



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE

ESTUDIO DE CASO

Título:

“DETERMINACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS MONGAS Y MACHÁNGARA, UBICADOS DENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA ESTADÍSTICA DEL ÍNDICE UNIVERSAL DE CALIDAD DE AGUA (UWQI), DEL PERIODO 2016- 2019.”

Estudio de Caso presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera en Medio Ambiente.

Autora:

Plasencia Santafe Cynthia Margoth

Tutor:

Mgs. Agreda Oña José Luis

LATACUNGA – ECUADOR

Septiembre 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Plasencia Santafe Cynthia Margoth, con cédula de ciudadanía No 0504350687 declaro ser autor del presente Estudio de Caso: **“DETERMINACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS MONGAS Y MACHÁNGARA, UBICADOS DENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA ESTADÍSTICA DEL ÍNDICE UNIVERSAL DE CALIDAD DE AGUA (UWQI), DEL PERIODO 2016-2019.”**, siendo Mgs. Agreda Oña José Luis, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 16 de octubre del 2020

.....
Plasencia Santafe Cynthia Margoth
C.I. 0504350687

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte PLASENCIA SANTAFE CYNTHIA MARGOTH, identificada con C.C. No 0504350687, de estado civil **soltera** y con domicilio en Salcedo, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **Proyecto de investigación**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico. -

Fecha de inicio: marzo 2015 – septiembre 2015

Fecha de finalización: marzo 2020 - septiembre 2020

Aprobación de Consejo Directivo: 07 de julio del 2020

Tutor. - Mgs. Agreda Oña José Luis

Tema: “DETERMINACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS MONGAS Y MACHÁNGARA, UBICADOS DENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA ESTADÍSTICA DEL ÍNDICE UNIVERSAL DE CALIDAD DE AGUA (UWQI), DEL PERIODO 2016- 2019.”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de octubre del 2020.

.....

Cynthia Margoth Plasencia Santafe

EL CEDENTE

.....

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL ESTUDIO DE CASO

En calidad de Tutor del Estudio de Caso con el título:

“DETERMINACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS MONGAS Y MACHÁNGARA, UBICADOS DENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA ESTADÍSTICA DEL ÍNDICE UNIVERSAL DE CALIDAD DE AGUA (UWQI), DEL PERIODO 2016- 2019.”, de Plasencia Santafe Cynthia Margoth, de la carrera de Ingeniería de Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación a cumplir con las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 16 de octubre del 2020

.....
TUTOR DEL PROYECTO
Mgs. Agreda Oña José Luis
C.I. 0401332101

AVAL DE LOS LECTORES DEL ESTUDIO DE CASO

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto la postulante: Plasencia Santafe Cynthia Margoth con el título del Estudio de Caso: **“DETERMINACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS MONGAS Y MACHÁNGARA, UBICADOS DENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA ESTADÍSTICA DEL ÍNDICE UNIVERSAL DE CALIDAD DE AGUA (UWQI), DEL PERIODO 2016- 2019.”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 16 de octubre del 2020

.....

Ing. Oscar Daza Guerra

LECTOR 1 (PRESIDENTE)

CC: 0400689790

.....

Ing. Vinicio Mogro Cepeda

LECTOR 2

CC: 0501657514

.....

Ing. Mg Vladimir Ortiz Bustamante

LECTOR 3

CC: 0502188451

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios y a la Virgen del Cisne por protegerme durante mi camino por la vida y darme las fuerzas necesarias para superar obstáculos y dificultades que se presentan a lo largo de mi vida, para culminar con éxito mis metas propuestas.

En estas líneas quiero agradecer a mis abuelitos, padres y hermanas por el inmenso amor y cariño que me dan y el ejemplo de la humildad, esfuerzo y perseverancia para no rendirme jamás, por los valores y principios que me han inculcado.

Me faltarían paginas para agradecer a todas las personas que de una u otra manera se han involucrado a lo largo de mi vida universitaria, por su amistad, la confianza , por el apoyo y las palabras de aliento cuando todo parecía complicado e imposible; así mismo agradezco infinitamente a mis amigas Katty y Germania por estar con migo en las buenas y en las malas y en día más triste de mi vida pues ahí se mira los verdaderos amigo/as y por todo ese apoyo que me brindaron las quiero mucho.

Finalmente, al tutor de este proyecto, Mgs. Agreda Oña José Luis, por permitirme realizar este proyecto. Por su apoyo impartiendo conocimientos y su disposición ante las dudas que me han presentado a lo largo de su realización y por su amistad. Y por su puesto a mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas de esta institución para concluir con una meta más en mi vida profesional.

Cynthia Plasencia

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación lo dedico de todo corazón a mis abuelitos Espiritu Santafe y Etelvina Plasencia en especial a la memoria de mi abuelita Etelvina Plasencia, quien me animo en este campo de estudio, aunque ya no esté en esta vida terrenal siempre estará en mi corazón.

A mi Dios y la Virgen del Cisne, por ser el inspirador y darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

De igual manera a mis padres Miguel Plasencia y Eva Santafe a mis hermanas, gracias por vincular en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, que de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos, a mis profesores que compartieron sus conocimientos, su tiempo aportando a mi formación tanto profesional como ser humano.

Cynthia Plasencia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES.

TÍTULO “DETERMINACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS MONJAS Y MACHÁNGARA, UBICADOS DENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA ESTADÍSTICA DEL ÍNDICE UNIVERSAL DE CALIDAD DE AGUA (UWQI), DEL PERIODO 2016- 2019.”

Autora: Plasencia Santafe Cynthia Margoth

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se realizó el estudio del índice de calidad del agua de los Ríos Monjas Y Machángara ubicados dentro del Distrito Metropolitano de Quito en el período 2016-2019, mediante la aplicación de la metodología UWQI (Universal Water Quality Index), considerando dos temporadas climáticas de época lluviosa y seca para cada año, la recolección y consolidación de la base de datos se llevó a cabo mediante la investigación documental con el uso de la tecnología y plataformas digitales, obteniendo datos científicamente sustentados de los archivos existentes en la Secretaria Nacional del Medio Ambiente (2020), se realizó el análisis estadístico mediante los diagramas de caja visualizando el grado de dispersión de la magnitud de cada parámetro físico-químico considerado en el estudio, analizando la razón de los valores atípicos producidos por algún suceso extraordinario en el tiempo; a través de la metodología de cálculo se determinó el índice de calidad del agua para cada año y época de estudio calificando de acuerdo a la categoría que toma el indicador de calidad y señal de alerta en un periodo de 0 a 1 para el uso indicado, se tabularon y compararon los resultados presentando los valores en forma gráfica para un mejor análisis e interpretación, reflejando como resultado final con la mejor calidad de agua en el periodo general de estudio el Río Machángara en las dos condiciones climáticas con un valor máximo de calidad de 0,55 con calificación regular en comparación con el Río monjas mostrando una calidad de agua inferior con un valor mínimo de 0,43 calificación mala evidenciando contaminación severa en dicho afluente.

Palabras claves: Metodología (UWQI), Índice de calidad, Parámetro físico-químicos

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES.

TOPIC "DETERMINATION OF THE WATER QUALITY OF THE MONJAS AND MACHÁNGARA RIVERS, LOCATED WITHIN THE METROPOLITAN DISTRICT OF QUITO, USING THE STATISTICAL METHODOLOGY OF THE UNIVERSAL WATER QUALITY INDEX (UWQI), FOR THE PERIOD 2016- 2019"

Author: Plasencia Santafe Cynthia Margoth

ABSTRACT

In the present investigation work of , the study of the water quality index of the Monjas and Machángara Rivers located within the Metropolitan District of Quito in the period 2016-2019 was carried out, through the application of the UWQI (Universal Water Quality Index) methodology, considering two climatic seasons of raining and drying season for each year, the collection and consolidation of the data base was carried out through the documental investigation with the use of technology and digital platforms, obtaining scientifically supported data from the existing files in the National Secretariat of the Environment (2020), the statistical analysis was carried out through the box diagrams visualizing the degree of dispersion of the magnitude of each physical-chemical parameter considered in the study, analyzing the reason of the outliers produced by some extraordinary event in time; through the calculation methodology, the water quality index was determined for each year and time of study, qualifying according to the category that the quality indicator and warning signal take in a period of 0 to 1 for the indicated use, the results were tabulated and compared presenting the values in graphic form for a better analysis and interpretation, reflecting as a final result with the best water quality in the general study period the Machángara River in the two climatic conditions with a maximum quality value of 0.55 with a regular rating compared to the Monjas River showing a lower water quality with a minimum value of 0.43 with a bad rating evidencing severe contamination in said tributary.

KEYWORDS: Methodology (UWQI), Quality Index, Physical-Chemical Parameter

ÍNDICE DEL CONTENIDO

1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. PROPÓSITO	4
4. JUSTIFICACIÓN.....	4
5. PREGUNTAS DE REFLEXIÓN.....	6
6. LA O LAS UNIDADES DE ANÁLISIS QUE DELIMITARÁN LAS FRONTERAS DEL CASO:.....	6
7. FUNDAMENTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS.....	7
7.1. Sociedad y Ambiente	7
7.2. El Agua	8
7.2.1. Cuerpos de agua	9
7.2.2. Uso del agua	10
7.2.3. Distribución del agua.....	12
7.2.4. Contaminantes del agua.....	13
7.3. Contaminantes emergentes	14
7.4. Pesticidas o plaguicidas	15
7.5. Productos farmacéuticos	15
7.6. Drogas ilícitas	16
7.7. Hormonas esteroideas.....	17
7.8. Cuidado personal	17
7.9. Surfactantes.....	17
7.10. Calidad del agua.....	18
7.10.1. Indicadores físico-químicos.....	18
7.11. Índices de calidad de agua.....	19
7.11.1. Clasificación de los índices de calidad.....	19
7.11.2. Criterios para medir el índice de calidad	20
7.11.3. Usos de los índices	21
7.11.4. Características de los índices de calidad	21
7.12. Aguas residuales.....	21
7.13. Residuos	22
7.13.1. Tipos de residuos	22
7.14. Cuencas hídricas.....	23
7.14.1. Tipos de Cuencas hídricas	23

