



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA



**Estudio de la influencia de las fuentes antropogénicas sobre la calidad del agua de
la cuenca media y baja del río Ambato**

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniera Bioquímica, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autora: Scarlet Nathaly Guachamin Zambrano

Tutor: Mg. Lander Vinicio Pérez Aldas

Ambato-Ecuador

Enero 2021

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Lander Vinicio Pérez Aldas

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 27 Noviembre de 2020

Mg. Lander Vinicio Pérez Aldas

C.I 180270659-6

TUTOR

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Scarlet Nathaly Guachamin Zambrano, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación la modalidad de Proyectos de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera Bioquímica, son absolutamente originales, auténticos y personales, a excepción de las citas bibliográficas.



Scarlet Nathaly Guachamin Zambrano

C.I. 210083091-4

AUTORA

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Presidente del Tribunal

Mg. Daniel Alfonso Cabrera Valle
C.I 180256159-5

Mg. Jeanette Verónica Carrera Cevallos
C.I 171619227-1

Ambato, 4 de enero 2021

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él, como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Scarlet Nathaly Guachamin Zambrano

C.I. 210083091-4

AUTORA

DEDICATORIA

Con sentimientos de profunda gratitud y amor:

A mi familia y amigos quienes formaron parte de mi proceso de formación académica y personal.

A mis padres, Nelly y Patricio, a mi hermano Javier, quienes me enseñaron con su ejemplo sobre la perseverancia, amor, paciencia, empatía y saber luchar por mis aspiraciones. A confiar en mis capacidades y saber potenciarlas para cada día mejorar.

A mi hermana Vanessa y a mis sobrinas Denise y Fiorelita, quienes con su compañía, aliento y amor me motivaron a ser la persona en la que me he convertido.

A mi hermano Patricio, mi compañero desde nivelación en nuestra carrera universitaria, por su aliento, motivación, por las risas, esfuerzos y dificultades que atravesamos pero que juntos tomamos como lecciones de vida y nos han convertido en las personas que somos ahora.

Como nota especial a Catalina, gran mujer, valiente y alegre.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinita bondad y gracia.

A la Universidad Técnica de Ambato y Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por haberme brindado una etapa maravillosa en mi vida, llena de aprendizaje y haberme fomentado el amor por la ciencia.

A mi tutor Químico Lander Pérez por su paciencia, apoyo incondicional a lo largo de todo el trabajo de la presente investigación, por ser una mano amiga siempre, otorgándome conocimientos y fomentarme la práctica constante de mi perfil profesional, permitiéndome ganar experiencia y confianza.

A la Ingeniera Dolores Robalino por su gran apoyo y colaboración en el desempeño de mi parte experimental.

Al Dr. Carlos Rodríguez e Ingeniero Geovanny Freire por haberme brindado parte de su tiempo para ayudarme a solventar dudas y guiarme en diversos aspectos de mi investigación.

A mis amigos y compañeros de laboratorio quienes nos acompañamos a lo largo de la fase experimental y aprendimos de cada una de nuestras investigaciones.

A un grupo de diez jóvenes, pupilos, compañeros y futuros colegas, quienes me recibieron como su guía, juntos probamos y desarrollamos métodos para llevar a cabo de mejor manera los ensayos. Aprendimos y llevamos a cabo una gran investigación.

A mis padres por su apoyo incondicional, su cariño y amor.

A mis hermanos Vanessa y Pato por sus cuidados, atenciones, amor y guía a lo largo de este gran proceso.

A mis amigos cercanos, por su compañía, cariño, paciencia y amor, alegraron mis días y quedan en mí grandes recuerdos de lo vivido.

Gracias por todo

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.1.1.Calidad Ambiental de Aguas	1
1.1.2.Río Ambato y su contaminación	2
1.1.3.Programa de Monitoreo de Aguas	7
1.1.4.Muestreo de Aguas	8
1.1.5.Control de calidad de mediciones en muestreos.....	12
1.2. Objetivos	13
1.2.1.Objetivo general	13
1.2.2.Objetivos específicos	13
1.3. Hipótesis	14
1.3.1.Efecto de las dos campañas de muestreo.....	14
1.3.2.Efecto de la localización de los puntos de muestreo	14
1.4. Señalamiento de variables de la Hipótesis.....	14
1.4.1.Variables dependientes	14
1.4.2.Variables independientes	14
CAPÍTULO II.....	15
METODOLOGÍA.....	15

2.1. Materiales.....	15
2.1.1.Material de análisis.....	15
2.1.2.Materiales de Laboratorio.....	16
2.1.3.Equipos.....	16
2.1.4.Reactivos.....	17
2.2. Métodos.....	17
2.2.1.Programa de Monitoreo del río Ambato.....	17
2.2.2.Toma y recolección de muestras.....	18
2.2.3.Determinación de parámetros fisicoquímicos.....	21
2.2.4.Determinación de Sustancias Activas al Azul de Metileno.....	30
2.2.5.Determinación del Índice de Calidad General del Agua NSF.....	32
2.3. Procesamiento y análisis de datos.....	33
2.3.1.Diseño Experimental.....	33
2.3.2.Incertidumbre del muestreo.....	36
CAPÍTULO III.....	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
3.1. Programa de monitoreo del río Ambato.....	39
3.2. Determinación de parámetros fisicoquímicos.....	44
3.3. Determinación de Sustancias Activas al Azul de Metileno.....	60
3.4. Determinación del Índice de Calidad General del Agua ponderado.....	64
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	66
3.5.1.Incertidumbre del muestreo.....	66
3.6. Verificación de Hipótesis.....	69
3.6.1.Efecto de las dos campañas de muestreo.....	69
3.6.2.Efecto de la localización de los puntos de muestreo.....	70
CAPÍTULO IV.....	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75

4.1. Conclusiones	75
4.2. Recomendaciones	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación de los Puntos de Muestreo y Códigos de Muestra.....	15
Tabla 2. Factores y Niveles analizados en el Diseño Experimental	33
Tabla 3. Parámetros Geográficos y Meteorológicos Tomados en el Sitio de Muestreo – Campaña de Muestreo 1 y 2	40
Tabla 4. Valores de Turbidez, pH, Temperatura In Situ y en Laboratorio para los Blancos de Control de Calidad	43
Tabla 5. Resultados de los Parámetros Fisicoquímicos, correspondiente a Campaña de Muestreo 1	44
Tabla 6. Resultados de los Parámetros Fisicoquímicos, correspondiente a Campaña de Muestreo 2	45
Tabla 7. Curva Estándar DQO.....	53
Tabla 8. Curva Estándar de Detergentes.....	61
Tabla 9. Valores del Índice de Calidad de Agua del Río Ambato.....	65
Tabla 10. Incertidumbre expandida del resultado de la determinación de parámetros fisicoquímicos en aguas del río Ambato.....	67
Tabla 11. Análisis de suma de rangos: Prueba Mann Whitney	70
Tabla 12. Continuación Análisis de suma de rangos: Prueba Mann Whitney.....	70
Tabla 13. Análisis de varianza: Anova de un factor de puntos de muestreo de la Campaña 1	71
Tabla 14. Análisis de varianza por rangos: Prueba de Kruskal Wallis de puntos de muestreo de la Campaña 1	71
Tabla 15. Continuación Análisis de varianza por rangos: Prueba de Kruskal Wallis de puntos de muestreo de la Campaña 1.....	71
Tabla 16. Análisis de varianza: Anova de un factor de puntos de muestreo de la Campaña 2.....	72

Tabla 17. Análisis de varianza por rangos: Prueba de Kruskal Wallis de puntos de muestreo de la Campaña 2.....	72
Tabla 18. Continuación Análisis de varianza por rangos: Prueba de Kruskal Wallis de puntos de muestreo de la Campaña 2.....	72
Tabla 19. Resultados de las réplicas de Turbidez, pH, Temperatura IN SITU y en LABORATORIO para los blancos de control de calidad.	95
Tabla 20. Resultados de las réplicas de los parámetros fisicoquímicos correspondiente a Fase 1 Muestreo 7 diciembre 2019	96
Tabla 21. Resultados de las réplicas de los parámetros fisicoquímicos correspondiente a Fase 2 Muestreo 29 Febrero 2020	97
Tabla 22. Valores promedio obtenidos de los análisis de la Fase 1 y Fase 2 para el cálculo del ICA.....	100
Tabla 23. Valores del factor de ponderación (W_i) y de la curva de calidad (I_i) para cada parámetro de ambas Fases para el cálculo del ICA.....	104
Tabla 24. Valores de ICA de la Fase 1 y Fase 2 aplicando la fórmula (W_i) x (I_i). 105	
Tabla 25. Extensión de la prueba U de Mann Whitney: Análisis de similitud de medianas en el parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO)	106
Tabla 26. Prueba de Mann Whitney- Rangos para comparar Campañas de Muestreo	106
Tabla 27. Anova de un Factor: Prueba Post hoc Bonferroni de comparaciones múltiples de la campaña de muestreo 1	108
Tabla 28. Anova de un Factor: Prueba Post hoc Bonferroni de comparaciones múltiples de la campaña de muestreo 2	110
Tabla 29. Análisis de varianza por rangos: Prueba Kruskal Wallis variable de contraste Puntos de muestreo en la campaña de muestreo 1	110
Tabla 30. Continuación Análisis de varianza por rangos: Prueba Kruskal Wallis variable de contraste Puntos de muestreo en campaña de muestreo 1	111
Tabla 31, Análisis de varianza por rangos: Prueba Kruskal Wallis en la campaña de muestreo 2.....	112
Tabla 32. Continuación de Análisis de varianza por rangos: Prueba Kruskal Wallis en la campaña de muestreo 2	112
Tabla 33. Continuación de Análisis de varianza por rangos: Prueba Kruskal Wallis variable de contraste Puntos de muestreo en la campaña de muestreo 2	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Uso Industrial del Suelo cercano a los puntos de estudio de la cuenca media y baja del Río Ambato	5
Figura 2. Diagrama de un proceso de medición típico que incluye proceso de muestreo, preparación física y análisis de la muestra.....	8
Figura 3. Los principios del diseño replicado con dos niveles divididos.....	12
Figura 4. Proceso de toma de muestra en uno de los puntos de muestreo del río Ambato.	19
Figura 5. Puntos de estudio de la cuenca media y baja del Río Ambato	20
Figura 6. Turbidímetro empleado en las mediciones de las muestras del río Ambato.	22
Figura 7. Medición de pH en laboratorio con el potenciómetro Mettler Toledo Seven Compact S220.....	22
Figura 8. Primera etapa del proceso yodométrico para determinación de Oxígeno Disuelto.....	23
Figura 9. Segunda etapa del proceso yodométrico para determinación de Oxígeno Disuelto.....	24
Figura 10. Tercera etapa del proceso yodométrico para determinación de Oxígeno Disuelto.....	24
Figura 11. Preparación de patrones para curva de calibración de DQO (izquierda) y muestras a medir (derecha).....	26
Figura 12. Uso de digestor para determinación de DQO en el Laboratorio 2.2 Química General de la FCIAB.	26
Figura 13. Proceso de DBO ₅ mediante equipo Oxitop.....	27
Figura 14. Cápsulas usadas en el proceso de Sólidos Suspendidos	29
Figura 15. Etapa de separación de SAAM, detergentes en muestras de agua del río Ambato	31
Figura 16. Tabla de valores del Factor de Ponderación usados para el cálculo del ICA NSF.....	32
Figura 17. Diseño experimental de réplica de doble división: muestras, submuestras y réplicas, realizado en el estudio.	35
Figura 18. Norma TULSMA para los límites permisibles	98

Figura 19. Norma TULSMA para los límites permisibles: límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	99
Figura 20. Función de calidad NSF para DBO ₅ y Porcentaje de saturación de Oxígeno.	101
Figura 21. Función de calidad NSF para Potencial de Hidrógeno y Temperatura	102
Figura 22. Función de calidad NSF para Sólidos y Turbidez.....	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Rangos comparativos de temperatura de ambas campañas de muestreo	46
Gráfico 2. Comparación de los valores de pH de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.....	47
Gráfico 3. Rangos comparativos pH de ambas campañas de muestreo	48
Gráfico 4. Comparación de los valores de Turbidez de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.....	49
Gráfico 5. Rangos comparativos de turbidez de ambas campañas de muestreo	50
Gráfico 6. Comparación de los valores de Oxígeno Disuelto de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.....	51
Gráfico 7. Rangos comparativos de oxígeno disuelto en ambas campañas de muestreo.....	52
Gráfico 8. Curva estándar DQO.	54
Gráfico 9. Comparación de valores de DQO de la Fase 1y Fase 2 con la norma TULSMA.....	54
Gráfico 10. Rangos comparativos DQO en ambas campañas de muestreo.....	55
Gráfico 11. Rangos comparativos DBO ₅ en ambas campañas de muestreo.....	55
Gráfico 12. Comparación de valores de DBO ₅ de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.....	56
Gráfico 13. Rangos comparativos Sólidos totales en ambas campañas de muestreo	57
Gráfico 14. Rangos comparativos Sólidos suspendidos totales en ambas campañas de muestreo.....	57
Gráfico 15. Comparación de valores de Sólidos Suspendidos Totales de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.....	58

Gráfico 16. Rangos comparativos Sólidos disueltos totales en ambas campañas de muestreo.....	59
Gráfico 17. Comparación de valores de Sólidos Disueltos Totales de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.....	60
Gráfico 18. Curva estándar de detergentes.	61
Gráfico 19. Comparación de los valores de Detergentes de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.....	62
Gráfico 20. Rangos comparativos detergentes en ambas campañas de muestreo ...	63
Gráfico 21. Comparación de las desviaciones estándar de la medición y del análisis, en ambas campañas de muestreo, y su influencia en la desviación estándar del muestreo.....	68

RESUMEN

Una creciente problemática ambiental es la contaminación del recurso hídrico siendo una amenaza para las fuentes de agua dulce como son los ríos y sus afluentes, en tal sentido esta investigación se propone establecer el efecto de las fuentes antropogénicas sobre el grado de contaminación en cinco puntos de la cuenca media y baja del río Ambato mediante la determinación de diez parámetros fisicoquímicos, el cálculo del índice de calidad de agua (ICA) y la comparación del desempeño del proceso de muestreo como también el efecto de la localización de los puntos de estudio. Los ensayos se estructuraron en un diseño replicado de doble división, tomando una muestra por cada punto de muestreo y obteniendo cuatro réplicas por punto. Los métodos consistieron en la medición de la concentración de parámetros fisicoquímicos siguiendo el Manual de Métodos Estándar para el Análisis de agua y aguas residuales y la determinación del Índice de Calidad de Agua NSF. La investigación comprobó que solo cuatro parámetros están dentro del límite permisible: temperatura, turbidez, demanda biológica de oxígeno y sólidos disueltos, aunado a esto la calidad del agua según el valor ICA fue regular y mala a lo largo de la cuenca media y baja del río, en virtud de los resultados estos denotan que las aguas residuales y desechos no tratados de las actividades principalmente domésticas e industriales afectan la calidad del agua del río Ambato, el mismo que se ha visto afectado durante años por la contaminación indiscriminada de diversas fuentes.

Palabras clave: Contaminación ambiental, Contaminación hídrica, Calidad del agua, Contaminantes antropogénicos, río Ambato.

ABSTRACT

A growing environmental problem is the contamination of the water resource, being a threat to fresh water sources such as rivers and their tributaries, in this sense this research aims to establish the effect of anthropogenic sources on the degree of contamination in five points of the middle and lower basin of the Ambato river by determining ten physicochemical parameters, calculating the water quality index (ICA) and comparing the performance of the sampling process as well as the effect of the location of the study points. The tests were structured in a replicated double division design, taking a sample for each sampling point and obtaining four replicates per point. The methods consisted of measuring the concentration of physicochemical parameters following the Manual of Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater and the determination of the NSF Water Quality Index. The investigation verified that only four parameters are within the permissible limit: temperature, turbidity, biological oxygen demand and dissolved solids, in addition to this the quality of the water according to the ICA value was regular and poor throughout the middle and lower basin of the By virtue of the results, these denote that sewage and untreated waste from mainly domestic and industrial activities affect the water quality of the Ambato River, which has been affected for years by indiscriminate contamination from various sources.

Keywords: Environmental pollution, Water pollution, Water quality, Anthropogenic pollutants, Ambato river.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

1.1.1. Calidad Ambiental de Aguas

La valoración de la calidad del agua puede entenderse como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles del recurso hídrico (Ott. 1978; Canter.1998) **(citado por Torres, Cruz, & Patiño, 2009)**.

La determinación de parámetros de calidad ambiental permite realizar una estimación del grado de contaminación de fuentes de agua, como menciona Das y Acharya (2003) citado por **(Rubio et al. 2014)** es así como las fuentes de agua son un recurso vital e insustituible que hace posible y promueve la vida en la tierra. Por esta razón, la constante y creciente contaminación se ha convertido en un grave problema que reduce y encarece el suministro de agua potable en la población.

Hoy en día es indispensable disponer de mecanismos capaces de estimar el grado de contaminación del agua, una alternativa es a través del cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA), como menciona **Rubio et al. (2014)** este funciona como una herramienta que permite diagnosticar la calidad de este recurso natural. Asimismo, el análisis del grado de contaminación de estos cuerpos de agua, como hace referencia **Jiménez (2000)** en su estudio acerca de la “Determinación de los parámetros fisicoquímicos de calidad de las aguas”, se hace por medio de la cuantificación de parámetros fisicoquímicos para saber si los valores presentan variaciones entre períodos de tiempo y a su vez si están dentro de los límites permisibles establecidos en la legislación vigente.

A través de los años se han desarrollado índices de calidad de agua por parte de instituciones dedicadas al control del recurso hídrico. Como, por ejemplo, el índice estándar de calidad de la Fundación Nacional de Sanidad (NSF), de Estados Unidos, conocido como WQI (Water Quality Index) con el fin de generar un mecanismo de comparación de ríos en varios lugares del país.

De la misma forma fueron desarrollados otros índices en Estados Unidos, España, Canadá, México, Brasil y Colombia. Cuya característica principal está en la cantidad de parámetros analizados y el método de cálculo empleado (**Rodríguez, & López, 2017**).

Vinculado a este concepto de calidad del recurso hídrico **Alexiades, Encalada, Lessmann, & Guayasamín (2019)** recalcan en su estudio “Predicción espacial de parámetros fisicoquímicos de arroyos para la cuenca del río Napo” lo mencionado por Ibarra (2010) y Lessmann et al. (2016) que en Ecuador se tiene escaso conocimiento del estado actual de los ríos como también de los arroyos y señalan que es de cuestionarse cómo el crecimiento de las actividades urbanas, industriales y agrícolas podría afectar a estos recursos de agua dulce como también a su diversidad.

Adicional a este análisis de acuerdo con Mena et al. (2006); Poles (2010); Fondo Mundial para la Naturaleza (2014) (citado por **Alexiades, Encalada, Lessmann, & Guayasamín, 2019**) algunas actividades antropogénicas se han convertido en amenazas a lo largo de la región andino-amazónica como lo es la contaminación por diversas fuentes, principalmente minería, construcción de carreteras, agricultura y deforestación.

1.1.2. Río Ambato y su contaminación

En la provincia de Tungurahua se ha venido dando una creciente problemática de contaminación de fuentes de agua debido a la falta de sistemas de depuración, según **Urgilés (2013)** más del 95 % de las aguas residuales se vierten directamente a los ríos sin ningún tratamiento previo. Además, una gran cantidad de sustancias químicas provenientes de efluentes industriales son descargadas directamente en los cuerpos receptores (ríos y quebradas) y en el alcantarillado sanitario.

El río Ambato con una extensión aproximada de 59,8 km se origina en la cordillera Occidental de la unión de los ríos Colorado y Blanco, su microcuenca se cierra cerca de la ciudad de Ambato, se junta con el río Cutuchi de Cotopaxi para formar el río Patate, además en su trayecto recibe descargas del sector industrial y doméstico (**Carvajal, 2017**).

De acuerdo con **Urgilés (2013)** el río Ambato se ha visto afectado debido a que, en este recurso de agua por los altos niveles de contaminación provocados por fuentes antropogénicas como descargas industriales (principalmente de curtiembres) y aguas residuales de la ciudad, es difícil encontrar ranas, debido a que estas no resisten los niveles de turbidez presentes en el agua a causa de la presencia de minas de piedra y arena.

A su vez en el río Ambato se han venido realizando estudios de contaminación a lo largo de los años, puesto que contaminantes remanentes varían determinadas características del cuerpo de agua, esto se evidencia en el impacto ambiental y daños en los cultivos de aquellas personas que viven en zonas aledañas a la cuenca baja del río, especialmente en el sector de Las Viñas.

Siendo esta zona del sector de Las Viñas una de las de mayor contaminación, además según **Moreta (2009)** en la noticia “213 locales afectan al río Ambato” señala que dicha zona se ve afectada por las descargas de desechos de alrededor de 65 curtiembres, depósitos de aguas residuales de aproximadamente diez fábricas alimenticias, 3 empresas dedicadas al proceso de cromado, como también una gran cantidad de empresas y negocios de lubricadoras y lavadoras de carros y sumando a esto las descargas de aguas servidas de los sectores propios y aledaños a la ciudad de Ambato.

Es así como el análisis del río Ambato a través de los años ha permitido tener una visión general de la magnitud de contaminación de este recurso, como bien menciona Jaramillo., V en su estudio llevado a cabo acerca de la inspección de la calidad del entorno y el comportamiento urbano de la ciudad de Ambato (**citado por Urgilés, 2013**), una de las fuentes de contaminación del río son las emisiones de las curtiembres, las cuales vierten cantidades constantes de aguas residuales por día cuantificadas en aproximadamente 1,925 metros cúbicos (m³). Siendo así que de la mayor parte de aguas contaminadas que son desechadas por las industrias, el 65% son producidas por las curtiembres.

Los principales nodos industriales y artesanales del cantón Ambato de acuerdo con el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua (**HGPT, 2015**) son los clústers de cuero y calzado, carrocerías y textiles, las cuales se localizan en el eje norte vía Panamericana hacia la ciudad de Quito y en el eje sur vía Panamericana hacia la ciudad de Riobamba, entre otros puntos principales está el Parque Industrial ubicado en la zona norte. Estas actividades antropogénicas por lo general desechan contaminantes provenientes del uso de elementos químicos de poca biodegradabilidad y elevada toxicidad, generando un gran impacto ambiental.

Entre otras actividades comerciales están presentes las industrias que usan agroquímicos con el fin de aumentar el rendimiento de los cultivos o para el control de plagas. En la Figura 1 se muestra los principales usos del suelo industrial cercanos a los puntos de muestreo con base a la definición de uso industrial de suelo del Acuerdo Ministerial Registro Oficial Edición Especial N°387 del Ministerio del Ambiente (**MAE. 2015**).

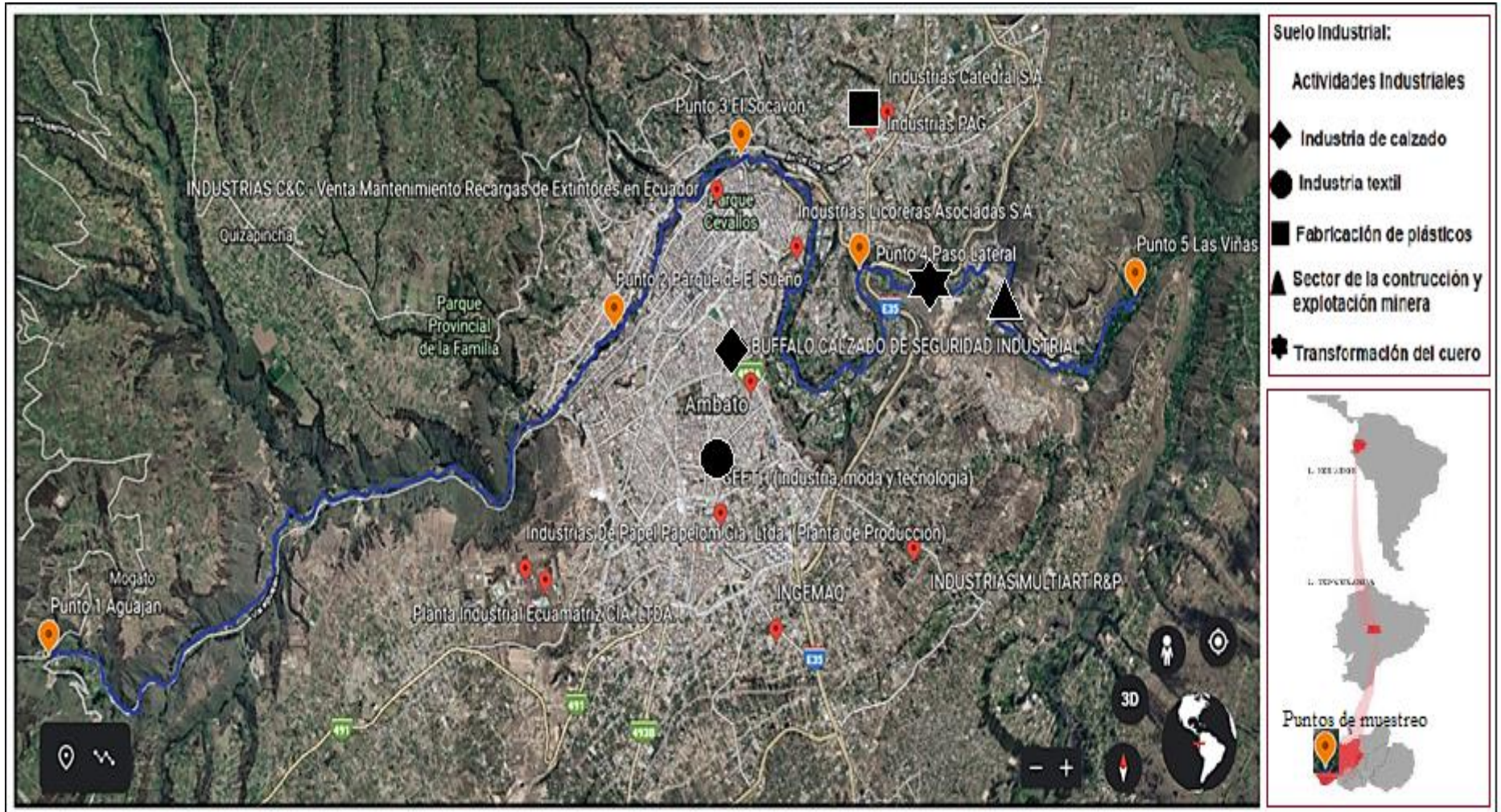


Figura 1. *Uso Industrial del Suelo cercano a los puntos de estudio de la cuenca media y baja del Río Ambato (Google Earth. 2020).*

En consecuencia, son varios los contaminantes nocivos que convergen en varias zonas del río Ambato, entre los contaminantes menos percibidos pero que están presentes en ríos se encuentran los detergentes o tensoactivos, algunos de estos a pesar de ser biodegradables, se encuentran en pequeñas concentraciones provocando daños ambientales a mediano y largo plazo. Según **Aguirre et al. (2013)** varios detergentes presentan como compuesto principal el alquilbenceno sulfonato de cadena ramificada que son considerados como no biodegradables y capaces de causar problemas ambientales. Además, los detergentes son contaminantes presentes con mucha frecuencia en las aguas de ríos y por lo general se observan en forma de espuma remanente (Insua, 2010) (**citado por Pacheco, 2015**).

Por ejemplo, los detergentes luego de emplearse en la limpieza doméstica e industrial son desechados a las alcantarillas como aguas residuales y fuente de contaminación del agua (**Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, 2007**). Cuando se trata de detergentes elaborados a partir de fosfatos, estos al acumularse en ríos contribuyen a problemas ambientales como la eutrofización, crecimiento acelerado de vegetales como algas y cianobacterias, que generan cambios en los cuerpos de agua como el agotamiento del oxígeno disuelto en la capa superficial de agua y además causan la muerte de varios organismos acuáticos que consumen oxígeno.

De modo que (Insua, 2010) citado por (**Pacheco, 2015**) describe a la contaminación dulceacuícola provocada por actividades antropogénicas como uno de los problemas de mayor trascendencia a lo largo del tiempo y a los detergentes comerciales como contaminantes de naturaleza orgánica a nivel mundial.

Por otro lado, un enfoque en las fuentes de contaminación del río Ambato y las sustancias tóxicas presentes, han llevado a que se impulsen y desarrollen medios de prevención que van desde plantas de tratamiento de agua, hasta la implementación de técnicas de biorremediación para el tratamiento de aguas de desecho previa a su descarga en los ríos. Partiendo con un análisis general de calidad de estas aguas mediante índices, que estimen el grado de contaminación con el fin de actuar sobre los mayores efectos.

En el presente trabajo de investigación se analizan los efectos de la contaminación en cinco puntos entre la cuenca media y baja del río Ambato provocados por las fuentes antropogénicas, reflejados en los resultados de los análisis fisicoquímicos y en el valor del índice de calidad de agua ponderado, llevados a cabo en dos fases o campañas de muestreo, con intervalo de tres meses cada toma.

1.1.3. Programa de Monitoreo de Aguas

Un programa de monitoreo consiste en un conjunto de procedimientos destinados a la vigilancia de las características de un cuerpo de agua. Para ello se deben tomar muestras representativas de un volumen de agua del sitio de estudio, con el fin de realizar análisis de sus características, procedimiento conocido como muestreo (**NTE INEN 2176. 2013**).

De acuerdo con la norma **NTE INEN 2226 (2013)** en dependencia del propósito de un programa de monitoreo, sea este: realizar mediciones de control de calidad para corrección de procesos a corto plazo, realizar mediciones de la caracterización de calidad o para realizar la identificación de fuentes de contaminación, se han identificado principalmente tres tipos de programas: de Control de Calidad, de Caracterización de la Calidad e Identificación de las causas de contaminación, como se detalla a continuación:

Programas de Control de Calidad: por lo general se aplican cuando se hace control de la concentración de parámetros dentro de límites definidos. De manera que a partir de los resultados se tome acción.

Programas de Caracterización de la Calidad: se realizan para determinar parámetros estadísticos, considerando su concentración o variación durante un período definido.

Programas para investigar las causas de contaminación: se emplean para señalar la naturaleza de las descargas contaminantes de origen desconocido. Es decir, para indicar el origen y la naturaleza de los contaminantes.

