32	0.7	0.35
		temperatura ambiental									
l	Otros	alcalinidad	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45
m	Otros	conductividad Eléctrica	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45
IQA-MC		Σ	10	52.84		53.74		48.62		51.04	

Fuente: El Autor

Tabla 73.Cálculo de IQA-MC muestreo 3.

FACTOR DE PONDERACIÓN	TÉRMINO	PARAMETRO	PESO	P 1		P 2		P 3		P 4		P 5		P 6		P 7		P 8		P 9	
a	Carga orgánica	DBO5	1.2	0.56	0.67	0.72	0.86	0.5	0.58	0.2	0.22	0.28	0.34	0.05	0.06	0.48	0.58	0.4	0.48	0.56	0.67
		DQO																			
b	Efecto recuperador	% de Saturación.	1.6	1	1.6	1	1.6	1	1.6	1	1.6	1	1.6	1	1.6	1	1.6	1	1.6	1	1.6
c	Contaminación fecal	Coliformes fecales	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Coliformes totales																			
d	Aspectos estéticos	Sólidos totales disueltos	1.1	0.18	0.2	0.4	0.44	0	0.03	0	0	0.08	0.09	0.3	0.33	0	0	0	0	0	0
		Sólidos suspendidos totales																			
		Sólidos Totales																			
		Turbiedad																			
		Aceites y Grasas																			
e	Nutrientes	Amoniaco	1	0.58	0.58	0.14	0.14	0.4	0.38	0.2	0.2	0.12	0.12	0.14	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.06	0.06
		Nitrato																			
		Nitrito																			
		Nitrógeno Total																			
f	Nutrientes 2	Fosfatos	1	1	1	0.9	0.9	1	1	0.8	0.81	0.81	0.81	0.9	0.9	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
		Fósforo																			
g	Metales pesados	Arsénico	0.5	0.08	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Cadmio																			
		Cromo																			
		Mercurio																			
		Plomo																			

....Sigue

...Continúa

FACTOR DE PONDERACIÓN	TÉRMINO	PARAMETRO	PESO	P 1		P 2		P 3		P 4		P 5		P 6		P 7		P 8		P 9	
h	Otros	pH	0.5	0.4	0.2	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5	0.25
i	Otros	Cloruros	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1
j	Otros	Hierro Total	0.1	0.8	0.08	0.8	0.08	0.8	0.08	0.8	0.08	1	0.1	1	0.1	0.8	0.08	1	0.1	0.6	0.06
k	Otros	Temperatura in situ del Agua	0.5	0.7	0.35	0.7	0.35	1	0.5	0.8	0.41	0.8	0.4	0.9	0.45	0.7	0.35	0.8	0.4	0.8	0.4
		temperatura ambiental																			
l	Otros	alcalinidad	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45
m	Otros	conductividad Eléctrica	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45	1	0.45
IQA-MC		Σ	10	57.16		56.24		54.23		45.57		47.04		48.3		47.92		47.8		48.55	

Fuente: El Autor

La metodología del IQA-MC refleja que la calidad del agua está altamente contaminada Tabla 65. Categorías de calidad de para IQA-MC., los términos de mayor influencia para mostrar esta categoría son carga orgánica, contaminación fecal, aspectos estéticos por presencia de sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales, nutrientes y metales pesados como plomo, mercurio, arsénico y cadmio. El IQA-MC que representa la mayor contaminación se evidencia en P4 **Figura 24**.

El mapa correspondiente al muestreo 3 aplicando la metodología IQA-MC, se presenta en la **Figura25**.

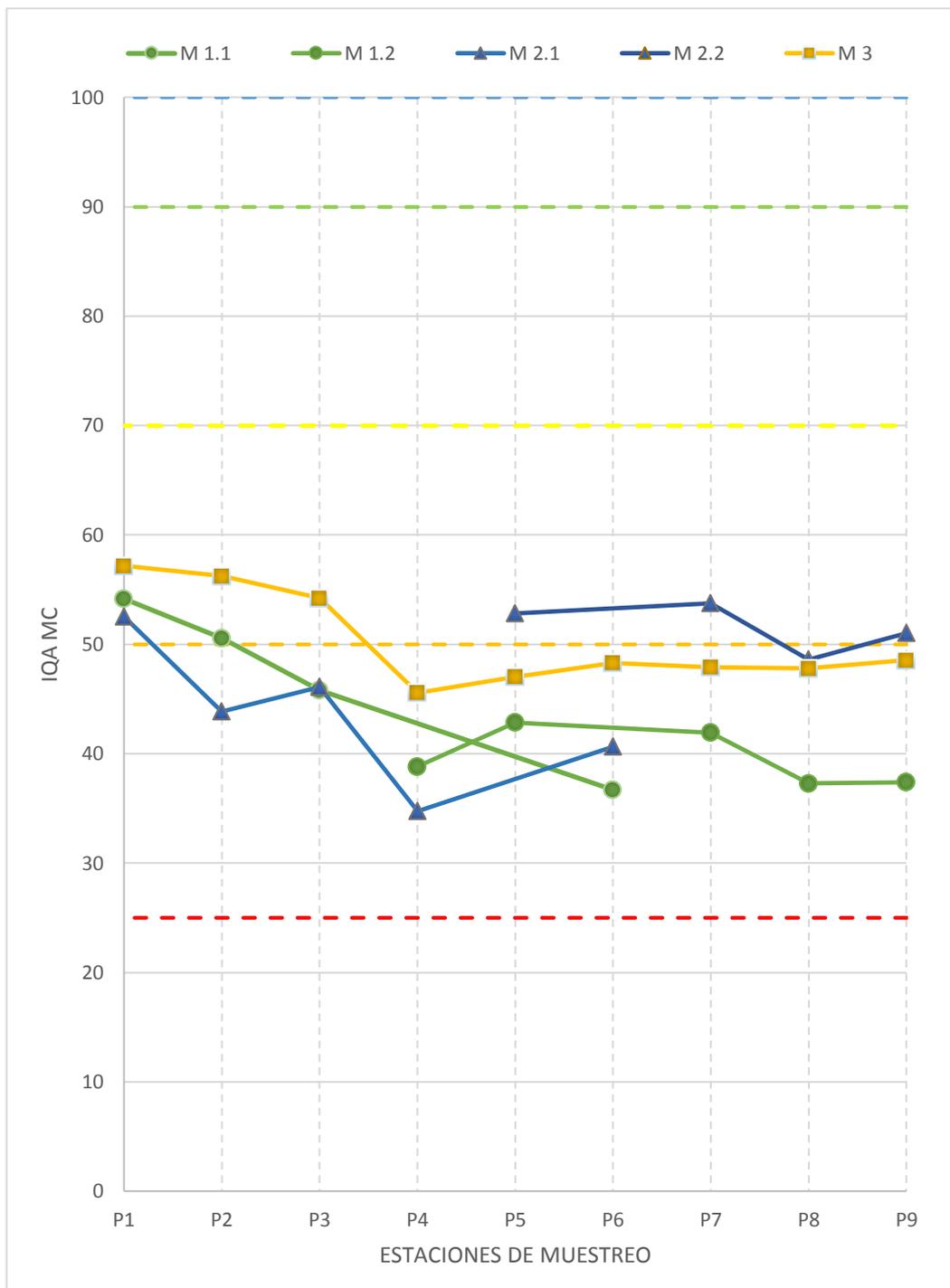


Figura 24 Perfil del índice de calidad físico químico IQA-MC del Río Malacatos, 2013-2014
Fuente: El Autor

A continuación se presenta un mapa comparativo en el que se relacionan las tres metodologías utilizando como base los muestreos donde la calidad de agua tiende a valores más bajos es así como para la metodología WQI NSF se consideró el muestreo 2 como base para el análisis, la metodología CCME relaciona los tres muestreos y para la metodología IQA MC se toma el muestreo 1. **Figura 26.**

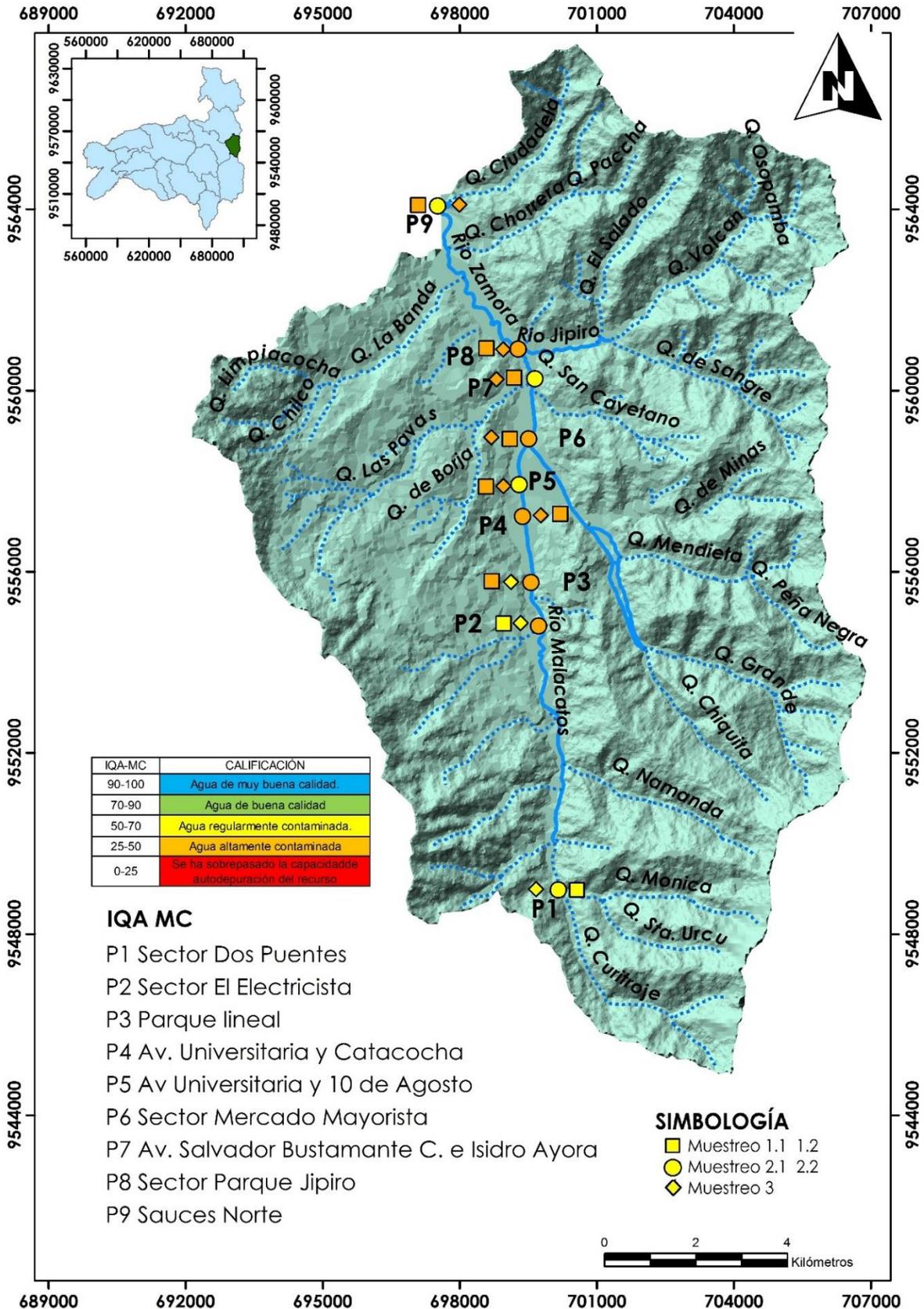


Figura 25. Mapa de monitoreo utilizando la metodología IQA MC.
Fuente: El Autor.