7.15.	Cuenca hídrica del río Monjas	24
7.16.	Cuenca hídrica del río Machángara.....	24
7.17.	Normativa legal	26
8.	PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	27
8.1.	Descripción de las zonas de estudio.....	27
8.2.	Selección del caso	30
8.3.	Acceso al campo	30
8.4.	Recolección de los datos	31
8.4.1.	Técnica de Observación.....	31
8.4.2.	Técnica Documental	31
8.4.3.	Método Inductivo	31
8.4.4.	Método Deductivo	31
8.4.5.	Método Descriptivo y Correlacional	31
8.5.	Análisis de datos	32
8.5.1.	Evaluación de la base de datos disponibles	32
8.5.2.	Conformación de la base de datos inicial	33
8.5.3.	Análisis de la base de datos inicial	33
8.6.	Herramientas estadísticas.....	34
8.6.1.	Índice Universal de Calidad de Agua (UWQI)	34
8.7.	Oxígeno disuelto (OD).....	36
8.8.	Sólidos suspendidos totales (SST).....	36
8.9.	Demanda Química de Oxígeno.....	36
8.10.	Conductividad Eléctrica (CE)	37
8.11.	Potencial Hidrogeno (PH)	37
8.12.	Clasificación de la calidad del agua	37
8.13.	Resultados	38
8.13.1.	Conformación de la base de datos inicial	38
8.14.	Análisis de datos.....	39
8.14.1.	Análisis de valores atípicos	44
8.15.	Características Hidroclimáticas.....	55
8.16.	Tabulación y análisis de parámetros fisicoquímicos del río Monjas	56
8.16.1.	Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) del río Monjas	56
8.16.2.	Parámetro Solidos Suspendidos Totales (SST) del río Monjas.....	57
8.16.3.	Parámetro Conductividad Eléctrica (CE) del río Monjas.....	58

8.16.4.	Parámetro Oxígeno Disuelto (OD) de río Monjas.....	59
8.16.5.	Parámetro Potencial Hidrógeno (PH) del río Monjas.....	60
8.17.	Tabulación y análisis de parámetros fisicoquímicos del río Machángara.....	61
8.17.1.	Parámetro Oxígeno Disuelto (OD) del río Machángara.....	61
8.17.2.	Parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST) del río Machángara.....	62
8.17.3.	Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) del río Machángara.....	63
8.17.4.	Parámetro Conductividad eléctrica (CE) del río Machángara.....	64
8.17.5.	Parámetro Potencia Hidrogeno (PH) del río Machángara.....	65
8.18.	Determinación de índice de calidad del agua ICA UWQI-IDEAM.....	66
8.18.1.	Manejo de datos para época lluviosa y seca del río Monjas.....	66
8.18.2.	Cálculo del subíndice de calidad (<i>I</i>) de agua (UWQI) del río Monjas.	67
8.18.3.	Cálculo del ICA según la metodología de Índice Universal de Calidad de Agua de los parámetros fisicoquímicos del río Monjas.....	68
8.18.4.	Índice de calidad del agua según la metodología (UWQI) para el río Monjas ..	68
8.19.	Manejo de datos para época lluviosa y seca del río Machángara.....	69
8.19.1.	Cálculo del subíndice de calidad de agua (UWQI) del río Machángara (<i>I</i>)	70
8.19.2.	Cálculo del ICA según la metodología de Índice Universal de Calidad de Agua de los parámetros fisicoquímicos del río Machángara.	70
8.19.3.	Índice de calidad del agua según la metodología (UWQI) para el río Machángara.....	71
8.20.	Tabulación y análisis de resultados.....	72
8.20.1.	Índice de calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Monjas.....	72
8.20.2.	Índice promedio de calidad del agua del río Monjas periodo 2016-2019	73
8.21.	Índice de calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Machángara.....	75
8.21.1.	Índice promedio de calidad del agua del río Machángara periodo 2016-2019 ..	76
8.22.	Comparación e interpretación de resultados	77
8.22.1.	Índice de calidad del agua anual estación Río Monjas vs estación Río Machángara	77
8.23.	Índice promedio general de las estaciones Río Monjas vs estación Río Machángara de calidad del agua periodo 2016-2019	79
9.	LA NARRACIÓN DEL CASO (DISCUSIÓN)	81
10.	LECCIONES Y RECOMENDACIONES	86
10.1.	Lecciones.....	86
10.2.	Recomendaciones.....	87

11.	BIBLIOGRAFÍA.....	88
12.	ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Usos del agua.....	11
Tabla 2	Clasificación de los plaguicidas	15
Tabla 3	Toma y Conservación de Muestras de Agua.....	32
Tabla 4	Métodos de Análisis de Parámetros Analizados In Situ y laboratorio.....	33
Tabla 5	Variables y ponderaciones para el caso de 5 variables.....	35
Tabla 6	Clasificación de la calidad de agua del UWQI.....	38
Tabla 7	Base de datos de parámetros físicos-químicos del río Monjas.....	38
Tabla 8	Base de datos de los parámetros físico-químicos del río Machángara.....	39
Tabla 9	Estadísticos descriptivos de la base de datos del rio Monjas	40
Tabla 10	Estadísticos descriptivos de la base de datos del rio Machángara.....	40
Tabla 11	Prueba de Grubbs del rio Monjas	44
Tabla 12	Prueba de Grubbs del rio Machángara.....	50
Tabla 13	Datos para época lluviosa y seca de los parámetros fisicoquímicos del río Monjas	66
Tabla 14	Cálculo del subíndice de calidad de agua índice universal de calidad de agua (UWQI) de los parámetros fisicoquímicos del rio Monjas.....	67
Tabla 15	Índice de calidad de agua estación río Monjas por época seca y lluviosa.....	68
Tabla 16	Datos para época lluviosa y seca de los parámetros fisicoquímicos del río Machángara	69
Tabla 17	Cálculo del subíndice de calidad de agua índice universal de calidad de agua (UWQI) de los parámetros fisicoquímicos del rio Machángara.....	70
Tabla 18	Índice de calidad de agua estación río Machángara por época seca y lluviosa	71
Tabla 19	Calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Monjas.....	72
Tabla 20	Promedio general de calidad del agua del río Monjas periodo 2016-2019	74
Tabla 21	Calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Monjas.....	75
Tabla 22	Promedio general de calidad del agua del río Machángara periodo 2016-2019 ..	76
Tabla 23	Índice de calidad del agua anual estación Río Monjas vs estación Río Machángara del periodo 2016-2019.....	78
Tabla 24	Promedio general de las estaciones Río Monjas vs estación Río Machángara de calidad del agua periodo 2016-2019.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Distribución del Agua	12
Figura 2	Distribución de Agua dulce	13
Figura 3	Productos farmacéuticos presentes en el agua	16
Figura 4	Clasificación de los índices de calidad	20
Figura 5	Criterios para determinar la calidad de agua	20
Figura 6	Cuenca del Río Monjas	24
Figura 7	Cuenca del Río Machángara	25
Figura 8	Legislación aplicable al proyecto.....	26
Figura 9	Ubicación de la zona de estudio.....	28
Figura 10	Ubicación de la zona de estudio del río Monjas	29
Figura 11	Ubicación de la zona de estudio del río Machángara.....	30
Figura 12	Diagramas de cajas de los parámetros físicos químicos del río Monjas.....	41
Figura 13	Histograma de frecuencia de los parámetros físicos químicos del río Monjas	42
Figura 14	Diagrama de cajas de los parámetros físico-químicos del río Machángara.....	43
Figura 15	Histogramas de frecuencia de los parámetros físico-químicos del río Machángara	44
Figura 16	Prueba de Grubbs para el parámetro demanda química de oxígeno del río Monjas	45
Figura 17	Prueba de Grubbs del parámetro sólidos suspendidos totales del río Monjas	46
Figura 18	Prueba de Grubbs del parámetro oxígeno disuelto del río Monjas	47
Figura 19	Prueba de Grubbs del parámetro conductividad eléctrica del río Monjas	48
Figura 20	Prueba de Grubbs del parámetro potencial de hidrogeno del río Monjas.....	49
Figura 21	Prueba de Grubbs del parámetro demanda química de oxígeno del río Machángara	50
Figura 22	Prueba de Grubbs del parámetro sólidos suspendidos totales del río Machángara	51
Figura 23	Prueba de Grubbs del parámetro oxígeno disuelto del río Machángara	52
Figura 24	Prueba de Grubbs del parámetro conductividad eléctrica del río Machángara...	53
Figura 25	Prueba de Grubbs del parámetro potencial de hidrogeno del río Machángara ...	54
Figura 26	Régimen pluviométrico de la estación INNAQUITO en el periodo 2016-2019	55
Figura 27	Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) del río Monjas y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.....	56

Figura 28 Parámetro Solidos Suspendidos Totales (SST) del río Monjas y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.	57
Figura 29 Parámetro Conductividad Eléctrica (CE) del río Monjas.	58
Figura 30 Parámetro Oxígeno Disuelto (OD) de río Monjas y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.	59
Figura 31 Parámetro Potencial Hidrógeno (PH) del río Monjas y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.	60
Figura 32 Parámetro Oxígeno Disuelto (OD) del río Machángara y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.	61
Figura 33 Parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST) del río Machángara y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.	62
Figura 34 Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) del río Machángara y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.	63
Figura 35 Parámetro Conductividad eléctrica (CE) del río Machángara	64
Figura 36 Parámetro Potencial Hidrógeno (PH) del río Machángara y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.	65
Figura 37 Calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Monjas	73
Figura 38 Promedio general de calidad del agua del río Monjas periodo 2016-2019.....	74
Figura 39 Calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Machángara	76
Figura 40 Promedio general de calidad del agua del río Machángara periodo 2016-2019..	77
Figura 41 Índice de calidad del agua anual estación Río Monjas vs estación Río Machángara del periodo 2016-2019.....	79
Figura 42 Promedio general de las estaciones Río Monjas vs estación Río Machángara de calidad del agua periodo 2016-2019.....	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Tabla Prueba de Grubbs del parámetro sólidos suspendidos totales del río Monjas.	91
Anexo 2 Tabla de los parámetros fisicoquímicos del río Monjas de promedio, mínimo y máximo para la comparación con la normativa TULSMA.	92
Anexo 3 <i>Tabla de los parámetros fisicoquímicos del río Machángara de promedio, mínimo y máximo para la comparación con la normativa TULSMA.</i>	93
Anexo 4 TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS.	94
Anexo 5 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2016, mes de marzo-abril época lluviosa.	95
Anexo 6 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2017, mes de marzo-abril época lluviosa.	95
Anexo 7 <i>Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2018, mes de marzo-abril época lluviosa.</i>	96
Anexo 8 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2019, mes de marzo-abril época lluviosa.	96
Anexo 9 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2016, mes de julio-agosto época seca.	97
Anexo 10 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2017, mes de julio-agosto época seca.	97
Anexo 11 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2018, mes de julio-agosto época seca.	98
Anexo 12 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2019, mes de julio-agosto época seca.	98
Anexo 13 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2016, mes de marzo-abril época lluviosa.	99
Anexo 14 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2017, mes de marzo-abril época lluviosa.	99
Anexo 15 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2018, mes de marzo-abril época lluviosa.	100
Anexo 16 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2019, mes de marzo-abril época lluviosa.	100

Anexo 17 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2016 mes de julio-agosto época seca.	101
Anexo 18 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2017 mes de julio-agosto época seca.	101
Anexo 19 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2018, mes de julio-agosto época seca.	102
Anexo 20 Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2019, mes de julio-agosto época seca.	102
Anexo 21 Informe de solicitud de trámite	103
Anexo 22 Aval del Traductor	105

ESTRUCTURA DEL INFORME DE ESTUDIO DE CASO
PROYECTO DE TITULACIÓN II

1. INFORMACIÓN GENERAL

Número de Estudio de Caso: 1

Título del Estudio de Caso:

Determinación de calidad del agua de los ríos Mongas y Machángara, ubicados dentro del Distrito Metropolitano de Quito, utilizando la metodología estadística del índice universal de calidad de agua (UWQI), del periodo 2016- 2019.