1.1.4. Muestreo de Aguas

En el proceso de caracterización de un cuerpo de agua, sea de río, lagos, entre otros, regularmente se considera prácticamente imposible analizarlos en su totalidad, por lo que se toman muestras representativas, considerando las precauciones necesarias de forma que se asegure que las muestras no se ven alteradas durante el período de muestreo como también durante los análisis.

Ahora bien, dentro de este proceso se conoce que existen tipos de muestras las cuales, al ser analizadas en varios parámetros, como por ejemplo estimación de concentración de materia inorgánica, compuestos químicos disueltos o materia en suspensión, en tiempo y lugares específicos, permiten determinar la calidad del agua (NTE INEN 2176. 2013).

En tal sentido realizar un programa de muestreo de aguas depende de varios factores que incluyen la selección de la clase de muestra y el tipo de muestreo, como se muestra en la Figura 2 un detalle del proceso de muestreo. Los pasos desde la toma de muestra, preparación física y análisis, de cierta manera contribuyen a la incertidumbre de la medición de los parámetros en las muestras (Gron, Hansen, Magnusson, Nordbotten, Krysell, Andersen, & Lund, 2007).

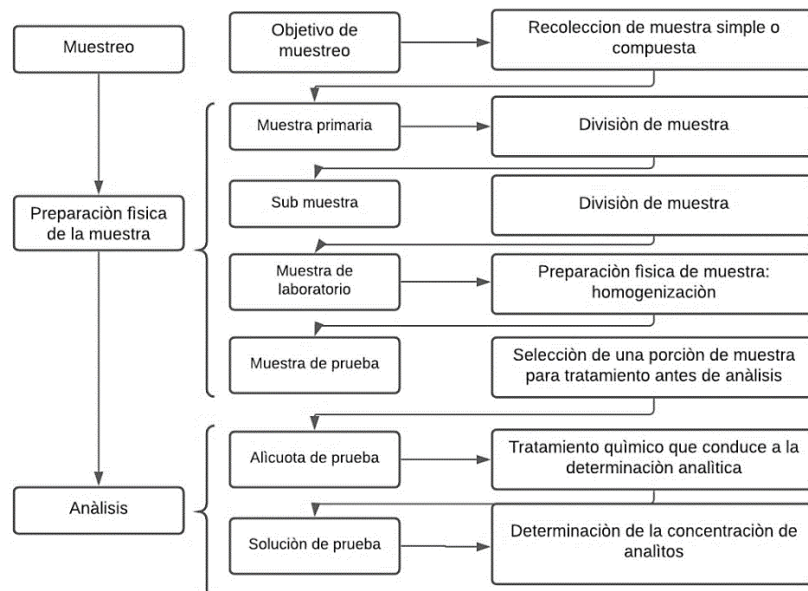


Figura 2. Diagrama de un proceso de medición típico que incluye proceso de muestreo, preparación física y análisis de la muestra (Gron et al. 2007).

Un cuerpo de agua puede estar representado por una muestra simple o una muestra compuesta, asimismo, el tipo de muestreo dependerá de los objetivos del estudio, y de la complejidad del sitio, existen tres tipos de muestreo primarios: aleatorio, estratificado y de criterio (**Dirección de Medio Ambiente, 1998**).

El muestreo aleatorio se basa en seleccionar las muestras de forma aleatoria simple, posee un número relativo de muestras en cantidad más grandes y un error relativo más pequeño.

Por otro lado, el muestreo sistemático se basa en la selección de muestras de acuerdo con un modelo en el cual es necesario el uso de mallas o rejillas para que las muestras puedan ser tomadas en el centro de los espacios definidos por la red. Posee un número de muestras grandes y un error relativo pequeño.

Mientras que, el muestreo por criterio se basa en conocimientos previos o por inspección visual de fugas y decoloración en el sitio de muestreo, además de la asignación de un juicio de criterio o por conocimiento y experiencia profesional. Posee un número relativo de muestras pequeñas y un error relativo considerable. Se caracteriza también porque suele realizarse en la etapa inicial de la investigación del sitio de muestreo o cuando el objetivo del proyecto es simplemente destinar un área para detectar la presencia o ausencia de contaminación (**Dirección de Medio Ambiente, 1998**).

Cuando se selecciona el tipo de muestreo en base a conocimientos previos, las razones para esa decisión deben ser cuidadosamente documentadas. Un ejemplo de eso es cuando se sustituye el muestreo de criterio por un muestreo aleatorio esto genera la preocupación de saber si las presunciones son aceptables.

Aunado a esto, con respecto a la clase de muestras, las muestras simples se toman en un sitio específico y en un período de tiempo corto, mientras que las muestras compuestas son el resultado de mezclar varias colectas simples a intervalos de tiempo iguales durante un período de tiempo para formar una mezcla uniforme.

Además, las muestras compuestas suelen ser realizadas para obtener muestras más representativas de matrices heterogéneas (ríos o aire) en las cuales la concentración de contaminantes puede variar en pequeños períodos de tiempo.

Sin embargo, no se recomiendan para análisis de compuestos inorgánicos volátiles a fin de evitar errores negativos en los resultados. Dentro de las limitaciones de este tipo de muestras está el hecho de ser más costosas, los analitos pueden ser diluidos hasta el límite de detección (**Dirección de Medio Ambiente, 1998**).

Vinculado al concepto de clases de muestras se encuentran las conocidas muestras puntuales, caracterizadas por ser muestras individuales que se toman de forma manual en aguas de superficie o de profundidad conocida. Este tipo de muestras se aplican especialmente en estudios de contaminación, estudios de extensión de una fuente de agua, o para conocer con mayor precisión en qué momento existen mayor cantidad de contaminantes. Además, son esenciales para estudios que comprueben que la calidad del agua está dentro de los límites o está alejada de los valores generales de calidad (**NTE INEN 2176. 2013**).

De lo anteriormente expuesto, previo al desarrollo de un programa de muestreo o monitoreo de aguas es necesario disponer de: los objetivos que involucran a los sitios de muestreo, la frecuencia y duración del muestreo que se deberá hacer, el procedimiento de toma de muestras, los requisitos necesarios para análisis y el tratamiento final de las muestras (**NTE INEN 2226. 2013**).

Con base en los objetivos planteados para el muestreo, el lugar de la toma de muestras puede ser cualquiera desde un punto específico a la extensión completa de un río. Lo siguiente para tener en cuenta es la identificación del lugar del muestreo el cual brindará muestras comparativas. Además, es de suma importancia considerar las condiciones meteorológicas ya que son capaces de generar cambios en la calidad del agua, por ello estos parámetros deben ser tomados en cuenta al interpretar resultados (**NTE INEN 2226. 2013**).

Considerando que los lugares o puntos de muestreo se deben seleccionar en base a la posibilidad de que existan cambios marcados en la calidad, o donde la utilización del río sea importante, como por ejemplo en las confluencias, donde se presentan grandes descargas o separaciones (**NTE INEN 2226. 2013**).

Para la selección de los puntos de muestreo se utilizó como guía el criterio de zonificación establecido por el Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua que establece la microcuenca media del río Ambato desde la bocatoma del canal Ambato-Huachi-Pelileo y se extiende hasta el sector de las Viñas en la

desembocadura del colector Lalama y microcuenca baja desde la desembocadura del colector Lalama hasta la unión con el río Cutuchi (HGPT, 2014) (**citado por Carvajal, 2017**).

Los puntos de muestreo de la cuenca media y baja considerados para el análisis son los ubicados desde la zona del sector de Aguajan- Pasa, seguido del sector Parque de El Sueño, zona del complejo de El Socavón, sector del Paso Lateral y sector de Las Viñas.

En relación con los datos y características de la Secretaría del Agua (**SENAGUA, 2015**) se señalan a continuación los puntos de muestreo:

El punto de muestreo de Las Viñas representa una muestra de control, ya que permite saber la calidad del agua de la cuenca baja del río Ambato y del Canal Latacunga – Salcedo – Ambato que se encuentra a unos 20 kilómetros del ingreso a la Provincia de Tungurahua, por lo que este sitio se ve influenciado por las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y hospitalarias de la ciudad de Latacunga y otras poblaciones aledañas al sitio.

El punto de muestreo Paso Lateral corresponde a una muestra de control de la zona aguas arriba de la Planta de Tratamiento de Aguas. A su vez permite estimar la calidad del agua de la cuenca baja del río Ambato, que se ve influenciada por a la presencia de canteras.

El punto de muestreo de la zona de El Socavón es una muestra de control, que refleja el grado de contaminación de las aguas residuales crudas de la ciudad de Ambato, las cuales, aguas abajo del punto de muestreo, son captadas para uso agrícola.

El punto de muestreo del Sector Parque El Sueño es una muestra control con la cual se estima la calidad del agua de la cuenca media del río Ambato después de recibir las descargas de aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad.

Además, aguas abajo del punto de muestreo aproximadamente en la cuenca baja del río se produce la captación de esta agua para riego.

El punto de muestreo del sector Aguajan es una muestra de control, que permite conocer la calidad del agua de la cuenca media del río Ambato antes de recibir las descargas de aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad de Ambato.

1.1.5. Control de calidad de mediciones en muestreos

Un muestreo pasa por un proceso de verificación inicial cuando este se realiza como una campaña única o muestreo puntual, mientras que, si se trata de un muestreo que se realiza varias veces para un mismo objetivo es conocido como muestreo repetido y es necesario realizar la validación del objetivo del muestreo. Por lo que, en efecto la validación demuestra lo que se puede lograr como también sí los procedimientos se ajustan a los requisitos de calidad y se consideran adecuados para el uso. Igualmente, dicha validación debe proporcionar, como mínimo, la incertidumbre de medición total (aleatoria) del proceso en conjunto (**Gron et al. 2007**).

Una de las herramientas para la validación y control de calidad de un proceso de muestreo es la replicación de mediciones, por lo general en un diseño de dos niveles como se observa en la Figura 3. Así pues, se toman dos muestras del mismo sitio objetivo mediante una duplicación completa y aleatoria del procedimiento de muestreo y cada muestra es analizada al menos una vez.

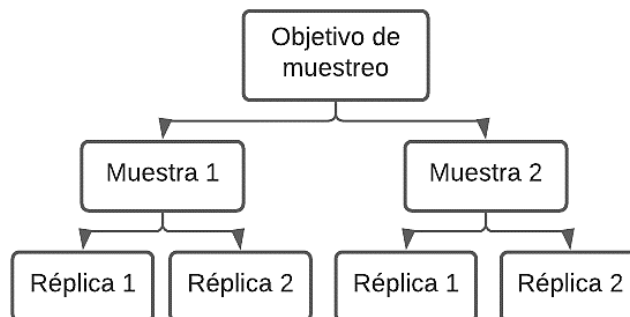


Figura 3. *Los principios del diseño replicado con dos niveles divididos.* Fuente: (Gron et al. 2007).

El diseño de replicado tiene como principio aplicar el mismo procedimiento de muestreo dos o más veces al objetivo para estimar el error de medición aleatorio, no obstante, la replicación se puede realizar a un paso distinto al muestreo como lo son otros pasos críticos donde se requiere información sobre la incertidumbre, como, por ejemplo, los análisis o la preparación de la muestra (**Gron et al. 2007**).

1.1.5.1. Medición de Incertidumbre

Como parte del proceso de control de calidad de un muestreo se puede realizar la determinación de la incertidumbre, compuesta por dos factores: la incertidumbre derivada del muestreo de una matriz y la incertidumbre derivada del proceso analítico.

La incertidumbre surge de una variedad de fuentes como: contaminación, temperatura, presión, transporte, conservación de muestras, los efectos del muestreo aplicado y el desempeño de este. Es así como la contribución a la incertidumbre debida a la preparación física de la muestra, el transporte, el almacenamiento de la muestra, entre otros se incluyen en la incertidumbre del muestreo o del análisis y la parte aleatoria de la incertidumbre se describe mediante la desviación estándar.

Por lo que se suele expresar los resultados en términos de incertidumbre expandida, U , que agrupa la incertidumbre sistemática y la aleatoria, esta se puede calcular a partir de la incertidumbre estándar, u , obtenida a partir de mediciones repetidas, x , aplicando un factor de cobertura de 2, a un 95% de confianza (**Gron et al. 2007**).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Establecer el efecto de la influencia de las actividades antropogénicas sobre la calidad ambiental del agua en cinco puntos de la cuenca media y baja del río Ambato a partir de sus características fisicoquímicas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar la prospección de los puntos específicos de monitoreo sobre el área de influencia de la cuenca media y baja del río Ambato.
- Caracterizar la calidad ambiental del agua del río Ambato en puntos específicos de su cuenca media y baja, a partir de diez parámetros fisicoquímicos seleccionados con base en la Normativa Ambiental Nacional vigente.

- Determinar el grado de afectación ambiental de la cuenca media y baja del río Ambato utilizando índices de calidad para dos épocas marcadas del año.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Efecto de las dos campañas de muestreo

- **Hipótesis Nula**

Los resultados del nivel de contaminación del río Ambato, provocado por fuentes antropogénicas expresados a través de la concentración de parámetros fisicoquímicos, no presentan diferencias significativas en las dos campañas de muestreo.

- **Hipótesis Alternativa**

Los resultados del nivel de contaminación del río Ambato, provocado por fuentes antropogénicas expresados a través de la concentración de parámetros fisicoquímicos, presentan diferencias significativas en las dos campañas de muestreo.

1.3.2. Efecto de la localización de los puntos de muestreo

- **Hipótesis Nula**

Los resultados del nivel de contaminación del río Ambato, provocado por fuentes antropogénicas expresados a través de la concentración de parámetros fisicoquímicos, no son distintos en los cinco puntos de muestreo.

- **Hipótesis Alternativa**

Los resultados del nivel de contaminación del río Ambato, provocado por fuentes antropogénicas expresados a través de la concentración de parámetros fisicoquímicos, son distintos en los cinco puntos de muestreo.

1.4. Señalamiento de variables de la Hipótesis

1.4.1. Variables dependientes

Concentraciones de los diez parámetros físicoquímicos.

1.4.2. Variables independientes

Campañas de muestreo y localización de los cinco puntos de muestreo.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

2.1.1. Material de análisis

Las muestras de análisis fueron tomadas en dos etapas, campaña 1 de muestreo correspondiente a la fecha 7 de diciembre 2019 y campaña 2 de muestreo correspondiente al 29 de febrero 2020, focalizando cinco puntos específicos de la cuenca media y baja del río Ambato, señalados desde el sector de Aguajan Pasa hasta la zona baja del sector de las Viñas. A su vez por cada punto se tomaron cinco muestras representativas que se usaron para las mediciones de parámetros fisicoquímicos.

Tabla 1. *Identificación de los Puntos de Muestreo y Códigos de Muestra*

Punto de muestreo	Código de Muestras	
	Campaña de muestreo 1	Campaña de muestreo 2
Aguajan - Pasa	F1-P1-M1	F2- P1-M1
	F1-P1-M2	F2- P1-M2
	F1-P1-M3	F2- P1-M3
	F1-P1-M4	F2- P1-M4
	F1- P1-M5	F2- P1-M5
Parque del Sueño	F1- P2-M1	F2- P2-M1
	F1- P2-M2	F2- P2-M2
	F1- P2-M3	F2- P2-M3
	F1- P2-M4	F2- P2-M4
	F1- P2-M5	F2- P2-M5
Socavón	F1- P3-M1	F2- P3-M1
	F1- P3-M2	F2- P3-M2
	F1- P3-M3	F2- P3-M3
	F1- P3-M4	F2- P3-M4

	F1- P3-M5	F2- P3-M5
	F1- P4-M1	F2- P4-M1
	F1- P4-M2	F2- P4-M2
Paso Lateral	F1- P4-M3	F2- P4-M3
	F1- P4-M4	F2- P4-M4
	F1- P4-M5	F2- P4-M5
	F1- P5-M1	F2- P5-M1
	F1- P5-M2	F2- P5-M2
Las Viñas	F1- P5-M3	F2- P5-M3
	F1- P5-M4	F2- P5-M4
	F1- P5-M5	F2- P5-M5

Nota:

F1: Campaña de muestreo 1 de la fecha 7 de diciembre 2019

F2: Campaña de muestreo 2 de la fecha 29 de febrero 2020

P: Punto de muestreo; M: muestra

2.1.2. Materiales de Laboratorio

- Reactivos grado analítico
- Material de plástico
- Material de vidrio
- Micropipetas
- Pinzas
- Bomba al vacío
- Papel filtro
- Nevera portátil (coolers)
- Soportes Universales

2.1.3. Equipos

- Sorbona
- Espectrofotómetro HACH
- Digestor para Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Estufa
- Mufla
- Turbidímetro

- Potenciómetro digital HANNA

2.1.4. Reactivos

Se emplearon reactivos, materiales y equipos de los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología necesarios para llevar a cabo los métodos analíticos descritos.

2.2. Métodos

2.2.1. Programa de Monitoreo del río Ambato

El conjunto de procedimientos llevados a cabo para realizar el estudio de contaminación en puntos específicos de la cuenca media y baja del río Ambato incluye el señalamiento de varios parámetros que se detallan a continuación:

- **Objetivo:** Establecer procesos adecuados para la toma, preservación y transporte de las muestras de aguas naturales y superficiales para la realización del trabajo de investigación “*Estudio de la influencia de las fuentes antropogénicas sobre la calidad del agua de la cuenca media y baja del río Ambato*”, evitando alterar las condiciones originales de las muestras.
- **Materiales y Equipos:** previamente se prepararon todos los materiales a ser utilizados in situ y en laboratorio, como equipos, indumentaria de protección y capacitación del personal (Anexo 14 Fotografía 7). Además, se preparó la lista de chequeo (Anexo 1) a fin de cubrir todos los elementos indispensables para un monitoreo efectivo.
- **Cadenas de custodia y etiquetas:** tanto las cadenas de custodia, así como las etiquetas fueron impresas, las etiquetas especialmente en material autoadhesivo y fueron colocadas en los frascos un día antes del muestreo para evitar falsas identificaciones, adicionalmente fueron fijadas con cinta transparente asegurando que se mantenga lo mejor posible en caso de salpicaduras de agua u otro material. Ver formatos en Anexo 2 y Anexo 3.
- **Procedimiento de muestreo:** se llevó a cabo el muestreo manual, mediante las facultades sensoriales de la persona capacitada, no se utilizó muestreador automático, debido a costos de transporte, consideraciones de calibración y ajuste de acuerdo con sus componentes.

- **Preservantes:** se llevaron las soluciones preservantes en base al parámetro de estudio, de manera que se conserve inalterada la muestra durante el manejo y transporte al laboratorio. Para su aplicación se utilizó guantes de caucho, ya que son productos químicos que presentan riesgos para la salud por inhalaciones o quemaduras. Además, se utilizaron neveras portátiles (coolers) con refrigerantes, para el transporte de las muestras.

2.2.2. Toma y recolección de muestras

El protocolo de muestreo del río Ambato llevado a cabo está basado en la Norma **NTE INEN 2226. (2013)** “Agua, Calidad del agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo”.

El muestreo que se realizó fue el muestreo de criterio, simple, de forma manual, mediante el uso de información previa sobre el sitio de muestreo e inspección visual. Además, que facilitó la gestión de recursos por cuanto el presupuesto fue ajustado. Cumpliendo con el manual de toma de muestras y recolección de muestras de agua, previamente realizado el plan de muestreo, cadenas de custodia y etiquetas para los recipientes.

El muestreo consistió en un proceso ordenado y sistematizado de acuerdo con la guía de la norma **NTE INEN 2226. (2013)**, se empezó con llenar la cadena de custodia en el sitio o punto establecido, registrando lugares aledaños, como también tomando los valores de pH y turbidez en el punto. También se registró la fecha y hora de la toma de muestra y las condiciones ambientales. Se procedió a llenar las botellas o frascos identificados con sus etiquetas, se colocan los preservantes para las muestras de acuerdo con el tipo de análisis a realizar, los envases empleados principalmente fueron de plástico y de tipo vidrio ámbar con capacidad de 1 litro, estos en conjunto fueron preservados y dispuestos en coolers con hielo y transportados hasta el laboratorio, se señala en la cadena de custodia el tipo de muestra y el personal encargado que realiza el muestreo, finalmente firma el personal responsable.

En cuanto al sitio de recolección de las muestras de agua, estas se recolectaron en cinco puntos desde la cuenca media y baja del río Ambato, ubicados desde el sector de Aguajan Pasa hasta el sector de Las Viñas en el cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, como se señala en la Figura 5.

La frecuencia de muestreo se realizó cada 3 meses, entre los meses de diciembre 2019 y febrero 2020, constituyendo a dos fases de muestreo en las cuales se recolectaron cinco muestras en cada uno de los cinco puntos de muestreo, de las cuales se destinó una muestra por cada parámetro, como Oxígeno disuelto, detergentes, sólidos totales (sólidos suspendidos y sólidos disueltos), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y Demanda Química de Oxígeno (DQO). Los parámetros de potencial de hidrógeno (pH), temperatura, turbidez fueron medidos in situ y se registraron las mediciones.



Figura 4. *Proceso de toma de muestra en uno de los puntos de muestreo del río Ambato.*



Figura 5. Puntos de estudio de la cuenca media y baja del Río Ambato (Google Earth. 2020).

2.2.3. Determinación de parámetros fisicoquímicos

Se realizaron diez parámetros fisicoquímicos por cada punto de muestreo que son los siguientes: potencial de hidrógeno (pH), temperatura, turbidez, oxígeno disuelto (OD), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), sólidos totales (sólidos suspendidos y sólidos disueltos) y detergentes.

Para la realización de estos parámetros físicoquímicos se aplicaron los métodos establecidos en el manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, en su más reciente edición, además, se consideraron las Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y para el análisis de resultados la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes Recurso Agua del Libro VI Anexo 1 del Texto Único de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA) aplicado a Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas frías dulces.

2.2.3.1. Temperatura, turbidez y potencial de hidrógeno (pH)

La medición del parámetro turbidez consiste en estimar la dispersión de la luz efectuada por un cuerpo de agua al encontrarse presente materia orgánica o inorgánica suspendida. Según la Dirección Nacional de Medio Ambiente (**DINAMA, 1996**) a la vez se realiza una comparación de la intensidad de la luz dispersada por las muestras en condiciones definidas y la luz dispersada por un estándar de referencia en las mismas condiciones, mientras mayor sea la intensidad de la luz dispersada, mayor será la turbidez. Por lo que se considera como un indicador de la calidad del agua, la cual se ve afectada al estar contaminada por microorganismos o materia orgánica (**Cortolima, 2007**).

El método que se empleó fue mediante el uso del equipo Turbidímetro Hach, en el cual se realiza la medición directa de las muestras de agua, detectando las partículas en suspensión con un haz de luz y un detector de luz fijado a 90 ° del haz original. La densidad de las partículas está en función de la luz reflejada por las partículas suspendidas en el detector y se mide en términos de Unidad Nefelométrica de Turbidez (NTU) (**Metas, 2010**).



Figura 6. Turbidímetro empleado en las mediciones de las muestras del río Ambato.

La medición de potencial de hidrógeno (pH) o también conocida como la medida de la actividad de iones hidrógeno, permite conocer que tan ácida o alcalina puede ser una solución (Afanador, 2007). Dado que consiste en un valor del equilibrio alcanzado por diversos compuestos disueltos, este parámetro se mide a través de un instrumento conocido como potenciómetro, en el cual se realizan mediciones directas electrométricamente con un electrodo de vidrio (UTP, 2006).

Se usó un potenciómetro portátil HANNA para realizar mediciones in situ en los puntos de muestreo y para las mediciones en laboratorio se usó el potenciómetro Mettler Toledo Seven Compact S220. En las cuales se tomaron los valores directos del equipo, el cual de acuerdo con Afanador (2007) está conformado por un electrodo de vidrio, acoplado con un electrodo de referencia, para determinar el pH, siendo así que el potencial entre los electrodos es equivalente a la concentración de iones hidrógeno en solución.



Figura 7. Medición de pH en laboratorio con el potenciómetro Mettler Toledo Seven Compact S220.

2.2.3.2. Oxígeno Disuelto

Los análisis de Oxígeno Disuelto permiten conocer en gran medida el grado de contaminación de un cuerpo de agua, ya que consiste en la cantidad de oxígeno disuelto en agua, que es indispensable para que ríos y lagos estén en buenas condiciones (**Cortolima, 2007**). Los niveles aceptables de oxígeno disuelto en ríos están en un rango de 5 a 6 ppm para tener una diversidad de vida acuática estable, sin embargo, los valores pueden variar de 0 a 18 ppm, en dependencia de ciertos factores como la temperatura, aguas frías contienen mayores valores de oxígeno disuelto; presión atmosférica, a mayores presiones mayor contenido de oxígeno disuelto (**Peña, 2007**).

El método empleado es el Yodométrico o conocido también como método volumétrico, que consiste en el tratamiento de la muestra desde su recolección y preservación a 4°C, seguido de su tratamiento lo más pronto posible en frasco Winkler, adicionando 2 mL de solución de sulfato de manganeso $MnSO_4$ y 2 mL de solución álcali yoduro nitruro, mezclar por inversión, dejar sedimentar por 2 minutos (Figura 8).



Figura 8. Primera etapa del proceso yodométrico para determinación de Oxígeno Disuelto.

Luego añadir 2 mL de ácido sulfúrico H_2SO_4 , seguido mezclar por inversión. A continuación, tomar una alícuota de 100 mL de la muestra tratada y colocar en un matraz para realizar la titulación con tiosulfato de sodio $Na_2S_2O_3$.



Figura 9. Segunda etapa del proceso yodométrico para determinación de Oxígeno Disuelto.

Titular hasta coloración pálida, luego adicionar una pequeña cantidad de almidón, agitar y continuar la titulación hasta desaparición de color, finalmente anotar el volumen gastado en la titulación para emplearlo en la fórmula (NTE INEN 1106. 2013).

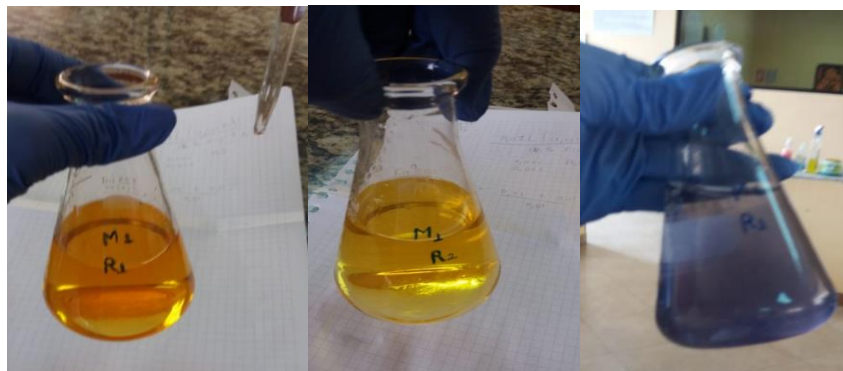


Figura 10. Tercera etapa del proceso yodométrico para determinación de Oxígeno Disuelto.

- **Fórmulas para el cálculo de Oxígeno Disuelto:**

Cálculo de la corrección por pérdida de muestra desplazada por reactivos

$$\text{volumen muestra corregida (ml)} = \frac{\text{volumne muestra original(ml)} * \text{volumen de la botella}}{\text{volumen de la botella} - \text{volumen total de lo los reactivos}}$$

(Ec. 1)

Determinación Oxígeno disuelto en mg/L

$$OD (mg/L) = \frac{g * N * 8000 * volumen winkler ml}{volumen real muestra (ml) * (volumen winker ml - 2)}$$

(Ec. 2)

g: gasto de tiosulfato de sodio $Na_2S_2O_3$

N: Normalidad del $Na_2S_2O_3$

(Gaitán, 2004).

2.2.3.3. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) consiste en medir la cantidad de oxígeno necesario para oxidar materia orgánica presente en el agua, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato en un ambiente ácido y a altas temperaturas (Espíndola, 2011).

Como también, permite determinar condiciones de biodegradabilidad y el contenido de sustancias tóxicas, estimar los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores (Cortolima, 2007).

La técnica realizada fue el método colorimétrico (por absorción UV visible) que se basa en la reacción de una muestra con un oxidante dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en medio ácido con H_2SO_4 y plata (Ag^+) como catalizador con la determinación colorimétrica de la cantidad de dicromato consumida, esto refleja una estimación del grado de contaminantes presentes (UPO, 2004). Para ello primero se preparan las muestras, agregando a un tubo de digestión, 2,5 mL de la muestra de agua, 1,5 mL de solución digestora (formada por dicromato de potasio, ácido sulfúrico y sulfato de mercurio) y 3.5 mL de ácido sulfúrico.

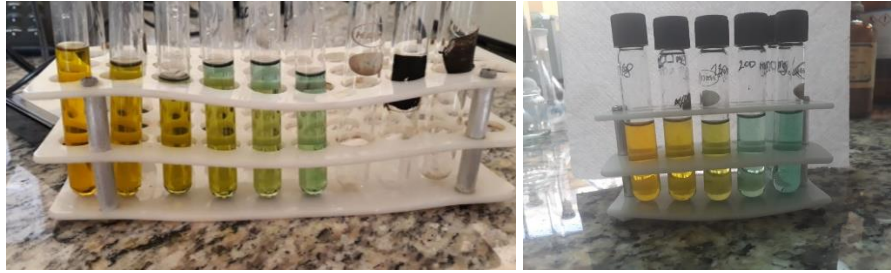


Figura 11. Preparación de patrones para curva de calibración de DQO (izquierda) y muestras a medir (derecha).

Mientras tanto se debe encender el digestor y precalentarlo por 20 minutos aproximadamente, luego colocar las muestras preparadas y dejarlas por dos horas. Finalmente, retirar los tubos del digestor, dejar enfriar y leer al espectrofotómetro HACH en un rango de 400 nm (muestras de color naranja) y a 600 nm (muestras de color verde).



Figura 12. Uso de digestor para determinación de DQO en el Laboratorio 2.2 Química General de la FCIAB.

Finalmente ingresar estas lecturas a la curva estándar de DQO que debe realizarse previamente, mediante digestión de los patrones de ftalato potásico, para hallar los valores de DQO en ppm.

2.2.3.4. Demanda Biológica de Oxígeno en cinco días (DBO₅)

Demanda Biológica/Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) en 5 días es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos para degradar materia orgánica durante un tiempo de incubación de 5 días. Este proceso se evidencia con la progresiva descomposición o estabilización de la materia orgánica en el agua que a

su vez significa un agotamiento progresivo del oxígeno disuelto durante el período de incubación (NTE INEN 1202. 2013).