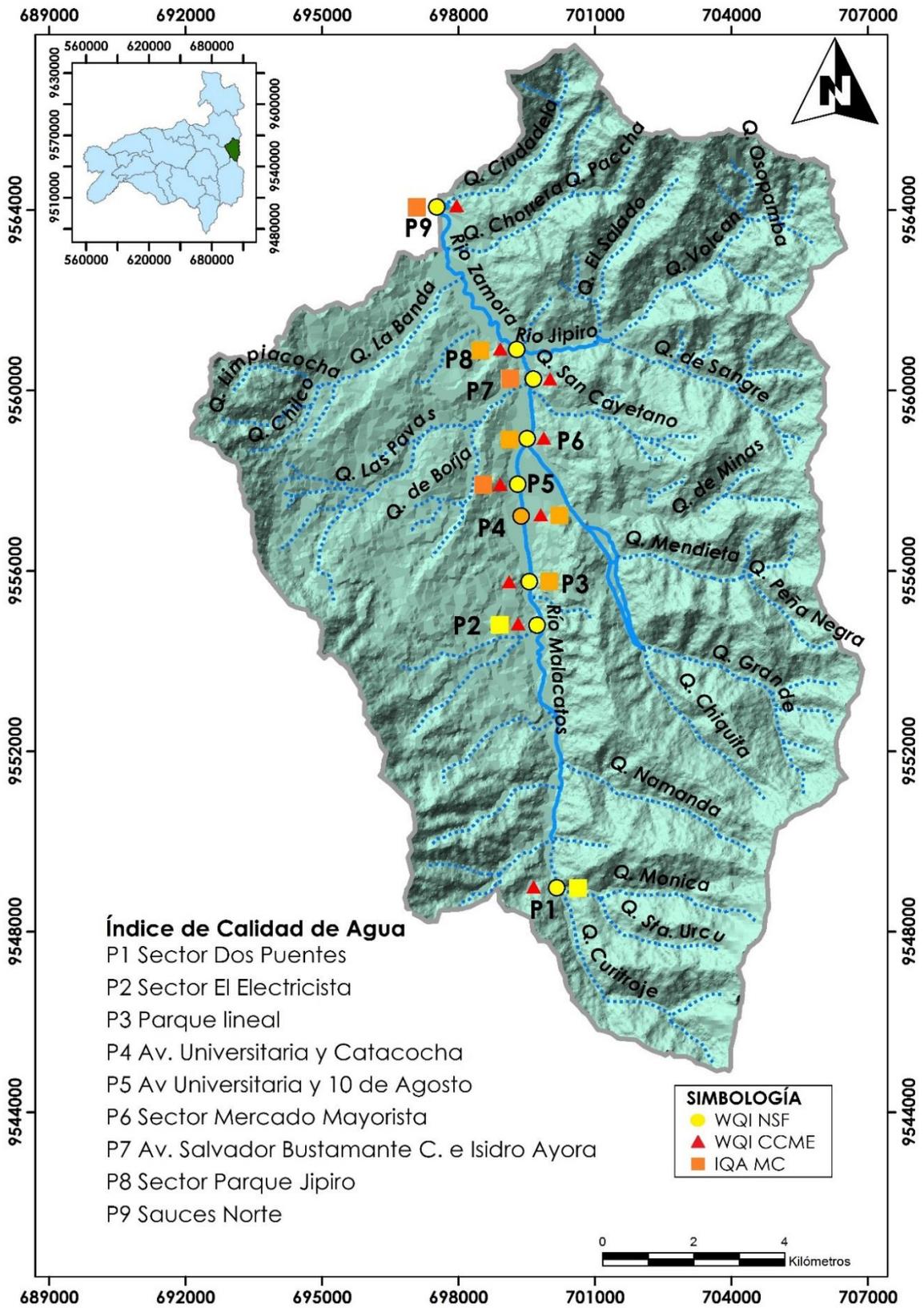


Figura 26. Mapa comparativo utilizando las 3 metodologías.
Fuente: El Autor.

CONCLUSIONES

- ✓ Luego de aplicar la metodología NSF-WQI para el Río Malacatos tramo comprendido desde los Dos Puentes hasta el sector de Sauces Norte, el índice del perfil es 60 (valor adimensional) que enmarca la calidad del río en Regular, promediando valores bajos de oxígeno disuelto, altos de Coliformes fecales y fosfatos, como resultado de esto el punto crítico de la red de monitoreo es el P4 : Av. Universitaria y Catacocha,(47 valor adimensional), esto se debe a la presencia de coliformes fecales y materia orgánica por la descarga puntual de aguas residuales.

- ✓ El índice de calidad de agua para el Río Malacatos tramo comprendido desde los Dos Puentes hasta el sector de Sauces Norte, calculado mediante la metodología Índice de Calidad del Agua del Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente CCME-WQI es de (29 valor adimensional) en la categoría Pobre, lo que representa condiciones de deterioro, mostrando que no se han alcanzado los objetivos planteados para las coliformes fecales, mercurio y plomo. Los CCME-WQI críticos se presentan en P2: Sector “EL Electricista” después de la unión de las quebrada de Alumbre y Pan de Azúcar y P6: Sector “Mercado Mayorista” después de la unión con el río Zamora Huayco.

- ✓ El índice de calidad de agua para el tramo en estudio del Río Malacatos calculado mediante el método IQA-MC es de 47 (valor adimensional), valor que se clasifica como “agua altamente contaminado”, los términos de mayor influencia para mostrar esta categoría son carga orgánica, contaminación fecal, aspectos estéticos por presencia de sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales, nutrientes y metales pesados como plomo, mercurio, arsénico y cadmio. El IQA-MC que representa la mayor contaminación se evidencia en P4: Av. Universitaria y Catacocha.

- ✓ El tercer muestreo realizado en febrero en la época más lluviosa del año dan como resultado mejor calidad en comparación con los muestreos en meses menos lluviosos según las metodologías WQI-NSF y IQA-MC, esto es debido a la dilución de agentes contaminantes (fosfato y nitrato) por las precipitaciones de agua lluvia, que generan un aumento de caudal.

- ✓ El análisis estadístico presentado en parámetros donde las variaciones son significativas y además se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles, tiene un alto nivel de confiabilidad demostrando que tanto los ensayos realizados en laboratorio como en campo y la metodología de recolección de muestras estuvieron bien realizados.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se debería ampliar esta investigación en ámbitos como la cantidad de agua, calidad de aire, medición de ruido y calidad de agua de los ríos en ámbitos biológicos, con esto realizar un cuadro base para la mejora de la calidad de vida de las personas.
- ✓ Planificar reforestación y conservación de las cuencas para que no exista desbordamiento de los ríos, así mismo el cuidado y limpieza de las riveras de los ríos que atraviesan la ciudad.

BIBLIOGRAFÍA

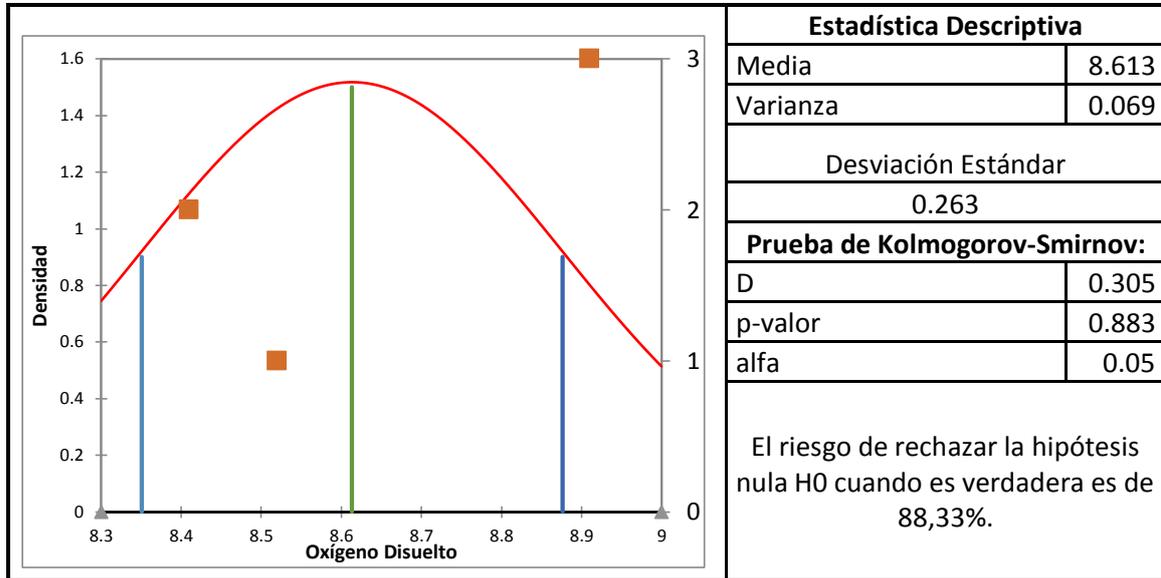
- i. American Public Health Association, A. W. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.
- ii. Brown , Robert M; McClelland, Nina I; Deininger , Rol; Tozer, Ronald G;. (1970). *A water quality index- do we dare?''*. *Water and Sewage Works*.
- iii. Cueva, M. (2012). *Evaluación de la calidad del agua del río Yacuambi, en el tramo comprendido desde la formación del río Tutupali hasta la intersección del río Yacuambi con el río Zamora, en la provincia de Zamora Chinchipe''*. Loja.
- iv. Davis, M., & Cornwell, D. (1998). *Introduction to Environmental Engineering*. Nueva York, EE.UU: WCB McGraw-Hill .
- v. Environment, C. C. (2001). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0. *User's Manual*. In: *Canadian environmental quality guidelines*.
- vi. Fernández, N., Ramírez, A., & Solano, F. (2005). PHYSICO-CHEMICAL WATER QUALITY INDICES- A COMPARATIVE REVIEW. *BISTUA*, 19-30.
- vii. Khan, H., Khan, A., & Hall, S. (2005). The Canadian water quality index: a tool for water resiusrcess managment. *MTER International Conference*, (págs. 1-8). Thailand.
- viii. Ontaneda Rosales, G., & Palacios Tapia, J. (2013). *BOLETIN CLIMATOLOGICO ANUAL*.
- ix. Orozco Barrenetxea, C., Alfayate Blanco, J., González Vidal, M., Pérez Serrano, A., & Rodriguez Vidal , F. (2005). *CONTAMINACIÓN AMBIENTAL. Una visión desde la química*. EDICIONES PARANINFO, S.A.
- x. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional. (2007). *Perspectivas del Medio Ambiente Urbano; GEO Loja*. Loja Ecuador.
- xi. Rivas, Z., Sánchez, J., Trocone, F., Márquez, R., & Colina, M. (2007). Revisión de parámetros físico químicos como indicadores de calidad y contaminación del agua.