Fecha de inicio: septiembre 2019

Fecha de finalización: agosto 2020

Lugar de ejecución:

Pichincha Distrito Metropolitano de Quito, Ríos Monjas y Machángara

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería en Medio Ambiente

Proyecto de investigación vinculado:

Determinación de metales pesados Cd, Pb, As en aguas residuales procedentes de actividades industriales en el Cantón Latacunga.

Equipo de Trabajo:

Coordinador: Mgs. Agreda Oña José Luis

Tutor: Mgs. Agreda Oña José Luis

Autora: Plasencia Santafe Cynthia Margoth

Área de Conocimiento: Servicios (Protección del medio ambiente)

Línea de investigación: Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub líneas de investigación de la Carrera: Manejo y Conservación del Recurso Hídrico.

Línea de Vinculación CAREN: Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

2. INTRODUCCIÓN

El Ecuador posee una red hidrográfica originada de la cordillera de los andes que desemboca en el océano pacífico. En el mundo el 80% de las aguas residuales se liberan a ambiente sin tratamiento. Según datos de la secretaria del ambiente del agua (SENAGUA) del 100% del líquido vital distribuida para el consumo humano en el Ecuador, alrededor del 70% se drena hacia los sistemas de alcantarillado. De este porcentaje el 55,8% son tratadas, lo que significa que el otro 44,2% de aguas residuales se descargan de forma directa hacia pozos sépticos o canales, es decir que aproximadamente a nivel nacional el 12% de aguas residuales son tratadas (COMERCIO, 2019).

El recurso hídrico es considerado un elemento básico para la vida de los seres humanos, las plantas y los animales; además, es útil para el desarrollo de la agricultura e industria de una nación. Sin embargo, los seres humanos, por su actividad, son quienes más incurren en la calidad y disponibilidad del agua tanto superficial como subterránea, por tanto, a medida que las poblaciones aumentan, la necesidad de abastecimiento es mayor y al mismo tiempo la cantidad indicada para el consumo reduce. “La calidad del agua está ligada al proceso salud-enfermedad por eso es importante realizar monitoreos continuos en el agua natural y en el sistema de agua potable que permitan conocer su condición y tomar las medidas preventivas en cuanto a su uso” (Fajardo, 2005). Como lo dice este autor, se hace esencial la revisión de la calidad del agua, porque de ella depende nuestra salud y nuestra vida plena.

Quito es una ciudad importante, tanto en el ámbito demográfico, como el social y el económico, e incluso, se ha convertido en la ciudad más poblada del país, superando a Guayaquil, que hasta poco tiempo ostentaba ese título.

(Campaña, Gualoto, & Chiluisa, 2017) dice que: El Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) ocupa una superficie de 4.235,2 km² y aloja al 15,5% de la población nacional. De acuerdo a las proyecciones de población proporcionadas por el Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, en el Plan Maestro 2010 - 2040, la población del DMQ crecerá de 2,4 a 4,2 millones de habitantes en el 2040, lo

que generará que la demanda media diaria de agua potable se aumente de 7200 a 10300 L/s.

Como lo dice este autor, debido a la gran población que posee Quito, la demanda de agua se ha convertido en algo primordial, que tanto las autoridades, como empresas y la misma ciudadanía deben procurar sea de la mejor calidad, puesto que, al ser la población alta, está proclive a que una epidemia pueda darse en ella. Sin embargo, cabe mencionar que la contaminación de sus ríos no es algo reciente. Para (Campaña et al, 2017): “Los ríos Machángara y Monjas presentan una larga historia de contaminación, donde los efectos antropogénicos han sido determinantes, por cuanto atraviesan las zonas más pobladas de Quito”. Como se puede notar, la problemática de la contaminación de los ríos en la ciudad capital no es algo reciente, sino que es un proceso que ha venido desde hace años, aunque se ha acentuado por causa de la emergencia sanitaria de la actualidad, e incluso, se ha detectado presencia de virus COVID-19 en las aguas, lo que preocupa, debido a que las aguas de estas vertientes riegan grandes campos, los cuales se destinan a la producción de alimento para la población quiteña y de otras urbes.

Lo que se plantea es realizar un estudio que nos permita determinar la calidad de las aguas de los ríos Monjas y Machángara, por medio de la aplicación de un sistema de medición de calidad, mismo que permita demostrar si el agua es adecuada o no para el consumo en las actividades humanas y que sirva de base para las autoridades, empresas y estudiosos, en cuanto a la toma de decisiones sobre ellas. Se hace imprescindible el diseñar herramientas que permitan identificar la calidad del agua; por ejemplo, un Índice de Calidad de Agua (ICA) es una herramienta que permite determinar la calidad del recurso hídrico ya sea en cuerpos de agua subterránea o superficial.

Habitualmente el ICA reúne datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos, en una ecuación matemática, mediante la cual se calcula el estado del agua. Actualmente constan diferentes metodologías para evaluar la calidad de agua; el contraste entre una y otra radica en la forma de calcularse y en los parámetros que se asumen en la formulación del índice respectivo.

Cabe mencionar que las vertientes de los ríos Machángara y Monjas se hallan ubicados dentro del Distrito Metropolitano de Quito, pero se realizará el análisis del período de tiempo de los años 2016- 2019. a través de la metodología estadística del índice universal de calidad de agua (UWQI).

Se espera que el presente trabajo cumpla con los objetivos trazados, además, que se cumpla con todas las especificaciones técnicas, de tal manera que el mismo sirva de manera científica para trabajos que se realicen de dichos afluentes.

3. PROPÓSITO

El presente estudio tiene como finalidad determinar la calidad del agua de los ríos Mongas y Machángara, ubicados dentro del Distrito Metropolitano de Quito, utilizando la metodología estadística del índice universal de calidad de agua (UWQI), del periodo 2016- 2019, que conlleva el análisis de los parámetros físicos- químicos: oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales y potencial de hidrogeno, este índice clasifica en una escala de 0 a 1, la calidad de agua es representativa en cinco rangos, conforme a su estado: muy mala, mala, regular, aceptable, y buena. Por ende, el presente estudio proveerá información precisa para conocer el estado de calidad del agua de dichos ríos, igualmente puede ser de ayuda en la elaboración del plan de calidad del recurso agua, contenido en el plan distrital desarrollado por la Secretaría del Ambiente del Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, además comparar los resultados con la normativa ambiental vigente del Acuerdo Ministerial 097 A.

4. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existe mucha información sobre monitoreos realizados en diferentes fuentes hídricas, sin embargo, no es posible para crear nuevas investigaciones, ni para que la población ejecute acciones enfocadas a mejorar la calidad del agua y prevenir de la contaminación. Es preciso crear datos de referencia que admitan hacer un estudio comparativo y determinar si la calidad del agua buena o mala con el paso del tiempo.

Actualmente el recurso hídrico está bajo presiones como resultado del desarrollo de la población, el aumento de las actividades agropecuarias, asentamientos humanos en zonas no apropiadas y actividades industriales. Una mixtura de problemas económicos y socioculturales ha favorecido a personas que viven en situaciones precarias a sobreexplotar los recursos naturales, lo cual perturba negativamente la calidad del recurso agua; la escasez de medidas de control de la contaminación problematiza el uso sostenible del vital líquido.

Se registran diferentes formas para evaluar la calidad hídrica, en el cual se puede conocer rápidamente cual es el estado del medio monitoreado, un modo de hacerlo es calcular un índice que combine matemáticamente a todas las medidas de calidad de agua y de esta manera

abastezca una descripción general y cómodamente entendible de un cuerpo contaminado y manifestar la condición global del mismo.

Se conocen más de 30 índices de calidad de agua que son de uso habitual. La mayoría de estos índices contienen al menos tres del siguiente parámetro: (Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, nitrógeno amoniacal y nitrógeno en forma de nitrato, fósforo en forma de ortofosfato, potencial de hidrógeno y sólidos disueltos totales. Entre los ICA más manejados se recalca el sugerido por Brown, Macclelland, Deininger, et al. Con el apoyo de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF) en 1970, Queralt en 1982, Dinius en 1987, Boyacioglu en 2007 y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Ruth & Ekaterina, 2015).

Por ende a la situación de emergencia sanitaria que atraviesa el mundo y el país, para la investigación se designó por recurrir a información de fuentes primarias, donde se consiguió una base de datos del periodo 2013-2019 de parámetros fisicoquímicos y biológicos de la Red Metropolitana de Monitoreo del Recurso Hídrico de la secretaria del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito de los puntos de monitoreos ubicados en los ríos Machángara con coordenadas longitud 782456.55 y de altitud 2231 siguiente el rio Monjas con coordenadas de longitud 782622.41 y de altitud 2342.

Se ejecutó una revisión bibliográfica para la opción de la metodología de los diversos índices de calidad del agua, se escogió la que convenía con los parámetros de nuestra base de datos, teniendo el índice universal de calidad de agua (UWQI) con el cual se determinará la calidad de agua de los ríos Machángara y Monjas.

Aquel índice (UWQI) fue desarrollada y empleada con el fin de conseguir un índice simplificado para determinar la calidad de agua usada para el consumo humano, acogió seis variables básicas para la determinación del ICA en los cuerpos de agua: oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica (CE), sólidos suspendidos totales (SST), pH y relación nitrógeno total / fosforo total. Los valores (UWQI) entienden una escala de cero a uno, en cinco categorías: muy mala, entre 0.00 y 0.25 (se representan con un color rojo); mala, entre 0.26 y 0.50 (color naranja); regular, entre 0.51 y 0.70, (color amarillo); aceptable, entre 0.71 y 0.90 (color verde) y buena, entre 0.91 y 1.00 (color azul) (Caho Rodríguez & López Barrera, 2017).