Esta técnica también permite estimar el grado de calidad de las aguas al permitir medir la cantidad de oxígeno consumido por organismos vivos mientras estos consumen materia orgánica presente en un residuo.

Por lo cual es indispensable proveer la cantidad necesaria de nutrientes para garantizar que durante la prueba exista suficiente oxígeno disuelto para ser utilizado por los organismos (Navarro, 2007).

Se realizaron las mediciones por el método respirométrico con el equipo Oxitop, el cual consiste en agregar una alícuota de la muestra, valor que se coloca de acuerdo al factor del equipo, si corresponde a un rango bajo se usa el material de 432 mL, este volumen se coloca en la botella ámbar propia del instrumento, se le adiciona el imán, luego se agregan de 10 gotas de inhibidor de nitrificación.

A continuación, en la boca de la botella se coloca un caucho que permite el cierre hermético y a su vez en él se depositan de 3 a 4 pastillas de hidróxido de sodio.

Finalmente se cierra el cabezal de la botella, se conecta la plancha de agitación al interior de una incubadora y se posicionan las botellas en la misma, asegurando cerrar y mantener la incubadora prendida, se realizaron mediciones periódicas durante los 5 días.



Figura 13. *Proceso de DBO₅ mediante equipo Oxitop*

Este sistema se basa en una medición de presión en un sistema cerrado, considerando que los microorganismos presentes en la muestra consumen oxígeno y generan CO₂, el cual es absorbido por el NaOH, generándose así una presión

negativa que puede leerse directamente como valor de medición en forma de DBO en mg/L (López, Guerra, & Jaramillo, 2018).

2.2.3.5. Sólidos Totales

Consisten en toda aquella materia que queda remanente como residuo después de evaporar una muestra de agua a altas temperaturas que van de 103 a 105°C. Estos residuos incluyen tanto a sólidos disueltos y sólidos suspendidos.

Este tipo de sustancias desde partículas bien pequeñas, incluyendo aquellas con cargas iónicas, se deben tener en cuenta ya que constituyen uno de los contaminantes más comunes presentes en aguas (Cortolima, 2007).

El método para calcular este tipo de contaminante es a partir de la determinación de sólidos suspendidos y sólidos disueltos, respectivamente y luego se aplica la fórmula:

$$ST \left(\frac{mg}{L} \right) = SST + SDT$$

(Ec. 3)

ST: Sólidos totales

SST: Sólidos suspendidos totales

SDT: Sólidos disueltos totales

2.2.3.5.1. Sólidos Suspendidos Totales

Por lo general en las aguas crudas naturales por efecto de arrete y movimiento propio, se generan unos sólidos que se demoran en sedimentar o en su defecto no sedimentan, entre ellos están los sólidos suspendidos. Los cuales generan varios efectos negativos para las aguas como por ejemplo cuando están en altas concentraciones impiden la transferencia de oxígeno, disminuyen la eficacia de los agentes desinfectantes, generando muerte de algunos organismos y la protección de otros microorganismos patógenos (Hernández, 2007).

La determinación se realizó por medio del método gravimétrico basado en la retención de partículas sólidas en un filtro a través del cual se hace pasar una muestra homogénea; el residuo que queda retenido se seca a 103-105°C.

El incremento en el peso del filtro representa la cantidad de sólidos suspendidos totales.

Para ello se colocan las cápsulas (previamente lavadas y secadas) y filtros para cada muestra en una mufla a 105°C durante dos horas, luego se dejan en el desecador hasta que hayan alcanzado temperatura ambiente, a continuación, se pesan las cápsulas y el filtro, registrando ese peso como valor D. Se debe alistar el equipo de filtración al vacío (Kitasato y embudo Buchner) para a continuación colocar el filtro, seguido de verter la muestra y prender la bomba para filtrar la muestra, retirar el filtro y colocarlo en la cápsula.



Figura 14. Cápsulas usadas en el proceso de Sólidos Suspendidos

Llevar a la mufla por 2 horas a 105°C, después dejar que la cápsula alcance temperatura ambiente y volver a pesar la cápsula más el filtro, registrar como peso C. Finalmente calcular mediante la fórmula:

$$SST = \frac{(C - D) \times 1000}{\text{mL muestra}}$$

(Ec. 4)

C = peso cápsula+ filtro + residuo 105°C
D = peso cápsula + filtro 105°C

(Hernández, 2007).

2.2.3.5.2. Sólidos Disueltos Totales

Los sólidos disueltos son la cantidad de residuo remanente después de evaporar a 180°C una muestra de agua previamente filtrada. Entre ellos se encuentran sales, minerales, metales y cualquier otro compuesto que se disuelve en el agua. Además, no son sedimentables y globalmente causan diferentes problemas de olor, sabor, color y salud, a menos que sean precipitados y removidos mediante métodos físicos y químicos (**Hernández, 2007**).

Se realizó por medio del método gravimétrico que consiste en colocar crisoles (previamente lavados y secados) para cada muestra en una mufla a 105°C durante dos horas, luego se dejan en el desecador hasta que hayan alcanzado temperatura ambiente, a continuación, se pesan los crisoles vacíos, registrando ese peso como valor F.

Se debe tomar el volumen de muestra filtrado, previamente mediante un equipo de filtración al vacío (Kitasato y embudo Buchner), y colocar una alícuota en el crisol, posterior a eso llevar a la estufa por 2 horas a 180°C, dejar que el crisol alcance temperatura ambiente y volver a pesar el crisol, registrar como peso E. Finalmente calcular mediante la fórmula:

$$SDT = \frac{(E - F) \times 1000}{\text{mL muestra}}$$

(Ec. 5)

E = peso residuo seco del filtrado + cápsula a 105°C

F = peso cápsula a 105°C

(**Hernández. A. 2007**).

2.2.4. Determinación de Sustancias Activas al Azul de Metileno

Los tensoactivos o surfactantes se denominan así por su derivación en inglés “Surface active agents” es decir “agentes tensoactivos”, los cuales actúan principalmente en fenómenos interfaciales, presentes en una superficie o una

interfase, entre dos sustancias inmiscibles. Una gran variedad de surfactantes son empleados en muchos procesos industriales, de uso doméstico o de fenómenos naturales por lo que son parte de los contaminantes presentes en aguas que han ido en aumento (Salager, & Antón, 1992).

En función de su tipo, de su estructura química o por su ionización en el agua se clasifican en surfactantes aniónicos, catiónicos, no iónicos y anfóteros. Los de tipo aniónico son aquellos que en solución se ionizan y el grupo hidrófobo queda cargado negativamente. Son de importancia por su empleo en la formulación de detergentes de uso doméstico e industrial como por ejemplo los sulfonatos, sulfatos, fosfatos, derivados de aminoácidos (UNAM, 2010).

La determinación se realizó por medio del método SAAM (Sustancias Activas al Azul de Metileno) el cual se basa en el uso del indicador azul de metileno (colorante catiónico) para manifestar el agotamiento del oxígeno disponible.

Comprende tres extracciones sucesivas en un embudo de separación en el cual se coloca un medio acuoso (muestra de río, alícuota de 100 mL), a la cual se le añade un exceso de azul de metileno 25 mL y una fase orgánica de cloroformo 10 mL, se agita por 30 segundos, se recoge la fase clorofórmica en un vaso de precipitación seguida de la lectura del color azul de dicha fase orgánica mediante espectrofotometría a 652 nm. Finalmente, en la curva de calibración de detergentes, que debe desarrollarse con anterioridad, se ingresan las mediciones obtenidas de las muestras de agua del río Ambato.



Figura 15. *Etapa de separación de SAAM, detergentes en muestras de agua del río Ambato*

El proceso ocurre cuando se transfiere el azul de metileno desde una solución acuosa a un líquido inmisible en equilibrio; es decir durante la formación de un par iónico entre el anión (SAAM) y el catión azul de metileno. La intensidad del color resultante es una medida de las sustancias activas al azul de metileno. Los tensoactivos aniónicos se encuentran entre muchas de las sustancias naturales y sintéticas activas al azul de metileno (**Rodríguez, 2007**).

2.2.5. Determinación del Índice de Calidad General del Agua NSF

El ICA es un sistema que permite estimar la calidad del agua a partir de mediciones físicas de parámetros de contaminación. Se basa en una escala estandarizada de medición para establecer la relación entre la cantidad de contaminantes presentes en el agua (**Universidad de Pamplona, 2007**). Se expresa como el grado de contaminación que existe en un cuerpo de agua.

La técnica empleada fue el Índice de Calidad de Agua “Water Quality Index” (WQI) desarrollado por la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos, que considera alrededor de nueve parámetros de caracterización del agua. Dentro de los cuales se seleccionan los parámetros a emplear, se aplica el valor subíndice de cada parámetro dependiendo de la curva de función de calidad NSF (Anexo 8), y el factor de ponderación como se muestra en la Figura 16 que muestra una Tabla de ejemplo de cálculo del índice NSF (**Fernández, Andredi, Suarez, & Molina, 2007**).

Tabla 10. Ejemplo de cálculo del índice NSF.

Parámetro	Resultado	Unidades	Valor de Calidad (Q)	Factor de Ponderación	Subtotal
Oxígeno Disuelto	82	% sat	90	0.17	15.3
Coliformes Fecales	12	#/100 ml	72	0.16	11.52
pH	7.67	Unidades	92	0.11	10.12
DBO	2	mg/l	80	0.11	8.8
Cambio de T°	5	°C	72	0.10	7.2
Fosfatos Totales	0.5	mg/l PO4-P	60	0.10	6
Nitratos	5	mg/l NO3	67	0.10	6.7
Turbidez	5	NTU	85	0.08	6.8
Sólidos Totales	150	mg/l	78	0.07	5.46
Sumatoria índice					77.9

Figura 16. Tabla de valores del Factor de Ponderación usados para el cálculo del ICA NSF

Se emplea la siguiente fórmula:

$$ICA = \sum_{i=1}^n (I_i \times W_i)$$

(Ec. 6)

Donde W_i es el factor de ponderación o peso de importancia del parámetro y I_i es la función subíndice del parámetro (Novillo, 2008).

Los valores del ICA comprenden una escala de cero a uno o de cero a cien, dispuestas en cinco categorías: muy mala 0-25 (color rojo); mala 26-50 (color naranja), regular 51-70 (color amarillo), aceptable 71-90 (color verde) y buena (color celeste) (Rodríguez, & López, 2017).

2.3. Procesamiento y análisis de datos

2.3.1. Diseño Experimental

Se busca estimar la variabilidad que produce el muestreo y los tratamientos previos, como también aquellos factores de un determinado procedimiento analítico como lo es la determinación de diez parámetros fisicoquímicos, que reflejan el grado de contaminación de ciertos sectores de la cuenca media y baja del río Ambato. A su vez conocer la dispersión de las mediciones, es decir en cuánto afectan dichos factores a los resultados en los cinco puntos del río, así como también el desempeño de las dos campañas de muestreo, ver esta relación en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores y Niveles analizados en el Diseño Experimental

Factores	Niveles
1: campañas de muestreo	F1: campaña de muestreo 7 diciembre 2019 F2: campaña de muestreo 29 febrero 2020
2: puntos de muestreo	P1: punto de muestreo sector Aguajan Pasa P2: punto de muestreo sector Parque El Sueño P3: punto de muestreo sector El Socavón P4: punto de muestreo sector Paso Lateral P5: punto de muestreo sector Las Viñas

Una forma de determinar fuentes de variación es a través de un diseño experimental anidado conocido como diseño replicado de doble división, alternativa que permitirá anticipar y posteriormente disminuir errores en las etapas ya sea de muestreo o de tratamientos previos.

El diseño experimental consistió en tomar una muestra por cada punto de muestreo (cinco muestras), luego cada muestra fue homogenizada por separado, a continuación se dividió cada muestra en dos submuestras (diez muestras), que posteriormente recibieron un tratamiento previo de acondicionamiento y finalmente de estas submuestras se realizó por duplicado la determinación de los diez parámetros fisicoquímicos, obteniendo cuatro réplicas por cada parámetro de análisis y por cada punto de muestreo, como se observa en la Figura 17.

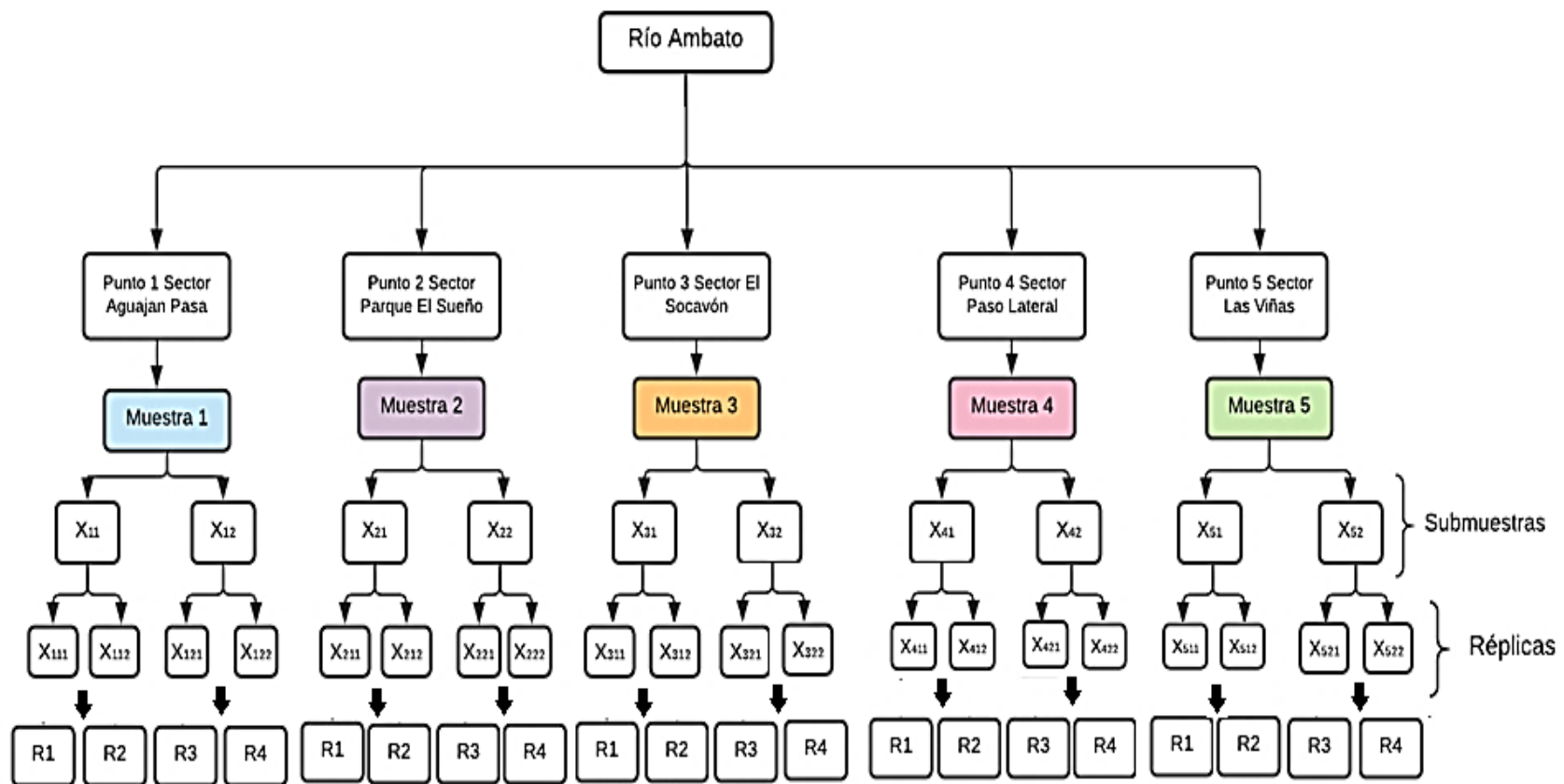


Figura 17. *Diseño experimental de réplica de doble división: muestras, submuestras y réplicas, realizado en el estudio.*

2.3.2. Incertidumbre del muestreo

Un proceso de muestreo completo inicia con muestreos primarios y culmina con las determinaciones analíticas, además existen pasos intermedios como el traslado y conservación de muestras, dentro de los cuales intervienen ciertos factores como personas o equipos que pueden generar cierto error en las mediciones y expresarse en ocasiones en la incertidumbre de la medición (**Gron et al. 2007**).

En caso de subestimar la incertidumbre de las mediciones ya sea porque no se considera el muestreo como un objetivo de análisis, es posible que se tomen malas decisiones con graves consecuencias financieras, sanitarias e incluso ambientales.

Según **Gron et al. (2007)** es necesario realizar la determinación de la incertidumbre como una alternativa para evitar problemas futuros en mediciones analíticas por lo general cuando se necesita señalar que un proceso ha cumplido con el carácter de calidad y validez durante su ejecución. En los procesos que deseen incluir el análisis de varios factores asociados a errores de tipo aleatorio y sistemático se recomienda el uso del cálculo de la incertidumbre expandida (U).

Para este cálculo es necesario emplear un diseño replicado de doble división de muestras, realizando duplicados en el proceso de muestreo o en los pasos críticos donde se requiere información sobre la incertidumbre, por ejemplo, en los análisis.

El procedimiento consiste en organizar los datos de las muestras ya que cada conjunto de duplicados produce las medidas X_{i1} y X_{i2} (réplicas) luego se realiza la diferencia de los valores de las réplicas, D_i , y también se calcula la media de cada valor, \bar{X}_i , de acuerdo con las siguientes fórmulas:

El valor absoluto de la diferencia, D_i , se calcula para cada conjunto de duplicados:

$$D_i = |x_{i1} - x_{i2}| \tag{Ec.7}$$

La media, x_{i1} y x_{i2} , se calcula para las 2 medidas en cada duplicado de acuerdo con:

$$\bar{x}_{i1} = \frac{x_{i1} + x_{i2}}{2} \tag{Ec.8}$$

$$\bar{x}_{i2} = \frac{x_{i1} + x_{i2}}{2}$$

(Ec.9)

Luego se calcula el valor absoluto de la diferencia, D_i , de las medias de los dos conjuntos de duplicados:

$$D_i = |\bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2}|$$

(Ec.10)

Se calcula la diferencia relativa media, D_{i1} y D_{i2} , de los dos conjuntos de duplicados y de la diferencia de medias o también llamada rango promedio de la medición, D :

$$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$$

(Ec.11)

$$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$$

(Ec.12)

$$\bar{D} = \frac{\sum D_i}{n}$$

(Ec.13)

A continuación, se calcula el promedio de rango de análisis, $D_{\text{análisis}}$, la desviación estándar del análisis, $S_{\text{análisis}}$, la desviación estándar de la medición basada en el análisis de duplicados, $S_{\text{medición}}$:

$$\bar{D}_{\text{análisis}} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2}$$

(Ec.14)

$$S_{análisis} = \frac{\bar{D}_{análisis}}{1,128}$$

(Ec.15)

$$S_{medición} = \frac{\bar{D}}{1,128}$$

(Ec.16)

Se calcula a partir de la desviación del análisis y de la medición, la desviación estándar del muestreo, $S_{muestreo}$:

$$S_{muestreo} = \sqrt{S_{medición}^2 - \left(\frac{S_{análisis}}{\sqrt{2}}\right)^2}$$

(Ec.17)

Finalmente se determina la incertidumbre expandida, multiplicando la desviación del muestreo por el factor de cobertura 2:

$$U = S_{muestreo} \times 2$$

(Ec.18)

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Programa de monitoreo del río Ambato

El programa de monitoreo llevado a cabo consistió en la medición de calidad del agua del río Ambato en dos campañas de muestreo realizadas en diciembre 2019 y en febrero 2020. Para ello se delimitaron cinco puntos de la cuenca media y baja del río, para la fase o campaña 1 se empezó desde el punto 1 del sector de Aguajan situado a 2812 m, seguido el punto 2 en el sector de Parque de El Sueño a 2582 m, punto 3 en el sector Socavón a 2489 m, punto 5 sector Las Viñas a 2178 m y punto 4 sector Paso Lateral a 2288 m.

El muestreo de la fase 1 se realizó a partir de las 9:00 am hasta las 14:30 pm, en el cual no hubo precipitación pese a que en días anteriores si hubo frecuentes lluvias. Además, se registraron las condiciones meteorológicas de todos los puntos siendo para temperatura ambiente valores entre los 16 a 25°C durante todo el recorrido, presión barométrica 732,5 hPa en el punto 1, incrementando conforme se avanzaba en el recorrido, 754,4 hPa punto 2 hasta llegar a 777,2 hPa en el punto 5. A su vez se presentó mayor velocidad del viento durante las primeras horas de la mañana en las cuales se visitaron los primeros puntos de recolección excepto el punto 5 cuyo valor de velocidad de viento fue el mayor con 2,2 m/s. Los porcentajes de humedad conforme transcurrió la mañana fueron disminuyendo desde 63,9% hasta 41,9 %, estos registros se encuentran en la Tabla 3.

Por otro lado, en la fase o campaña 2 correspondiente a febrero 2020 se realizó desde las 9:00 am hasta las 13:00 pm, siguiendo un recorrido desde el punto 5 Las Viñas hasta el punto 1 en Aguajan, el sentido del recorrido fue inverso por cuestión de las facilidades de acceso a los puntos. Se hace necesario resaltar variaciones con respecto a temperatura siendo los puntos 2, 3 y 4 los de mayor valor, debido a que la hora de muestreo de dichos puntos fue alrededor del mediodía en mayor presencia de sol. Con respecto a la presión barométrica esta fue de mayor a menor desde las Viñas hasta Aguajan. Ahora con respecto a la velocidad del viento esta fue mayor conforme avanzaba la mañana lo cual se ve reflejado en los valores del punto 1, 2, 3 vistos en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros Geográficos y Meteorológicos Tomados en el Sitio de Muestreo – Campaña de Muestreo 1 y 2

Puntos de Muestreo	Hora de muestreo		Coordenadas		Temperatura		Presión barométrica		Velocidad viento		Altura		Humedad		Punto de Rocío	
	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2
Punto 1	9:24 a.m.	12:10 p.m.	S 01° 16.898´ W 078° 42.995´	17 M 0754063 UTM 9858220	16,1	19,6	732,5	731,5	0,9	1,5	2812	2820	63,9	53,3	9,5	10,8
Punto 2	10:25 a.m.	11:00 a.m.	S 01° 15.188´ W 078° 38.656´	17 M 0762144 UTM 9861366	18,2	25,8	754,4	755,2	0,7	1,8	2582	2416	58	17,9	10,7	14,5
Punto 3	11:09 a.m.	10:00 a.m.	S 01° 13.683´ W 078° 37.149´	17M 0764940 UTM 9864142	23,1	21,2	761,8	763,3	0,4	1,9	2489	2490	56,8	54,4	13,8	12,5
Punto 4	13:30 p.m.	09:30 a.m.	S 01° 14.491´ W 078° 36.062´	17M 0766899 UTM 9862861	25,1	21,2	766,7	773,8	0,5	0,6	2288	2372	41,9	16,3	11,3	13,8
Punto 5	12:07 p.m.	09:00 a.m.	S 01° 14.145´ W 078° 33.426´	17M 0769549 UTM 98611845	21,1	17,7	777,2	777,6	2,2	0,6	2178	2176	55,7	74,4	11,7	13,4

Nota: coordenadas en UTM, Temperatura en °C, presión barométrica hPa, velocidad del viento en m/s, altura en m, humedad en porcentaje (%), punto de rocío

F 1 Campaña de muestreo 1 de la fecha 7 de diciembre 2019

F 2 Campaña de muestreo 2 de la fecha 29 de febrero 2020

En ambas fases de muestreo se llevó registro de los lugares aledaños o posibles focos de contaminación en las zonas de estudio, como se detalla a continuación:

Para el punto 1, Aguajan, se distinguió la presencia de canteras, además a este lugar llegan descargas del sector de San Fernando de Pilahuín. Con respecto al punto 2, Parque de El Sueño, llega toda la corriente de aguas negras y grises. Mientras que al punto 3, Socavón, llegan las descargas de la zona céntrica y occidental de la ciudad además de realizarse lavado de ropa, siendo así aguas negras y grises. En el punto 4, Paso Lateral, existe la presencia del colector de aguas servidas además de avícolas, curtiembres, pesticidas. Y en el punto 5, Las Viñas, existe la presencia de canteras, hormigoneras y planta de tratamiento de aguas residuales.

Las fechas en las cuales se llevó a cabo el muestreo de la fase 1 y fase 2 fueron durante los meses de diciembre 2019 y febrero 2020 respectivamente, épocas del año que presentaron precipitaciones durante esos meses observándose elevada corriente del río a lo largo de los puntos de recolección.

Cabe mencionar también que al realizarse el recorrido en diferente sentido en las dos fases, es decir diferentes horarios de toma muestra, los puntos de la fase 1 que fueron los primeros en ser recolectados, ahora en la fase 2 se recolectaron al final, de manera que los parámetros fisicoquímicos analizados pudieron verse ligeramente afectados por efecto de la variación de los valores de temperatura, humedad, pH, turbidez, los cuales dependen de los factores ambientales y antropogénicos que afecten determinadas zonas del río, como se observa en la Tabla 3.

Como parte del programa de monitoreo y el plan de muestreo del río Ambato se llevó a cabo el control de calidad de las muestras mediante la técnica de control de blancos con el fin de estimar posibles errores en la toma de muestras debido a contaminación de los recipientes o error en el proceso de manipulación y transporte.

Para ello se dispuso de un volumen de agua destilada del cual se separaron dos alícuotas, una parte A que permaneció en laboratorio y otra parte B la cual a su vez fue dividida en dos partes B y C que fueron llevadas al muestreo solo que una de estas partes, B, fue tratada como muestra y la otra, C, fue transportada durante todo el recorrido sin ninguna manipulación.

Al final cuando son receptadas todas las muestras en el laboratorio estas son procesadas mediante la medición de parámetros y son evaluadas de acuerdo con el parámetro analizado, como en este caso que se evaluaron los valores de pH, temperatura y turbidez de los tres tipos de muestras A, B y C.

Al comparar los resultados de A y B se podrá saber si existió error de tipo toma y procesado de la muestra, mientras que al comparar B y C se conoce si hay error de contaminación de los envases, ahora sí se compara A y C permite saber si hubo error en el transporte de la muestra (**Norma NTE INEN ISO 5667-23**).

Es así como se indica en la Tabla 4 los valores de las mediciones de los blancos para ambas fases de muestreo, de cuyas réplicas se analizan sus valores promedio de pH de la muestra de agua destilada.

En todos los puntos de la fase 1 de muestreo no hubo error por contaminación dado que los valores se mantienen estables con poca o ninguna diferencia entre sí.

Por otro lado, en la fase 2 de muestreo se vieron algunas variaciones para los valores promedio de pH, temperatura y turbidez en cada uno de los puntos.

Se estimó que en todos los puntos de la fase 2 de muestreo para control de agua destilada, se presentó un error por contaminación de los envases dado que los valores no se mantienen iguales con poca o diferencia entre sí. Esto puede asociarse al uso de agua destilada en envases reusados del laboratorio para el transporte de agua destilada, siendo esto diferente a los frascos que se tomaron para las muestras de río.

Considerando estas pruebas de control de calidad se estima que los valores de la fase 1 no hayan sido influenciados por errores de contaminación, transporte y muestreo. Mientras que si bien es cierto los valores de control de calidad de las muestras de la fase 2 demuestran error en los envases, esta consideración puede excluirse ya que fueron diferentes los envases para el control de calidad y los frascos para las muestras de río, además el control de calidad es comprobado a partir de la estimación de incertidumbre del muestreo que se detalla más adelante.

Tabla 4. Valores de Turbidez, pH, Temperatura In Situ y en Laboratorio para los Blancos de Control de Calidad

Campaña de muestreo 1						
Puntos de muestreo	Medición in situ			Medición en Laboratorio		
	pH	Turbidez	Temperatura	pH	Turbidez	Temperatura
1	7,04	20	17	7,02	20	17
2	6,75	20	17	6,55	20	17
3	5,85	20	21	5,45	20	21
4	7,9	20	22	7,65	20	22
5	8,1	20	22	7,9	20	22

Campaña de muestreo 2						
Puntos de muestreo	Medición in situ			Medición en Laboratorio		
	pH	Turbidez	Temperatura	pH	Turbidez	Temperatura
1	9,3	0,695	18,35	7,2	0,31	14,3
2	9	0,54	22,1	7,1	0,28	12,65
3	8,7	1,27	18,35	6,85	0,24	13,9
4	8,6	1,18	22	7,3	0,61	18,15
5	8	0,045	17,8	7,3	0,955	18,55

Nota: Los valores son expresados como las medias

3.2. Determinación de parámetros fisicoquímicos

Tabla 5. Resultados de los Parámetros Fisicoquímicos, correspondiente a Campaña de Muestreo 1

Parámetros Fisicoquímicos	Puntos de Muestreo					Norma TULSMA LMP Anexo 6
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	
pH	6,885 ± 0,013	5,905 ± 0,017	4,82 ± 0,025	4,93 ± 0, 118	5,055 ± 0,016	6,5 - 9
Temperatura	12,0 ± 0,082	11,0 ± 0,163	12,0 ± 0,216	13,0 ± 0,163	12,5 ± 0,245	Condiciones naturales +3 Máxima 20
Turbidez	18 ± 0,082	28 ± 0,082	20,0 ± 0,141	23 ± 0,082	26 ± 0,082	100
Oxígeno Disuelto	17,548 ± 0,006	13,94 ± 0,022	6,921 ± 0,001	13,022 ± 0,009	5,051 ± 0,009	No < 6
Tensoactivos	0,686 ± 0,223	1,088 ± 0,097	0,818 ± 0,009	0,56 ± 0,022	0,643 ± 0,098	0,5
Sólidos Suspendidos totales	1320,5 ± 1,291	1417 ± 1,414	7364 ± 1,414	1231 ± 0,816	2207 ± 0,816	100
Sólidos Disueltos totales	440 ± 5,774	495 ± 2,828	409,5 ± 1,291	412 ± 0,816	401 ± 0,816	1000
Sólidos Totales	1760,5 ± 6,557	1912 ± 3,742	7773,5 ± 2,082	1643 ± 0	2608 ± 0	1600
DQO	520,4 ± 1,867	1071,4 ± 3,801	544,4 ± 0, 2708	831,4 ± 0,082	880,4 ± 1,155	250
DBO ₅	21,5 ± 0,577	37,0 ± 0,816	16,0 ± 0,816	26,0 ± 0,816	23,5 ± 0,577	100

Nota: Los resultados son las medias ± la desviación estándar; las unidades de los parámetros fisicoquímicos son grados Celsius (°C), Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), oxígeno disuelto, tensoactivos, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno y Demanda Biológica de Oxígeno en (mg/L).