- xii. Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como. *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN*, 172-181.
- xiii. Sierra Ramirez, C. A. (2011). *Calidad del Agua Evaluación y Diagnostico*. Bogotá D. C. Colombia: Ediciones de la U.
- xiv. Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). Indices de calida de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Uuna revisión critica. *Ingenierías Universidad de Medellin*, 79-94.
- xv. *Tutiempo Network, S.L.* (11 de 04 de 2014). Obtenido de http://www.tutiempo.net/clima/LOJA_LA_ARGELIA/2014/842700.htm
- xvi. Watkins, K. (2006). *Informe sobre Desarrollo Humano 2006*. Barcelona: Grupo Mundi-Prensa.
- xvii. World Health Organization, U. U. (1996). *Water Quality Assessments A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* . London: Deborah Chapman.

ANEXOS

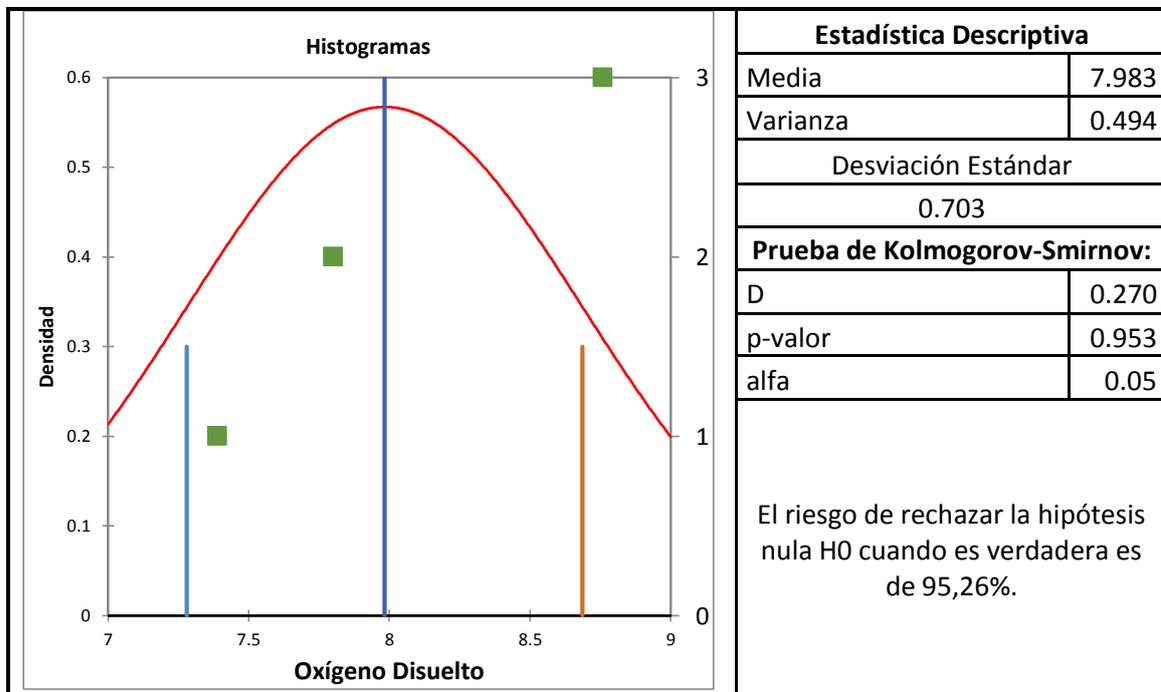
ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla 74. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto1.



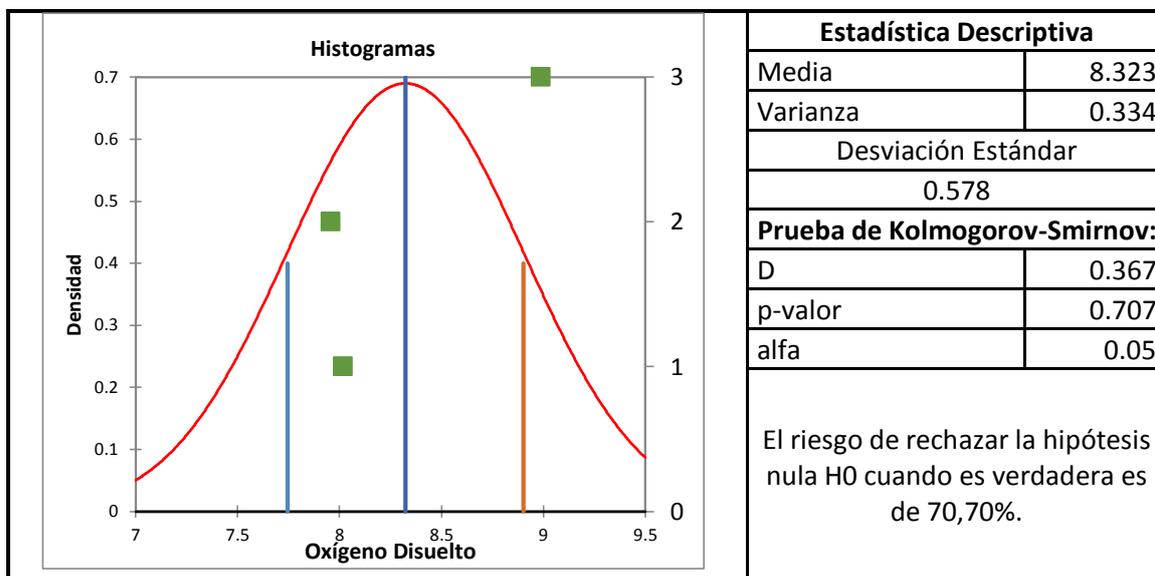
Fuente: El Autor.

Tabla 75. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 2.



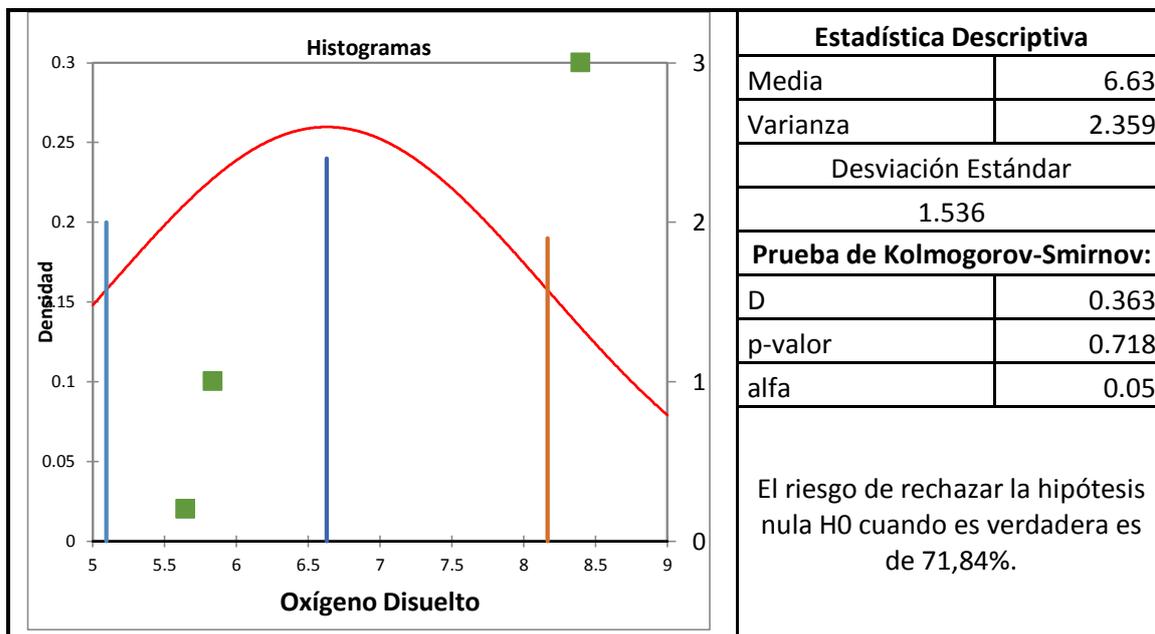
Fuente: El Autor.

Tabla 76. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 3.



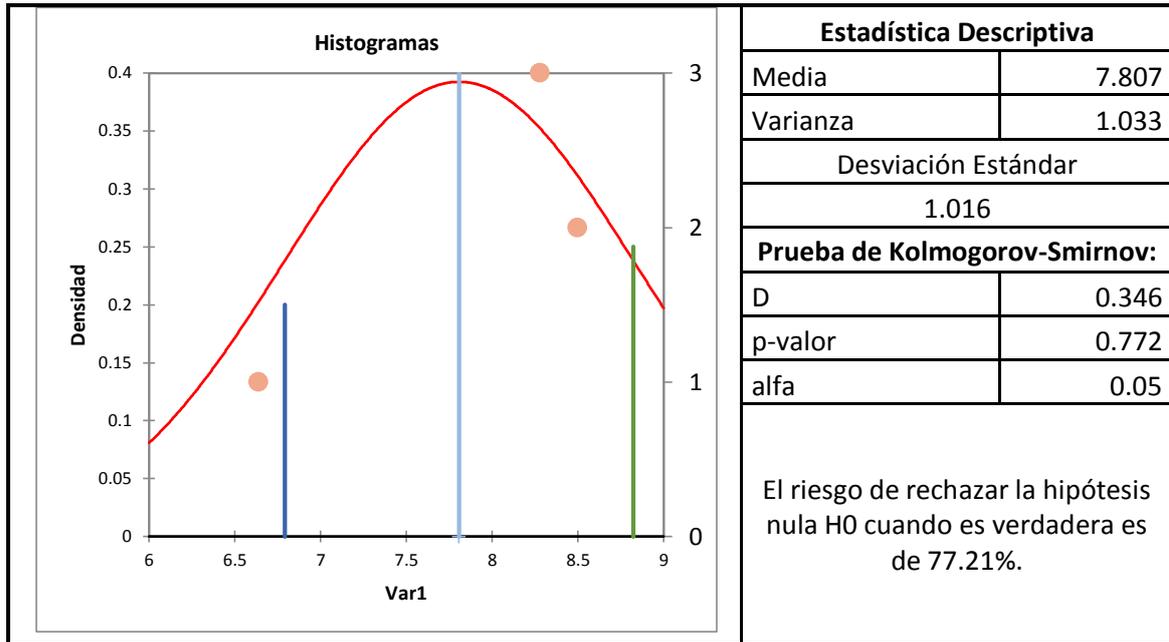
Fuente: El Autor.