Por siguiente se analizará con la normativa legal vigente el cual accederá plantear medidas de mitigación ya que alrededor y largo de los ríos Machángara y Monjas se desarrollan las

principales actividades productivas de los habitantes asentados en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), en cuanto traspasan las zonas más pobladas de Quito y son altamente influidos por las descargas de aguas residuales, de origen industrial y doméstico.

5. PREGUNTAS DE REFLEXIÓN

¿Cuál será el estado de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas del Distrito Metropolitano de Quito?

La calidad de agua del río Monjas para la época seca y lluviosa presenta calidad de agua mala, mientras que para el río Machángara en época de lluvia presenta calidad de agua regular y para la época seca calidad de agua mala.

¿Qué parámetros físicos, químicos analizados en los ríos Machángara y Monjas presiden los límites permisibles de calidad ambiental?

Según el Acuerdo Ministerial 097 A del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ambiente de la Tabla 2 del libro sexto sobre criterio de calidad admisible para la preservación de la vida acuática y silvestres en agua dulces y marinas y de estuarios de los ríos Monjas y Machángara los parámetros, Sólidos Suspendidos Totales, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto y Potencial Hidrógeno están dentro de los límites máximos permisibles, pero la Demanda Química de Oxígeno sobre pasa la normativa.

¿Cuál será el uso adecuado para los ríos Monjas y Machángara?

Según la metodología aplicada del Índice Universal de Calidad de Agua (UWQI) los usos adecuados para los ríos Monjas y Machángara es para fines recreativos, uso recreacional por contacto indirecto, riego, agua industrial, consumo (tratamiento especial).

6. LA O LAS UNIDADES DE ANÁLISIS QUE DELIMITARÁN LAS FRONTERAS

DEL CASO:

En el actual estudio de caso se evaluará la calidad del agua de los puntos de monitoreo de los ríos Machángara y Monjas los cuales fueron analizados a partir de la información obtenida de la Red de Distrito Metropolitano de Quito del periodo 2016-2019g, se verificará mediante los parámetros físico-químicos aplicando la metodología del índice universal de calidad de agua (UWQI).

La disminución de las fuentes hídricas de abastecimiento incurre concisamente en el nivel de riesgo sanitario existente y en el tipo de tratamiento requerido para su disminución; la valoración de la calidad del agua admite tomar gestiones de control y mitigación del mismo, certificando el abastecimiento de agua convincente en los ríos Machángara y Monjas a ser analizados los cuales serán comparados con la normativa legal vigente de calidad ambiental (TULSMA VI), la descripción, la valoración de calidad del agua, y los datos obtenidos servirán para la toma de decisiones en cuanto a la materia de calidad ambiental y mitigación se refiere, el área estudiado permitirá el conocimiento y la manera como estas afectan a la sociedad, generando la información apropiada para estrategias en el control de contaminación hídrica que beneficiara a la misma sociedad.

7. FUNDAMENTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS

7.1. Sociedad y Ambiente

Las sociedades viven anexas al medio donde se desarrollan, puesto que dependen de este para su subsistencia. El cuanto, al Medio ambiente aplicado al ser humano, “Se trata de un concepto antropológico, porque es el ámbito donde tienen lugar las relaciones de la especie humana” (Tena & Hernández, 2014). Como lo dice este autor, el Medio Ambiente implica la relación que mantiene el ser humano con el lugar en donde se desarrolla. Cabe mencionar que generalmente se cree que el hombre ciudadano no posee relación con la naturaleza, pero eso es incorrecto, ya que todo lo que parezca artificial es sólo la naturaleza modificada. “El valor de la naturaleza como proveedora de recursos para el sostenimiento de la vida humana es parte integral de todos los regímenes económicos a través de los cuales se ha organizado la existencia del hombre” (Surasky & Morosi, 2013). Como puede verse, la naturaleza no puede estar desvinculada de las actividades del ser humano.

(Cuadros Contreras, 2010) dice que: El hombre es un firmamento de sí en su esfuerzo convertidor de la naturaleza y, desde su creación, la naturaleza vino a ser un enorme ser natural transformado incesablemente, es decir artificial o artefactual. De allí que sea necesario enfocar los problemas atinentes a esta relación desde una perspectiva relacional que indague la constitución de ambos a través de sus mutuas afectaciones.

Como lo dice este autor, al ser el ser humano el responsable de cuidar la naturaleza y preservarla, debe buscar el entendimiento para poder subsanar las afectaciones que sus actividades pueden desencadenar.

(Villagómez & Ivanova, 2009) dicen que: En ese sentido, la ecología política ha hecho uso del concepto de resiliencia para entender los modos de relación entre las sociedades humanas y el entorno, en donde la cultura, las decisiones y las instituciones sociales están sustentadas por diversos y complejos factores socio-ambientales.

Como lo dicen estos autores, el ser humano, su cultura y la política deben ayudar al desarrollo del Medio Ambiente con decisiones adecuadas, mismas que deberían coadyuvar a que haya una consciencia social de la problemática. “La dominación y explotación de la naturaleza está estrechamente vinculada con una racionalidad económica” (Bolaños, Ortega, & Reyes, 2015).

7.2. El Agua

Es una sustancia inodora, incolora e insabora, que se halla en todos los rincones del planeta Tierra. El agua es elemento básico de la vida, ya que todos los seres vivos tienen este componente en sus cuerpos en distinto porcentaje, además, es esencial para la realización de diversos procesos vitales, como la alimentación, la circulación sanguínea, la excreción de desechos, etc. “El agua se considera un recurso renovable, pues se renueva constantemente por medio del ciclo hidrológico; no obstante, esto no significa que es infinito” (Cuaspad Patiño & Paredes Sánchez, 2017).

La fórmula del agua es H_2O y puede presentarse en cualquiera de los estados, es decir: líquido, sólido y gaseoso. Es un buen disolvente, sirve para combinar, transportar y descomponer químicamente compuestos. En la Naturaleza cumple un ciclo, en donde pasa del estado sólido al líquido y por medio del sol se convierte en gaseoso. (Mancheno Domínguez & Ramos Rosero, 2015).

(Fernández A. , 2012) dice que: No habrá sustentabilidad si no se conocen y tienen en cuenta todas las fases de este ciclo. Para ello, es necesario no solo velar por la utilización y la distribución eficiente del agua dulce sino también salvaguardar el estado de la cuenca de captación y las aguas subterráneas (antes del consumo), así como el tratamiento y la eliminación adecuada de las aguas de desecho (después del consumo). Es necesario privilegiar el conocimiento del vínculo existente entre el uso del agua y los ecosistemas que la abastecen.

De acuerdo a este autor, el tratamiento del agua debe ser integral, porque los lugares dónde se origina el líquido vital deben ser conservados para las futuras generaciones. “El tratamiento del agua debe ser completo” (Monforte & Cantú, 2009).

7.2.1. Cuerpos de agua

Se denomina cuerpo de agua a aquellas masas del líquido vital que componen la Tierra. Según (Cuaspuđ Patiño & Paredes Sánchez, 2017) son los siguientes:

- a. **Ríos:** Comúnmente son denominados como corrientes, pues se caracterizan porque fluyen unidireccionalmente y alcanzan velocidades promedio relativamente que varían entre 0,1 y 1 m/s. El flujo de estos ríos es altamente variable y depende de las condiciones climáticas y, sobre todo, de las características del espacio del drenaje. En definitiva, los ríos son cuerpos de agua que son permanentemente mezclados. En la mayoría de ellos, la calidad del agua es importante en el sentido del flujo (Escobar, 2012).
- b. **Lagos:** Son grandes masa de agua con una velocidad promedio relativamente baja, pues esta varía entre 0,01 y 0,001 m/s (valores en la superficie). Por este hecho, el agua permanece en el sistema incluso años. (Cuaspuđ Patiño & Paredes Sánchez, 2017) dice que: “Con respecto a la calidad del agua del lago, esta se presenta en un estado trófico y con los periodos de estratificación”.
- c. **Aguas subterráneas:** Son aguas que no muestran una vertiente visible, hasta que literalmente brotan espontáneamente del suelo. Su flujo es relativamente estable en términos de velocidad y dirección. “Las aguas subterráneas son las que se encuentran bajo la superficie del terreno o dentro de los poros o fracturas de las rocas, o dentro de las masas de regolito” (Duque Escobar, 2010). Las velocidades promedio pueden variar entre 10⁻¹⁰ y 10⁻³ m/s y son gobernadas por la porosidad y la permeabilidad del estrato. “La importancia del agua subterránea no sólo radica en ser una de las principales fuentes de agua para consumo humano, sino que también posee un papel ecológico fundamental en la moderación de los ecosistemas” (Barranco Salazar, 2018).
- d. **Embalses:** Se pueden considerar cuerpos de agua intermedios entre lagos y ríos y se caracterizan porque su hidrodinámica y calidad de agua dependen de las reglas de operación (Cuaspuđ Patiño & Paredes Sánchez, 2017).
- e. **Ciénagas:** Son ecosistemas considerados cuerpos de agua intermedios entre lago y un acuífero freático Según la (RAE, 2010) “una ciénega es una zona de tierras, generalmente planas, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitentemente”.

- f. **Estuarios:** Son sistemas acuáticos intermedios entre río y mar. “Los estuarios pueden ser naturales o artificiales, según sea su naturaleza” (Chang Gómez, 2011).

7.2.2. Uso del agua

El agua ha sido un elemento de gran utilidad tanto para la vida en el planeta, así como recurso para el desarrollo de diversas actividades humanas. “La disponibilidad del agua es un problema actual y complejo en el que interviene una serie de factores que van más allá del incremento poblacional que demanda cada vez más este recurso para uso del consumo humano, así como para llevar a cabo actividades económicas” (Durán, 2006). Como se puede ver, el agua se la utiliza en muchas de las actividades del ser humano. De acuerdo a (Díaz, Estelar, & López, 2005), las principales categorías de uso del agua son:

- a. **Infraestructura social:** Son los usos que la sociedad hace del agua para sí, en los cuales el agua entra como un bien de consumo final. “El ser humano consume agua diariamente, tanto para alimentarse, como para el aseo personal” (Fajardo, 2005).
- b. **Uso agrícola, forestal y acuicultura:** Se refiere a los usos del agua que se da para actividades como la agricultura, el riego de bosques (artificial) y la crianza de peces.
- “Los usos de agua en la agricultura y la actividad pecuaria se dan en zonas rurales, en donde pueden existir pequeños sistemas de abastecimiento sin ninguno o con un simplificado sistema de tratamiento” (Díaz, Estelar, & López, 2005). “La obtención del agua se da través de fuentes tales como ríos, arroyos y acuíferos del subsuelo. Estos acuíferos se recargan de forma natural en época de lluvias” (Avilés, 2006).
- c. **Uso industrial:** Es cuando se utiliza el agua en actividades de procesamiento industrial y energético; aquí, el agua entra como un bien de consumo intermedio, es decir para procesos de enfriamiento, generación de calor, fuente de energía hidráulica o para generar vapor con altas presiones, además, como elemento de separación o dilución de partículas en mineralización, como insumo en un proceso industrial y finalmente, como medio fluido para el transporte. (Muñoz & Sánchez, 2018) dice que: “Los usos del agua en la industria son muy variados y específicos, estos van desde los procesos de limpieza diaria y lavado de manos, hasta su uso como ingrediente principal de algunos productos”.