Tabla 6. Resultados de los Parámetros Físicoquímicos, correspondiente a Campaña de Muestreo 2

Parámetros Físicoquímicos	Puntos de Muestreo					Norma TULSMA LMP Anexo 6
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	
pH	8,15 ± 0,071	8,3 ± 0,142	8,5 ± 0,216	8,65 ± 0,122	7,5 ± 0,141	6,5 - 9
Temperatura	18,05 ± 0,057	17,3 ± 0,163	15,7 ± 0,141	15,4 ± 0,082	14,75 ± 0,058	Condiciones naturales +3 Máxima 20
Turbidez	15,605 ± 0,005	33,65 ± 0,008	23,45 ± 0,022	28,65 ± 0,008	36,6 ± 0,082	100
Oxígeno Disuelto	1,62 ± 0,008	1,102 ± 0,003	0,227 ± 0,004	0,842 ± 0,001	0,681 ± 0,001	No < 6
Tensoactivos	0,892 ± 0,014	0,924 ± 0,008	5,049 ± 0,025	1,795 ± 0,068	9,298 ± 0,386	0,5
Sólidos Suspendidos totales	2000 ± 0,816	3700 ± 0	4700 ± 1,414	2500 ± 0,816	5100 ± 0,816	100
Sólidos Disueltos totales	152 ± 0,816	200 ± 0,816	184 ± 0,816	300 ± 0,816	435 ± 2,160	1000
Sólidos Totales	2152 ± 0	3900 ± 0,816	4884 ± 2,160	2800 ± 0,816	5535 ± 2,160	1600
DQO	53,4 ± 0,860	641,4 ± 0,979	251,4 ± 1,845	626,4 ± 0	1112,4 ± 0,141	250
DBO ₅	15,5 ± 0,577	26,0 ± 1,414	10,0 ± 0,816	23,0 ± 0,816	17,5 ± 0,082	100

Nota: Los resultados son las medias ± la desviación estándar; las unidades de los parámetros físicoquímicos son grados Celsius (°C), Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), oxígeno disuelto, tensoactivos, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, sólidos totales, Demanda Química de Oxígeno y Demanda Biológica de Oxígeno en (mg/L).

➤ **Valores de turbidez, pH y temperatura de las muestras del río Ambato**

En ambas fases de muestreo se tomaron mediciones de turbidez, pH y temperatura in situ para lo cual se dispuso de dos muestras y de cada una de estas se realizó la medición por duplicado en cada uno de los cinco puntos de muestreo. De este análisis se notaron ciertas variaciones de los valores temperatura, turbidez y pH entre las dos campañas o fases de muestreo como se muestra en la Tabla 5 y Tabla 6.

En gran parte estos cambios con respecto a la temperatura se deben a la hora de toma de las muestras, influenciados por las condiciones ambientales. Puesto que en la fase 1 de muestreo las muestras del punto 1 y punto 2 fueron tomadas en el lapso de 9 a 10 am, mientras que para la fase 2 de muestreo fueron los puntos 5 y punto 4 tomados en ese lapso. Sin embargo, el parámetro temperatura de las muestras de agua de ambas fases si se encuentra dentro del límite máximo permisible de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes Recurso Agua del Libro VI Anexo 1 del Texto Único de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA) aplicado a Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas frías dulces, al estar por debajo de los 20 °C.

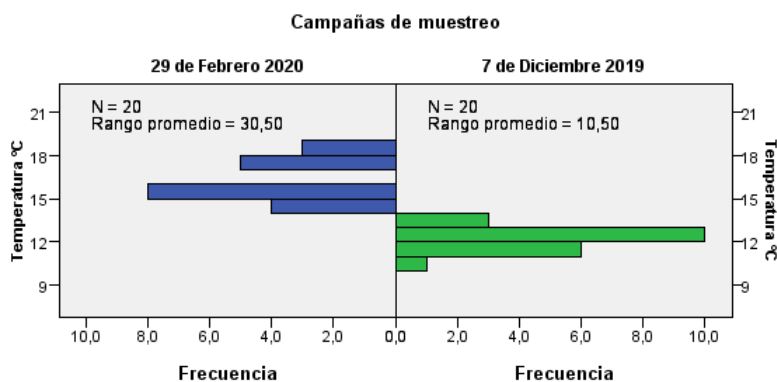


Gráfico 1. Rangos comparativos de temperatura de ambas campañas de muestreo

Si se analiza estos resultados con otros estudios en ríos del territorio ecuatoriano a fin de conocer en qué situación general de contaminación se encuentran, con respecto a temperatura este resultado es semejante a otros dos estudios realizados en ríos de la costa y amazonia ecuatoriana, el primero un estudio realizado por **Mero, M., Pernía, B., Nelson Ramírez, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., & Egas, F. (2019)** sobre la “Concentración de Cadmio en agua, sedimentos,

Eichhornia crassipes y *Pomacea Canaliculata* en el río Guayas (Ecuador) y sus afluentes”, los valores de temperatura del río se mantienen dentro del límite máximo permisible, oscilando en valores entre 27,24 y 27,5 °C. Asimismo, en un estudio de **Alexiades, A., Encalada, A., Lessmann, J., & Guayasamín, J. (2019)** sobre la “Predicción espacial de parámetros fisicoquímicos de arroyos para la cuenca del río Napo, Ecuador” los valores de temperatura variaron de 7 a 27 ° C, explicando que en ciertas zonas la temperatura fue más baja cuando se trataba de tierras altas occidentales, aunque algunas áreas de tierras bajas exhibieron temperaturas de arroyos bastante bajas, asumieron se debía al efecto de la sombra en el techo y las entradas de agua subterránea.

Con respecto a los valores de pH como se ve en la Tabla 5, en la fase 1, solo el punto 1 Aguajan está dentro del límite permisible de pH de 6,5 a 9 mientras los demás están por debajo del límite. Mientras que en la fase 2 todos los puntos están dentro del límite permisible pH de 6,5 a 9 como se observa en el Gráfico 2.

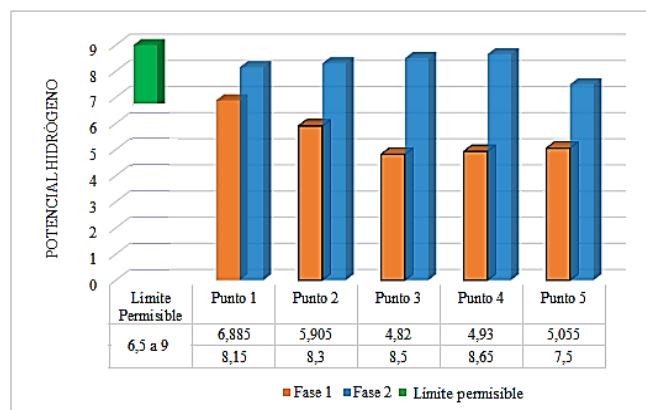


Gráfico 2. Comparación de los valores de pH de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.

Según la **Junta de Control de Recursos Hídricos de California (2010)** y **García., S., Arguello., A., Parra., R., & Pilay., M. (2019)** los cambios de pH a su vez dependen de algunos factores como aumentos de temperatura, presencia de desperdicios sintéticos provenientes de desechos industriales o mineros, desechos de actividades agrícolas o sedimentación de material, lo cual provoca una disminución de la concentración de iones de hidrógeno y por ende también su valor de pH.

Estos niveles bajos de pH afectan varios aspectos del cuerpo de agua como por ejemplo la concentración de ciertas sustancias presentes, pudiendo generar altos niveles de toxicidad, siendo un problema cuando el río es usado para el riego de cultivos aledaños como pasa con el punto 5 del río Ambato zona de cultivos de hortalizas y árboles de aguacates. Además de afectar a organismos acuáticos que dependen de un equilibrio del pH para realizar su metabolismo y mantener su crecimiento y supervivencia.

Comparando los resultados de pH en los cinco puntos de muestreo en la campaña 1 se obtuvo valores de pH de carácter ácido a lo largo de todos los puntos, con valores más bajos en los puntos 3 sector Socavón y punto 4 Paso Lateral.

Mientras que en la campaña de muestreo 2 los valores de pH oscilan en valores neutros y básicos, siendo el punto 5 Las Viñas el más neutro y desde el punto 1 Aguajan Pasa y los demás puntos con valores básicos.

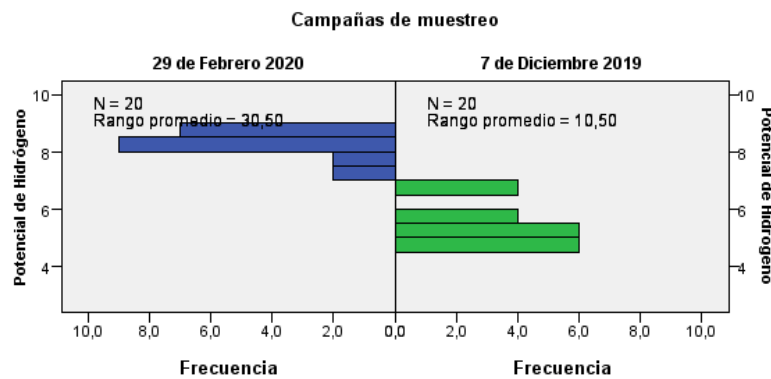


Gráfico 3. Rangos comparativos pH de ambas campañas de muestreo

En paralelo, se compara los resultados antes mencionados con en el estudio del río Napo por **Alexiades, A., Encalada, A., Lessmann, J., & Guayasamín, J. (2019)** quienes reportan valores de pH de 3 a 9, valores oscilantes que dependen de la zona, como por ejemplo en zonas bajas orientales de la cuenca las cuales fueron generalmente más ácidas, las subcuencas de mayor altitud en la parte occidental fueron más básicas y las elevaciones intermedias en las porciones media y sur de la cuenca con pH más neutro.

Por otra parte en el río Guayas el comportamiento de pH se asemeja al del río Ambato, considerando que **Mero, M., Pernía, B., Nelson Ramírez, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., & Egas, F. (2019)** determinaron valores de pH oscilantes entre 6,83 y 8,35 siendo aceptables dentro de los límites admisibles para la preservación de flora y fauna según el Acuerdo Ministerial 097A. Dentro de este estudio del río Guayas se hace referencia a un problema asociado al cambio del pH en aguas que tienen sedimentos presentes, de acuerdo con Black & Williams. (2001) (citado por **Mero, M. et al. 2019**) ya que cuando están presentes metales asociados a sedimentos estos son un peligro potencial para el ambiente acuático ya que pueden ser liberados al cuerpo de agua cuando se da una alteración de las condiciones físicas y química como la acidificación, por ejemplo el cadmio presente en sedimentos podría disolverse y liberar cadmio iónico al agua cuando el pH es ácido, mientras que cuando es neutro a alcalino, el cadmio adsorbido en el sedimento es estable y se mantiene en esa matriz.

Con respecto a los valores de turbidez de las muestras de la fase 1 y fase 2 todos los valores se mantienen dentro del límite máximo permisible de 100 NTU, siendo aceptables.

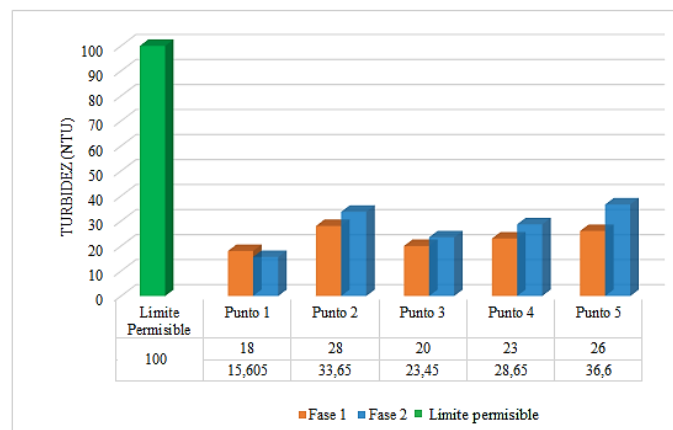


Gráfico 4. Comparación de los valores de Turbidez de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.

El punto 1 en Aguajan presentó el valor más bajo de turbidez mientras que conforme se avanzó hacia la cuenca baja del río los valores de turbidez aumentaron progresivamente excepto el punto 2 en el sector Parque de El Sueño el cual es uno de los puntos con mayor valor de turbidez medida al igual que el punto 5 de Las Viñas en ambas campañas de muestreo, como se observa en el Gráfico 4.

Estos valores se explican ya que en horas de la mañana se da el flujo natural del río sin verse afectado por las emisiones de los focos de contaminación aledaños, descargas del sector. Mientras que conforme transcurre el tiempo los valores de turbidez fueron aumentando relacionados al momento del día en el cual ya existe actividad antropogénica tal como se describe a continuación:

Los puntos 2 y 5 son afectados por descargas de las zonas aledañas, la actividad de canteras y hormigoneras. Le sigue el punto 4 Paso Lateral, el cual está influenciado por la presencia del colector de aguas servidas además de avícolas, curtiembres, pesticidas, finalmente los valores más bajos como el punto 3 afectado por las descargas de la zona céntrica y occidental de la ciudad además de realizarse lavado de ropa y el punto 1 el cual está afectado por la presencia de canteras, además a este lugar llegan descargas del sector de San Fernando de Pilahuín.

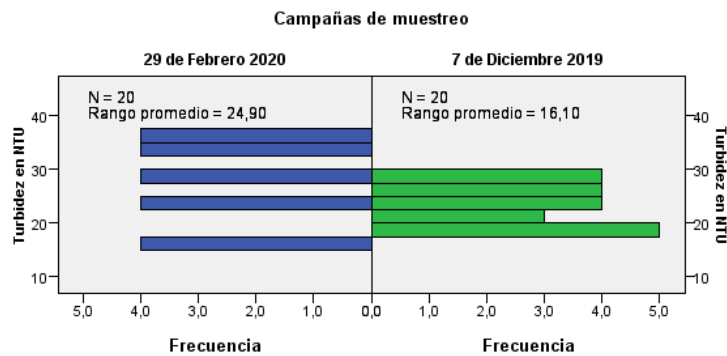


Gráfico 5. Rangos comparativos de turbidez de ambas campañas de muestreo

Los valores de turbidez pueden variar dependiendo de la cantidad de sedimento suspendido producto de la erosión, clima estacional o posibles tormentas, carga excesiva de nutrientes y crecimiento de algas (**Junta de Control de Recursos Hídricos de California. 2010**).

➤ Determinación Oxígeno Disuelto

En la determinación de Oxígeno disuelto por medio de método yodométrico se usó 100 mL de muestra de cada uno de los puntos del río Ambato señalados, 2 mL de $MnSO_4$ y 2 mL solución álcali yoduro, valores con los cuales se hizo el cálculo de la corrección del volumen de muestra, el cual quedó determinado en 101,34 mL (Anexo 5). A continuación, se valoró el $Na_2S_2O_3$ preparado para conocer su concentración, siendo así para la fase 1 una concentración de 0,0082 N y en la fase 2 una concentración de 0,0081 N, finalmente se procedió a la titulación de las muestras del río.

Los resultados de la fase 1 demuestran que todos los puntos, excepto el punto 5 Las Viñas, están dentro del límite máximo permisible de la Norma TULSMA aplicado a Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas frías dulces la cual establece el límite máximo en valores no menores a 6 mg/L. Por otro lado, los resultados de todos los puntos de la fase 2 reflejan valores por debajo del límite permisible, de los cuales los valores más bajos medidos, por debajo del límite permisible, fueron en las zonas de Las Viñas (punto 5), Paso Lateral (punto 4) y Socavón (punto 3) como se observa en el Gráfico 6.

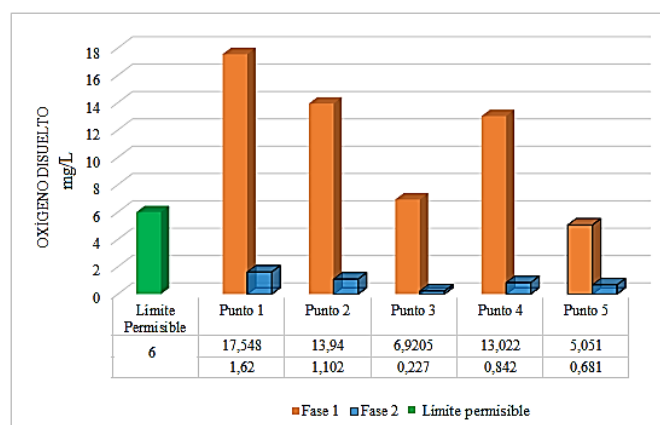


Gráfico 6. Comparación de los valores de Oxígeno Disuelto de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.

En la fase 1, el punto 5 Las Viñas fue el último punto de muestreo el cual se realizó al medio día. Considerando lo señalado con **Goyenola, G. (2007)** la solubilidad del oxígeno en el agua disminuye conforme la temperatura aumenta, por lo que aguas cálidas contienen bajas cantidades de oxígeno, ahora bien, durante el día la

concentración de oxígeno suele aumentar por la acción de la fotosíntesis que se encuentra en condiciones óptimas pasado el mediodía. Mientras que en la fase 2 se observan valores muy bajos de oxígeno disuelto en los puntos de Viñas, Paso Lateral y Socavón, pese a que las muestras fueron recolectadas en horas tempranas de la mañana.

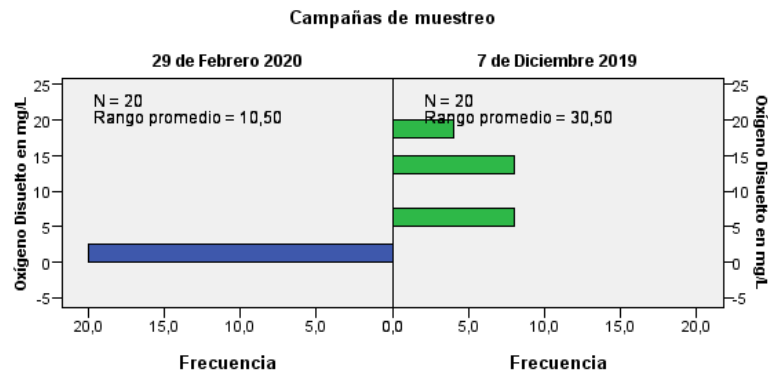


Gráfico 7. Rangos comparativos de oxígeno disuelto en ambas campañas de muestreo

Goyenola, G. (2007) también menciona que el oxígeno disuelto depende del equilibrio de su proceso de producción y consumo, en el cual intervienen ciertos factores: la fotosíntesis, intercambio por difusión con la atmósfera o por mezcla turbulenta, la respiración, presencia de sustancias orgánicas y su descomposición.

Los ríos al transportar grandes cantidades de agua y debido a su corriente pueden regenerarse naturalmente, pero cuando existen grandes descargas de agua de todo tipo como residuales, domésticas, industriales, se revierte su capacidad de neutralizar los efectos de estos contaminantes los cuales alteran su estado natural y condiciones de oxígeno necesarias para la vida acuática. Además, dependiendo de las características del cauce del río este permite una buena oxigenación del agua (**González. V., Caicedo. O., & Aguirre. N. 2013**).

El oxígeno disuelto además se ve afectado cuando su proceso de consumo supera a su proceso de producción, lo cual en muchos casos se debe a la presencia de mucha materia orgánica introducida por aguas residuales urbanas que tienen residuos domésticos, desechos humanos y animales, restos de vegetación, agua de lluvia que

altera la corriente, que también tienen efecto en los cambios de temperatura del agua (Yáñez. E., & Vásquez, R. 2015).

De acuerdo con Veintimilla. P. (2014) puede haber otras sustancias que alteran los niveles de oxígeno disuelto, como los tensoactivos o detergentes los cuales al acumularse en los ríos provocan la disminución de su solubilidad.

Las afirmaciones anteriores sugieren que valores bajos de oxígeno disuelto en los puntos de Viñas, Paso Lateral y Socavón independiente de la temperatura, se deben a gran cantidad de materia orgánica por residuos domésticos, como también la descarga de tensoactivos provenientes de aguas residuales domésticas e industriales de textilerías y curtiembres.

➤ **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Se realizó una curva estándar a partir de patrones de ftalato de potasio, los cuales fueron sometidos al proceso de oxidación, cuyos valores de concentración y absorbancias están expresados en la Tabla 7 y la representación de la curva en el Gráfico 8.

Para el análisis de resultados se toma en cuenta lo mencionado por Guamán. D. (2017) el cual señala que los valores de la Demanda Química Oxígeno incluyen a la Demanda Biológica de Oxígeno, de manera que la DQO por lo general es mayor que la DBO, considerando que muchas sustancias orgánicas pueden ser oxidadas químicamente pero no biológicamente.

Tabla 7. *Curva Estándar DQO*

Concentración	Absorbancia
0	0,001
5	0,0025
80	0,034
250	0,148
400	0,221
950	0,517

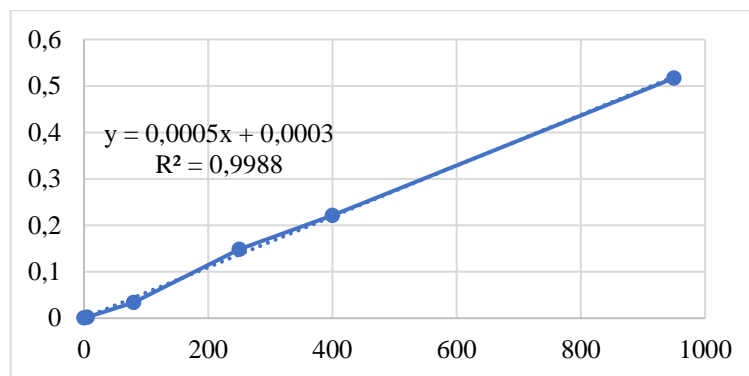


Gráfico 8. Curva estándar DQO.

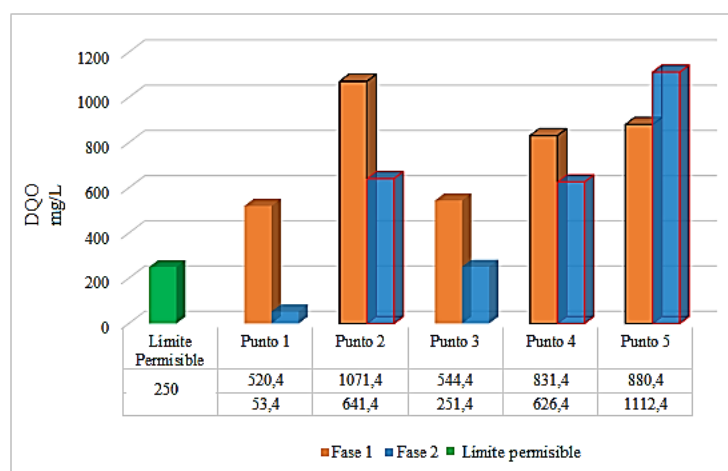


Gráfico 9. Comparación de valores de DQO de la Fase 1y Fase 2 con la norma TULSMA.

Los resultados de ambas fases de muestreo demuestran un alto grado de contaminación por materia orgánica, debido a que los valores medidos están por encima del límite máximo permisible, excepto el punto 1 en la fase 2 que presenta un valor inferior al límite.

En la fase 1 de muestreo los valores más altos de materia orgánica oxidable se presentaron en los puntos 2, 5 y 4, correspondiente a los sectores de parque de El Sueño, Las Viñas y Paso Lateral, respectivamente. A su vez en la fase 2 los valores más altos fueron los puntos 5, 2 y 4.

Los principales sectores productivos responsables de emisiones de materia orgánica son las licoreras, fábricas de papel y cartón, curtiembres, textileras, entre otras. Es notorio que en los sectores afectados del río Ambato existe la presencia de residuos

domésticos (punto 2), avícolas, curtiembres, pesticidas (punto 4), presencia de canteras, hormigoneras (punto 5).

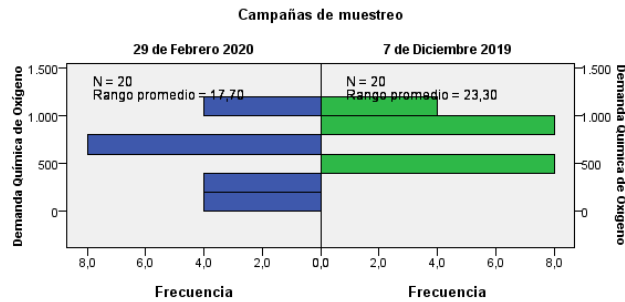


Gráfico 10. Rangos comparativos DQO en ambas campañas de muestreo

➤ **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)**

Los resultados obtenidos en ambas fases de muestreo de las concentraciones en mg O₂/L no representan valores altos de contaminación por materia orgánica biodegradable, como se observa en el Gráfico 11 y Gráfico 12. De acuerdo con Universidad Técnica Nacional (2010) cuanto más materia orgánica biodegradable tenga el agua mayor será la DBO (citado por **Viteri. M. 2014**). Estos valores no sobrepasan el límite máximo permisible, siendo los valores más bajos en los puntos 3 sector Socavón y punto 2 sector parque de El Sueño.

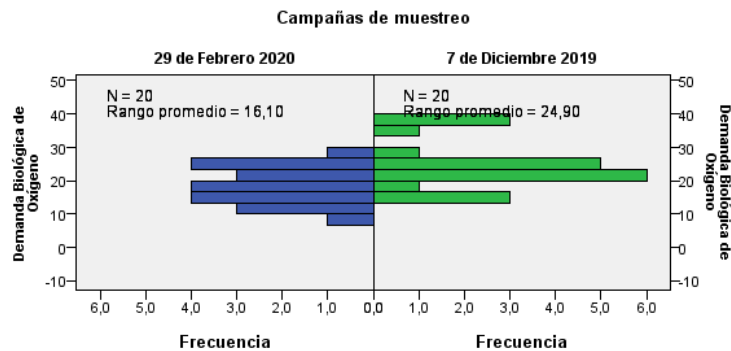


Gráfico 11. Rangos comparativos DBO₅ en ambas campañas de muestreo

Estas mediciones reflejan que a diferencia de la Demanda Química de Oxígeno los valores de Demanda Biológica de Oxígeno son inferiores, como menciona **García. N., Puentes. O., & Montalvo. J. (2008)** en algunos lugares como ríos la materia orgánica presente no siempre es totalmente biodegradable. Siendo entonces que en

los períodos de diciembre y febrero en el río Ambato, no se evidencia gran cantidad de carga contaminante por microorganismos degradadores de materia orgánica como *Pseudomonas*, *Escherichia Coli*, *Aerobacter*, *Bacillus*.

De acuerdo con **Raffo, E., & Ruiz, E. (2014)** existe la relación o coeficiente entre los valores DBO y DQO, la cual puede indicar el tipo de contaminación de las aguas residuales. Dependiendo si el cociente DBO/DQO es inferior a 0,2 esto señala un vertido de tipo inorgánico (probablemente, aguas residuales industriales), mientras que si es superior a 0,6 el vertido es orgánico (probablemente, aguas residuales urbanas, restos de ganado o industria alimenticia), considerando que los contaminantes orgánicos dan como resultado la disminución del oxígeno, producto de la degradación biológica de los compuestos.

Analizando la relación DBO/DQO en ambas fases de muestreo se tienen valores inferiores a 0,2 por lo que predominan contaminantes de tipo inorgánico procedentes de aguas residuales industriales aledañas a las zonas de estudio.

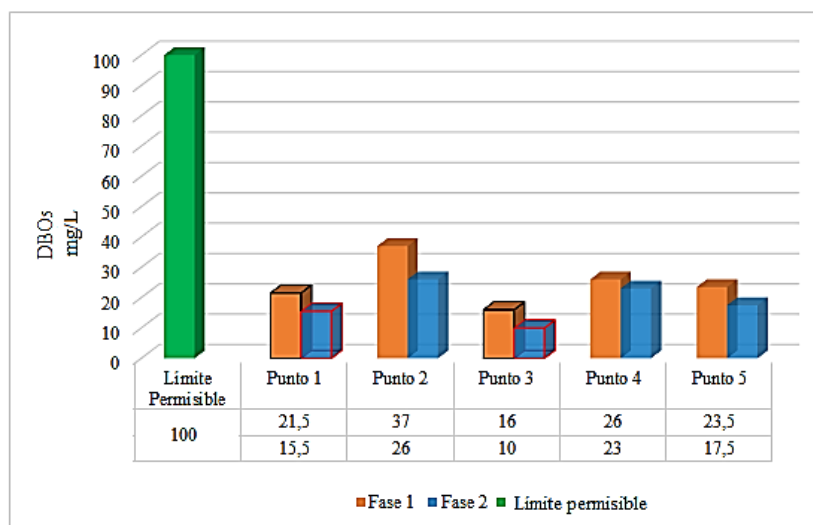


Gráfico 12. Comparación de valores de DBO₅ de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.

➤ Sólidos Totales

Los valores de sólidos totales, obtenidos a partir de las mediciones de sólidos suspendidos y sólidos disueltos, están por encima del límite máximo permisible de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes Recurso Agua del Libro VI Anexo 1 del Texto Único de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA)

aplicado a Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas frías dulces, como se observa en las Tablas 4, 5 y en el Gráfico 13.

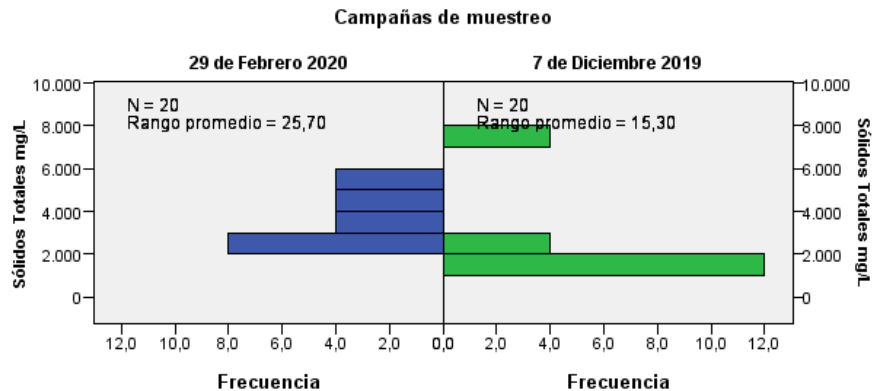


Gráfico 13. Rangos comparativos Sólidos totales en ambas campañas de muestreo

Al comparar ambas campañas de muestreo se observa que la concentración de sólidos suspendidos supera el límite máximo permisible (100 mg/L), además los valores son inferiores en la fase 1 a excepción del punto 3, el cual tiene el valor de mayor concentración incluso más que los valores de la fase 2. Sin embargo, se puede ver un comportamiento similar en la concentración a lo largo de los puntos durante ambos periodos de muestreo, Gráfico 14 y 15.