Tabla 77. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 4.



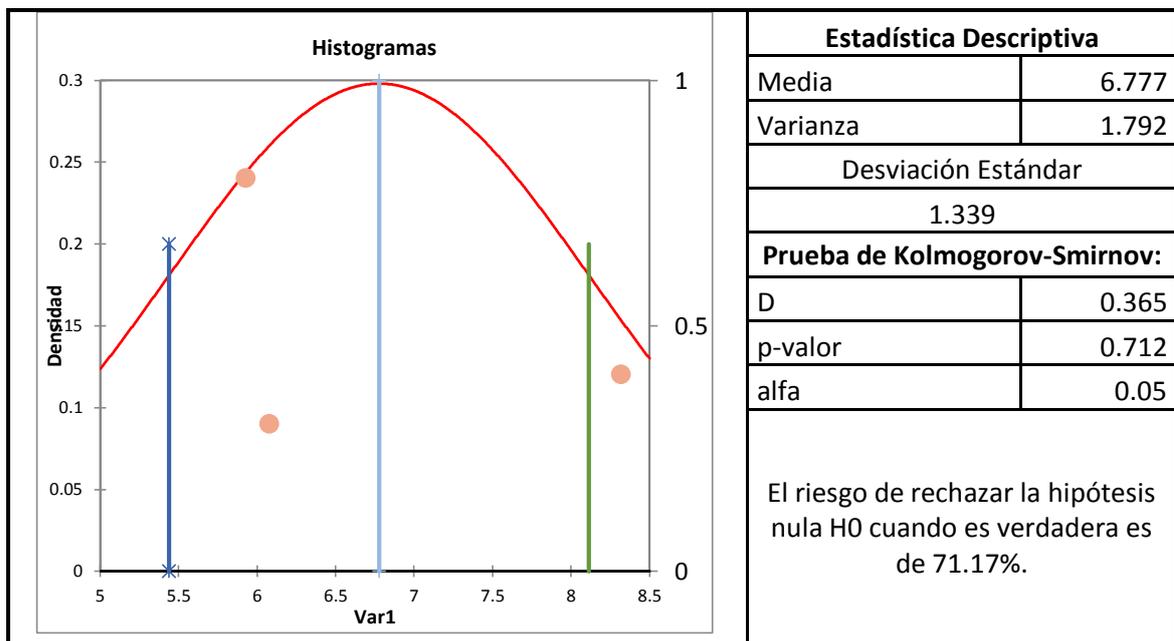
Fuente: El Autor.

Tabla 78. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 5.



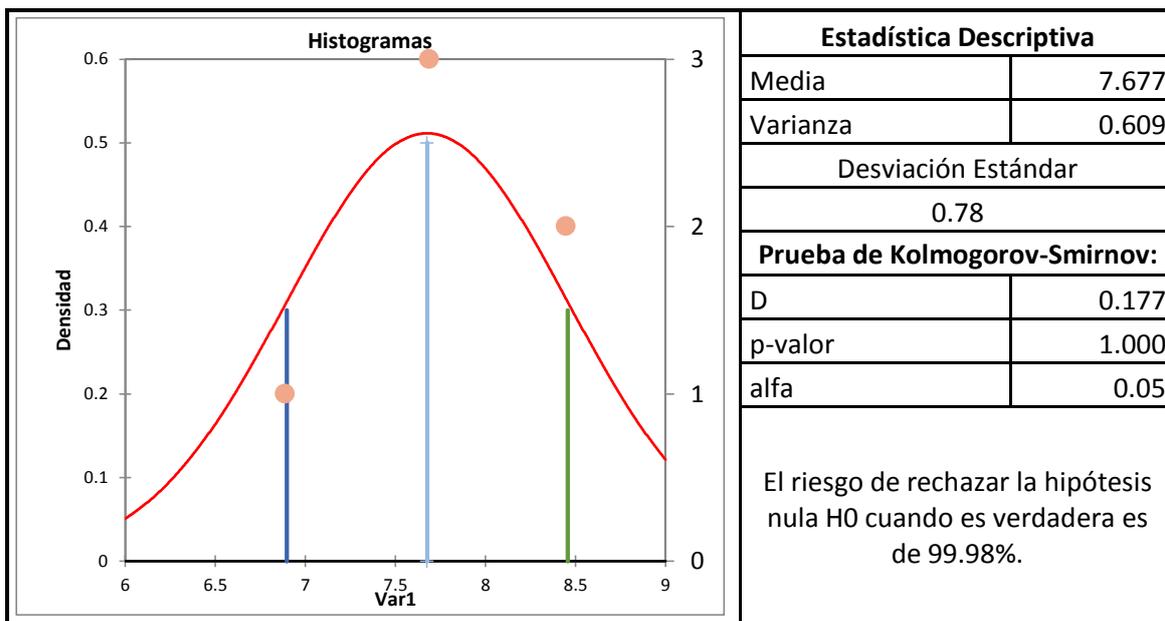
Fuente: El Autor.

Tabla 79. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 6.



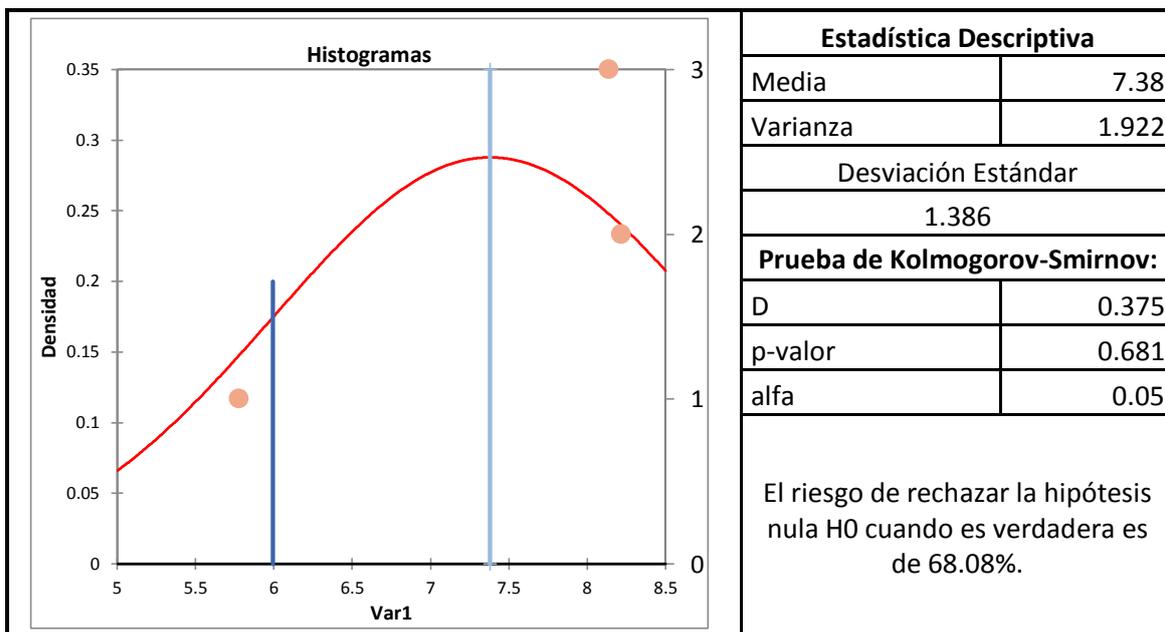
Fuente: El Autor.

Tabla 80. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 7.



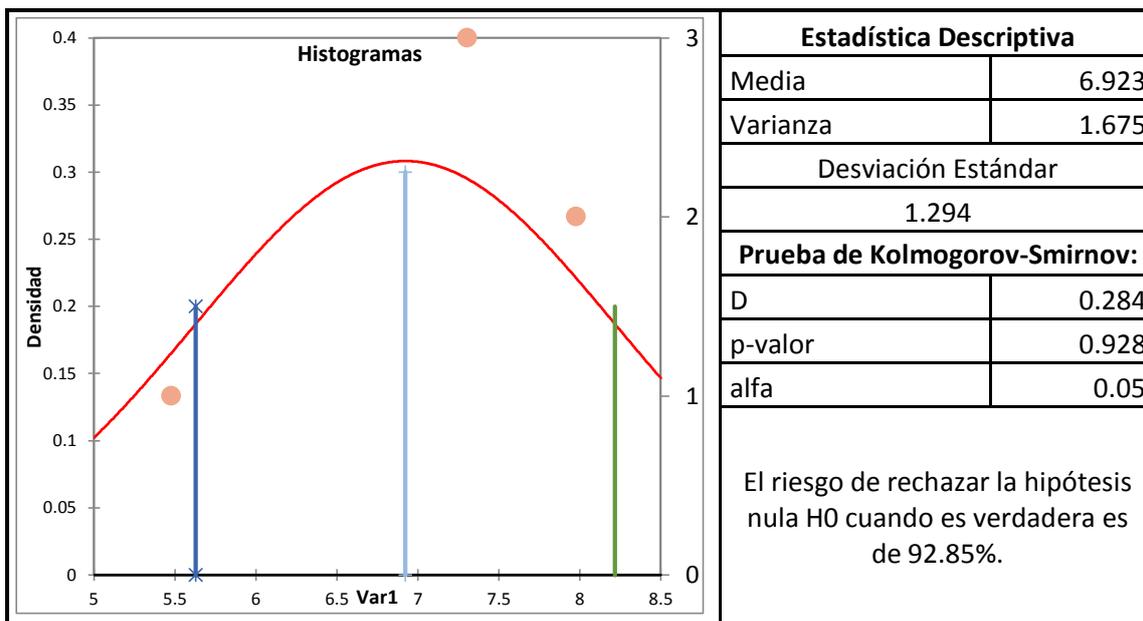
Fuente: El Autor.

Tabla 81. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 8.