- d. Navegación:** Sistemas de hidrobías, las cuales permiten el transporte fluvial y marítimo. “La capacidad de transporte es técnica y económicamente establecida por la anchura del canal de navegación y, principalmente por su profundidad” (Auge M. , 2005)
- e. Uso recreacional y ambiental:** Los usos de este tipo son variados, desde estéticos, hasta relacionados con la limpieza de un lugar. “Aun en las situaciones en que no haya contacto directo con el agua, como es la cuestión paisajista, las exigencias cualitativas son muy estrictas” (Díaz, Estelar, & López, 2005).
- f. Transporte, dilución y depuración de vertidos:** El agua puede ser usada como medio de transporte de esos residuos, así como para su dilución y depuración.

Cabe mencionar que la utilización del agua también puede ser de dos tipos, naturales y antrópicos. Naturales, cuando se lo utiliza para un ecosistema y antrópicos, cuando el ser humano modifica y dirige su uso, con respecto a intereses suyos.

Tabla 1

Usos del agua

USOS DEL AGUA	
Naturales	Antrópicos
Mantenimiento de ríos	Aprovisionamiento doméstico
Plantas	Recreación
Ecosistemas	Agricultura
Transporte de sedimentos	Ganadería
Reservas naturales	Minería
Consumo de animales	Industria, etc.

Elaborado por: Cynthia Plasencia

7.2.3. Distribución del agua

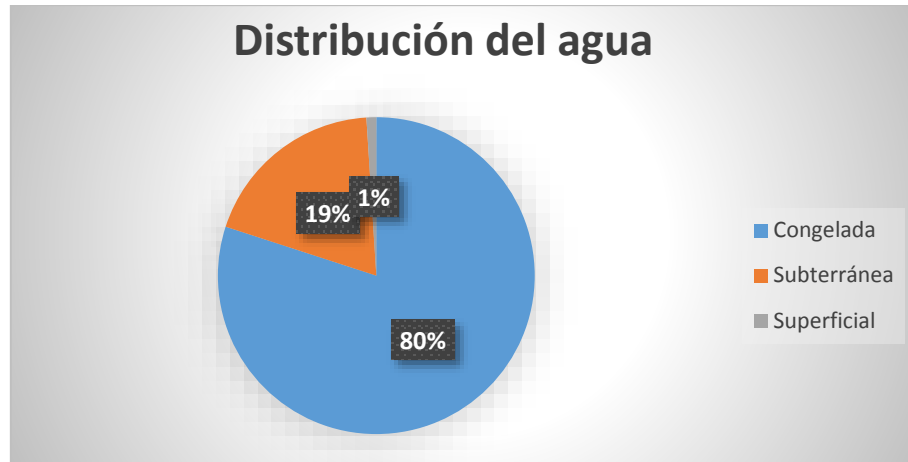
El agua, en el planeta, cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. “Sin agua no existiría la vida, porque las plantas y los cultivos se alimentan con los minerales que tiene el suelo” (Auge M. , Agua, fuente de vida, 2017). Los océanos, de acuerdo a lo esgrimido, dan cuenta de casi el 97,5 % del agua del planeta. Únicamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1%. Esta baja cantidad de agua de superficie fácilmente accesible, se encuentra principalmente en lagos (52%) y humedales (38%). “De las aguas universales, el volumen acumulado hasta unos 1.000 m de profundidad (0,5%) destaca con amplitud al que repentinamente pueden contener los ríos y los lagos del mundo (0,02%)” (Auge M. , Agua, fuente de vida, 2007).

Figura 1

Distribución del Agua



Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 2*Distribución del agua dulce*

Elaborado por: Cynthia Plasencia

7.2.4. Contaminantes del agua

El agua posee varios contaminantes, debido al proceso de los seres humanos que realizan para su supervivencia, así como por agentes naturales. “Los ríos y los mares son los mayores depósitos de desechos provenientes de las ciudades” (Colis, y otros, 2011). De acuerdo a (Campaña, et al, 2017), los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- **Desechos químicos de las fábricas e industrias:** Son producto de vertederos de desechos de uso industrial en los ríos, principalmente, los automovilísticos. “Generalmente, las empresas y fábricas desechan sus productos en el río de la localidad, y en la mayoría de veces, sin previo tratamiento” (Escobar, et al, 2012).
- **Desechos orgánicos, que incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aerobias:** Provenientes de viviendas, sector empresarial y la sociedad en sí. Se cree que la mayoría de desechos que se vierten al río son de este tipo. Los principales ríos de las ciudades se han convertido en el lugar a dónde llegan todos los desechos que se produce en la vida diaria.
- **Productos químicos, pesticidas, diversos productos industriales y detergentes:** Son provenientes de distintos sectores, pero los principales originarios son las plantaciones.”

Las empresas florícolas son las principales contribuyentes para este tipo de contaminación” (Auge, at el, 2017).

- **Petróleo:** Proveniente de los derrames de crudo, ocasionados por ruptura de los oleoductos y ocasionalmente, por naufragio de buques tanqueros. “Los derrames de petróleo han causado deterioro de las aguas en donde se ha vertido el producto, a tal punto, que a veces, las aguas quedan deshechas de por vida” (Díaz, at el, 2005)
- **Minerales inorgánicos y compuestos químicos:** Producto de ciertas actividades relacionadas con la agricultura, la ganadería y la acuicultura.
- **Sedimentos y minerales arrastrados por las tormentas:** Este contaminante se produce cuando las lluvias llevan hacia el río ciertas sustancias del suelo o hechas por el hombre.
- **Sustancias radioactivas procedentes de los residuos producidos por la minería:** Producidos por la minería, especialmente la ilegal, ya que este tipo de minería no realiza un proceso de desintoxicación del agua antes de volverla a la naturaleza.
- **El calor:** Se produce cuando es vertida a los ríos el agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas.
- **Vertimiento de aguas servidas:** Son residuos domésticos que, a través de los desagües de las viviendas, van a parar a las principales vertientes de las ciudades.
- **Vertimiento de basuras y desmontes en las aguas:** En ciertas poblaciones y empresas se desecha la basura directamente a los ríos.
- **Vertimiento de relaves mineros, como lavaderos de oro:** Son productos que se originan en la actividad minera.

7.3. Contaminantes emergentes

Es un término que se utiliza para referirse a compuestos de distinto origen y naturaleza química, cuya presencia en el medio ambiente no se considera significativa en términos de distribución y concentración. Esta es la razón por la que pasan inadvertidos ante los expertos; sin embargo, en la actualidad están siendo masivamente detectados y potencialmente, pueden acarrear un impacto ecológico importante, así como efectos adversos sobre la salud.

De acuerdo a (Gil, Soto, Usma, & Gutiérrez, 2012) existen los siguientes tipos de contaminantes emergentes:

7.4. Pesticidas o plaguicidas

Los pesticidas son sustancias o mezclas de sustancias predestinadas a advertir, destruir, impugnar o mitigar las plagas. “Debido a la medida de la cual han sido centro, se han aprendido durante períodos y, en secuela, se tiene una sensata razón sobre su aspecto y destino en el medio acuático” (Gil, et al, 2012). En los últimos años la preocupación en torno a estos productos se centra en los metabolitos, productos de degradación, que han sido en su mayor parte ignorados hasta la fecha y que se ha visto que pueden ser más tóxicos que los compuestos a partir de los cuales se generan.

Tabla 2

Clasificación de los plaguicidas

CLASE	TOXICIDAD	EJEMPLOS
Clase IA	Extremadamente peligrosos	Paratión, deldrín
Clase IB	Altamente peligrosos	Eldrín, diclorvos
Clase II	Moderadamente peligrosos	DDT, clordano
Clase III	Ligeramente peligrosos	Malatión

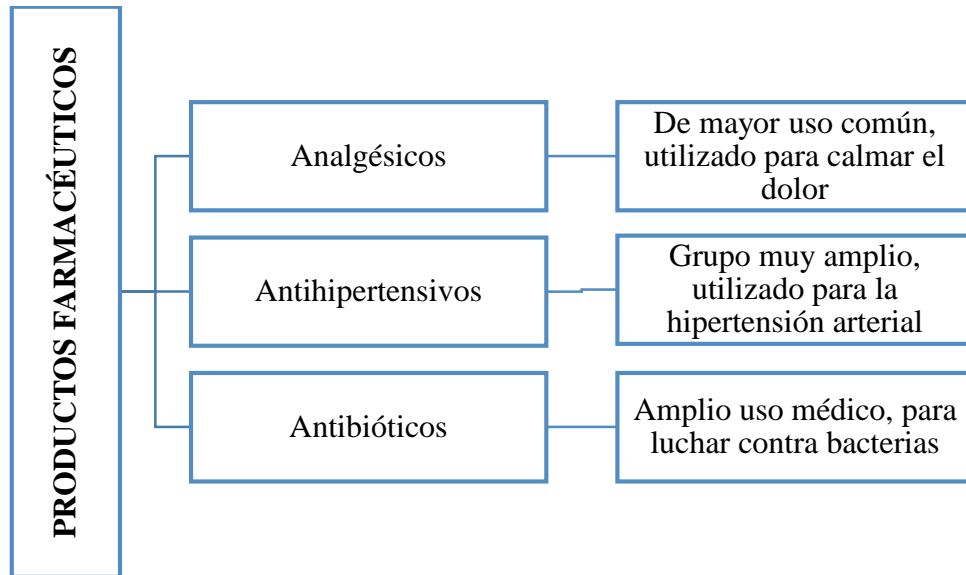
Elaborado por: Cynthia Plasencia

7.5. Productos farmacéuticos

La presencia de productos químicos farmacéuticos en el medio acuático ha sido reconocida como una preocupación. “Las vías principales de productos farmacéuticos en el medio ambiente son a través de la excreción humana, la eliminación de los productos no utilizados y por el uso agrícola” (Poyton & Vulpe, 2009). Una amplia gama de productos farmacéuticos se ha detectado en aguas superficiales y subterráneas, asociada con la eliminación de las aguas residuales, entre los principales productos farmacéuticos presentes en las aguas podemos citar:

Figura 3

Productos farmacéuticos presentes en las aguas



Elaborado por: Cynthia Plasencia

7.6. Drogas ilícitas

Estos productos se introducen en el agua, porque la gente, quien los consume, arroja de forma indirecta los mismos a los ríos. “Entran a la red de aguas residuales como drogas inalteradas y/o sus metabolitos activos por excreción humana, saliva, y sudor, después del consumo ilegal o por la eliminación accidental o deliberada de los laboratorios clandestinos de drogas” (González Mariño, 2012). Se puede decir además que:

De acuerdo a (Gil, et al, 2012) Tanto las drogas ilícitas como sus metabolitos, son muy recalcitrantes a la eliminación de tratamientos convencionales fisicoquímicos y biológicos; por lo tanto, es necesario utilizar procesos de oxidación avanzada, ozonización, osmosis, etc.; sin embargo, la mayoría de los tratamientos no los incluyen debido a sus altos costos, lo que significa que tanto las drogas como los metabolitos son liberados a las aguas superficiales e incluso en agua potable. P. 58.