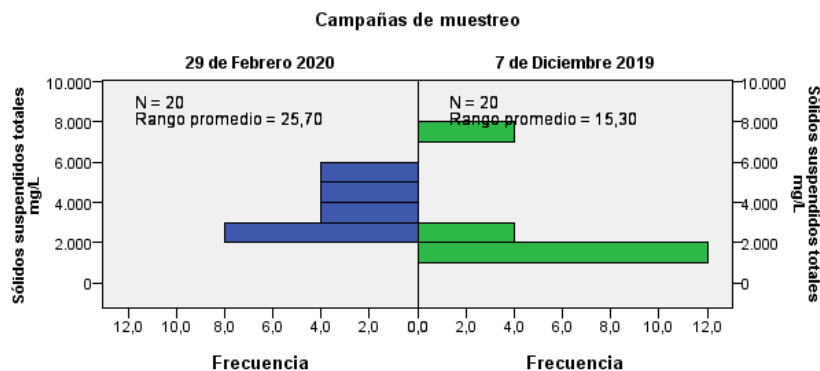


Gráfico 14. Rangos comparativos Sólidos suspendidos totales en ambas campañas de muestreo

De acuerdo con (García. 2003) (citado por Jaya., F. 2017) y (Cortolima. 2005) los sólidos suspendidos comprenden partículas de sedimento, barro de las corrientes de tierra, plancton, desechos industriales y de drenaje que por lo general afectan la calidad de los cuerpos receptores de agua.

También desechos provenientes de las descargas continuas de aguas domésticas producen elevadas concentraciones de estos sólidos, como se ve en el punto 3 sector Socavón el cual es un punto medio del trayecto del río que está rodeado por área urbana y receipta aguas arriba desechos provocados por la actividad comercial y doméstica.

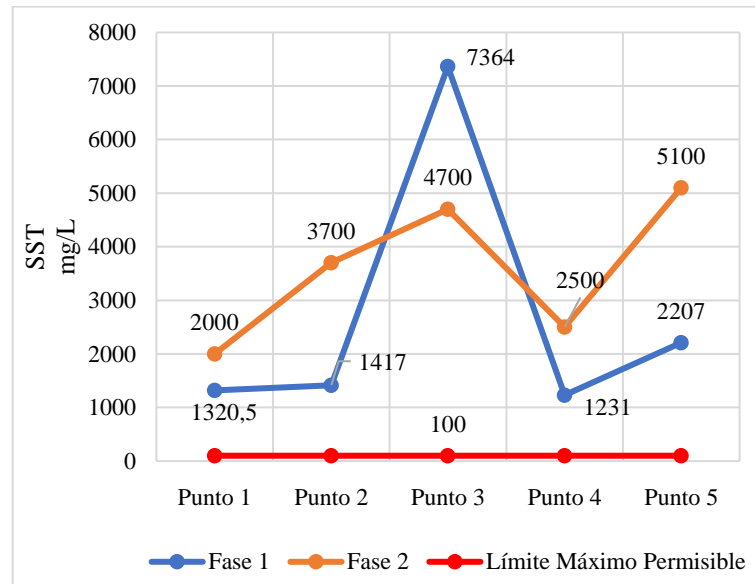


Gráfico 15. Comparación de valores de Sólidos Suspendedos Totales de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.

Las consecuencias de estas altas concentraciones de sólidos en suspensión se suman al grado de contaminación del río Ambato, entre los efectos más comunes según **Whitman College (2011)** puede darse que estos materiales se depositen en la base del agua, revistiendo y tapando todo aquello que se encuentre en el fondo ya sean huevos, larvas de organismos acuático, imposibilitando el proceso de transmisión de oxígeno lo cual desencadena en la muerte de dichos organismos. Igualmente ocurre que la presencia de grandes cantidades de estos sólidos en suspensión puede afectar la capacidad desinfectante de ciertos compuestos empleados para potabilizar el agua, ya que brindan una capa extra de protección a microorganismos perjudiciales. Además, es por ese motivo que **Whitman College (2011)** señala que los sólidos suspendidos puedan pasar inadvertidos a través de una planta de tratamiento al filtrarse.

En algunos casos se relaciona el parámetro turbidez con los sólidos suspendidos totales, siempre y cuando se trate de un mismo lugar y tiempos específicos.

En donde valores bajos de turbidez representan mayor penetración de la luz solar en una columna de agua, por lo que es menor la cantidad de sólidos o partículas en suspensión en la columna y viceversa. Considerando que en los cinco puntos muestreados los valores medidos de turbidez fueron bajos y se encontraron dentro del límite máximo permisible y por el contrario la concentración de sólidos suspendidos fue alta excediendo el límite permisible, se infiere en que la gran mayoría de los sólidos pueden ser de naturaleza orgánica ya que como sugiere OMS (1998) (citado por Jaya., F. 2017) la turbidez además de cuantificar las partículas suspendidas, implica también un análisis de su naturaleza y calidad óptica. Por lo tanto, grandes variaciones en la turbidez (NTU), no corresponden a la mayor variación en los SST (mg/L), es decir que no todos los sólidos suspendidos desvían la luz, debido a que pueden ser de naturaleza orgánica, por lo tanto, son sólidos que muchas veces no salen medidos en la turbidez.

Por otra parte, se encuentran los sólidos disueltos que a niveles constantes y no en exceso son esenciales para el mantenimiento adecuado de la vida acuática. Incluye sales, minerales, metales y cualquier otro compuesto orgánico o inorgánico como calcio, bicarbonato, nitrógeno, hierro, sulfato, menor a 1,5 micras o que se disuelve en el agua (García. 2003) (citado por Jaya., F. 2017).

A diferencia de los sólidos suspendidos, los sólidos disueltos se encuentran en menor proporción como se observa en el Gráfico 16 y 17, no superan el límite máximo permisible. Estas concentraciones se asocian a las condiciones climáticas de días previos al muestreo y durante el muestreo en el cual hubo la presencia de precipitaciones continuas.

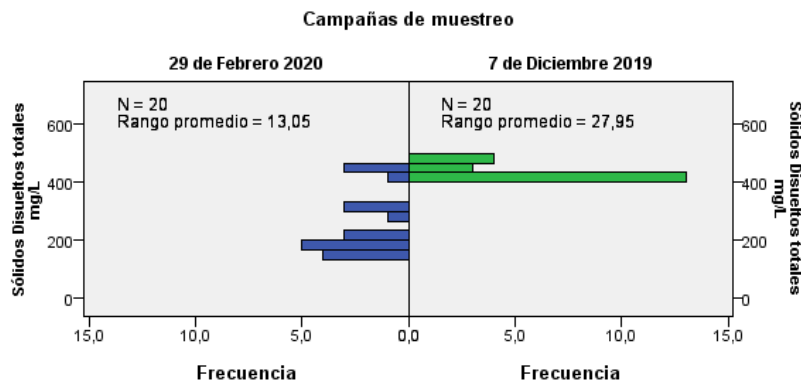


Gráfico 16. Rangos comparativos Sólidos disueltos totales en ambas campañas de muestreo

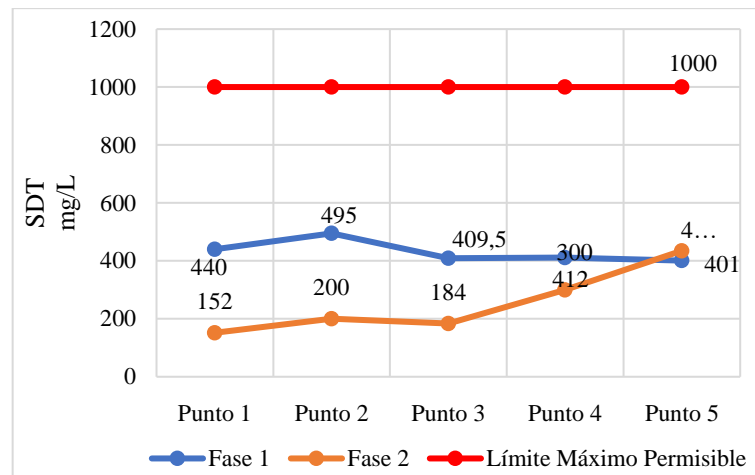


Gráfico 17. Comparación de valores de Sólidos Disueltos Totales de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA.

En consecuencia, estos valores generan altas concentraciones de sólidos totales a lo largo de las zonas medias y bajas del río Ambato, factor que suele estar condicionado a las variaciones climáticas, como sugiere **Posada. J., Roldán. G., & Ramírez., J. (2000)** en su estudio realizado en Colombia acerca de la “Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas”, la mayoría de las variables fisicoquímicas se mantienen uniformes, mientras que la conductividad y la concentración de sólidos totales presentaron mayor variación, lo cual explican se debe al arrastre de sedimentos ocasionado por la precipitación que aumentó con respecto a los años anteriores.

3.3. Determinación de Sustancias Activas al Azul de Metileno

Para la determinación de detergentes se realizó la curva de calibración mediante la preparación de cinco concentraciones del patrón de detergentes, se detalla en la Tabla 8. A cada patrón se le aplicó el proceso de extracción, usando 100 mL de la muestra patrón, 25 mL de azul de metileno y 30 mL de cloroformo. Las lecturas de los patrones a 652 nm en espectrofotómetro resultaron en las siguientes absorbancias y su respectiva curva.

Tabla 8. Curva Estándar de Detergentes.

Curva Estándar	
Concentraciones	Absorbancias
0	0,1
0,1	0,213
0,2	0,325
0,5	0,693
1	1,32
2,5	3,27

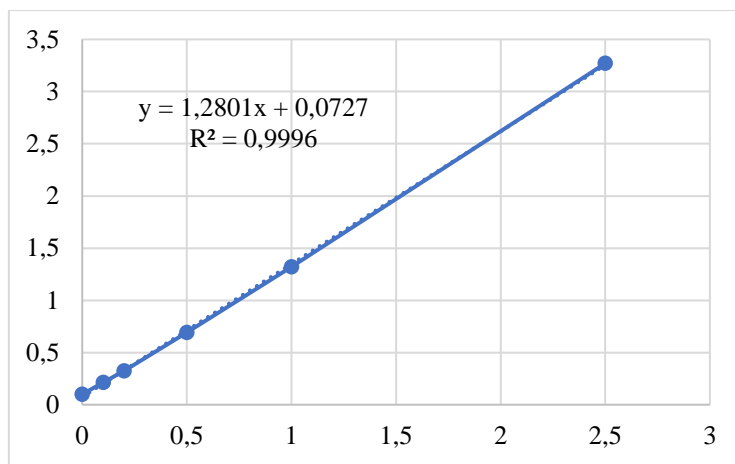


Gráfico 18. Curva estándar de detergentes.

Los resultados de tensoactivos o detergentes se compararon con la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes Recurso Agua del Libro VI Anexo 1 (TULSMA) aplicado a Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas frías dulces.

En la fase 1 de muestreo los valores de sustancias activas al azul de metileno están por encima del límite máximo permisible 0,5 mg/L, como se ve en el Gráfico 19. Siendo el punto 2 “sector Parque de El Sueño” y el punto 3 “sector Socavón” los valores más altos de concentración de detergentes, seguidos por el punto 1 “sector Aguajan”, punto 5 “sector Las Viñas” y finalmente el punto 4 “sector Paso Lateral”.

Estos valores registrados tienen relación directa con las actividades que se efectúan a lo largo de las zonas afectadas del río en las cuales el uso de detergentes es común, por ejemplo, el punto 2 se ve afectado por la descarga de aguas de la zona urbana aledaña, el punto 3 se ve influenciado por las descargas de aguas negras y grises de

la zona céntrica y occidental de la ciudad, además de actividades de lavado de ropa realizadas a orillas del río Ambato. Mientras que los demás puntos del río presentan menores concentraciones de este contaminante.

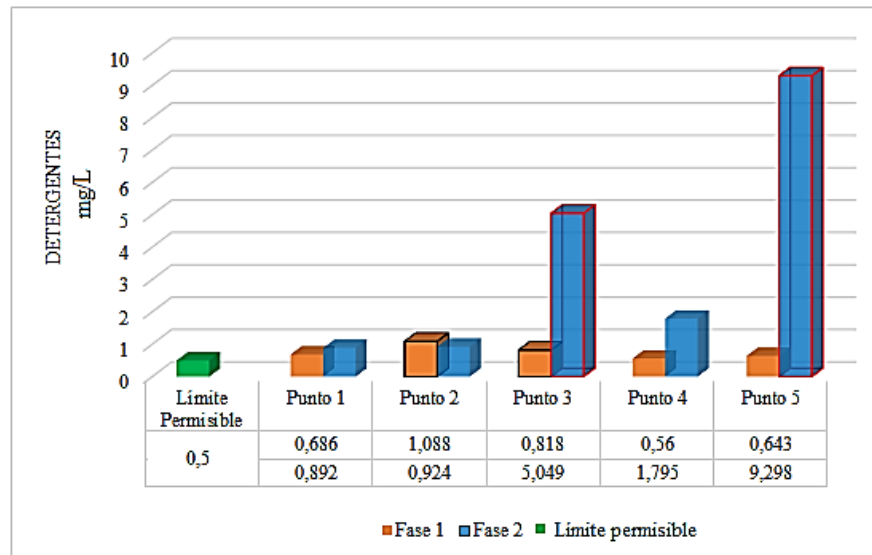


Gráfico 19. Comparación de los valores de Detergentes de la Fase 1 y Fase 2 con la norma TULSMA

En la fase 2 también se obtuvieron valores por encima del límite máximo permisible con la diferencia de presentarse en su mayoría valores más altos en comparación con la fase 1. Por ejemplo, el punto 1 presentó un incremento del 30%, el punto 3 un incremento del 517,24%, el punto 4 un incremento del 220,54% y el punto 5 un incremento del 1346,03%, en la concentración de detergentes con respecto a la fase 1. Mientras que el punto 2 disminuyó en un 15,07% con respecto a la fase 1, como se observa en el Gráfico 20.

Los puntos de mayor concentración son en el sector de Las Viñas, sector el Socavón y el sector del Paso Lateral. Cuyos factores de contaminación observados son la presencia de canteras, hormigoneras, colector de aguas servidas además de avícolas, curtiembres, zonas de cultivos que emplean pesticidas, descargas de aguas negras y grises de la zona céntrica y occidental provenientes de actividades domésticas, respectivamente.

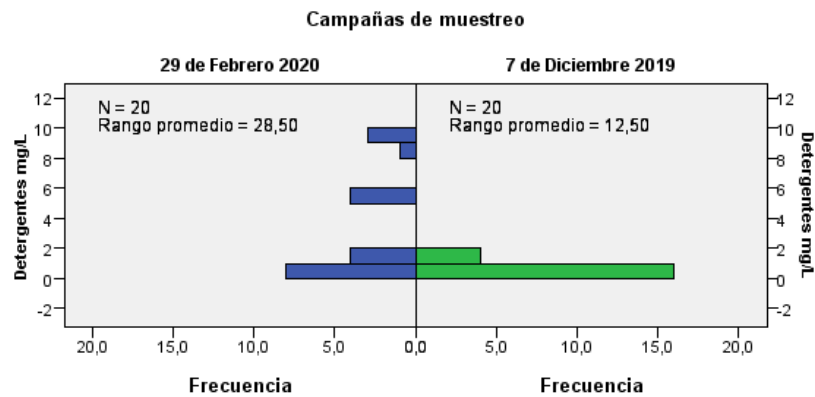


Gráfico 20. Rangos comparativos detergentes en ambas campañas de muestreo

Considerando que días previos al día del muestreo no se presentaron lluvias a diferencia del muestreo de la fase 1, la concentración de detergentes puede haber quedado remanente en algunos puntos, principalmente en aquellos en los cuales la actividad doméstica es mayor, llegando a concentrarse y confluír en la zona baja. Como menciona Berna et al. (1989) en su estudio “The Fate of LAS in the Environment, Tenside determination” (citado por León. M. 2008) en su mayoría los detergentes son degradados por procesos físicos, como la corriente del agua y altos niveles de oxígeno.

Los valores de oxígeno medidos en la fase 2 (Gráfico 6) son muy bajos por lo que no habrían degradado los detergentes presentes. Mientras que en la fase 1 cuyos valores de oxígeno fueron más altos reflejan valores menores de detergentes.

Además, de acuerdo con Alvariño. L., & Iannacone. J. (2002) los detergentes para ser degradados fácilmente dependen de su estructura química, la cual puede hacer que sea difícil que las bacterias puedan descomponerlos. Aquellos elaborados con base en ABS (Alquil benceno sulfonato de sodio ramificado) son resistentes al ataque biológico por su composición molecular ramificada, mientras que los fabricados con base en LAS (Alquil benceno sulfonato de sodio lineal) son biodegradables en condiciones aeróbicas, pero resistentes a la actividad bacteriana anaeróbica.

3.4. Determinación del Índice de Calidad General del Agua ponderado

El uso de la herramienta de los índices de calidad del agua (ICA), como menciona (Ott. 1978; Canter. 1998) (citado por **Torres, P., Cruz, C., Patiño, P., Escobar, J.C., & Pérez, A. 2010**) permite identificar las tendencias de cambios en la calidad y áreas problemáticas, mejorar la comunicación con el público y aumentar su conciencia sobre las condiciones de calidad del agua. Además, expresar la importancia de los datos generados regularmente en el laboratorio, evaluar programas de control que ayuden en decisiones gubernamentales (**Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. 2009**).

Para la estimación del índice de calidad NSF se procedió a determinar los subíndices I_i obtenidos a partir de la transformación adimensional de cada parámetro de estudio mediante curvas o ecuaciones matemáticas (Anexo 8).

A continuación, se asignó el peso relativo (W_i), teniendo en cuenta que la sumatoria de los pesos debe ser igual a 1, que establece la importancia de cada parámetro dentro del ICA evaluado y dependerá del uso a evaluarse. Finalmente, se multiplicaron los valores de W_i y I_i de cada parámetro y la sumatoria correspondió al ICA.

Para el índice NSF se tomó en cuenta que la ponderación de pesos de cada parámetro está relacionada al interés del uso y la influencia de cada variable en el índice. Estableciendo así la mayor ponderación a oxígeno disuelto (OD), seguido por DBO_5 , pH, temperatura y en menor grado a turbidez y sólidos disueltos totales.

Con base a ICA aplicables en aguas superficiales según Sacha y Espinoza (citado por **Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. 2009**) sugieren dar el mayor peso a parámetros como OD, DBO_5 , nitratos, sólidos suspendidos y coliformes totales según sea la cantidad de parámetros a emplear.

Los valores del índice de calidad general del agua con respecto a la calidad fisicoquímica (Tabla 9) en la mayoría de los cinco puntos de la cuenca media y baja del río Ambato, denotaron una mala calidad de las aguas, condicionando su uso por contacto directo como también reflejando la posibilidad de no encontrar vida acuática.

Excepto los puntos 1 y 2, sector Aguajan Pasa y sector Parque de El Sueño que presentaron una calidad de tipo regular en las aguas durante el mes de diciembre que se realizó la primera campaña de muestreo.

Tabla 9. *Valores del Índice de Calidad de Agua del Río Ambato*

Puntos de muestreo	ICA					
	7 Diciembre 2019			29 Febrero 2020		
	Valor	Calidad	Color	Valor	Calidad	Color
1	61,308	regular		50,788	mala	
2	57,114	regular		38,877	mala	
3	44,378	mala		45,706	mala	
4	43,726	mala		38,303	mala	
5	31,352	mala		42,516	mala	

Esta estimación coincide con los resultados obtenidos de alta carga contaminante expresada en las medidas de los parámetros fisicoquímicos, por una parte, se registraron valores estables de turbidez, DBO₅ y sólidos disueltos, mientras que sólidos suspendidos, detergentes, DQO y oxígeno disuelto fluctuaron en valores por encima de los límites máximos permisibles.

Dentro de este marco **Torres, P., et al (2010)** señalan que este comportamiento suele darse cuando persisten condiciones climáticas de invierno y transición, de forma que el río presenta mayor capacidad de dilución, esto se evidencia en bajas concentraciones de parámetros como demanda biológica de oxígeno y en mayores concentraciones de oxígeno disuelto. Mientras tanto, parámetros relacionados con la presencia de material particulado y disuelto como turbidez, sólidos totales, suspendidos y disueltos, incrementa debido a un mayor arrastre de materiales del suelo y del lecho del río.

Las afirmaciones anteriores sugieren que a pesar de haber valores promedio de DQO altos, los valores de DBO pueden ser bajos, hechos relacionados a una baja contaminación orgánica, pudiendo ser que al río estarían llegando sustancias oxidables inorgánicas que asimismo aumentan la concentración de DQO e influirían en el nivel de riesgo químico presente en el río (**Torres, P., et al. 2010**)

Dicho otro modo con las condiciones climáticas invernales de alta cantidad de precipitaciones es posible evidenciar fuentes con leves indicios de contaminación y buena capacidad de dilución de cargas contaminantes (**Cadavid, J., Echeverri, J., &Gómez, A. 2010**). Sin embargo, muchas fuentes como el río Ambato están fuertemente influenciadas por vertimientos de origen doméstico, industrial y agrícola, ya sea de forma directa o a través de otros ríos tributarios.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Los datos de la investigación se presentan como el promedio \pm la desviación estándar, las hipótesis se contrastaron mediante análisis de varianza (ANOVA de un factor con el estadístico F), análisis de varianza por rangos (prueba H de Kruskal Wallis con el estadístico Chi cuadrado) y análisis de suma de rangos (prueba de Mann Whitney con el estadístico U) a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, mediante el software estadístico IBM SPSS Statistics 21.

3.5.1. Incertidumbre del muestreo

Se estimó la incertidumbre expandida (U) a partir del análisis del muestreo de una matriz considerando el uso de esas muestras como representativas de la masa total muestreada (desviación estándar de la medición) y el análisis de los procesos analíticos (desviación estándar de los análisis), cálculo que se detalla en el Anexo 4.

En ambas campañas de muestreo se obtuvieron incertidumbres por debajo de la unidad como se señala en la Tabla 10, reflejando que existe un intervalo no muy alejado alrededor de los valores estimados dentro de los cuales se encuentra el mensurando.

Tabla 10. Incertidumbre expandida del resultado de la determinación de parámetros fisicoquímicos en aguas del río Ambato

Parámetros de Análisis	Muestras	S _{análisis}	S _{medición}	S _{muestreo}	Incertidumbre del muestreo
Demanda Química de Oxígeno	1	1,44	1,06	0,32	0,63
	2	0,64	0,57	0,34	0,69
Tensoactivos	1	0,06	0,08	0,06	0,13
	2	0,11	0,1	0,07	0,13
Sólidos Disueltos	1	2,48	1,77	0,25	0,50
	2	1,24	0,89	0,13	0,25
Sólidos Suspendidos	1	1,06	0,89	0,47	0,94
	2	0,89	0,71	0,33	0,66
Potencial de Hidrógeno	1	0,01	0,06	0,05	0,11
	2	0,14	0,12	0,07	0,14

Nota: S: desviaciones estándar; 1: Campaña de muestreo 7 de diciembre 2019; 2: Campaña de muestreo 29 de febrero 2020

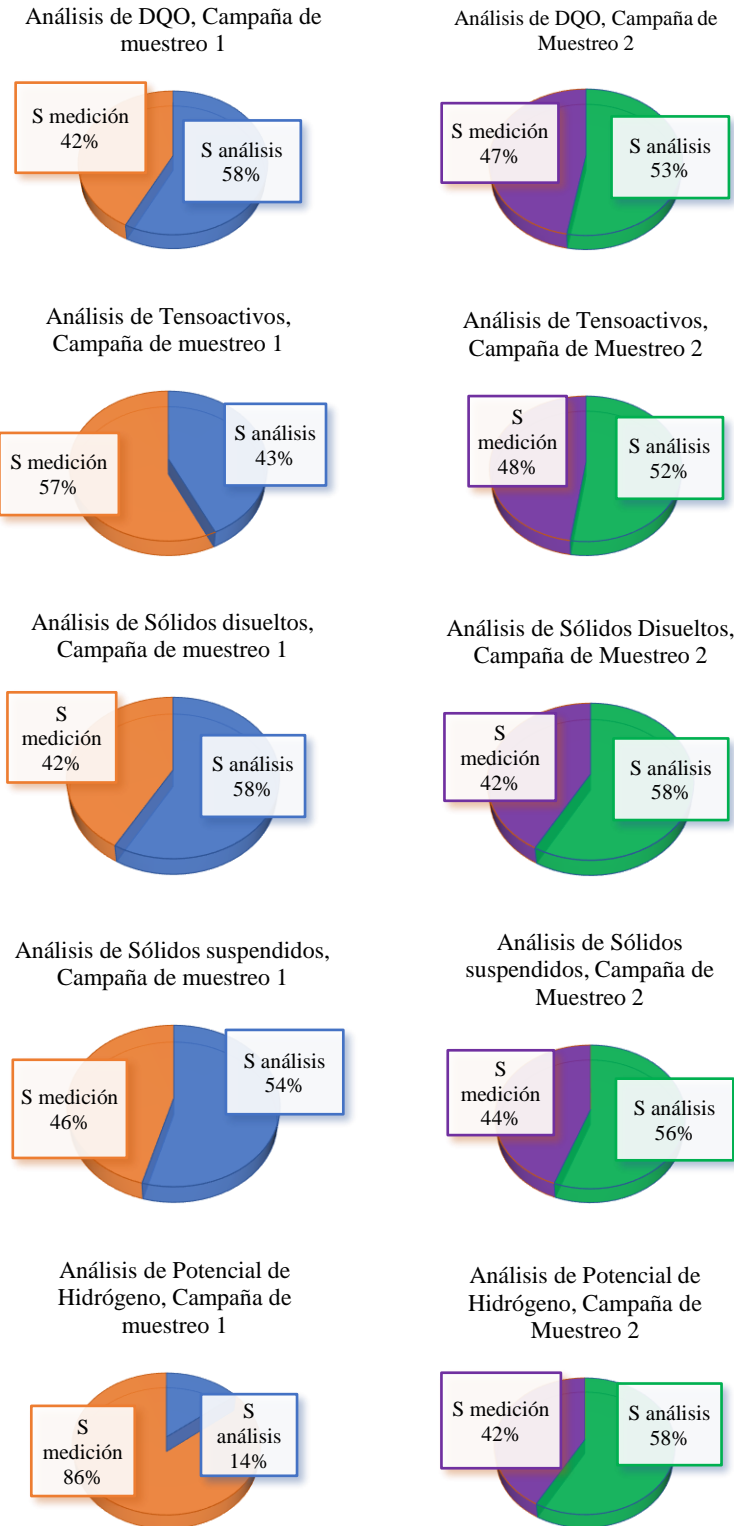


Gráfico 21. Comparación de las desviaciones estándar de la medición y del análisis, en ambas campañas de muestreo, y su influencia en la desviación estándar del muestreo

Ahora bien, mediante el procedimiento del cálculo de la incertidumbre expandida es posible analizar que factor involucrado en el muestreo contribuye más a la variación del resultado final, ya sea debido al proceso de medición que consiste netamente al muestreo y a la heterogeneidad de las muestras, o debido al proceso analítico que consiste a la variación netamente analítica y por repetibilidad.

Obteniendo así, que en los parámetros de tensoactivos y potencial de hidrógeno el factor que influyó más a la variabilidad fue el de medición, asociado al proceso de muestreo en el cual intervienen la heterogeneidad del medio y a la dinámica del cuerpo de agua. Mientras que en los demás parámetros fisicoquímicos el factor que marcó la diferencia en la variabilidad fue el de análisis, pese a que los valores de los factores no se encontraron muy alejados entre sí como se observa en el Gráfico 21.

3.6. Verificación de Hipótesis

3.6.1. Efecto de las dos campañas de muestreo

Se determinó mediante un análisis de suma de rangos con la prueba U de Mann Whitney, a un nivel de confianza del 95%, que el valor crítico es $P < 0,05$ como se observa en las Tablas 11 y 12. Por ende, no se acepta la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 , la concentración de los parámetros fisicoquímicos difiere entre la campaña de muestreo 1 y la campaña de muestreo 2. De manera que el factor tiempo se considera relevante en la determinación del nivel de contaminación del río. A excepción del parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) el cual presentó un valor crítico $P > 0,05$ como se ve en la Tabla 12, lo que sugiere se acepte la hipótesis nula, de similitud de medianas entre los valores de ambas campañas de muestreo, esto se ve representado en el análisis de medianas para las dos campañas de muestreo habiendo similitud en cuatro de los puntos de muestreo como se observa en el Anexo 9.

En el Anexo 10 se observan los rangos asignados a los valores de las concentraciones de los diez parámetros fisicoquímicos analizados a través de la prueba de Mann Whitney en el Software SPSS Statistics 21, estos rangos promedios reflejan que los resultados de la campaña 2 de muestreo correspondientes a los parámetros de potencial de hidrógeno, turbidez, temperatura, detergentes, sólidos suspendidos y sólidos totales fueron superiores a los de la campaña 1 de muestreo.

Mientras que en los cuatro parámetros restantes los valores de la campaña 1 fueron mayores.