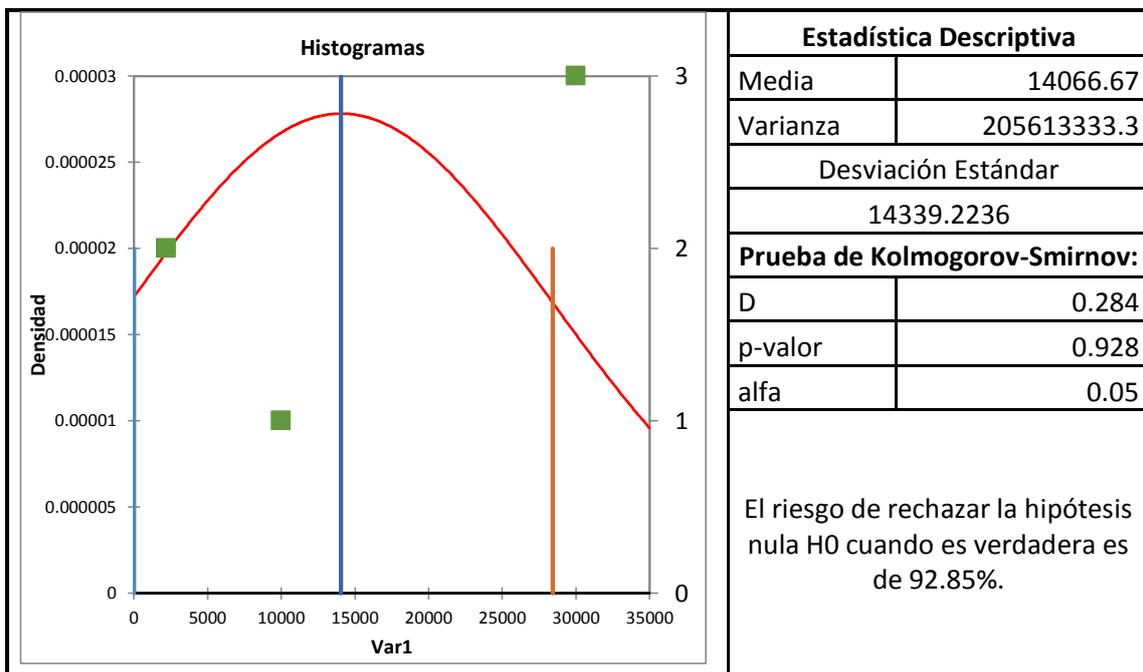
Fuente: El Autor.

Tabla 82. Distribución Normal Oxígeno Disuelto punto 9.



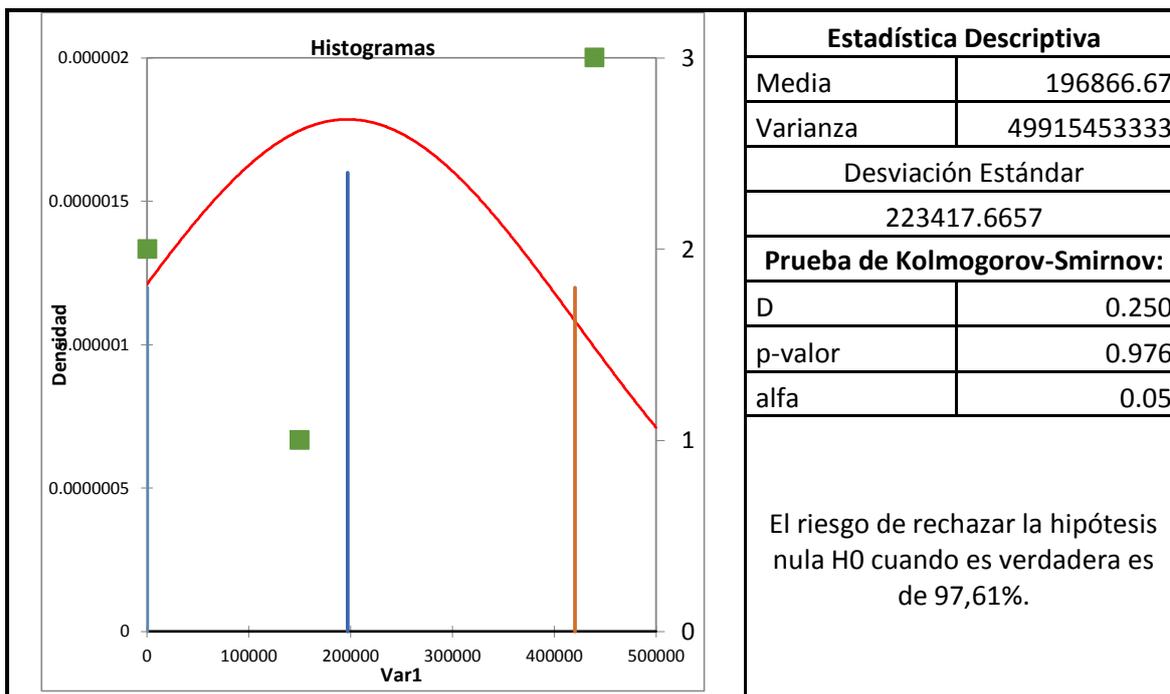
Fuente: El Autor.

Tabla 83. Distribución Normal Coliformes Fecales punto1.



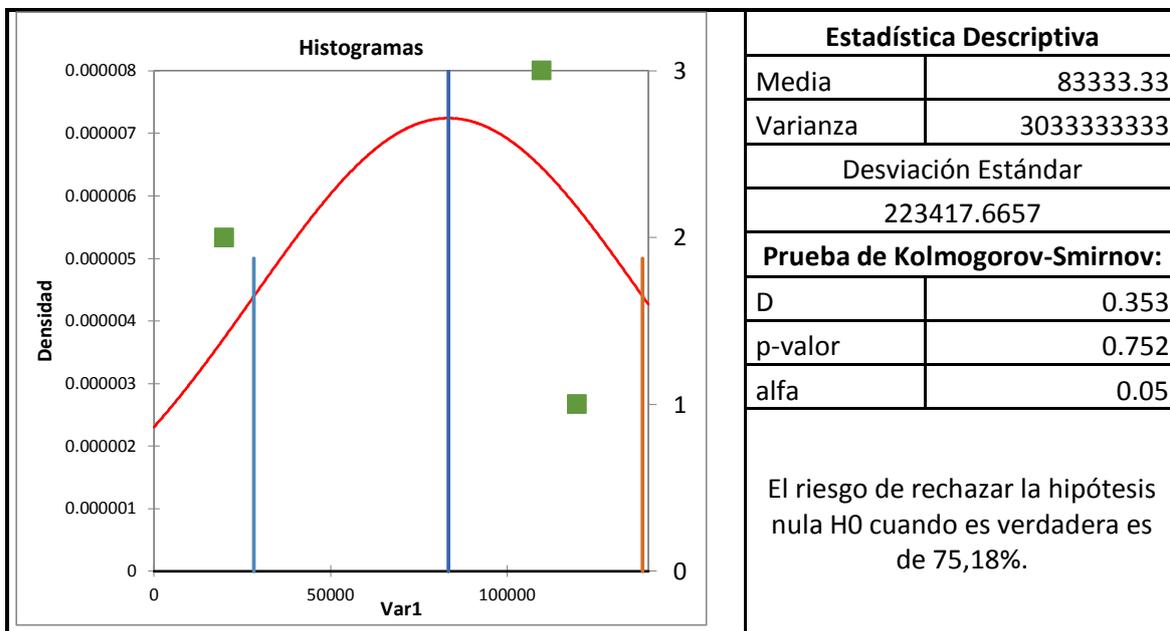
Fuente: El Autor.

Tabla 84. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 2.



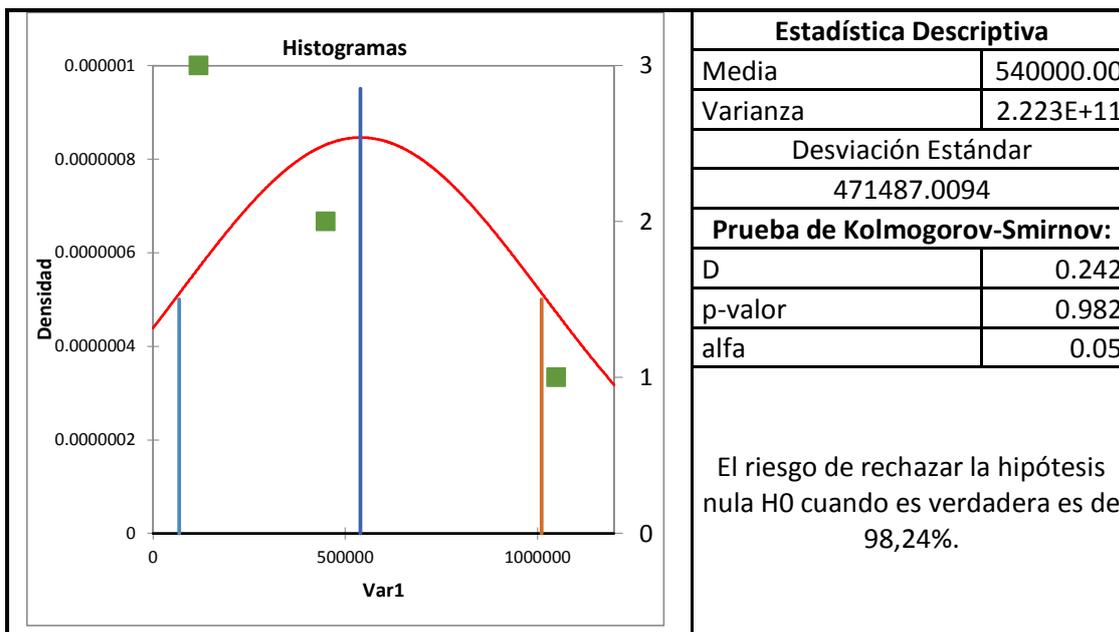
Fuente: El Autor.

Tabla 85. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 3.



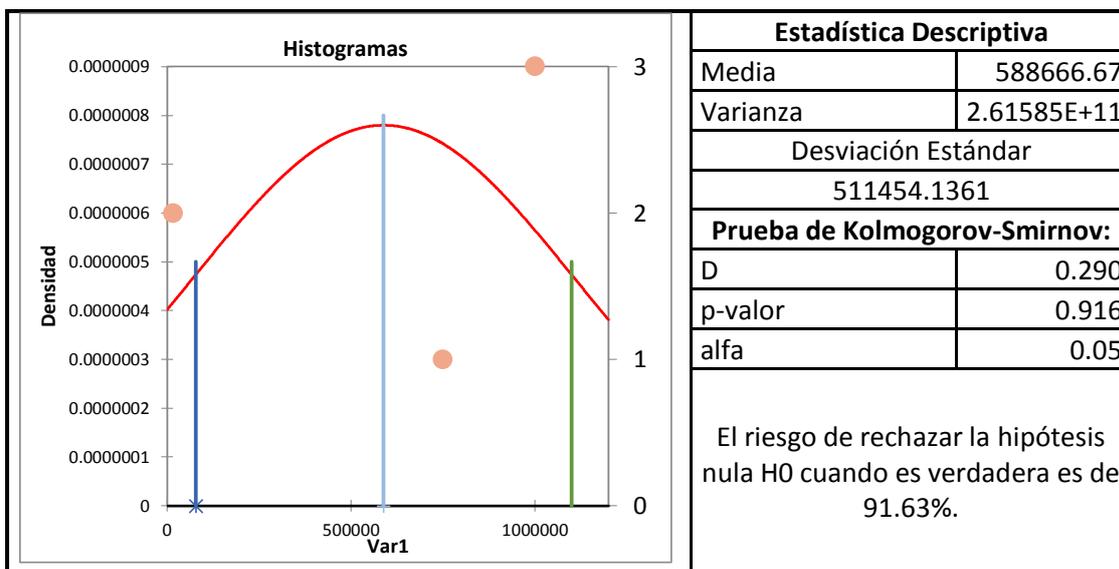
Fuente: El Autor.