Según lo dice este autor, las drogas ilícitas son un verdadero problema de contaminación, no sólo porque requieren procedimientos avanzados de eliminación, sino que, como, al ser un contaminante emergente, no se detecta fácilmente.

7.7. Hormonas esteroides

Estos productos son consumidos por el hombre, aunque también, en su mayoría, forman parte de su cuerpo y anatomía.

Según (Gómez, 2011): Son encontradas en las aguas, ya que naturalmente el hombre las contiene, se producen en células específicas de los testículos, la corteza adrenal, ovarios y placenta. Los testículos serían los encargados de secretar, principalmente, testosterona (andrógenos), la corteza adrenal produce la aldosterona, cortisol y la DHEA (dehidroepiandrosterona), los ovarios producen los estrógenos que engloban el estradiol, 4-androsteno-3, 17-diona y la progesterona, y por último estaría la placenta que también secreta estradiol y progesterona, pero además produce otra sustancia, el estriol.

Cómo lo dice este autor, estas sustancias se encuentran en el agua, principalmente por medio de secreciones humanas que vierten al agua todo lo que las glándulas producen. Las hormonas resultantes, también pueden ser de origen artificial.

7.8. Cuidado personal

Los servicios de pulcro personal son producidos para uso directo sobre el cuerpo humano. En general estos productos están dirigidos a alterar el olor, el aspecto, el tacto, y no deben mostrar actividad bioquímica significativa. Muchos de estos productos son usados como ingredientes activos o preservativos en cosméticos, productos de baño o fragancias. “En momentos estas enjundias son usadas en cantidades mayores a las recomendadas” (Gil, et al, 2012). Debe mencionarse que estas sustancias se dirigen a las aguas por medio del baño diario o el lavado de manos.

7.9. Surfactantes

Estos se usan como detergentes, agentes adherentes, dispersantes, emulsificantes, solubilizantes y agentes espumantes. Asimismo, son importantes en aplicaciones industriales, como son: papel y celulosa, textiles, recubrimientos, pesticidas agrícolas, aceites combustibles y lubricantes, metales y plásticos.

“La producción de los surfactantes aniónicos representan alrededor del 55% de los surfactantes producidos anualmente en el mundo. Los surfactantes no iónicos están en el segundo rango por orden de importancia con un poco menos del 40% del total” (Gil, Soto, Usma, & Gutiérrez, 2012).

7.10. Calidad del agua

Está relacionada con las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. En sí, es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito. Para determinar esta variable, se utiliza la referencia de un conjunto de normas con la que puede evaluarse el cumplimiento.

De acuerdo a (Torres, 2009) “El término eficacia del agua se refiere a la composición del agua en la medida en que ésta es afectada por la concentración de sustancias producidas por conocimientos naturales y diligencias humanas. Como tal, es un término neutral que no se puede clasificar como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual está destinado el cuerpo de agua de donde se extrae la misma”. P.98.

Como lo dice este autor, las sustancias ajenas al agua determinan su calidad. La calidad, es entonces, el parámetro que se tiene para determinar si un agua es beneficiosa o no para el consumo humano. Como lo dice (García, 2012): “En consecuencia se ve la necesidad de disponer de mecanismos de gestión y de regulación que apunten de manera eficiente y objetiva a la protección y uso sostenible del recurso”. Determinar el estado en que se encuentra un río o quebrada es un proceso necesario para protegerlo o restaurarlo por lo que es fundamental conocer su estado actual, particularmente cuando no se conocen las condiciones a las que ha estado expuesto o si ha estado sujeto por largo tiempo a perturbaciones antropogénicas (Villa, 2011).

7.10.1. Indicadores físico-químicos

De acuerdo a (Arellano & Guzmán, 2011), para determinar la calidad de una fuente de agua es necesario medir ciertos parámetros que la definen. Los parámetros que este autor define son los siguientes:

- a. **Parámetros físicos:** Son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura (Arellano & Guzmán, 2011).
- b. **Parámetros químicos:** Están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que podemos mencionar a los sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materia orgánica y nutrientes (Arellano & Guzmán, 2011).

- c. **Parámetros biológicos:** Se debe que el agua es mero medio donde literalmente miles de especies biológicas habitan y llevan a cabo su ciclo vital. el rango de los organismos acuáticos en tamaño y complejidad va desde el muy pequeño o unicelular hasta el pez de mayor tamaño y estos miembros de la comunidad biológica son en algún sentido parámetros de la calidad del agua, dado que su presencia o ausencia pueden indicar la situación en que se encuentra un cuerpo de agua. “Ciertos organismos se pueden utilizar como indicadores de la presencia de algún contaminante. Entre estos organismos podemos mencionar las bacterias, virus y protozoarios” (Arellano & Guzmán, 2011).

7.11. Índices de calidad de agua

Se denomina índice de calidad al conjunto de normas y parámetros que se siguen para determinar la calidad de un recurso hídrico. (García, 2012) menciona que un índice de calidad es: “Un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua y su uso. De acuerdo a este autor, un índice de calidad sería una herramienta que permite reducir información sobre un gran número de parámetros físico-químicos y microbiológicos a un solo índice de una forma simple, rápida, objetiva y reproducible. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso un color.

Los índices de calidad, para determinar la calidad de las aguas no son fijos, sino que son fruto de la determinación de ciertas variables que son necesarias para su aplicación.

7.11.1. Clasificación de los índices de calidad

De acuerdo a (Campaña, Gualoto, & Chiluisa, 2017), los índices de calidad se clasifican de la siguiente manera, en orden cronológico de implementación de los índices de calidad:

Figura 4

Clasificación de los índices de calidad

WQI NSF EE.UU.	IQA CETESB Brasil	Índice de Calidad General EE.UU.	ICG España	ISQA España	Dinlus EE.UU.	Rojas Colombia	ICA Río Cali Colombia	Montoya México	ICA OBU Chile	León México	CCME WQI Canadá	IAP Brasil	ICA Cade-Idepe Chile	ICAUCA Colombia	UWQI Comunidad Europea
1970 ¹	1975 ²	1980	1981 ³	1982 ⁴	1987	1991	1997	1997	1998 ⁵	1998	2001 ⁶	2002 ⁶	2003	2004 ⁷	2007 ⁸

¹ WQI-NSF: Water Quality Index – National Sanitation Foundation
² IQA-CETESB: Índice de Qualidade da Água – Companhia Tecnologia Ambiental do Estado Sao Paulo.
³ ICG: Índice de Calidad General
⁴ ISQA: Índice Simplificado de Calidad del Agua
⁵ ICAOBJ: Índice de Calidad del Agua Objetivo
⁶ CCME-WQI: Canadian Council of Ministers of the Environment – Water Quality Index
⁷ IAP: Índice de Qualidade da Água para Abastecimento Publico
⁸ ICAUCA: índice de Calidad del Agua Adaptado al Río Cauca
⁹ UWQI: Universal Water Quality Index

Fuente: Tomado de (Campaña et al., 2017).

7.11.2. Criterios para medir el índice de calidad

Para determinar la calidad del agua, se debe precisar el valor que el ICA le otorga a la misma, teniendo en cuenta que, sobre todo para el consumo, la calificación 100 es de un agua adecuada para el consumo, incluso, sin tratamiento.

Figura 5

Criterios para determinar la calidad del agua.

Rango ICA	CRITERIOS GENERALES	
	Edo. USO: AGUA POTABLE	Edo. USO: RIEGO AGRICOLA
90	NO REQUIERE PURIFICACION PARA SU CONSUMO	NO REQUIERE DE TRATAMIENTO PARA RIEGO
80	REQUIERE PURIFICACION MENOR	TRATAMIENTO MENOR PARA CULTIVOS QUE REQUIEREN DE ALTA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO
70	DUDOSO SU CONSUMO SIN PURIFICACION	UTILIZABLE EN LA MAYORIA DE LOS CULTIVOS
50	TRATAMIENTO DE POTABILIZACION INDISPENSABLE	TRATAMIENTO REQUERIDO PARA LA MAYORIA DE LOS CULTIVOS
40	DUDOSO PARA CONSUMO	SOLO PARA CULTIVOS MUY RESISTENTES (FORRAJES)
30	INACEPTABLE PARA CONSUMO	INACEPTABLE PARA RIEGO
20		

ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA

EXCELENTE ACEPTABLE LEVEMENTE CONTAMINADA FUERTE CONTAMINADA EXCESIVA CONTAMINADA

Fuente: Tomado de (Campaña et al., 2017)

7.11.3. Usos de los índices

Los índices de calidad, pueden ser utilizados para diversas acciones, a saber: generar, mejorar o actualizar la información de la calidad de un cuerpo de agua. Según (Cuaspad Patiño & Paredes Sánchez, 2017), los posibles usos de los índices son:

- Manejo del recurso.
- Clasificación de Áreas.
- Aplicación de normatividad.
- Análisis de la tendencia.
- Información pública.
- Investigación Científica.

7.11.4. Características de los índices de calidad

De acuerdo a (Caho Rodríguez & López Barrera, 2017), las características de los índices en general son:

- Poseen la capacidad de resumir y simplificar datos complejos.
- Pueden incluirse en modelos para la toma de decisiones.
- Son entendibles al público, los medios y los usuarios.
- Representan una parte o un aspecto particular del problema.
- Deben ser interpretados con precaución, en forma crítica y ser actualizados periódicamente.