Tabla 11. *Análisis de suma de rangos: Prueba Mann Whitney*

Elementos estadísticos	Potencial de Hidrógeno	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Detergentes (mg/L)
U de Mann-Whitney	0,000	0,000	112,000	,000	40,000
Sig. asintót.	0,000	0,000	0,017	0,000	0,000

Nota: Estadístico: U de Mann Whitney; Sig. Asintót: Valor -P significancia asintótica; Variable de agrupación campañas de muestreo

Tabla 12. *Continuación Análisis de suma de rangos: Prueba Mann Whitney*

Elementos estadísticos	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Sólidos Disueltos totales (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)
U de Mann-Whitney	96,000	51,000	96,000	144,000	112,000
Sig. asintót.	0,005	0,000	0,005	0,130	0,017

Nota: Estadístico: U de Mann Whitney; Sig. Asintót: Valor -P significancia asintótica; Variable de agrupación campañas de muestreo

3.6.2. Efecto de la localización de los puntos de muestreo

Se determinó mediante un análisis de varianza ANOVA y análisis de varianza por rangos prueba H de Kruskal Wallis, a un nivel de confianza del 95%, que el valor crítico es $P < 0,05$ como se observa desde la Tabla 13 a la Tabla 18, por ende, no se acepta la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alternativa H_1 en la cual se resuelve que existieron diferencias significativas en las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos entre los cinco puntos de muestreo. De manera que el efecto de la localización de los puntos de muestreo influye de manera significativa en la cuantificación del nivel de contaminación del río.

Tabla 13. Análisis de varianza: Anova de un factor de puntos de muestreo de la Campaña 1

Variables de agrupación		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Temperatura (°C)	Inter grupos	8,800	4	2,200	66,000	0,000
	Intra grupos	0,500	15	0,033		
	Total	9,300	19			
Detergentes (mg/L)	Inter grupos	0,680	4	0,170	12,259	0,000
	Intra grupos	0,208	15	0,014		
	Total	0,889	19			

Nota: Estadístico: F; gl: grados de libertad; Sig.: Valor -P: Significancia asintótica; Variables de agrupación: Inter grupos e Intra grupos de los puntos de muestreo

Tabla 14. Análisis de varianza por rangos: Prueba de Kruskal Wallis de puntos de muestreo de la Campaña 1

Elementos estadísticos	Potencial de Hidrógeno	Turbidez (NTU)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)
Chi-cuadrado	17,345	18,355	18,286	18,341
gl	4	4	4	4
Sig. asintót.	0,002	0,001	0,001	0,001

Nota: Estadístico: Chi cuadrado; gl: grados de libertad; Valor -P: Significancia asintótica; Variable de agrupación puntos de muestreo

Tabla 15. Continuación Análisis de varianza por rangos: Prueba de Kruskal Wallis de puntos de muestreo de la Campaña 1

Elementos estadísticos	Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	Sólidos Totales (mg/L)	Demanda Química de Oxígeno (DQO)(mg/L)	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅) (mg/L)
Chi-cuadrado	18,230	18,579	18,355	18,382
gl	4	4	4	4
Sig. asintót.	0,001	0,001	0,001	0,001

Nota: Estadístico: Chi cuadrado; gl: grados de libertad; Valor -P: Significancia asintótica; Variable de agrupación puntos de muestreo

Tabla 16. *Análisis de varianza: Anova de un factor de puntos de muestreo de la Campaña 2*

Variables de agrupación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)	634,800	4	158,700	216,016	0,000
Inter grupos					
Intra grupos	11,020	15	0,735		
Total	645,820	19			

Nota: Estadístico: F; gl: grados de libertad; Sig.: Valor -P: Significancia asintótica; Variables de agrupación: Inter grupos e Intra grupos de los puntos de muestreo

Tabla 17. *Análisis de varianza por rangos: Prueba de Kruskal Wallis de puntos de muestreo de la Campaña 2*

Elementos estadísticos	Potencial de Hidrógeno	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Detergentes (mg/L)
Chi-cuadrado	15,867	18,257	18,327	18,327	18,286
gl	4	4	4	4	4
Sig. asintót.	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001

Nota: Estadístico: Chi cuadrado; gl: grados de libertad; Valor -P: Significancia asintótica; Variable de agrupación puntos de muestreo

Tabla 18. *Continuación Análisis de varianza por rangos: Prueba de Kruskal Wallis de puntos de muestreo de la Campaña 2*

Elementos estadísticos	Sólidos suspendidos totales mg/L	Sólidos Disueltos totales mg/L	Sólidos Totales mg/L	Demanda Química de Oxígeno
Chi-cuadrado	18,480	18,341	18,452	18,452
gl	4	4	4	4
Sig. asintót.	0,001	0,001	0,001	0,001

Nota: Estadístico: Chi cuadrado; gl: grados de libertad; Valor -P: Significancia asintótica; Variable de agrupación puntos de muestreo

En el análisis de varianza, Anova de un factor, entre más grandes sean los valores del estadístico F esto indica mayor diferencia entre las medias, por lo que en la campaña de muestreo 1 en el parámetro temperatura y detergentes existen mayores diferencias entre las medias de los cinco puntos de muestreo (Tabla 13) y en la

campana de muestreo 2 en el parámetro demanda biológica de oxígeno, de igual manera se observa un valor grande del estadístico F (Tabla 16) siendo así que las diferencias entre puntos de muestreo están bien marcadas.

Cuando se presentan diferencias significativas en los resultados de un análisis de varianza, Anova de un factor, es posible estudiar más a detalle entre que niveles de la variable se dan dichas diferencias, mediante contrastes llamados comparaciones múltiples post-hoc o a posteriori para conocer qué media difiere de otra como se observa en el Anexo 11 y Anexo 12 en el cual se analizan las diferencias de medias y valor P de significancia.

Es así como por ejemplo en el parámetro temperatura, comparando el punto 1 sector Aguajan Pasa con los demás puntos de muestreo se observa que este presentó valores significativamente superiores al punto 2, mientras que con respecto al punto 3 no hubo diferencias, sin embargo, con respecto al punto 4 y 5 si hubo diferencias significativas siendo estos valores superiores a los medidos en el punto 1.

Ahora bien, cuando se presentan diferencias significativas en los resultados de un análisis de varianza por rangos, prueba de Kruskal Wallis, como en varios parámetros fisicoquímicos del presente estudio, es posible detectar que niveles de la variable de estudio presentan valores superiores a los demás.

Mediante análisis de rangos promedios como se ve en el Anexo 13, fue posible señalar las diferencias entre los valores medidos de los parámetros fisicoquímicos en los cinco puntos de muestreo.

Mediante análisis de varianza por rangos, prueba de Kruskal Wallis, se analizaron ocho parámetros fisicoquímicos en la campana de muestreo 1:

Para el potencial de hidrógeno los rangos promedios reflejan que el punto 1 Aguajan es el de mayor valor, seguido por el de Parque El Sueño y Viñas.

Ahora con respecto a Turbidez el punto de mayor valor fue Parque El Sueño, seguido del punto del sector de Viñas y el punto de Paso Lateral.

En Oxígeno disuelto los tres valores mayores fueron del punto Aguajan, Parque El Sueño y Paso Lateral.

Para sólidos suspendidos totales el punto del sector Socavón fue el de mayor valor, seguido de Las Viñas y Parque El Sueño. En sólidos disueltos el valor mayor fue el punto Parque El Sueño, seguido por Aguajan y Paso Lateral. Y en sólidos totales los resultados de mayor valor fueron los mismo que en sólidos suspendidos, Socavón, Las Viñas y Parque El Sueño.

Con respecto a la Demanda Química de Oxígeno, el valor más representativo fue del punto 2 Parque El Sueño, seguido por Las Viñas y Paso Lateral. De forma cuasi similar fueron los resultados de la Demanda Biológica de Oxígeno, cuyo valor mayor fue Parque El Sueño seguido por Paso Lateral y Las Viñas.

Mientras que en la campaña de muestreo 2 se analizaron nueve parámetros fisicoquímicos:

La temperatura presentó los mayores valores en los puntos 1 Aguajan, 2 Parque El Sueño y 3 Socavón.

En potencial de hidrógeno los mayores valores fueron los del punto 4 sector Paso lateral, seguido del punto 3 Socavón y punto 2 Parque El Sueño.

Con respecto a Turbidez los tres valores mayores son del punto 5 Las Viñas, seguido por Parque El Sueño y Paso lateral.

Para oxígeno disuelto los valores medidos fueron mayores para los puntos Aguajan, Parque El Sueño y Paso Lateral.

En detergentes las mayores mediciones fueron registradas en los puntos del sector Viñas, Socavón y Paso lateral.

En sólidos suspendidos se obtuvo valores altos en tres puntos principales, punto 5 Las Viñas, seguido por Socavón y Parque El Sueño. Ahora con respecto a sólidos disueltos el mayor valor fue en Viñas, seguido por Paso lateral y Parque El Sueño. Y los valores de sólidos totales presentaron un comportamiento similar a los de sólidos suspendidos, siendo Viñas, Socavón y Parque El Sueño los de mayor valor.

En Demanda Química de Oxígeno los valores de mayor rango fueron los medidos en el sector de Las Viñas, seguido por Parque El Sueño y Paso lateral.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se estableció que el efecto de las actividades antropogénicas cercanas a zonas de la cuenca media y baja del río Ambato son nocivas para su calidad. Señalando a ciertos sectores de mayor afectación ya que reúnen la mayor cantidad de parámetros que incumplen la normativa y presentaron valores bajos de índice de calidad, en orden de mayor afectación son el punto 5 sector las Viñas (calidad mala), punto 3 sector Socavón (calidad mala), punto 4 sector paso Lateral (calidad mala) y punto 2 sector Parque de El Sueño (calidad regular en el mes de diciembre 2019 y calidad mala en el mes de febrero 2020). En virtud de los resultados estos denotan que las aguas y desechos no tratados de las actividades principalmente domésticas e industriales son una de las mayores causas de riesgo de la calidad del agua del río, con indicio de una acumulación de sustancias tóxicas, sedimentos, material sintético, materia orgánica y detergentes, cuya constante descarga no permite que la corriente del río neutralice naturalmente los efectos de los contaminantes

Se realizó un análisis y prospección de la ubicación de cinco puntos de muestreo a lo largo de la cuenca media y baja del río, así como los usos de suelo de las principales actividades comerciales que se desarrollan en dicha extensión para tal efecto se designaron como punto 1 al sector de Aguajan situado a 2812 m que consistió en una muestra de control sobre la calidad del agua del río previo a que reciba la influencia de descargas de aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad, punto 2 sector de Parque de El Sueño a 2582 m como control del agua que ya ha recibido la descarga de aguas residuales domésticas e industriales de la ciudad además que aguas abajo se da la captación de agua para riego. Punto 3 sector Socavón a 2489 m analizado para determinar el efecto de las aguas residuales crudas de la ciudad de Ambato y que son de uso agrícola. Punto 4 sector Paso Lateral a 2288 m se analizó la influencia de la presencia de canteras, a su vez está localizada aguas arriba de la Planta de Tratamiento de Aguas y punto 5 sector

Las Viñas a 2178 m influenciado por aguas residuales domésticas, industriales y hospitalarias de la ciudad de Latacunga y otras poblaciones aledañas al sitio.

Se caracterizó la calidad del agua de la cuenca media y baja del río Ambato como regular y no aceptable ocasionado por los valores medidos de los diez parámetros fisicoquímicos de los cuales solo cuatro parámetros están dentro del límite permisible, temperatura, turbidez, demanda biológica de oxígeno y sólidos disueltos, esto refleja que existe poca carga de nutrientes, materia orgánica biodegradable que altere dichos valores. Por otra parte, están los seis parámetros restantes que presentaron diferencias entre campañas de muestreo haciendo notoria la influencia de la época de muestreo, en su mayoría estos no cumplen con la normativa, potencial de hidrógeno (pH), oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos, sólidos totales y detergentes. Atendiendo a estas consideraciones se estimó la presencia de grandes cantidades de desechos agrícolas, sedimentos, material sintético, materia orgánica, detergentes remanentes, residuos domésticos, avícolas, curtiembres y pesticidas a lo largo de la cuenca media y baja del río.

Se determinó un grado de afectación severo en cinco puntos de la cuenca media y baja del río Ambato a partir del índice de calidad NSF en los meses de diciembre 2019 y febrero 2020, con un resultado de calidad mala en la mayoría de los puntos de muestreo indistintamente de la fecha, el valor con menor calidad fue el punto 5 sector las Viñas con ICA de 31,352. Sin embargo, en la campaña 1 de muestreo en los puntos 1 Aguajan y Punto 2 Parque de El Sueño se obtuvo un valor de calidad regular dado que algunos de los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro del límite máximo permisible. Por consiguiente, debido a los resultados obtenidos con variación en la calidad del agua se espera que para hacer uso de este recurso sea necesario que reciba tratamiento, además de limitar su uso temporalmente hasta que las condiciones se acerquen a su estado natural o a niveles deseables para no tener afectación de cultivos o en la salud de las personas que son beneficiarias de este recurso.

4.2. Recomendaciones

- Para la medición de la calidad de aguas en ríos además del uso de índices de calidad basado en características fisicoquímicas es recomendable el uso de indicadores biológicos de contaminación que sirven para señalar la presencia o ausencia de contaminantes basándose en la capacidad de retención que poseen determinadas especies animales.
- Aunado a esto es indispensable realizar la socialización comunitaria en los sectores afectados para que tengan conocimiento de criterio que les permita evitar el mal tratamiento del recurso y se dé la iniciativa de cuidar estos ambientes por voluntad propia, como también la aplicación de estrategias eficientes de manejo de vertimientos de origen doméstico y pecuario de la mano del control de actividades que desencadenan en la erosión de las subcuencas, de este modo se mejore paulatinamente la calidad del agua.
- Para fines de estudio de control de la calidad ambiental del agua del río Ambato se sugiere se dé un monitoreo trimestral, semestral y anual de las condiciones fisicoquímicas a fin de corroborar que las acciones correctivas se están aplicando.
- Cuando se tienen resultados de calidad de aguas no deseables es necesario realizar tratamientos, para tal efecto se recomienda realizar una intervención por sectores de los puntos muestreados que inicien desde la aplicación de medidas específicas como acciones básicas que involucren la implementación de plantas de tratamiento a lo largo de toda la cuenca del río.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afanador, G. (2007). *pH en Agua por Electrometría*. Recuperado el 18 de abril de 2020, de: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/pH+en+agua+por+Electrometr%C3%ADa.pdf/ec53b64e-91eb-44c1-befe-41fcfcdf1>
- Aguirre, E et al. (2013). *Crecimiento de Pseudomonas aeruginosa MBL-03 y degradación de tres concentraciones de Dodecibenceno Sulfonato de Sodio*. Recuperado el 17 de febrero del 2020, de: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/ECCBB/article/view/175/180>
- Alexiades, A., Encalada, A., Lessmann, J., & Guayasamín, J. (2019). Predicción espacial de parámetros fisicoquímicos de arroyos para la cuenca del río Napo, Ecuador, *Journal of Freshwater Ecology*, 34: 1, 247-261, DOI: 10.1080/02705060.2018.1542353
- Alvariño, L., & Iannacone, J. (2002). *Efecto del Detergente doméstico Alquil Aril sulfonato de sodio lineal (LAS) sobre la mortalidad de tres caracoles dulceacuícolas en el Perú*. Recuperado el 6 julio 2020, de: <http://190.119.243.75/index.php/eau/article/view/234>
- Asociación Americana de Salud Pública. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Determinación de turbidez. 18th Edición. Washington, APHA, 1992. pp 2-9 - 2-11.
- Asociación Americana de Salud Pública. Standard Methods for the Examination of Water Wastewater. Determinación de pH. 18th Edición. Washington, APHA, 1992. pp 4-65 - 4-69.
- Asociación Americana de Salud Pública. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Determinación de DQO. 18th Edición. Washington DC, APHA, AWWA, WWCF 1992. pp 5-6 - 5-10.
- Asociación Americana de Salud Pública. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Determinación de sólidos suspendidos totales. 18th Edición. Washington DC, APHA, AWWA, WWCF, 1992. pp 2-56.
- Asociación Americana de Salud Pública. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Determinación de sólidos totales. 18th Edición. Washington DC, APHA, AWWA, WWCF, 1992. pp 2-54.
- Cadavid, J., Echeverri, J., & Gómez, A. (2010). Modelación índices de calidad de agua (ICA) en las cuencas de la región Cornare. Modelation of water quality index (WQI) in region Cornare basins. *Revista Gestión y Ambiente*, 13(2), 7–24. Recuperado el 4 de agosto de 2020, de: <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169420002001.pdf>

- Carvajal, E. (2017). *Análisis integral de la calidad de agua del río Ambato, mediante la utilización de indicadores biológicos, complementadas con variables fisicoquímicas, para la generación de propuestas de gestión*. Recuperado el 24 de febrero del 2020, de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16996/3/CD-7573.pdf>
- Cortolima. (2005). *2.11 Calidad de Aguas*. Recuperado el 30 de julio de 2020, de: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_amoya/diagnostico/1211.pdf
- Cortolima. (2007). *2.11 Calidad de Aguas*. Recuperado el 18 de abril de 2020, de: https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_totare/diagnostico/1_211calidad_de_aguas.pdf
- DINAMA. (1996). *Manual de Procedimientos Analíticos para Aguas y Efluentes*. Recuperado el 11 de octubre 2020, de: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/docs/pdfs/manual_dinama.pdf
- Dirección de Medio Ambiente. (1998). *Manual para muestreo de aguas y sedimentos*. Primera edición. ISBN 970-34-7
- Espíndola, E. (2011). *Evaluación de Efluentes industriales descargados por la Industria Embotelladora de bebidas gaseosas "The Tesalia Springs Company"*. Recuperado el 18 de abril de 2020, de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/829/1/BQ9%20Ref.%203364.pdf>
- Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental. (2007). *Contaminación del agua por detergentes (eutrofización)*. Recuperado el 23 junio 2020, de: <https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-por-detergentes-eutrofizacion/>
- Fernández, N., Andredi, E., Suarez, C., & Molina, Y. (2007). *Informe Final Contrato*. Recuperado el 15 de mayo de 2020, de: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/020735/Informe%20Final/INFORME%20FINAL%20IDEAM.pdf>
- Gaitán, M. (2004). *Determinación de oxígeno disuelto por el método yodométrico modificación de azida*. Recuperado el 05 de febrero del 2020 de: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Ox%C3%ADgeno+Disuelto+M%C3%A9todo+Winkler.pdf/e2c95674-b399-4f85-b19e-a3a19b801dbf>
- García, N., Puentes, O., & Montalvo, J. (2008). *Contaminación Orgánica en el sector de la bahía de Buena Vista cercano a la desembocadura del río Guanó, Villa Clara, Cuba. Revista Cubana de Química*. vol. XX, núm. 3, 2008, pp. 39-46. Recuperado el 9 julio 2020, de: <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543715006.pdf>. ISSN: 0258-5995

- García. S., Arguello. A., Parra. R., & Pilay. M. (2019). *Factores que influyen en el pH del agua mediante la aplicación de modelos de regresión lineal*. Recuperado el 29 de mayo 2020, de: https://www.researchgate.net/publication/333252783_Factores_que_influyen_en_el_pH_del_agua_mediante_la_aplicacion_de_modelos_de_regresion_lineal
- González. V., Caicedo. O., & Aguirre. N. (2013). Aplicación De Los índices NSF, DINIUS Y BMWP Para El análisis De La Calidad De Agua De La Quebrada La Ayurá, Antioquia Colombia. *Gestión Y Ambiente*, vol. 16, n.º 1, enero de 2013, pp. 97-108, <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/33863>
- Google Earth Keyhole Inc. (2020). Google Earth (versión 9.124.0.1) [Aplicación de escritorio]. Descargado de: https://www.google.com/intl/es_ALL/earth/versions/#download-pro
- Goyenola. G. (2007). *Oxígeno disuelto*. Recuperado el 18 de junio 2020 de: http://imasd.fcien.edu.uy/difusion/educamb/propuestas/red/curso_2007/cartillas/tematicas/OD.pdf
- Gron, C., Hansen, J., Magnusson, B., Nordbotten, A., Krysell, M., Andersen, K., & Lund, U. (2007). *Uncertainty from Sampling – a Nordtest Handbook for sampling planners on Sampling Quality Assurance and Uncertainty Estimation*. ISSN: 0283-7234
- Guamán. D. (2017). “Análisis del aserrín como filtro en el tratamiento de aguas residuales provenientes de la lavadora de autos Monster Wash ubicada en el cantón Ambato”. Recuperado el 8 julio2020, de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27240/1/Tesis%201223%20-%20Guam%20c3%a1n%20Quinaloa%20Danielm%20Patricio.pdf>
- Hernández, A. (2007). *Sólidos Suspendidos en Aguas secados a 103- 105 °C*. Recuperado el 18 de abril de 2020, de: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>
- Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua [HGPT]. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Tungurahua Fase de Diagnóstico 2015*. Recuperado el 23 junio del 2020, de: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1860000130001_DIAGNOSTICO%20HGPT%202015_18-05-2015_14-03-53.pdf
- Jaya, F. (2017). Estudio de los sólidos suspendidos en el agua del Río Tabacay y su vinculación con la cobertura vegetal y usos del suelo en la microcuenca. Recuperado el 3 de agosto de 2020, de: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28542/1/Trabajo%20de%20titulacio%20n.pdf>

Jiménez, A. (2000). *Determinación de los parámetros fisicoquímicos de calidad de las aguas*. Recuperado el 17 de abril de 2020, de: <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>

Junta de Control de Recursos Hídricos de California. (2010). Folleto Informativo pH. Recuperado el 28 de mayo 2020, de: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf

Junta de Control de Recursos Hídricos de California. (2010). Folleto Informativo Turbidez. Recuperado el 01 de julio 2020, de: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3150sp.pdf

León, M. (2008). Efecto ecotoxicológico de los detergentes biodegradables en la trucha “Arco Iris” *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) en el centro piscícola “El Ingenio”- Huancayo. Recuperado el 6 julio de 2020, de: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1751/Leon_II_m.pdf?sequence=1&isAllowed=y

López, S., Guerra, S., & Jaramillo, L. (2018). *Validación del método respirométrico para determinar DBO5 en aguas residuales y naturales en el distrito metropolitano de Quito*. Obtenido el 05 de febrero de 2020 de: https://unac.edu.pe/images/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Final_es_Investigacion/2011/Mayo/IF_BERROCAL_FIPA.pdf

Mero, M., Pernía, B., Nelson Ramírez, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., & Egas, F. (2019). “Concentración de Cadmio en agua, sedimentos, *Eichhornia crassipes* y *Pomacea Canaliculata* en el río Guayas (Ecuador) y sus afluentes”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* vol. 35 issue 3, pp: 623-640. Publicado por Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM DOI:10.20937/RICA.2019.35.03.09 ISSN:01884999

Metas. (2010). *Medición de Turbidez en la Calidad del agua*. Recuperado el 18 de abril de 2020, de: <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-10-01-Turbidez.pdf>

Ministerio del Ambiente. [MAE]. (2015). Acuerdo Ministerial Registro Oficial Edición Especial N°387 Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua

Moreta, M. (29 de septiembre, 2009). 213 locales afectan al río Ambato. *El Comercio*. Recuperado el 17 de abril de 2020, de: <https://www.elcomercio.com/actualidad/213-locales-afectan-al-rio.html>

- Navarro, O. (2007). *Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días, Incubación y Electrometría*. Recuperado el 18 de abril de 2020, de: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno.pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>
- Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes Recurso Agua del Libro VI Anexo 1 del Texto Único de Legislación Ambiental Secundaria. Recuperado el 29 de mayo 2020, en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- Novillo, M (2008). *Índice de Calidad del Agua*. Recuperado el 19 de abril de 2020, de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6167/3/%C3%8Dndice%20de%20Calidad%20del%20Agua.pdf>
- NTE INEN 1106. (2013). *Aguas. Determinación de Oxígeno Disuelto*. Primera edición
- NTE INEN 1202. (2013). *Agua. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)*. Primera edición
- NTE INEN 2176. (2013). *Agua Calidad del Agua, Muestreo, Técnicas del Muestreo*. Primera edición. ICS: 13.060.01
- NTE INEN 2226. (2013). *Agua Calidad del Agua, Muestreo, Diseño de los programas de muestreo*. Primera edición. ICS: 13.060.01
- NTE INEN ISO 5667-23. (2012). *Calidad Del Agua. Muestreo. Parte 3: Conservación Y Manipulación De Las Muestras De Agua* (ISO 5667-3:2012, IDT). Primera edición. ICS: 13.060.45
- Pacheco, W. (2015). *Contaminación por detergentes-agentes nocivos olvidados- caso de estudio: el Río Granobles. 2015*. Recuperado el 23 junio de 2020, de: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/1452/1/Contaminaci%C3%B3n%20por%20detergentes%20nocivos%20olvidados-Caso%20de%20estudio.El%20r%C3%ADo%20Granobles%281%29.pdf>
- Peña, E. (2007). *Trabajo de Investigación: Oxígeno Disuelto*. Recuperado el 18 de abril de 2020, de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Posada, J., Roldán, G., & Ramírez, J. (2000). Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 48(1), 59-70. Recuperado el 30 Julio 2020, de: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00347744200000100008&lng=en&tlng=es

- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1),71-80. Recuperado el 29 de Julio de 2020, de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=816/81640855010>. ISSN: 1560-9146.
- Rodríguez, C. (2007). *Tensoactivos Aniónicos en Agua – Método SAAM*. Recuperado el 18 de abril de 2020, de: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Tensoactivos+en+agua%2C+m%C3%A9todo+SAAM.pdf/d0859c8f-b5c4-4125-98eb-f157a72cf830>
- Rodríguez, C., & López, E. (2017). *Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI*. Recuperado el 19 de abril de 2020, de: <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v12n2/1909-0455-pml-12-02-00035.pdf>
- Rubio, H et al. (2014). Índice de calidad de agua (ICA) en la presa la boquilla en chihuahua, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(2):139-150,2014 Recuperado el 23 de febrero de 2020, de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>
- Secretaría del Agua [SENAGUA]. (2015). Concesiones de agua localizados en los márgenes del río Ambato.
- Salager, J., & Antón, R. (1992). *El Mundo de los Surfactantes*. Recuperado el 16 de febrero de 2020, de: <http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S311A.pdf>
- Torres, P., Cruz, C., & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79–94. Recuperado el 23 de febrero de 2020, de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v1n2/v1n2a5.pdf>
- Torres, P., Cruz, C., Patiño, P., Escobar, J.C., & Pérez, A. (2010). Aplicación de índices de calidad de agua - ICA orientados al uso de la fuente para consumo humano. *Ingeniería E Investigación*, 30(3), 86–95. Recuperado el 4 de agosto de 2020, de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3663927>
- UNAM. (2010). *Agentes tensoactivos “ATA” o Surfactantes “S” y su aplicación industrial*. Recuperado el 18 de abril de 2020, de: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/ata_10205.pdf
- Universidad de Pamplona. (2007). Índices de Calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del Agua de Importancia Mundial. Recuperado el 19 de abril de 2020, de: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

- UPO. (2004). *Determinación de Materia Orgánica en Aguas: Demanda Química de Oxígeno*. Recuperado el 18 de abril de 2020, de: https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP4_04_05.pdf
- Urgilés, L. (2013). *La Comunicación para el desarrollo como Estrategia de Prevención para reducir la contaminación ambiental del río Ambato*. Recuperado el 23 de febrero de 2020, de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5721/1/CS-335-2013-Urgil%C3%A9s%20Lorena.pdf>
- UTP. (2006). *Procedimiento para la Medición del Potencial de Hidrógeno (pH)*. Recuperado el 18 de abril de 2020, de: <http://www.utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-LSA-103-2006.pdf>
- Veintimilla, P. (2014). “*Innovación e Implementación Biológica en la planta de Puerto Arturo – EMAPA-A para el tratamiento de aguas residuales industriales y aguas servidas domiciliarias*”. Recuperado el 18 de junio 2020 de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8451/1/BQ%2052.pdf>
- Viteri, M. (2014). *Combinación Biológica de dos especies en humedales vegetales sucesivos como biofiltros para la descontaminación de aguas residuales en la planta de tratamiento El Peral Ep- Emapa Ambato*. Recuperado el 9 julio 2020, de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7556/1/tesis-018%20Maestr%C3%ada%20en%20Agroecolog%C3%ada%20y%20Ambiente%20-%20CD%20238.pdf>
- Whitman College. (2011). *Sólidos Totales*. Recuperado el 3 de agosto de 2020, de: https://www.whitman.edu/chemistry/edusolns_software/deSolidosTotales.pdf
- Yáñez, E., & Vásquez, R. (2015). *Caracterización de los parámetros físicos y químicos de los efluentes de agua al río Cutuchi en el sector Lasso cantón Latacunga provincia Cotopaxi, periodo 2015*. Recuperado el 18 junio 2020, de: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2768/1/T-UTC-00305.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

Check List

a) Materiales

- Libreta de campo
- Etiquetas para identificación de frascos
- Cadenas de custodia
- Sogas
- Balde de plástico
- Papel secante
- Cinta adhesiva
- Marcadores
- Bolsas ziploc
- Frascos de vidrio ámbar
- Guantes descartables
- Coolers grande y pequeño
- Refrigerantes
- Reactivos de preservación de muestras
- Pizetas
- Agua destilada
- Soluciones estándar de pH

b) Equipos

- GPS
- Potenciómetro portátil
- Cámara fotográfica
- Turbidímetro

c) Indumentaria de Protección

- Zapatos de seguridad
- Gorra
- Impermeable
- Arnés
- Polo de manga larga
- Mandil

ANEXO 2

Formato de Etiquetas

Campaña 1 (F1) y Campaña 2 (F2) de Muestreo

Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología Muestreo Microcuenca Río Ambato	
Punto 1 AGUAJAN - PASA	
Fecha de muestreo	7/12/2019
Parámetro por medir	Sólidos totales
Preservante	4 °C
Código de muestra	F1-P1-M1

Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología Muestreo Microcuenca Río Ambato	
Punto 1 AGUAJAN - PASA	
Fecha de muestreo	7/12/2019
Parámetro por medir	DBO ₅
Preservante	4 °C
Código de muestra	F1-P1-M2

Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología Muestreo Microcuenca Río Ambato	
Punto 1 AGUAJAN - PASA	
Fecha de muestreo	29/02/2020
Parámetro por medir	Sólidos totales
Preservante	4 °C
Código de muestra	F2-P1-M1

Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología Muestreo Microcuenca Río Ambato	
Punto 1 AGUAJAN - PASA	
Fecha de muestreo	29/02/2020
Parámetro por medir	DBO ₅
Preservante	4 °C
Código de muestra	F2-P1-M2