Tabla 86. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 4.



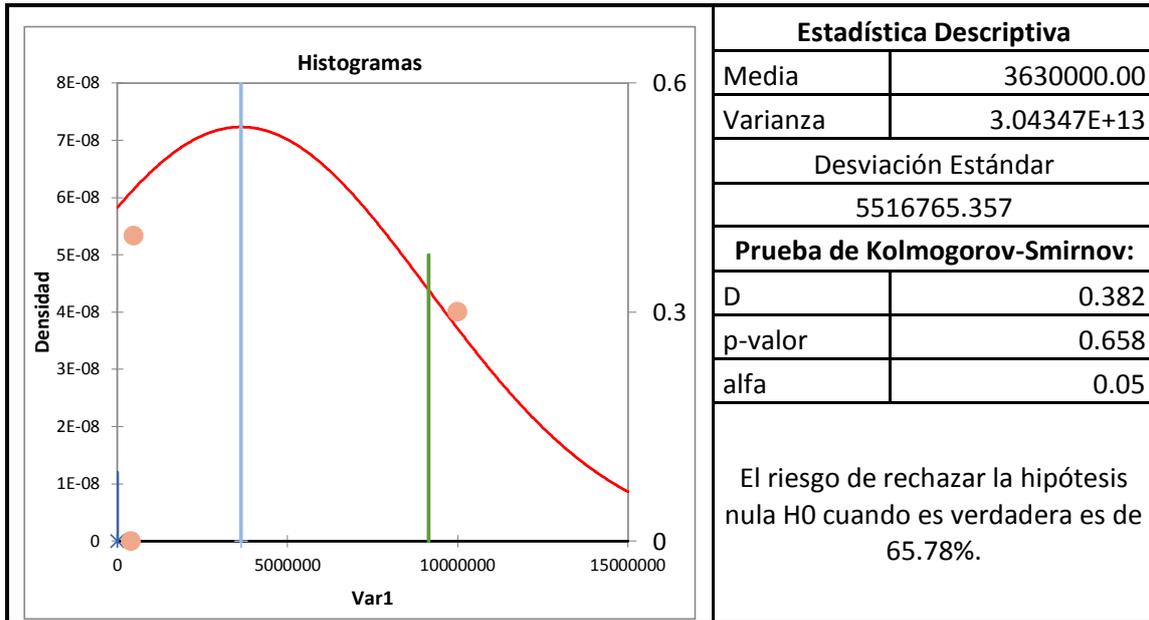
Fuente: El Autor.

Tabla 87. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 5.



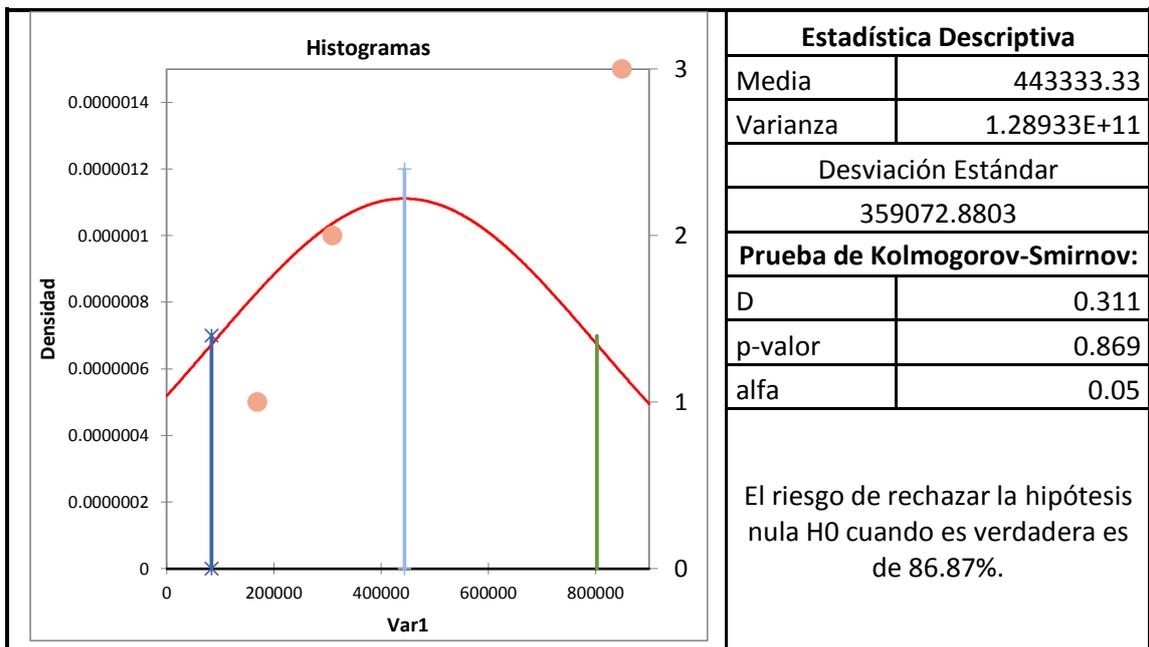
Fuente: El Autor.

Tabla 88. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 6.



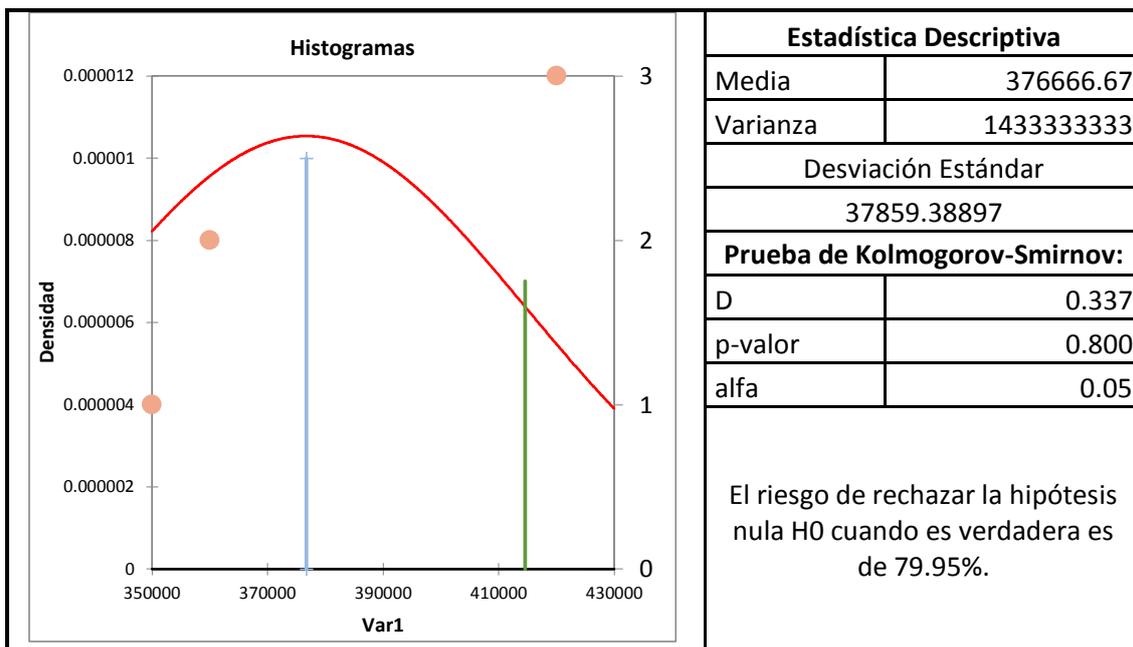
Fuente: El Autor.

Tabla 89. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 7.



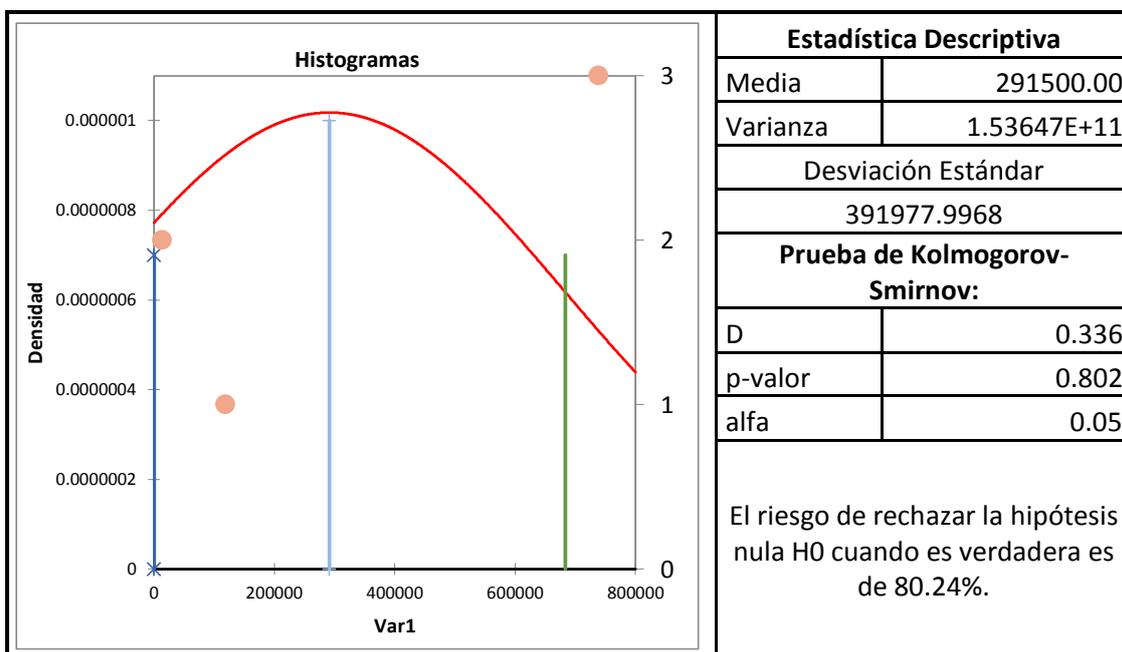
Fuente: El Autor.

Tabla 90. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 8.



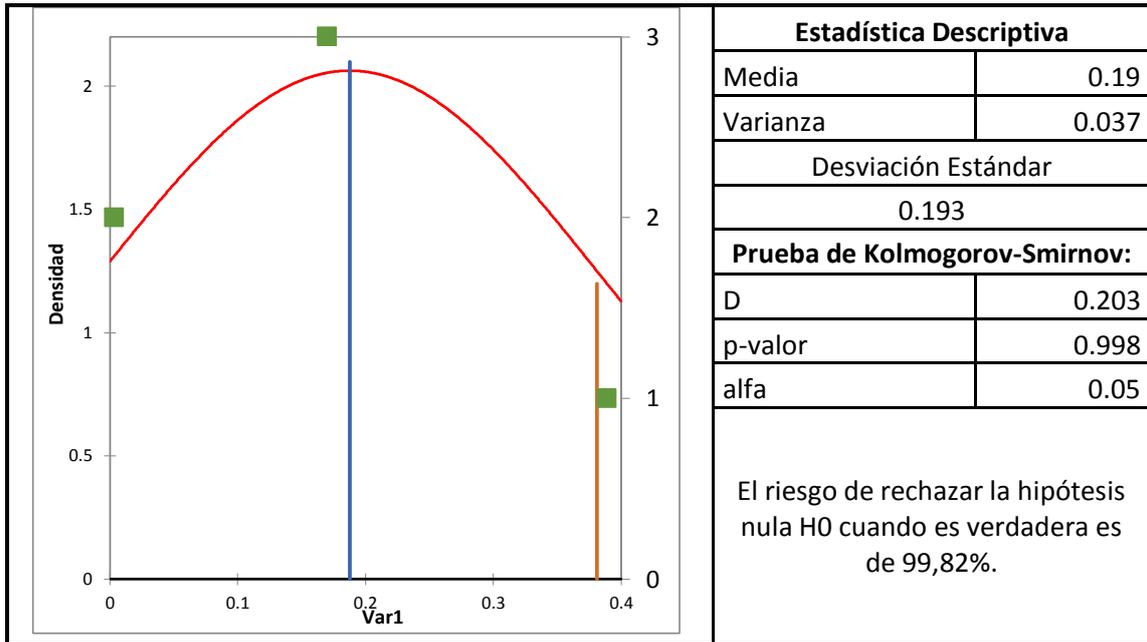
Fuente: El Autor.

Tabla 91. Distribución Normal Coliformes Fecales punto 9.



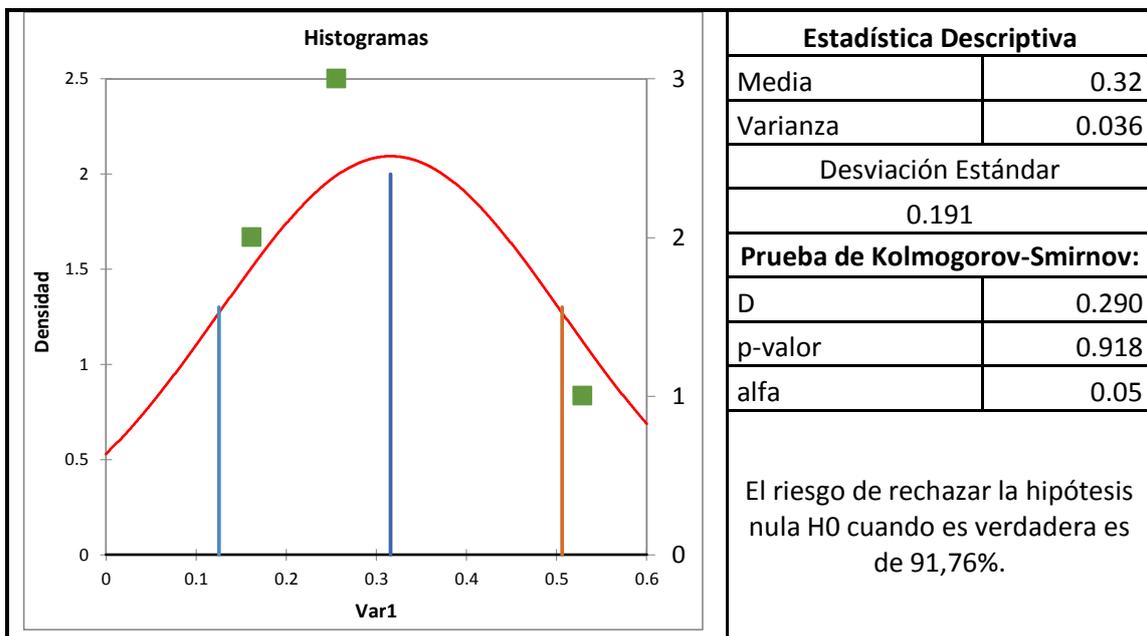
Fuente: El Autor.

Tabla 92. Distribución Normal Plomo punto 1.



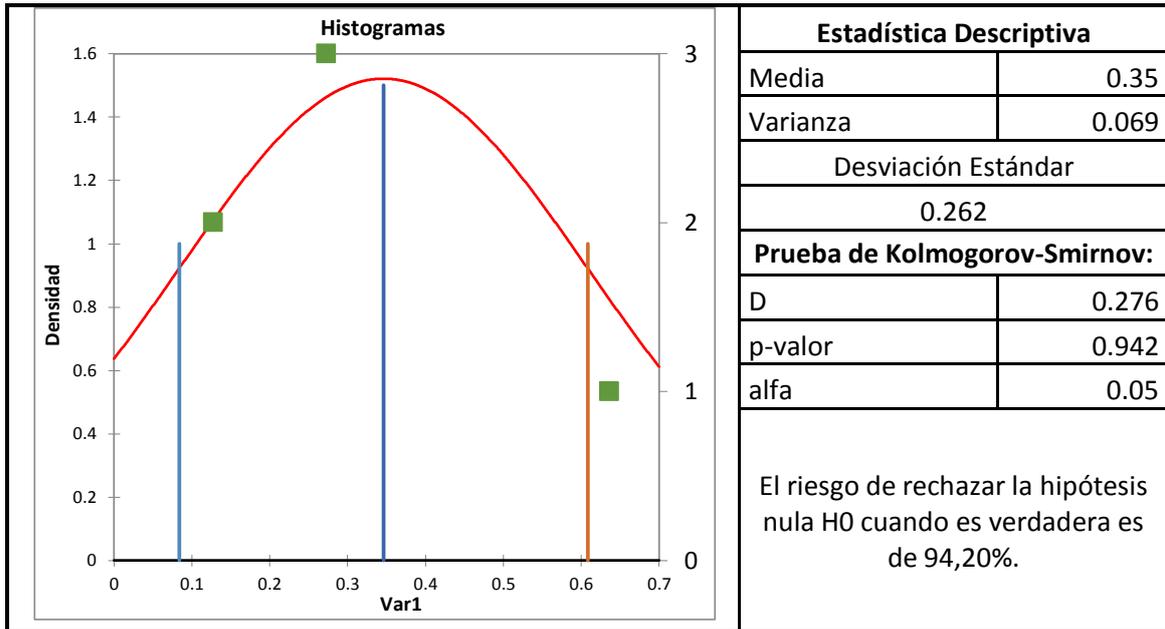
Fuente: El Autor.

Tabla 93. Distribución Normal Plomo punto 2.



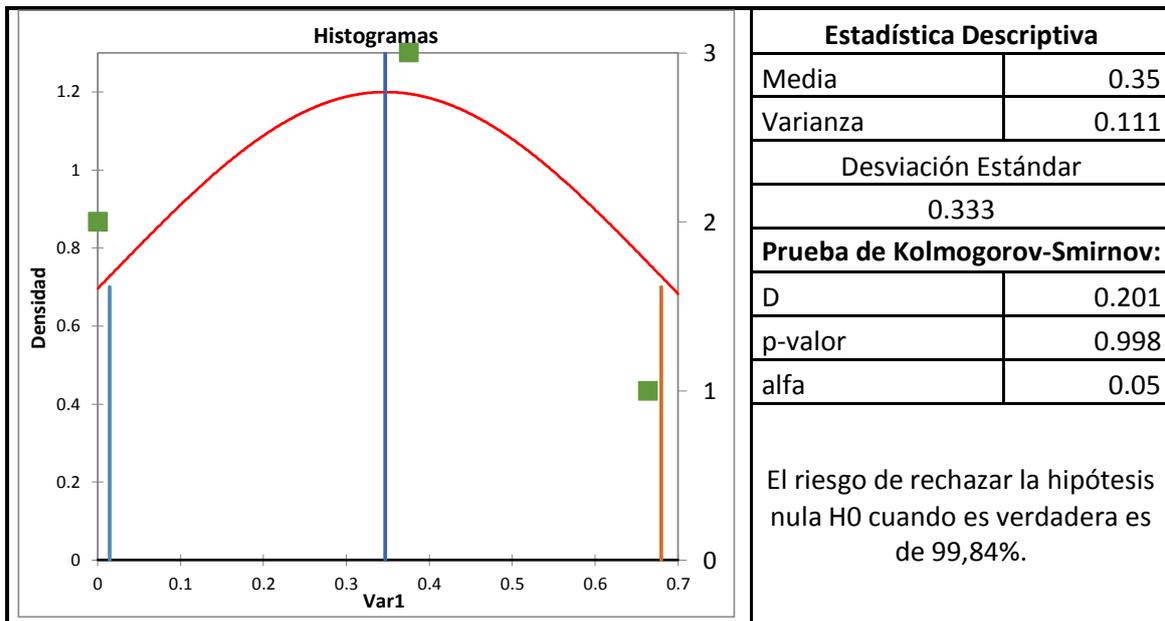
Fuente: El Autor.

Tabla 94. Distribución Normal Plomo punto 3.



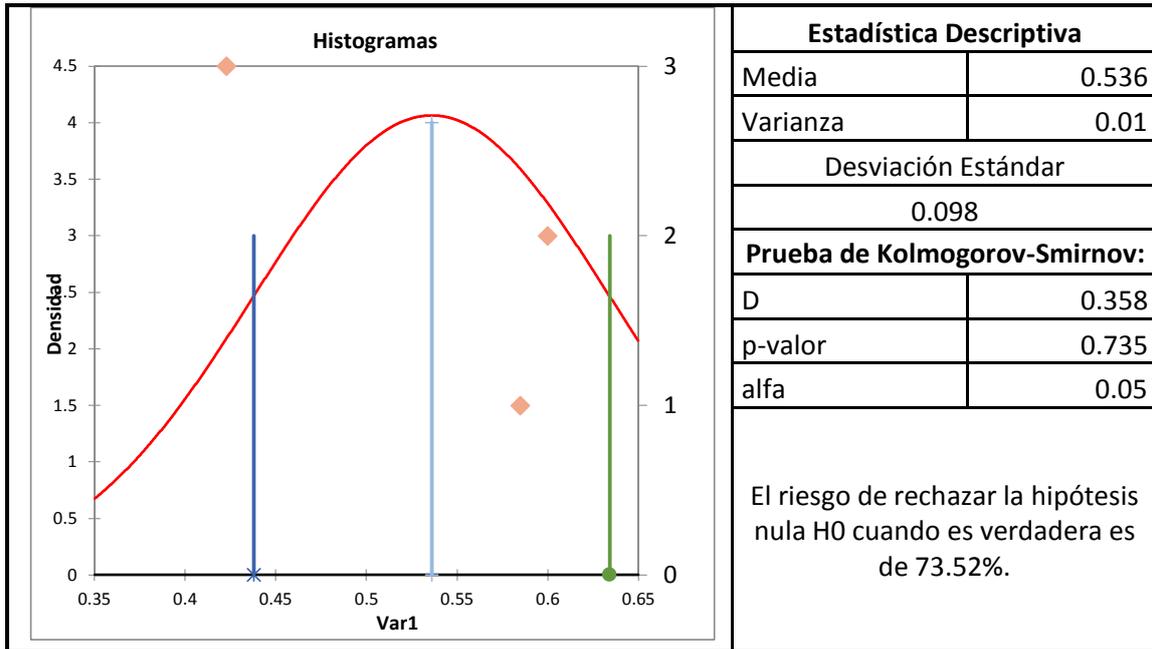
Fuente: El Autor.