ANEXO 3

Cadena de custodia Fase 1 Punto 1



LUGAR DE MONITOREO		RÍO AMBATO		DIRECCION		Aguajan - Pasa									
FECHA Y HORA		7/12/2019 9:24 a. m.		RESPONSIBLE		Scarlet Guachamin									
PROYECTO		DETERMINACIÓN DE PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA EN MUESTRAS DEL RÍO AMBATO		NUMERO PLAN DE MUESTREO		1									
COORDENADAS		CONDICIONES METEOROLÓGICAS PUNTO DE MEDICION		APARIENCIA DE LA MUESTRA											
UTM		PRECIPITACIONES		OLOR		Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>									
5 01° 16.898'		HUMEDAD RELATIVA		COLOR		Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>									
W 078° 42.995'		TEMPERATURA		TURBIDEZ		Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>									
		16,1 °C				Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>									
						Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>									
ITEM N°	CODIGO DE MUESTRA	FECHA DE MUESTREO (año-mes-día)	HORA DE MUESTREO	TIPO DE MUESTRA		PARAMETROS IN SITU				DETERMINACIONES EN LABORATORIO					
				COMPUESTA	SIMPLE	pH	Conductividad uS/cm	Temperatura °C	Caudal L/s	Sólidos suspendidos Frasco: Plastico Preservación: 4°C	DBO5 Frasco: Winkler Preservantes: 4°C	DQO Frasco: Vidrio ámbar Preservante:H2SO4	OD Frasco: Vidrio ámbar Preservantes:4°C	Tensoactivos Frasco: Vidrio ámbar Preservante:4°C	
1	F1-CBA-01-M1	7-dic-19	9:24 a. m.		X	6,87	/	12	/	X					
						6,9	/	12	/						
2	F1-CBA-01-M2	7-dic-19	9:35 a. m.		X	6,87	/	12	/		X				
						6,9	/	12	/						
3	F1-CBA-01-M3	7-dic-19	9:46 a. m.		X	6,87	/	12	/			X			
						6,9	/	12	/						
4	F1-CBA-01-M4	7-dic-19	9:57 a. m.		X	6,87	/	12	/				X		
						6,9	/	12	/						
5	F1-CBA-01-M5	7-dic-19	10:08 a. m.		X	6,87	/	12	/					X	
						6,9	/	12	/						
CARACTERISTICAS DEL PUNTO DE MUESTREO				EQUIPOS				ESTANDAR				VERIFICACION DE EQUIPOS DE CAMPO			
DESCRIPCION FISICA				MULTIPARAMETRICO				SONDA				CRITERIO			
				MEDIDOR DE pH				Codigo				CUMPLE/NO CUMPLE			
FACILIDADES ACCESO				MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD				Codigo				CUMPLE			
				1413 uS/cm				Valor				Verificación pH			
REFERENCIAS DEL PROCEDIMIENTO DE MUESTREO ESPECIFICO:				TECNICO RESPONSABLE DE LA TOMA Y ENVIO DE MUESTRAS				TECNICO RESPONSABLE DE LA ENTREGA DE MUESTRAS AL LABORATORIO DE ANALISIS				TECNICO RESPONSABLE DE LA RECEPCION DE MUESTRAS EN EL LAB. DE ANALISIS FISICOS Y QUIMICOS			
+ NTE INEN 2169:2013 Agua, calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras				NOMBRE: SCARLET GUACHAMIN				NOMBRE: SCARLET GUACHAMIN				NOMBRE: QUIMICO LANDER PÉREZ			
+ NTE INEN 2176:2013 conservar y transportar de muestras de agua microbiológicas.				FIRMA:				FIRMA:				FIRMA:			
+ NTE INEN 2226:2013 Agua, Calidad del Agua. Muestreo. Diseño de los Programas de Muestreo.				FECHA: 7/12/2019				HORA DE ENTREGA: 09:00				FECHA: 9/12/2019			
				HORA DE RECEPCION: 9:00				FECHA: 7/12/2019				HORA DE RECEPCION: 14:30			

Cadena de custodia Fase 2 Punto 1

Av. Los Chasquis y Río Payamino Ambato- Tungurahua, Ecuador		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO / CADENA DE CUSTODIA No.1 FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA										Código: F2-P1 Edición: 1 Página: 1 de 1			
LUGAR DE MONITOREO		RÍO AMBATO				DIRECCION		Aguajan - Pasa							
FECHA Y HORA		29/2/2020		1:10 p. m.		RESPONSIBLE		Scarlet Guachamin							
PROYECTO		DETERMINACION DE PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA EN MUESTRAS DEL RIO AMBATO				NUMERO PLAN DE MUESTREO		1							
COORDENADAS		CONDICIONES METEOROLOGICAS PUNTO DE MEDICION				APARIENCIA DE LA MUESTRA									
UTM		PRECIPITACIONES		Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>		OLOR		Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>		ESPUMA		Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>			
0754963		HUMEDAD RELATIVA		53,3 %		COLOR		Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>		MATERIAL FLOTANTE		Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>			
9858220		TEMPERATURA		19,6 °C		TURBIDEZ		Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>		ACEITES Y GRASAS		Ausencia <input type="checkbox"/> Presencia <input type="checkbox"/>			
IDM#	CODIGO DE MUESTRA	FECHA DE MUESTREO (año-mes-día)	HORA DE MUESTREO	TIPO DE MUESTRA		PARAMETROS IN SITU				DETERMINACIONES EN LABORATORIO					
				COMPUESTA	SIMPLE	pH	Conductividad uS/cm	Temperatura °C	Caudal L/s	Sólidos suspendidos Frasco: Plástico Preservación: 4°C	DBO5 Frasco: Winkler Preservante: 4°C	DQO Frasco: Vidrio ámbar Preservante:H2SO4	OD Frasco: Vidrio ámbar Preservante:4°C	Tensoactivos Frasco: Vidrio ámbar Preservante:4°C	
1	F2-CBA-01-M1	29-feb-20	1:10 p. m.		X	8,2	/	18,1	/		X				
						8,1	/	18	/						
2	F2-CBA-01-M2	29-feb-20	1:15 p. m.		X	8,2	/	18,1	/			X			
						8,1	/	18	/						
3	F2-CBA-01-M3	29-feb-20	1:20 p. m.		X	8,2	/	18,1	/				X		
						8,1	/	18	/						
4	F2-CBA-01-M4	29-feb-20	1:25 p. m.		X	8,2	/	18,1	/					X	
						8,1	/	18	/						
5	F2-CBA-01-M5	29-feb-20	1:35 p. m.		X	8,2	/	18,1	/						X
						8,1	/	18	/						
CARACTERISTICAS DEL PUNTO DE MUESTREO						VERIFICACION DE EQUIPOS DE CAMPO									
DESCRIPCION FISICA		En el puente de Aguajan que tiene salida en "Y"				EQUIPOS		ESTANDAR		CRITERIO		OBSERVACIONES			
		Rodeado de árboles, cercano a los puestos de comida de fritada				MULTIPARAMETRICO SONDA				CUMPLE/NO CUMPLE					
FACILIDADES ACCESO		Acceso media, por un costado del puente, del lado del camino de tierra bajar hasta la zona cer				MEDIDOR DE pH		7,0 Valor		CUMPLE		Verificación pH			
						MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD				1413 uS/cm Valor				Verificación Conductividad	
REFERENCIAS DEL PROCEDIMIENTO DE MUESTREO ESPECIFICO: • NTE INEN 2169:2013 Agua, calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras • NTE INEN 2176:2013 conservar y transportar de muestras de agua microbiológicas. • NTE INEN 2226:2013 Agua, Calidad del Agua, Muestreo, Diseño de los Programas de Muestreo.			TECNICO RESPONSABLE DE LA TOMA Y ENVÍO DE MUESTRAS			TECNICO RESPONSABLE DE LA ENTREGA DE MUESTRAS AL LABORATORIO DE ANÁLISIS			TECNICO RESPONSABLE DE LA RECEPCIÓN DE MUESTRAS EN EL LAB. DE ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS			SUPERVISOR DE CAMPO/IENTE DE CONTROL/SUJETO DE CONTROL			
			NOMBRE: SCARLET GUACHAMIN			NOMBRE: SCARLET GUACHAMIN			NOMBRE: QUIMICO LANDER PEREZ			NOMBRE:			
			FIRMA:			FIRMA:			FIRMA:			FIRMA:			
			FECHA: 29/02/2020		HORA DE EN:		FECHA: 20/3/2020		ORA DE ENTREGA: 09		FECHA: 20/3/2020		HORA DE RECEPCIÓN: 9:00		FECHA: 29/02/2019

ANEXO 4

Incertidumbre del muestreo: parámetro DQO

	Av. Los Chasquis y Río Payamino Ambato - Tungurahua, Ecuador		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE MUESTREO	Código: M-1.7-12-19 Edición: 00 Página 1 de 5								
Método del cálculo de la incertidumbre utilizando el Rango estadístico para el cálculo de la desviación estandar de muestras duplicadas												
Plan de muestreo: PLAN DE MUESTREO DE AGUAS NATURALES Y SUPERFICIALES PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FCIAB UTA. Determinación de DQO en mg/L en muestras duplicadas y cálculos realizados según Instructivo de Estimación de Incertidumbre del Método de Muestreo IE-5.4-03												
Item	Muestra 1 (mg/L)		Dif1 $D_{i1} = x_{i11} - x_{i12} $	Xi1 media $\bar{x}_{i1} = \frac{x_{i11} + x_{i12}}{2}$	Item	Muestra 2 (mg/L)		Dif2 $D_{i2} = x_{i21} - x_{i22} $	Xi2 media $\bar{x}_{i2} = \frac{x_{i21} + x_{i22}}{2}$	$D_i = \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} $		
1	521,400	521,300	0,100	521,350	1	521,300	517,600	3,700	519,450	1,900		
2	1073,400	1073,300	0,100	1073,350	2	1073,200	1065,700	7,500	1069,450	3,900		
3	544,300	544,300	0,000	544,300	3	544,200	544,800	0,600	544,500	0,200		
4	831,400	831,400	0,000	831,400	4	831,300	831,500	0,200	831,400	0,000		
5	879,400	881,400	2,000	880,400	5	879,400	881,400	2,000	880,400	0,000		
Promedio						Promedio			Promedio			
$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$			0,44	ppm	$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$			2,8	ppm	$\bar{D}_{medición} = \frac{\sum D_i}{n}$	1,2	ppm
Variabilidad por Repetibilidad y Muestreo												
Promedio Analítico D análisis			$\bar{D}_{análisis} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2}$			1,62	ppm					
Sanálisis			$S_{análisis} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			1,44	ppm	Desviación estándar debida al análisis				
Smedición			$S_{medición} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			1,06	ppm	Desviación estándar de la medición basada en el Análisis de Duplicados				
Smuestreo			$S_{muestreo} = \sqrt{S_{medición}^2 - \left(\frac{S_{análisis}}{\sqrt{2}}\right)^2}$			0,32	ppm	Desviación estándar del muestreo				
Incertidumbre expandida			$U = 2 \times S_{muestreo}$			0,63	ppm					



Método del cálculo de la incertidumbre utilizando el Rango estadístico para el cálculo de la desviación estandar de muestras duplicadas

Plan de muestreo: PLAN DE MUESTREO DE AGUAS NATURALES Y SUPERFICIALES PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FCIAB UTA. Determinación de DQO en mg/L en muestras duplicadas y cálculos realizados según Instructivo de Estimación de Incertidumbre del Método de Muestreo IE-5.4-03

Item	Muestra 1 (mg/L)		Di1 $D_{i1} = x_{i11} - x_{i12} $	Xi1 media $\bar{x}_{i1} = \frac{x_{i11} + x_{i12}}{2}$	Item	Muestra 2 (mg/L)		Di2 $D_{i2} = x_{i21} - x_{i22} $	Xi2 media $\bar{x}_{i2} = \frac{x_{i21} + x_{i22}}{2}$	$D_i = \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} $
1	53,300	53,400	0,100	53,350	1	52,400	54,500	2,100	53,450	0,100
2	641,400	641,400	0,000	641,400	2	642,600	640,200	2,400	641,400	0,000
3	249,400	250,400	1,000	249,900	3	253,500	252,300	1,200	252,900	3,000
4	626,400	626,400	0,000	626,400	4	626,400	626,400	0,000	626,400	0,000
5	1112,300	1112,400	0,100	1112,350	5	1112,300	1112,600	0,300	1112,450	0,100

	Promedio			Promedio			Promedio		
	$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$	0,24	ppm	$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$	1,2	ppm	$\bar{D}_{medición} = \frac{\sum D_i}{n}$	0,6	ppm
Promedio Análítico D análisis	$\bar{D}_{análisis} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2}$			0,72 ppm			Vanabilidad por Repetibilidad y Muestreo		
Sanálisis	$s_{análisis} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			0,64 ppm			Desviación estándar debida al análisis		
Smedición	$s_{medición} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			0,57 ppm			Desviación estándar de la medición basada en el Análisis de Duplicados		
Smuestreo	$s_{muestreo} = \sqrt{s_{medición}^2 - \left(\frac{s_{análisis}}{\sqrt{2}}\right)^2}$			0,34 ppm			Desviación estándar del muestreo		
Incertidumbre expandida	$U = 2 \times s_{muestreo}$			0,69 ppm					

Incertidumbre del muestreo: parámetro Tensoactivos

Av. Los Chasquis y Río Payamino Ambato- Tungurahua, Ecuador		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE MUESTREO						Código: M-1.7-12-19 Edición: 00 Página 2 de 5					
Método del cálculo de la incertidumbre utilizando el Rango estadístico para el cálculo de la desviación estándar de muestras duplicadas													
Plan de muestreo: PLAN DE MUESTREO DE AGUAS NATURALES Y SUPERFICIALES PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FCIB UTA. Determinación de Tensoactivos en mg/L en muestras duplicadas y cálculos realizados según Instructivo de Estimación de Incertidumbre del Método de Muestreo IE-5.4-03													
Item	Muestra 1 (mg/L)		Dif1 $D_{i1} = x_{i11} - x_{i12} $	X11 media $\bar{x}_{i1} = \frac{x_{i11} + x_{i12}}{2}$	Item	Muestra 2 (mg/L)		Dif2 $D_{i2} = x_{i21} - x_{i22} $	Xi2 media $\bar{x}_{i2} = \frac{x_{i21} + x_{i22}}{2}$	$D_i = \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} $			
1	0,715	0,702	0,013	0,709	1	0,392	0,350	0,042	0,371	0,338			
2	1,089	1,027	0,062	1,058	2	1,012	1,224	0,212	1,118	0,660			
3	0,808	0,819	0,011	0,814	3	0,814	0,831	0,017	0,823	0,009			
4	0,580	0,560	0,020	0,570	4	0,570	0,530	0,040	0,550	0,020			
5	0,675	0,621	0,054	0,648	5	0,521	0,755	0,234	0,638	0,010			
Promedio					Promedio					Promedio			
$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$			0,032	ppm	$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$			0,109	ppm	$\bar{D}_{medición} = \frac{\sum D_i}{n}$		0,1	ppm
Variabilidad por Repetibilidad y Muestreo													
$\bar{D}_{análisis} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2}$			0,0705	ppm	Desviación estándar debida al análisis								
$s_{análisis} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			0,06	ppm									
$s_{medición} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			0,08	ppm	Desviación estándar de la medición basada en el Análisis de Duplicados								
$s_{muestreo} = \sqrt{s_{medición}^2 - \left(\frac{s_{análisis}}{\sqrt{2}}\right)^2}$			0,06	ppm									
$U = 2 \times s_{muestreo}$			0,13	ppm	Desviación estándar del muestreo								
Incertidumbre expandida													

Av. Los Chasquis y Río Payamino Ambato- Tungurahua, Ecuador		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE MUESTREO						Código: M-2.29-2-20 Edición: 00 Página 2 de 5					
Método del cálculo de la incertidumbre utilizando el Rango estadístico para el cálculo de la desviación estándar de muestras duplicadas													
Plan de muestreo: PLAN DE MUESTREO DE AGUAS NATURALES Y SUPERFICIALES PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FCIB UTA. Determinación de Tensoactivos en mg/L en muestras duplicadas y cálculos realizados según Instructivo de Estimación de Incertidumbre del Método de Muestreo IE-5.4-03													
Item	Muestra 1 (mg/L)		Dif1 $D_{i1} = x_{i11} - x_{i12} $	X11 media $\bar{x}_{i1} = \frac{x_{i11} + x_{i12}}{2}$	Item	Muestra 2 (mg/L)		Dif2 $D_{i2} = x_{i21} - x_{i22} $	Xi2 media $\bar{x}_{i2} = \frac{x_{i21} + x_{i22}}{2}$	$D_i = \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} $			
1	0,888	0,901	0,013	0,895	1	0,905	0,874	0,031	0,890	0,005			
2	0,932	0,928	0,004	0,930	2	0,922	0,914	0,008	0,918	0,012			
3	5,029	5,068	0,039	5,049	3	5,026	5,073	0,047	5,050	0,001			
4	1,787	1,886	0,099	1,837	4	1,785	1,722	0,063	1,754	0,083			
5	9,247	8,879	0,368	9,063	5	9,252	9,814	0,562	9,533	0,470			
Promedio					Promedio					Promedio			
$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$			0,1046	ppm	$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$			0,1422	ppm	$\bar{D}_{medición} = \frac{\sum D_i}{n}$		0,1	ppm
Variabilidad por Repetibilidad y Muestreo													
$\bar{D}_{análisis} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2}$			0,1234	ppm	Desviación estándar debida al análisis								
$s_{análisis} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			0,11	ppm									
$s_{medición} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			0,10	ppm	Desviación estándar de la medición basada en el Análisis de Duplicados								
$s_{muestreo} = \sqrt{s_{medición}^2 - \left(\frac{s_{análisis}}{\sqrt{2}}\right)^2}$			0,07	ppm									
$U = 2 \times s_{muestreo}$			0,13	ppm	Desviación estándar del muestreo								
Incertidumbre expandida													

Incertidumbre del muestreo: parámetro Sólidos Disueltos Totales

Av. Los Chasquis y Río Payamino Ambato- Tungurahua, Ecuador		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE MUESTREO						Código: M-1.7-12-19 Edición: 00 Página 3 de 5					
Método del cálculo de la incertidumbre utilizando el Rango estadístico para el cálculo de la desviación estándar de muestras duplicadas													
Plan de muestreo: PLAN DE MUESTREO DE AGUAS NATURALES Y SUPERFICIALES PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FCLAB UTA. Determinación de Sólidos Disueltos Totales en mg/L en muestras duplicadas y cálculos realizados según Instructivo de Estimación de Incertidumbre del Método de Muestreo IE-5.4.03													
Item	Muestra 1 (mg/L)		Dif1 $D_{i1} = x_{i11} - x_{i12} $	Xi1 media $\bar{x}_{i1} = \frac{x_{i11} + x_{i12}}{2}$	Item	Muestra 2 (mg/L)		Dif2 $D_{i2} = x_{i21} - x_{i22} $	Xi2 media $\bar{x}_{i2} = \frac{x_{i21} + x_{i22}}{2}$	$D_i = \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} $			
1	447	439	8	443	1	441	433	8	437	6			
2	491	495	4	493	2	497	497	0	497	4			
3	410	409	1	410	3	411	408	3	410	0			
4	412	412	0	412	4	413	411	2	412	0			
5	401	401	0	401	5	402	400	2	401	0			
Promedio					Promedio					Promedio			
$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$			2,6	ppm	$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$			3	ppm	$\bar{D}_{medición} = \frac{\sum D_i}{n}$		2,0	ppm
Promedio Analítico D análisis		$\bar{D}_{análisis} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2}$		2,80	ppm	Variabilidad por Repetibilidad y Muestreo							
Sanálisis		$s_{análisis} = \frac{\bar{D}}{1,128}$		2,48	ppm	Desviación estándar debida al análisis							
Smedición		$s_{medición} = \frac{\bar{D}}{1,128}$		1,77	ppm	Desviación estándar de la medición basada en el Análisis de Duplicados							
Smuestreo		$s_{muestreo} = \sqrt{s_{medición}^2 - \left(\frac{s_{análisis}}{\sqrt{2}}\right)^2}$		0,25	ppm	Desviación estándar del muestreo							
Incertidumbre expandida		$U = 2 \times s_{muestreo}$		0,50	ppm								

Av. Los Chasquis y Río Payamino Ambato- Tungurahua, Ecuador		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE MUESTREO						Código: M-2.29-2-20 Edición: 00 Página 3 de 5					
Método del cálculo de la incertidumbre utilizando el Rango estadístico para el cálculo de la desviación estándar de muestras duplicadas													
Plan de muestreo: PLAN DE MUESTREO DE AGUAS NATURALES Y SUPERFICIALES PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FCLAB UTA. Determinación de Sólidos Disueltos Totales en mg/L en muestras duplicadas y cálculos realizados según Instructivo de Estimación de Incertidumbre del Método de Muestreo IE-5.4.03													
Item	Muestra 1 (mg/L)		Dif1 $D_{i1} = x_{i11} - x_{i12} $	Xi1 media $\bar{x}_{i1} = \frac{x_{i11} + x_{i12}}{2}$	Item	Muestra 2 (mg/L)		Dif2 $D_{i2} = x_{i21} - x_{i22} $	Xi2 media $\bar{x}_{i2} = \frac{x_{i21} + x_{i22}}{2}$	$D_i = \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} $			
1	152	151	1	152	1	153	152	1	153	1			
2	200	199	1	200	2	201	200	1	201	1			
3	184	184	0	184	3	183	185	2	184	0			
4	300	299	1	300	4	301	300	1	301	1			
5	435	437	2	436	5	432	436	4	434	2			
Promedio					Promedio					Promedio			
$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$			1	ppm	$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$			1,8	ppm	$\bar{D}_{medición} = \frac{\sum D_i}{n}$		1,0	ppm
Promedio Analítico D análisis		$\bar{D}_{análisis} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2}$		1,40	ppm	Variabilidad por Repetibilidad y Muestreo							
Sanálisis		$s_{análisis} = \frac{\bar{D}}{1,128}$		1,24	ppm	Desviación estándar debida al análisis							
Smedición		$s_{medición} = \frac{\bar{D}}{1,128}$		0,89	ppm	Desviación estándar de la medición basada en el Análisis de Duplicados							
Smuestreo		$s_{muestreo} = \sqrt{s_{medición}^2 - \left(\frac{s_{análisis}}{\sqrt{2}}\right)^2}$		0,13	ppm	Desviación estándar del muestreo							
Incertidumbre expandida		$U = 2 \times s_{muestreo}$		0,25	ppm								

Incertidumbre del muestreo: parámetro Sólidos Suspendedos Totales

Av. Los Chasquis y Río Payamino Ambato- Tungurahua, Ecuador		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE MUESTREO						Código: M-1.7-12-19 Edición: 00 Página 4 de 5									
Método del cálculo de la incertidumbre utilizando el Rango estadístico para el cálculo de la desviación estándar de muestras duplicadas																	
Plan de muestreo: PLAN DE MUESTREO DE AGUAS NATURALES Y SUPERFICIALES PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FCIA B UTA. Determinación de Sólidos Suspendedos Totales en mg/L en muestras duplicadas y cálculos realizados según Instructivo de Estimación de Incertidumbre del Método de Muestreo IE-5.4-03																	
Item	Muestra 1 (mg/L)		Dif1 $D_{i1} = x_{i11} - x_{i12} $		X11 media $\bar{x}_{i1} = \frac{ x_{i11} + x_{i12} }{2}$		Item	Muestra 2 (mg/L)		Dif2 $D_{i2} = x_{i21} - x_{i22} $		X12 media $\bar{x}_{i2} = \frac{ x_{i21} + x_{i22} }{2}$		$D_i = x_{i1} - x_{i2} $			
1	1322	1321	1	1322	1	1319	1	1320	1	1320	2	2	2	2	0		
2	1417	1416	1	1417	2	1416	2	1419	3	1418	1	1	1	1	0		
3	7366	7364	2	7365	3	7363	3	7363	0	7363	2	2	2	2	0		
4	1231	1231	0	1231	4	1230	4	1232	2	1231	0	0	0	0	0		
5	2207	2207	0	2207	5	2206	5	2208	2	2207	0	0	0	0	0		
Promedio						Promedio						Promedio					
$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$			0,8 ppm			$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$			1,6 ppm			$\bar{D}_{medición} = \frac{\sum D_i}{n}$			1,0 ppm		
Promedio Análisis D análisis			$\bar{D}_{análisis} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2}$			1,20 ppm			Variabilidad por Repetibilidad y Muestreo								
Sanálisis			$s_{análisis} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			1,06 ppm			Desviación estándar debida al análisis								
Smedición			$s_{medición} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			0,89 ppm			Desviación estándar de la medición basada en el Análisis de Duplicados								
Smuestreo			$s_{muestreo} = \sqrt{s_{medición}^2 - \left(\frac{s_{análisis}}{\sqrt{2}}\right)^2}$			0,47 ppm			Desviación estándar del muestreo								
Incertidumbre expandida			$U = 2 \times s_{muestreo}$			0,94 ppm											

Av. Los Chasquis y Río Payamino Ambato- Tungurahua, Ecuador		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE MUESTREO						Código: M-2.29-2-20 Edición: 00 Página 4 de 5									
Método del cálculo de la incertidumbre utilizando el Rango estadístico para el cálculo de la desviación estándar de muestras duplicadas																	
Plan de muestreo: PLAN DE MUESTREO DE AGUAS NATURALES Y SUPERFICIALES PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FCIA B UTA. Determinación de Sólidos Suspendedos Totales en mg/L en muestras duplicadas y cálculos realizados según Instructivo de Estimación de Incertidumbre del Método de Muestreo IE-5.4-03																	
Item	Muestra 1 (mg/L)		Dif1 $D_{i1} = x_{i11} - x_{i12} $		X11 media $\bar{x}_{i1} = \frac{ x_{i11} + x_{i12} }{2}$		Item	Muestra 2 (mg/L)		Dif2 $D_{i2} = x_{i21} - x_{i22} $		X12 media $\bar{x}_{i2} = \frac{ x_{i21} + x_{i22} }{2}$		$D_i = x_{i1} - x_{i2} $			
1	2000	2001	1	2001	1	1999	1	2000	1	2000	1	1	1	1	0		
2	3700	3700	0	3700	2	3700	2	3700	0	3700	0	0	0	0	0		
3	4700	4701	1	4701	3	4698	3	4701	3	4700	1	1	1	1	0		
4	2500	2501	1	2501	4	2500	4	2499	1	2500	1	1	1	1	0		
5	5100	5099	1	5100	5	5100	5	5101	1	5101	1	1	1	1	0		
Promedio						Promedio						Promedio					
$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$			0,8 ppm			$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$			1,2 ppm			$\bar{D}_{medición} = \frac{\sum D_i}{n}$			0,8 ppm		
Promedio Análisis D análisis			$\bar{D}_{análisis} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2}$			1,00 ppm			Variabilidad por Repetibilidad y Muestreo								
Sanálisis			$s_{análisis} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			0,89 ppm			Desviación estándar debida al análisis								
Smedición			$s_{medición} = \frac{\bar{D}}{1,128}$			0,71 ppm			Desviación estándar de la medición basada en el Análisis de Duplicados								
Smuestreo			$s_{muestreo} = \sqrt{s_{medición}^2 - \left(\frac{s_{análisis}}{\sqrt{2}}\right)^2}$			0,33 ppm			Desviación estándar del muestreo								
Incertidumbre expandida			$U = 2 \times s_{muestreo}$			0,66 ppm											

Incertidumbre del muestreo: parámetro Potencial de Hidrógeno (pH)

Av. Los Chasquis y Río Payamino Ambato - Tungurahua, Ecuador		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE MUESTREO						Código: M-1.7-12-19 Edición: 00 Página 5 de 5								
Método del cálculo de la incertidumbre utilizando el Rango estadístico para el cálculo de la desviación estándar de muestras duplicadas																
Plan de muestreo: PLAN DE MUESTREO DE AGUAS NATURALES Y SUPERFICIALES PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FCIB UTA. Determinación de pH en muestras duplicadas y cálculos realizados según Instructivo de Estimación de Incertidumbre del Método de Muestreo																
Item	Muestra 1		Dif1 $D_{i1} = x_{i11} - x_{i12} $	X11 media $\bar{x}_{i1} = \frac{ x_{i11} + x_{i12} }{2}$	Item	Muestra 2		Dif2 $D_{i2} = x_{i21} - x_{i22} $	X12 media $\bar{x}_{i2} = \frac{ x_{i21} + x_{i22} }{2}$	$D_i = \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} $						
1	6,870	6,880	0,010	6,875	1	6,900	6,890	0,010	6,895	0,020						
2	5,892	5,889	0,003	5,891	2	5,921	5,918	0,003	5,920	0,029						
3	4,844	4,836	0,008	4,840	3	4,810	4,790	0,020	4,800	0,040						
4	5,010	5,050	0,040	5,030	4	4,850	4,810	0,040	4,830	0,200						
5	5,076	5,058	0,018	5,067	5	5,046	5,040	0,006	5,043	0,024						
Promedio					Promedio				Promedio							
$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$			0,0158	ppm	$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$			0,0158	ppm	$\bar{D}_{medición} = \frac{\sum D_i}{n}$		0,1	ppm			
Variabilidad por Repetibilidad y Muestreo																
Promedio Analítico D análisis			$\bar{D}_{análisis} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2}$		0,02	ppm	Desviación estándar debida al análisis									
Análisis			$s_{análisis} = \frac{\bar{D}}{1,128}$		0,01	ppm										
Smuestreo			$s_{medición} = \frac{\bar{D}}{1,128}$		0,06	ppm						Desviación estándar de la medición basada en el Análisis de Duplicados				
Smuestreo			$s_{muestreo} = \sqrt{s_{medición}^2 - \left(\frac{s_{análisis}}{\sqrt{2}}\right)^2}$		0,05	ppm										
Incertidumbre expandida			$U = 2 \times s_{muestreo}$		0,11	ppm										

Av. Los Chasquis y Río Payamino Ambato - Tungurahua, Ecuador		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE MUESTREO						Código: M-2.29-2-20 Edición: 00 Página 5 de 5								
Método del cálculo de la incertidumbre utilizando el Rango estadístico para el cálculo de la desviación estándar de muestras duplicadas																
Plan de muestreo: PLAN DE MUESTREO DE AGUAS NATURALES Y SUPERFICIALES PARA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FCIB UTA. Determinación de pH en muestras duplicadas y cálculos realizados según Instructivo de Estimación de Incertidumbre del Método de Muestreo																
Item	Muestra 1		Dif1 $D_{i1} = x_{i11} - x_{i12} $	X11 media $\bar{x}_{i1} = \frac{ x_{i11} + x_{i12} }{2}$	Item	Muestra 2		Dif2 $D_{i2} = x_{i21} - x_{i22} $	X12 media $\bar{x}_{i2} = \frac{ x_{i21} + x_{i22} }{2}$	$D_i = \bar{x}_{i1} - \bar{x}_{i2} $						
1	8,250	8,100	0,150	8,175	1	8,150	8,100	0,050	8,125	0,050						
2	8,300	8,100	0,200	8,200	2	8,410	8,390	0,020	8,400	0,200						
3	8,600	8,700	0,100	8,650	3	8,500	8,200	0,300	8,350	0,300						
4	8,750	8,600	0,150	8,675	4	8,500	8,750	0,250	8,625	0,050						
5	7,500	7,400	0,100	7,450	5	7,700	7,400	0,300	7,550	0,100						
Promedio					Promedio				Promedio							
$\bar{D}_{i1} = \frac{\sum D_{i1}}{n}$			0,14	ppm	$\bar{D}_{i2} = \frac{\sum D_{i2}}{n}$			0,184	ppm	$\bar{D}_{medición} = \frac{\sum D_i}{n}$		0,1	ppm			
Variabilidad por Repetibilidad y Muestreo																
Promedio Analítico D análisis			$\bar{D}_{análisis} = \frac{\bar{D}_{i1} + \bar{D}_{i2}}{2}$		0,16	ppm	Desviación estándar debida al análisis									
Análisis			$s_{análisis} = \frac{\bar{D}}{1,128}$		0,14	ppm										
Smuestreo			$s_{medición} = \frac{\bar{D}}{1,128}$		0,12	ppm						Desviación estándar de la medición basada en el Análisis de Duplicados				
Smuestreo			$s_{muestreo} = \sqrt{s_{medición}^2 - \left(\frac{s_{análisis}}{\sqrt{2}}\right)^2}$		0,07	ppm										
Incertidumbre expandida			$U = 2 \times s_{muestreo}$		0,14	ppm										

ANEXO 5

Tabla 19. Resultados de las réplicas de Turbidez, pH, Temperatura IN SITU y en LABORATORIO para los blancos de control de calidad.