Tabla 95. Distribución Normal Plomo punto 4.



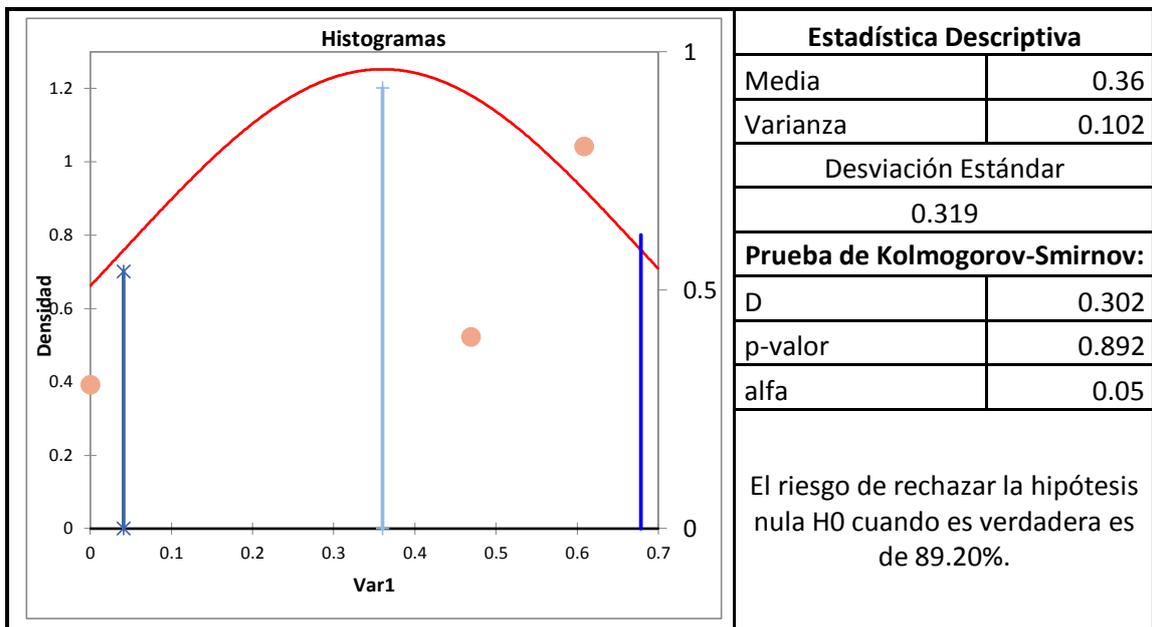
Fuente: El Autor.

Tabla 96. Distribución Normal Plomo punto 5.



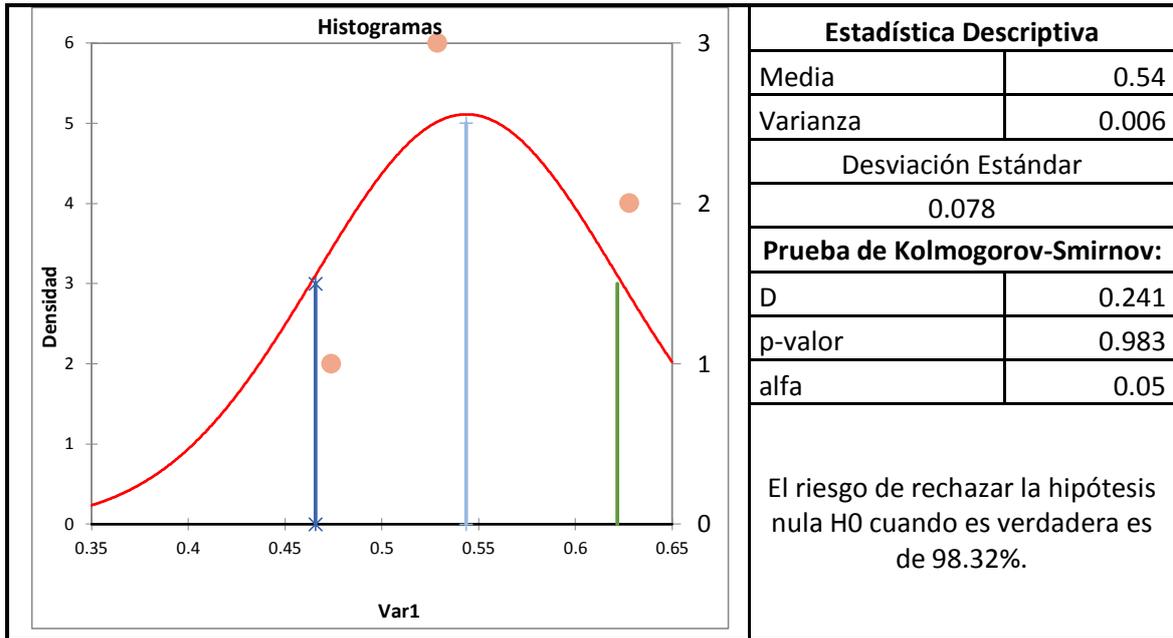
Fuente: El Autor.

Tabla 97. Distribución Normal Plomo punto 6.



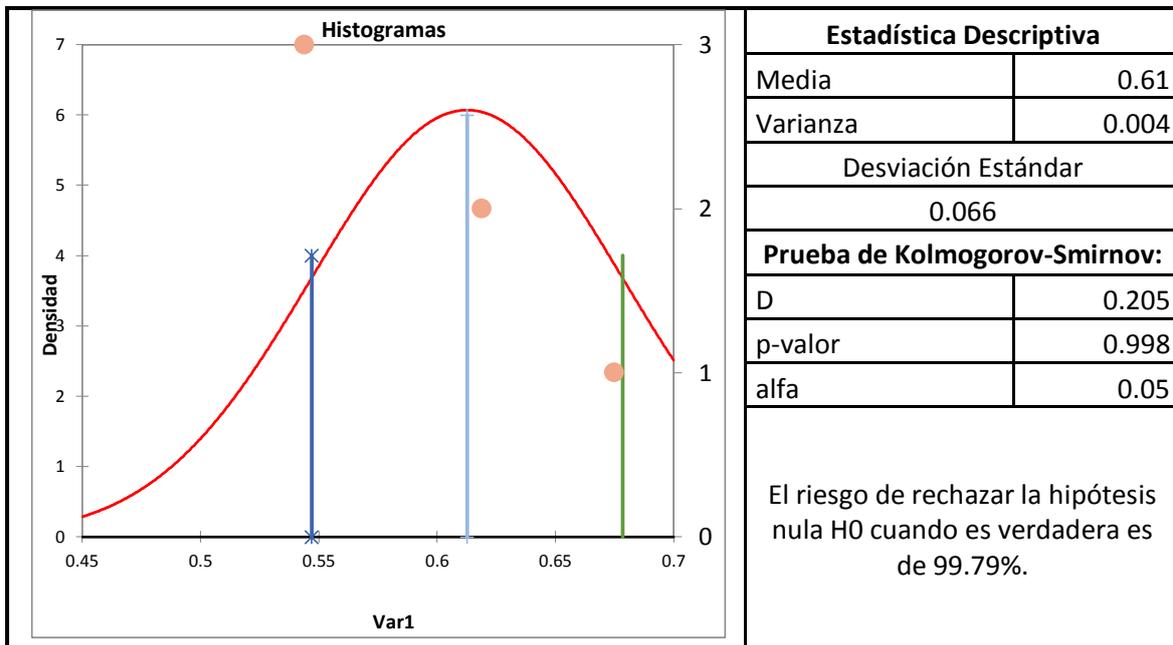
Fuente: El Autor.

Tabla 98. Distribución Normal Plomo punto 7.



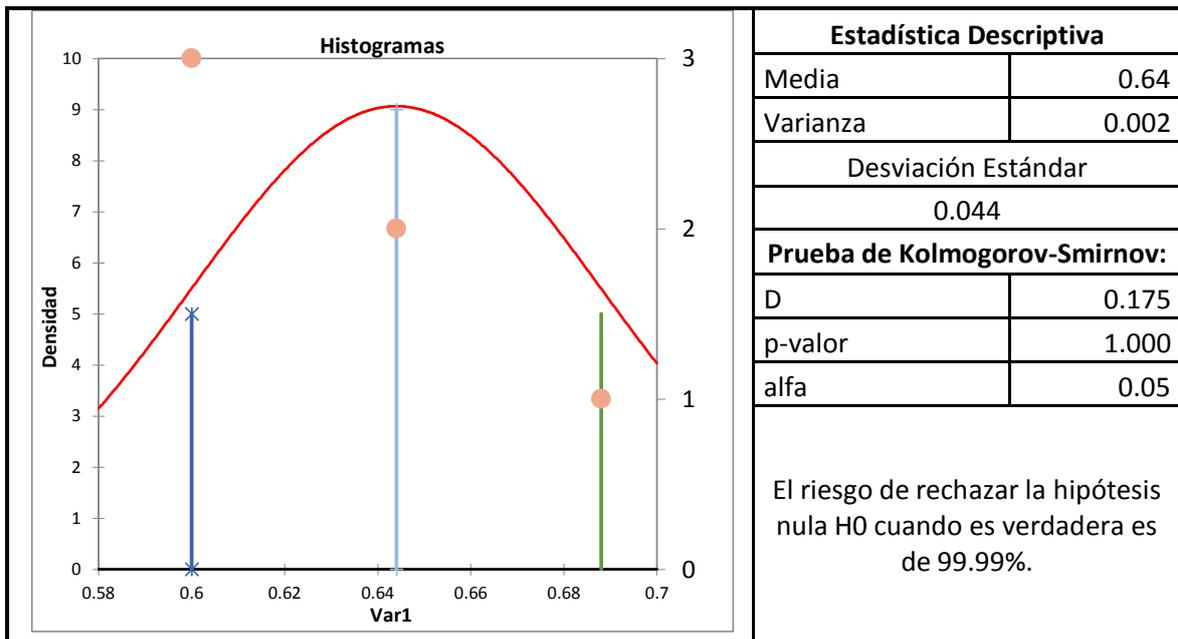
Fuente: El Autor.

Tabla 99. Distribución Normal Plomo punto 8.



Fuente: El Autor.

Tabla 100. Distribución Normal Plomo punto 9.



Fuente: El Autor.