Campaña de Muestreo 1												
Puntos de Muestreo	Mediciones In Situ						Mediciones en Laboratorio					
	pH		Turbidez		Temperatura		pH		Turbidez		Temperatura	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
1	7,06	7,02	20	20	17	17	7,04	7	20	20	17	17
2	6,8	6,7	20	20	17	17	6,6	6,5	20	20	17	17
3	5,9	5,8	20	20	21	21	5,5	5,4	20	20	21	21
4	7,8	8	20	20	22	22	7,6	7,7	20	29	22	22
5	8,3	7,9	20	20	22	22	8,1	7,7	20	20	22	22

Campaña de Muestreo 2												
Puntos de Muestreo	Mediciones In Situ						Mediciones en Laboratorio					
	pH		Turbidez		Temperatura		pH		Turbidez		Temperatura	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
1	9,2	9,4	0,83	0,56	18,3	18,4	7,2	7,2	0,31	0,31	14,4	14,2
2	9	9	0,54	0,54	21,5	22,7	7,1	7,1	0,28	0,28	12,8	12,5
3	8,7	8,7	1,2	1,34	18,3	18,4	6,9	6,8	0,28	0,2	16,5	11,3
4	8,7	8,5	1,02	1,34	21,9	22,1	7,3	7,3	0,65	0,57	18,1	18,2
5	8,1	7,9	0,06	0,03	17,8	17,8	7,4	7,2	0,97	0,94	18,3	18,8

Nota: Los números de los puntos de muestreo representan a los siguientes sectores: 1 Aguajan; 2 Parque El Sueño; 3 Socavón; 4 Paso Lateral; 5 Las Viñas; R1: réplica 1; R2: réplica 2

Tabla 20. Resultados de las réplicas de los parámetros fisicoquímicos correspondiente a Fase 1 Muestreo 7 diciembre 2019

Puntos de muestreo	Réplicas	pH	T °C	Turbidez	Oxígeno Disuelto	Detergentes	SST	SDT	ST	DQO	DBO ₅
Punto 1	r1	6,87	12,1	18,1	17,545	0,715	1322	447	1769	521,4	21
	r2	6,88	12	18	17,542	0,702	1321	439	1760	521,3	21
	r3	6,9	12	18	17,548	0,392	1319	441	1760	521,3	22
	r4	6,89	11,9	17,9	17,557	0,935	1320	433	1753	517,6	22
Punto 2	r1	5,892	11	28	13,94	1,089	1416	491	1907	1073,4	37
	r2	5,889	11	28	13,92	1,027	1417	495	1912	1073,3	37
	r3	5,921	11,2	28,1	13,93	1,012	1416	497	1913	1073,2	38
	r4	5,918	10,8	27,9	13,97	1,224	1419	497	1916	1065,7	36
Punto 3	r1	4,844	12,3	20,1	6,9207	0,808	7366	410	7776	544,3	16
	r2	4,836	12	20	6,9209	0,819	7364	409	7773	544,3	16
	r3	4,81	11,9	20,1	6,9208	0,814	7363	411	7774	544,2	15
	r4	4,79	11,8	19,8	6,9196	0,831	7363	408	7771	544,8	17
Punto 4	r1	5,01	13	23	13,023	0,58	1231	412	1643	831,4	25
	r2	5,05	13	23	13,025	0,56	1231	412	1643	831,4	27
	r3	4,85	12,8	23,1	13,03	0,57	1230	413	1643	831,3	26
	r4	4,81	13,2	22,9	13,01	0,53	1232	411	1643	831,5	26
Punto 5	r1	5,076	12,5	26	5,051	0,675	2207	401	2608	879,4	23
	r2	5,058	12,5	25,9	5,054	0,621	2207	401	2608	881,4	23
	r3	5,046	12,2	26,1	5,06	0,521	2206	402	2608	879,4	24
	r4	5,04	12,8	26	5,039	0,755	2208	400	2608	881,4	24

Nota: Las letras r representan las réplicas de las muestras tomadas en cada punto de muestreo.

Tabla 21. Resultados de las réplicas de los parámetros fisicoquímicos correspondiente a Fase 2 Muestreo 29 Febrero 2020

Puntos de Muestreo	Réplicas	pH	T °C	Turbidez	Oxígeno Disuelto	Detergentes	SST	SDT	ST	DQO	DBO ₅
Punto 1	r1	8,25	18,05	15,607	1,63	0,888	2000	152	2152	53,3	15
	r2	8,1	18,1	15,604	1,62	0,901	2001	151	2152	53,4	16
	r3	8,15	18,08	15,61	1,61	0,905	1999	153	2152	52,4	15
	r4	8,1	17,97	15,599	1,62	0,874	2000	152	2152	54,5	16
Punto 2	r1	8,3	17,5	33,64	1,105	0,932	3700	200	3900	641,4	25
	r2	8,1	17,1	33,65	1,101	0,928	3700	199	3899	641,4	26
	r3	8,41	17,3	33,66	1,103	0,922	3700	201	3901	642,6	25
	r4	8,39	17,3	33,65	1,099	0,914	3700	200	3900	640,2	28
Punto 3	r1	8,6	15,8	23,47	0,224	5,029	4700	184	4882	249,4	10
	r2	8,7	15,7	23,46	0,225	5,068	4701	184	4885	250,4	11
	r3	8,5	15,5	23,45	0,227	5,026	4698	183	4881	253,5	10
	r4	8,2	15,8	23,42	0,232	5,073	4701	185	4886	252,3	9
Punto 4	r1	8,75	15,4	28,66	0,842	1,787	2500	300	2800	626,4	22
	r2	8,6	15,4	28,65	0,842	1,886	2501	299	2800	626,4	24
	r3	8,5	15,3	28,64	0,843	1,785	2500	301	2801	626,4	23
	r4	8,75	15,5	28,65	0,841	1,722	2499	300	2799	626,4	23
Punto 5	r1	7,5	14,8	36,5	0,682	9,247	5100	435	5535	1112,3	17,5
	r2	7,4	14,7	36,6	0,681	8,879	5099	437	5536	1112,4	17,4
	r3	7,7	14,7	36,6	0,681	9,252	5100	432	5532	1112,3	17,6
	r4	7,4	14,8	36,7	0,68	9,814	5101	436	5537	1112,6	17,5

Nota: Las letras r representan las réplicas de las muestras tomadas en cada punto de muestreo.

ANEXO 6

Norma TULSMA para los límites permisibles

TABLA 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		Máxima 200	Máxima 3200	Máxima 3200

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles	Expresado	mg/l	0,001	0,001	0,001

Figura 18. Norma TULSMA para los límites permisibles

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600

Figura 19. Norma TULSMA para los límites permisibles: límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

ANEXO 7

Oxígeno Disuelto

Cálculo de la corrección por pérdida de muestra desplazada por reactivos.

$$\text{volumen muestra corregida (ml)} = \frac{\text{volumne muestra original(ml)} * \text{volumen de la botella}}{\text{volumen de la botella} - \text{volumen total de lo los reactivos}} \quad (\text{Ec.1})$$

$$\text{Volumen (ml)} = \frac{100 \text{ (ml)} * 303\text{ml}}{303\text{ml} - 4\text{ml}}$$

$$\text{Volumen muestra corregida (ml)} = \mathbf{101,34}$$

ANEXO 8

Tabla 22. Valores promedio obtenidos de los análisis de la Fase 1 y Fase 2 para el cálculo del ICA

Parámetros	Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 4		Punto 5	
	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2
Oxígeno Disuelto (% sat)	131,64	11,024	114,026	8,809	62,435	1,118	119,803	6,066	42,074	4,430
pH	6,89	8,15	5,91	8,3	4,82	8,5	4,93	8,65	5,06	7,5
DBO ₅	21,5	15,5	37	26	16	10	26	23	23,5	17,5
Temperatura (variación)	4,1	1,55	7,2	8,5	11,1	5,5	12,1	5,8	8,6	2,95
Turbidez	20	15,61	20	33,65	20	23,45	62,3	28,65	59,05	36,6
Sólidos Disueltos totales	440	152	495	200	409,5	184	412	300	401	435

Nota: F 1 Campaña de muestreo 1 de la fecha 7 de diciembre 2019; F 2 Campaña de muestreo 2 de la fecha 29 de febrero 2020

Curvas de Función para el Cálculo del ICA

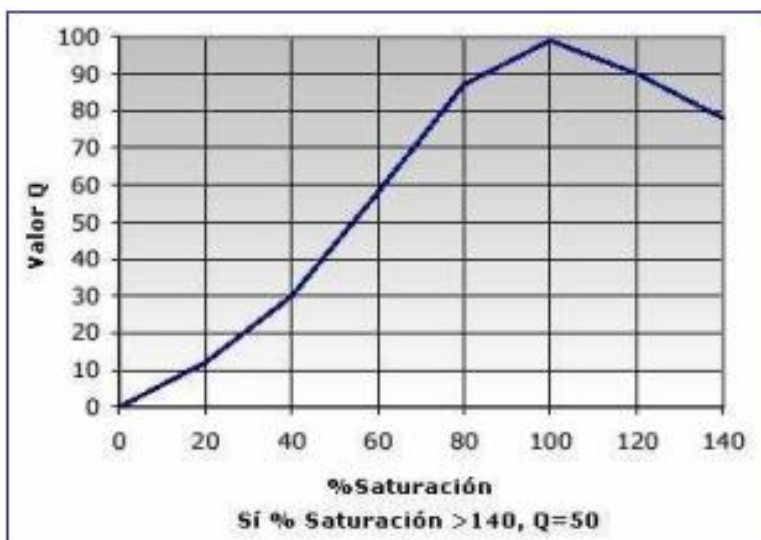
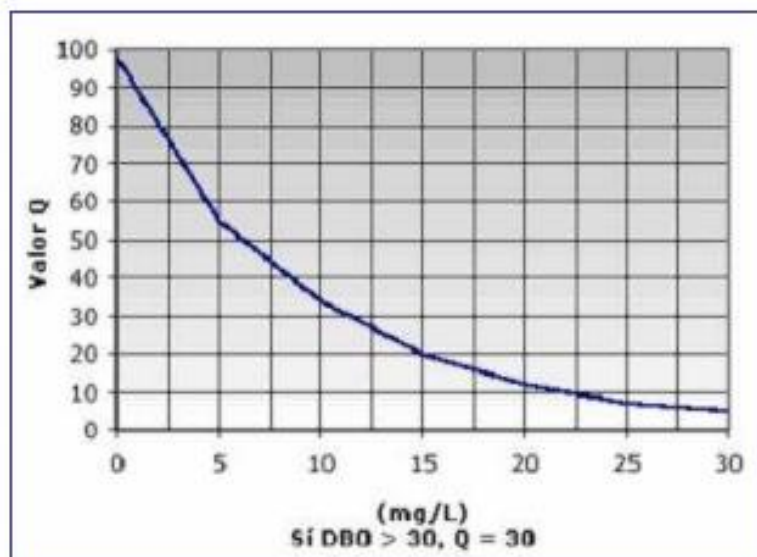


Figura 20. Función de calidad NSF para DBO₅ y Porcentaje de saturación de Oxígeno.

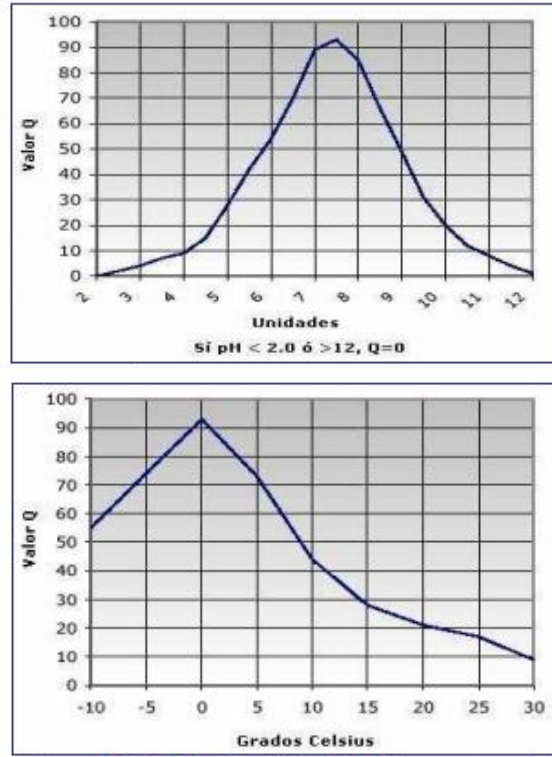


Figura 21. Función de calidad NSF para Potencial de Hidrógeno y Temperatura

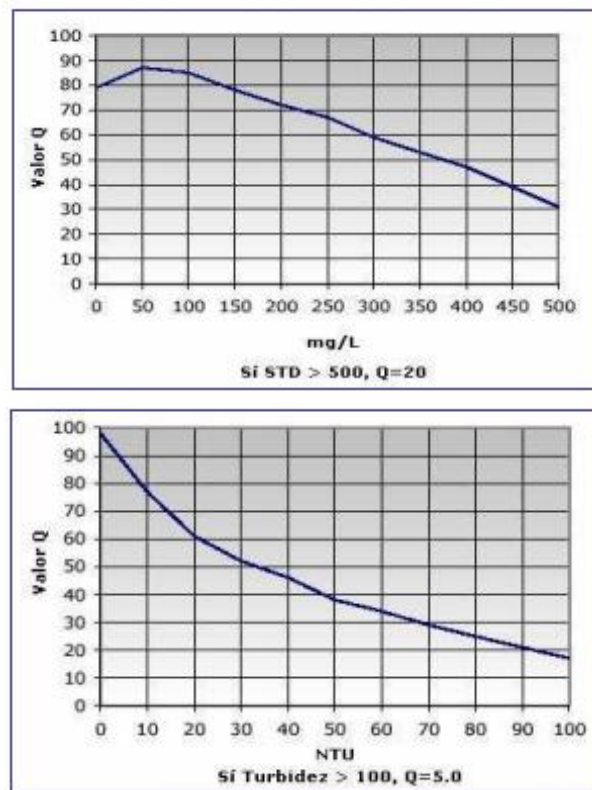


Figura 22. Función de calidad NSF para Sólidos y Turbidez

- Cálculo demostrativo del valor de I_i de los parámetros por interpolación con los valores de las curvas del ICA

Punto 1 valor de Oxígeno Disuelto en % de saturación: 131,64

X	Y
140	80
131,64	$i?$
120	90

$$\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} = \frac{Y_2 - Y_1}{Y_2 - Y_1}$$

(Ec. 19)

$$\frac{80 - 90}{140 - 120} = \frac{80 - X}{140 - 131,64}$$

$$\frac{-10}{20} = \frac{80 - X}{8,36}$$

$$-4,18 = 80 - X$$

$$4,18 = -80 + X$$

$$X = 84,18$$

$$I_i = 84,18$$

Tabla 23. Valores del factor de ponderación (W_i) y de la curva de calidad (I_i) para cada parámetro de ambas Fases para el cálculo del ICA

Parámetros	W_i	I_i									
		Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 4		Punto 5	
		F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2	F 1	F 2
Oxígeno Disuelto (% sat)	0,23	84,18	6,0632	92,987	4,845	62,531	0,615	90,099	3,336	33,007	2,437
pH	0,17	86,15	77,2	52,75	72,4	26,4	66	28,6	61,2	31,5	86
DBO ₅	0,17	10,1	19,1	30	7,4	18,2	35,5	7,4	9,2	8,9	15,5
Temperatura (variación)	0,16	73,6	83,8	57,68	49,7	49,84	67,1	39,14	65,36	36,54	78,2
Turbidez	0,14	60	67,902	60	49,175	60	56,895	33,08	52,215	54,475	47,7
Sólidos Disueltos totales	0,13	41,6	77,76	31	72	46,48	73,92	46,08	60	47,84	42,4

Nota: F 1 Campaña de muestreo 1 de la fecha 7 de diciembre 2019; F 2 Campaña de muestreo 2 de la fecha 29 de febrero 2020

Cálculo demostrativo del ICA en el punto 1 del Río Ambato

$$ICA = \sum_{i=1}^n (I_i \times W_i)$$

(Ec.6)

$$ICA = (84,18 \times 0,23) + (86,15 \times 0,17) + (10,1 \times 0,17) + (73,6 \times 0,16) + (60 \times 0,14) + (41,6 \times 0,13)$$

$$ICA = 61,308$$

Tabla 24. Valores de ICA de la Fase 1 y Fase 2 aplicando la fórmula $(W_i) \times (I_i)$

Parámetros	Punto 1		Punto 2		Punto 3		Punto 4		Punto 5	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Oxígeno Disuelto (% sat)	19,3614	1,395	21,387	1,114	14,382	0,141	20,723	0,767	7,592	0,561
pH	14,646	13,124	8,968	12,308	4,488	11,22	4,862	10,404	5,355	14,62
DBO ₅	1,717	3,247	5,1	1,258	3,094	6,035	1,258	1,564	1,513	2,635
Temperatura (variación)	11,776	13,408	9,229	7,952	7,974	10,736	6,262	10,4576	5,846	12,512
Turbidez	8,4	9,506	8,4	6,885	8,4	7,965	4,631	7,310	4,827	6,678
Sólidos Disueltos totales	5,408	10,108	4,03	9,36	6,04	9,609	5,99	7,8	6,219	5,51
Σ ICA	61,308	50,788	57,114	38,877	44,378	45,706	43,726	38,303	31,352	42,516

Nota: F 1 Campaña de muestreo 1 de la fecha 7 de diciembre 2019; F 2 Campaña de muestreo 2 de la fecha 29 de febrero 2020

ANEXO 9

Tabla 25. Extensión de la prueba U de Mann Whitney: Análisis de similitud de medianas en el parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Campañas de muestreo	Mediana	Puntos de muestreo				
		Aguajan	Parque El Sueño	Socavón	Paso Lateral	Las Viñas
Campaña 1: 7 diciembre 2019	> Mediana	0	4	0	1	4
	<= Mediana	4	0	4	3	0
Campaña 2: 29 febrero 2020	> Mediana	0	4	0	0	4
	<= Mediana	4	0	4	4	0

Nota: Los puntos 1 Aguajan, 2 Parque El Sueño, 3 Socavón y 5 Viñas presentan similitud en el comportamiento de los resultados entorno a la mediana.

ANEXO 10

Tabla 26. Prueba de Mann Whitney- Rangos para comparar Campañas de Muestreo

Parámetros fisicoquímicos	Campañas de muestreo	N	Rango promedio
Potencial de Hidrógeno	7/12/2019	20	10,50
	29/02/2020	20	30,50
	Total	40	
Temperatura (°C)	7/12/2019	20	10,50
	29/02/2020	20	30,50
	Total	40	
Turbidez (NTU)	7/12/2019	20	16,10
	29/02/2020	20	24,90
	Total	40	
Oxígeno Disuelto (mg/L)	7/12/2019	20	30,50
	29/02/2020	20	10,50
	Total	40	
Detergentes o tensoactivos	7/12/2019	20	12,50
	29/02/2020	20	28,50

(mg/L)	Total	40	
SST	7/12/2019	20	15,30
	29/02/2020	20	25,70
(mg/L)	Total	40	
SDT	7/12/2019	20	27,95
	29/02/2020	20	13,05
(mg/L)	Total	40	
Sólidos Totales	7/12/2019	20	15,30
	29/02/2020	20	25,70
(mg/L)	Total	40	
Demanda Química	7/12/2019	20	23,30
	29/02/2020	20	17,70
de Oxígeno	Total	40	
(mg/L)	Total	40	
Demanda Biológica	7/12/2019	20	24,90
	29/02/2020	20	16,10
de Oxígeno	Total	40	
(mg/L)	Total	40	

ANEXO 11

Tabla 27. *Anova de un Factor: Prueba Post hoc Bonferroni de comparaciones múltiples de la campaña de muestreo 1*

Variable dependiente	(I) Punto de muestreo	(J) Punto de muestreo	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
Temperatura (°C)	Aguajan	Parque El Sueño	1,000000	0,000
		Socavón	0,000000	1,000
		Paso Lateral	-1,000000	0,000
		Las Viñas	-,500000	0,015
		Aguajan	-1,000000	0,000
	Parque El Sueño	Socavón	-1,000000	0,000
		Paso Lateral	-2,000000	0,000
		Las Viñas	-1,500000	0,000
		Aguajan	0,000000	1,000
		Socavón	1,000000	0,000
	Socavón	Paso Lateral	-1,000000	0,000
		Las Viñas	-,500000	0,015
		Aguajan	1,000000	0,000
		Parque El Sueño	2,000000	0,000
		Socavón	1,000000	0,000
	Paso Lateral	Las Viñas	0,500000	0,015
		Aguajan	0,500000	0,015
		Parque El Sueño	1,500000	0,000
Socavón		0,500000	0,015	
Las Viñas		1,500000	0,000	
Detergentes	Aguajan	Paso Lateral	-0,500000	0,015
		Parque El Sueño	-0,402000	0,002

(mg/L)			
		Socavón	-0,132000
		Paso Lateral	0,126000
		Las Viñas	0,043000
		Aguajan	0,402000
	Parque El Sueño	Socavón	0,270000
		Paso Lateral	0,528000
		Las Viñas	0,445000
		Aguajan	0,132000
	Socavón	Parque El Sueño	-0,270000
		Paso Lateral	0,258000
		Las Viñas	0,175000
		Aguajan	-0,126000
	Paso Lateral	Parque El Sueño	-0,528000
		Socavón	-0,258000
		Las Viñas	-0,083000
		Aguajan	-0,043000
	Las Viñas	Parque El Sueño	-0,445000
		Socavón	-0,175000
		Paso Lateral	0,083000
			1,000

ANEXO 12

Tabla 28. Anova de un Factor: Prueba Post hoc Bonferroni de comparaciones múltiples de la campaña de muestreo 2

Variable Dependiente	(I) Punto de muestreo	(J) Punto de muestreo	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)	Aguajan	Parque El Sueño	-10,500000	0,000
		Socavón	5,500000	0,000
		Paso Lateral	-7,500000	0,000
		Las Viñas	-2,000000	0,049
	Parque El Sueño	Aguajan	10,500000	0,000
		Socavón	16,000000	0,000
		Paso Lateral	3,000000	0,002
		Las Viñas	8,500000	0,000
	Socavón	Aguajan	-5,500000	0,000
		Parque El Sueño	-16,000000	0,000
		Paso Lateral	-13,000000	0,000
		Las Viñas	-7,500000	0,000
	Paso Lateral	Aguajan	7,500000	0,000
		Parque El Sueño	-3,000000	0,002
		Socavón	13,000000	0,000
		Las Viñas	5,500000	0,000
	Las Viñas	Aguajan	2,000000	0,049
		Parque El Sueño	-8,500000	0,000
		Socavón	7,500000	0,000
		Paso Lateral	-5,500000	0,000

ANEXO 13

Tabla 29. Análisis de varianza por rangos: Prueba Kruskal Wallis variable de contraste Puntos de muestreo en la campaña de muestreo 1

Parámetros fisicoquímicos	Puntos de muestreo	N	Rango promedio
Potencial de Hidrógeno	Aguajan	4	18,50
	Parque El Sueño	4	14,50
	Socavón	4	3,13
	Paso Lateral	4	6,38
	Las Viñas	4	10,00
	Total	20	
Turbidez (NTU)	Aguajan	4	2,50
	Parque El Sueño	4	18,50

	Socavón	4	6,50
	Paso Lateral	4	10,50
	Las Viñas	4	14,50
	Total	20	
	Aguajan	4	18,50
	Parque El Sueño	4	14,50
Oxígeno Disuelto (mg/L)	Socavón	4	6,50
	Paso Lateral	4	10,50
	Las Viñas	4	2,50
	Total	20	
	Aguajan	4	6,50
	Parque El Sueño	4	10,50
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Socavón	4	18,50
	Paso Lateral	4	2,50
	Las Viñas	4	14,50
	Total	20	

Tabla 30. Continuación Análisis de varianza por rangos: Prueba Kruskal Wallis variable de contraste Puntos de muestreo en campaña de muestreo 1

Parámetros físicoquímicos	Puntos de muestreo	N	Rango promedio
Sólidos Disueltos totales (mg/L)	Aguajan	4	14,50
	Parque El Sueño	4	18,50
	Socavón	4	6,63
	Paso Lateral	4	10,38
	Las Viñas	4	2,50
	Total	20	
Sólidos Totales (mg/L)	Aguajan	4	6,50
	Parque El Sueño	4	10,50
	Socavón	4	18,50
	Paso Lateral	4	2,50
	Las Viñas	4	14,50
	Total	20	
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Aguajan	4	2,50
	Parque El Sueño	4	18,50
	Socavón	4	6,50
	Paso Lateral	4	10,50
	Las Viñas	4	14,50
	Total	20	
Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)	Aguajan	4	6,50
	Parque El Sueño	4	18,50
	Socavón	4	2,50

Paso Lateral	4	14,50
Las Viñas	4	10,50
Total	20	

Tabla 31. *Análisis de varianza por rangos: Prueba Kruskal Wallis en la campaña de muestreo 2*

Parámetros fisicoquímicos	Puntos de muestreo	N	Rango promedio
Temperatura °C	Aguajan	4	18,50
	Parque El Sueño	4	14,50
	Socavón	4	10,38
	Paso Lateral	4	6,63
	Las Viñas	4	2,50
	Total	20	

Tabla 32. *Continuación de Análisis de varianza por rangos: Prueba Kruskal Wallis en la campaña de muestreo 2*

Parámetros fisicoquímicos	Puntos de muestreo	N	Rango promedio
Potencial de Hidrógeno	Aguajan	4	7,50
	Parque El Sueño	4	10,50
	Socavón	4	14,50
	Paso Lateral	4	17,50
	Las Viñas	4	2,50
	Total	20	
Turbidez (NTU)	Aguajan	4	2,50
	Parque El Sueño	4	14,50
	Socavón	4	6,50
	Paso Lateral	4	10,50
	Las Viñas	4	18,50
	Total	20	
Oxígeno Disuelto (mg/L)	Aguajan	4	18,50
	Parque El Sueño	4	14,50
	Socavón	4	2,50
	Paso Lateral	4	10,50
	Las Viñas	4	6,50
	Total	20	

Detergentes (mg/L)	Aguajan	4	2,50
	Parque El Sueño	4	6,50
	Socavón	4	14,50
	Paso Lateral	4	10,50
	Las Viñas	4	18,50
Total		20	

Tabla 33. Continuación de Análisis de varianza por rangos: Prueba Kruskal Wallis variable de contraste Puntos de muestreo en la campaña de muestreo 2

Parámetros fisicoquímicos	Puntos de muestreo	N	Rango promedio
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Aguajan	4	2,50
	Parque El Sueño	4	10,50
	Socavón	4	14,50
	Paso Lateral	4	6,50
	Las Viñas	4	18,50
Total		20	
Sólidos Disueltos totales (mg/L)	Aguajan	4	2,50
	Parque El Sueño	4	10,50
	Socavón	4	6,50
	Paso Lateral	4	14,50
	Las Viñas	4	18,50
Total		20	
Sólidos Totales (mg/L)	Aguajan	4	2,50
	Parque El Sueño	4	10,50
	Socavón	4	14,50
	Paso Lateral	4	6,50
	Las Viñas	4	18,50
Total		20	
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Aguajan	4	2,50
	Parque El Sueño	4	14,50
	Socavón	4	6,50
	Paso Lateral	4	10,50
	Las Viñas	4	18,50
Total		20	

ANEXO 14

Fotografías de la fase experimental



Fotografía 1. Punto 1 de muestreo sector Aguajan Pasa



Fotografía 2. Punto 2 de muestreo sector Parque El Sueño



Fotografía 3. Punto 3 de muestreo sector El Socavón



Fotografía 4. Punto 4 de muestreo sector Paso Lateral



Fotografía 5. Punto 5 de muestreo sector Las Viñas



Fotografía 6. Calibración de equipos para pH y turbidez previo al muestreo



Fotografía 7. Capacitación sobre Programa de Monitoreo del río Ambato en la FCIAB



Fotografía 8. Proceso de muestreo y análisis de muestras en laboratorio



Fotografía 9. Algunos análisis de las muestras en laboratorio, de izquierda a derecha oxígeno disuelto, detergentes y sólidos totales