7.12. Aguas residuales

Son las aguas servidas, que generalmente se vierten en los ríos de las ciudades. Estas aguas son las que más contaminan los ríos y los mares, aunque, en idéntica proporción, las aguas utilizadas por la industria, ya sea para ser consumidas en los procesos industriales, se han convertido en un problema latente para el Medio Ambiente y la salud. Las aguas residuales se dividen en:

- Procesadas.
- Excretas.

- Residuos Domésticos.
- Arrastres de agua lluvia.
- Industriales.
- Infiltraciones.

7.13. Residuos

Se refiere a aquellos productos o cosas ajenas al agua que llegan a ella por medio de la actividad humana. “Residuo es aquella sustancia u objeto generado por una actividad productiva o de consumo, de la que hay que desprenderse por no ser objeto de interés directo de la actividad principal” (Xavier, 2009)

7.13.1. Tipos de residuos

De acuerdo a (Xavier, 2009), los residuos pueden ser:

Según su composición:

- Orgánicos
- Inorgánicos

Según el lugar en que se genera:

- Reciclables o Recuperables
- No recuperables nocivos
- No recuperables inerte
- Transformables

Por su estado:

- Sólidos.
- Líquidos y
- Gaseosos.

Por su origen:

- Residuos Municipales
- Residuos industriales
- Residuos Mineros

7.14. Cuencas hídricas

Es un área de terreno, la cual drena agua en un punto común. Se puede definir como cuenca hídrica a un arroyo, río o lago. Generalmente, cada cuenca pequeña a su vez drena agua en una cuenca mayor que puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o bien directamente en el mar. “Podemos definir como cuenca hidrográfica a todo naciente abastecimiento natural de agua, que recorrer grandes distancias hasta desembocar en los grandes ríos y el mar” (Campaña, Gualoto, & Chiluisa, 2017).

(Rodríguez Barrientos, 2006) dice que: En las cuencas hidrográficas se integran sistemas biofísicos, socioeconómicos y político-administrativos. Los distintos componentes de una cuenca interactúan entre sí, formando un gran sistema natural. Actualmente se les considera un excelente medio para diseñar e instrumentar políticas orientadas al desarrollo rural y al manejo integral y sostenible de los ecosistemas.

Como lo dice este autor, las cuencas hídricas sustentan los ecosistemas, por lo que la implementación de políticas direccionadas a su conservación y explotación responsable se hace algo más que necesario.

7.14.1. Tipos de Cuencas hídricas

De acuerdo a (Campaña, Gualoto, & Chiluisa, 2017), existen tres tipos de cuencas:

- **Exorreicas:** Las cuales drenan sus aguas al mar o al océano.
- **Endorreicas:** Mismas que desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación fluvial al mar.
- **Arreicos:** Que tienen aguas que se volatilizan o se destilan en el terreno precedentemente de dirigir en un punto de drenaje.

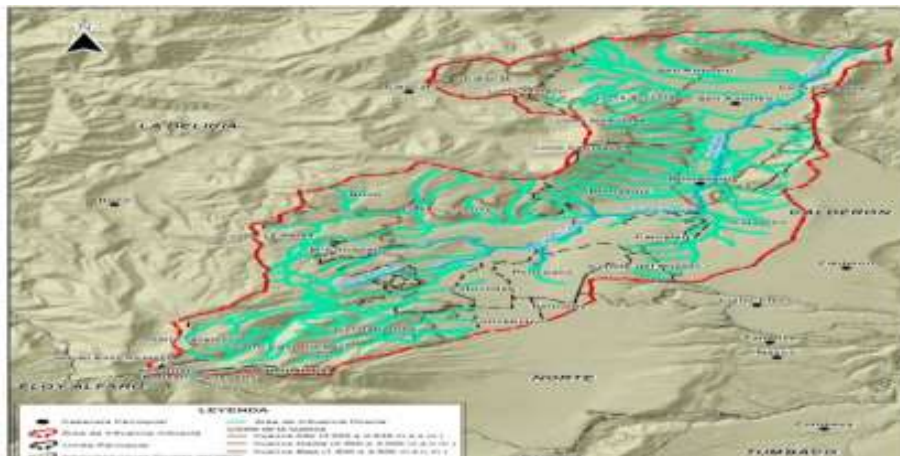
7.15. Cuenca hídrica del río Monjas

La Cuenca del Río Monjas está ubicada al norte de la ciudad de Quito, drena en sentido Sur Norte y abarca las Administraciones Zonales: Norte, Calderón y la Delicia. Tiene una superficie aproximada de 18.677 Ha, que corresponde al Círculo de Influencia de la zona de estudio, que forma parte de la Micro-Cuenca del Río San Antonio, comprendida entre las partes altas de los volcanes Ruco Pichincha, Casitagua y Pululahua, hasta desembocar en el Guayllabamba (Rivera, 2016).

El Área de Influencia Directa, que corresponde principalmente a la franja de protección de las quebradas y ríos, esto es un mínimo de 50 metros en longitud horizontal medidos de cada lado del borde superior de las quebradas y un máximo de 100 metros medidos a partir de los mismos, definidos para la crecida máxima del río con periodos de retorno de 25, 50 y 100 años, que tiene un área aproximada de 1.800 Ha. (Campaña, Gualoto, & Chiluisa, 2017).

Figura 6

Cuenca del Río Monjas



Fuente: Tomado de (Ministerio del Ambiente)

7.16. Cuenca hídrica del río Machángara

El río Machángara es la corriente principal de su hidrografía y recoge el drenaje derivada de la ciudad, de las laderas del volcán y de las elevaciones que lo envuelven. Está formado por cuatro ramales principales: Ortega, Shanshayacu, Río Grande y Caupicho o Machángara, del que toma el nombre al acoplar los cuatro ramales, para atravesar áreas densamente pobladas y populares. Es también el cuerpo receptor del 75% de las aguas excedentes que genera la ciudad, las que se vierten al río sin ningún tratamiento.

Las lomas que rodean a la ciudad, junto con sus quebradas, entre ellas la quebrada Ortega, Río Grande, Capulí y Caupicho, todas afluentes del río Machángara, han sido parte importante en el desarrollo y crecimiento de la ciudad de Quito “Con el crecimiento urbano el río por efectos de sucesivas intervenciones ha perdido gran parte de su valor paisajístico” (Lasso Otaya, 2014).

El río Machángara constituye un espacio que atraviesa la ciudad y es de importancia sustancial para la misma. Al río le dan nacimiento cuatro quebradas: Ortega, Shanshayacu, Río Grande y Capulí o Machángara del que toma el nombre al unirse los cuatro afluentes (Lasso Otaya, 2014).

Tiene un recorrido de 22 Km aproximadamente, para después hacer la descarga de sus aguas en unión con las del río San Pedro en el sector de Nabón, formando así el río Guayllabamba que a su vez deposita sus aguas en el río Esmeraldas para terminar en el océano Pacífico. Para la ciudad de Quito, el río Machángara es la corriente principal en su hidrografía, recorre la ciudad por sectores densamente poblados y populares “Es también el cuerpo receptor del 75% de las aguas secundarios que genera la ciudad, las que se vierten al río sin ningún tratamiento” (Corporación de Salud Ambiental de Quito, S/F: 1). El río Machángara se convierte en uno de esos espacios en los que se debe evidenciar la relación sociedad-naturaleza, por lo que es importante profundizar en las relaciones históricas, la memoria que guardan sus vecinos, como los del sector La Vicentina (Campaña et al., 2017).

Figura 7

Cuenca del Río Machángara



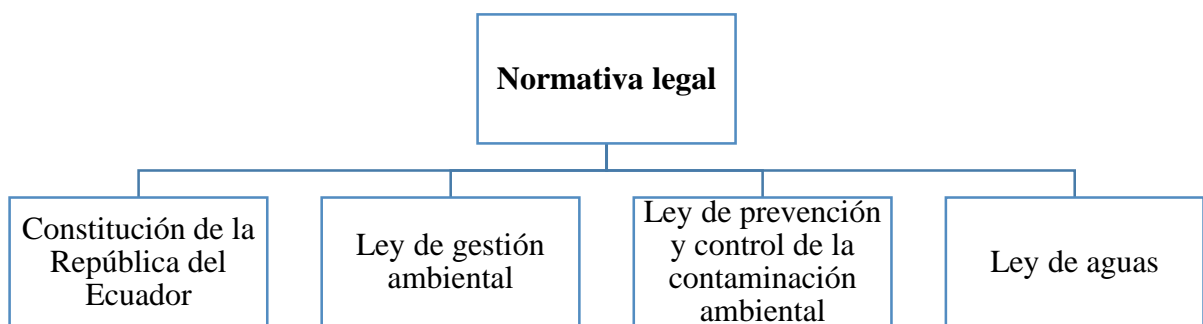
Fuente: Tomado de (Ministerio del Ambiente)

7.17. Normativa legal

Para sustentar el presente trabajo se tomó en cuenta la siguiente normativa legal, misma que avala la realización del estudio:

Figura 8

Legislación aplicable al proyecto



Elaborado por: Cynthia Plasencia

- **Constitución de la República del Ecuador. 2008:** Título Segundo. - Derechos. - Capítulo segundo. - Sección segunda: Ambiente sano: Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.
- **Ley de Gestión Ambiental:** Publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 418 del 10 de septiembre de 2004. Previa a su actual status de codificada, la expedición de la Ley de Gestión Ambiental (D.L. No. 99-37: 22-07-99 R.O. No. 245: 30-07-99) norma la gestión ambiental del Estado. Así mismo, entre otros aspectos relevantes, se establece como autoridad ambiental nacional el Ministerio de Medio Ambiente que actúa como instancia rectora, coordinadora y reguladora del “Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental”.

- **Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental:** Esta ley fue promulgada en el año de 1972, y tiene como objetivo controlar la contaminación como problema central. La Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental contiene, entre otros, los siguientes reglamentos:
 - Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Recurso Agua. 17
 - Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Suelo.
 - Reglamento sobre la Contaminación por Desechos Sólidos.
- **Ley de Aguas:** Codificación publicada mediante Registro Oficial No. 339 del 20 de mayo de 2004. Prohíbe toda contaminación de las aguas que afecte a la salud humana o al desarrollo de la flora o de la fauna (art. 22).

8. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

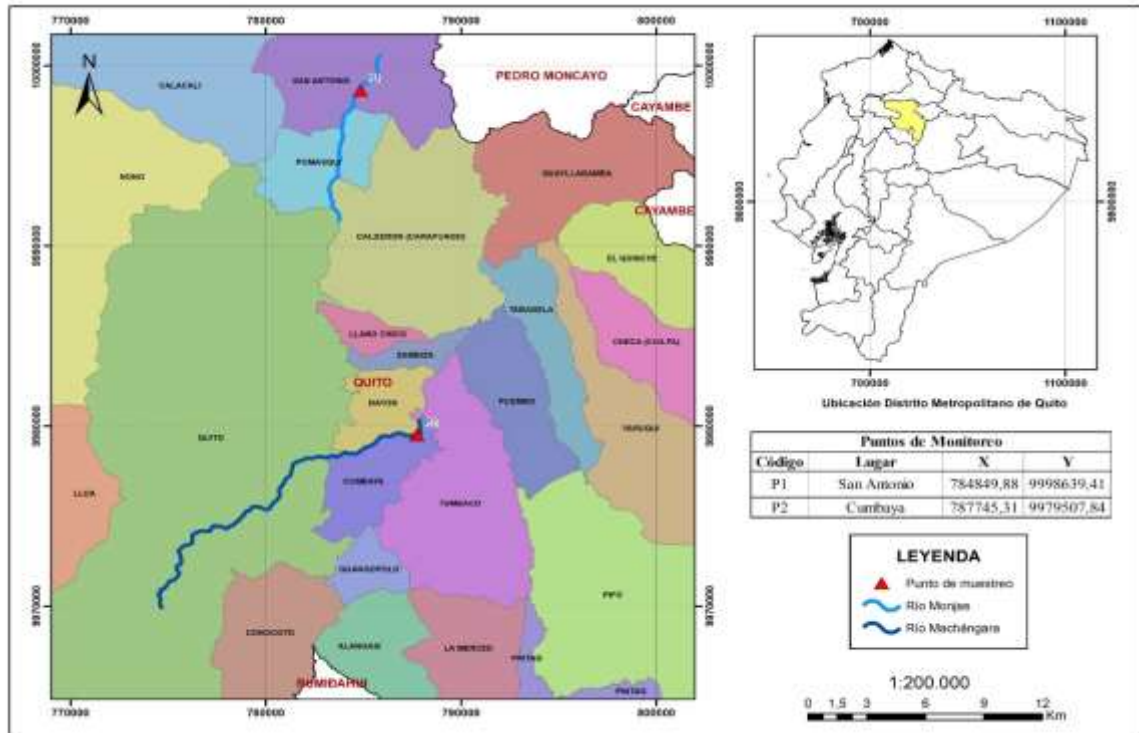
8.1. Descripción de las zonas de estudio

Los lugares seleccionados para la realización fueron los ríos Monjas y Machángara del Distrito Metropolitano de Quito. Los ríos riegan gran parte de la ciudad de Quito, aunque sus orígenes se sitúan en los volcanes que circuncidan la ciudad capital. Abastece de agua de riego a muchos campos y sirve como vertedero de desechos industriales, sobre todo, cuando atraviesan la ciudad de Quito.

Los sitios de muestreo escogidos, tanto para el río Monjas y Machángara (Ver Figura 9), se eligieron considerando factores de seguridad y accesibilidad y pertenece a los puntos establecidos por la secretaría del ambiente y el monitoreo de la disposición de agua en la Red Hídrica del DMQ, cuya ubicación se muestra a continuación.

Figura 9

Ubicación de la zona de estudio

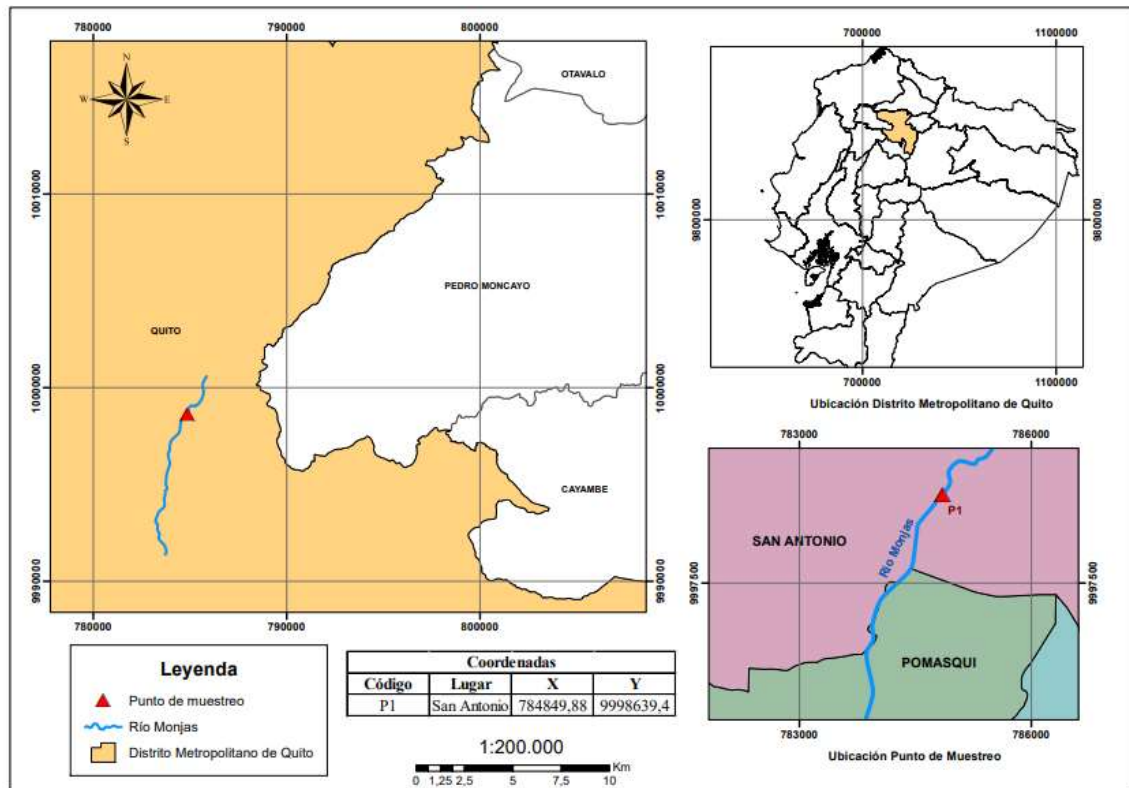


Elaborado por: Cynthia Plasencia

La cuenca del río Monjas recibe el 20% de aguas servidas de Quito, está ubicada en la parroquia San Antonio a noroccidente de la ciudad, es notable su cambio debido a crecimiento poblacional y de urbanizaciones, su altitud es de 2342 (Ver figura 10).

Figura 10

Ubicación de la zona de estudio del río Monjas

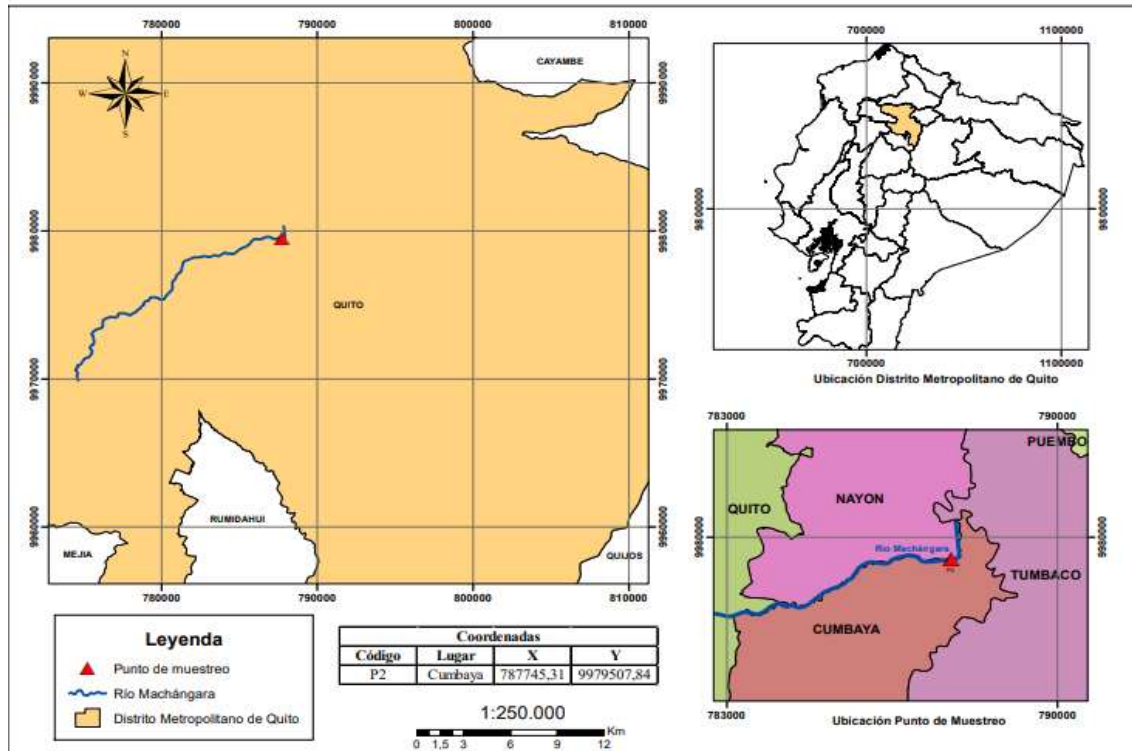


Elaborado por: Cynthia Plasencia

El río Machángara recibe el 75% de aguas servidas del sur y centro de la ciudad tienen un alto grado de contaminación hídrica, se ve afectada por las descargas directas de agua servidas e industriales, ubicada en la parroquia Cumbayá con altitud de 2231 (Ver figura11).

Figura 11

Ubicación de la zona de estudio del río Machángara



Elaborado por: Cynthia Plasencia

8.2. Selección del caso

Para la selección de las vertientes de los ríos Monjas y Machángara, se realizó primero un estudio de la situación, conociéndose que, a pesar de haber datos sobre las mismas, no se había realizado un estudio en el mismo periodo, peor aún con las metodologías propuestas, pues ante esto se originó la necesidad de saber la calidad de agua de dichos ríos, pues cabe recalcar que los ríos indicados forman parte de la Red Hídrica DMQ y atraviesan zonas de gran consistencia poblacional, recogiendo diariamente descargas de agua domestica e industrial.

8.3. Acceso al campo

Se eligió como preferencia para la realización de este estudio las cuencas de los ríos Monjas y Machángara, ubicadas dentro del Distrito Metropolitano de Quito en donde se accedió paulatinamente a la información esencial mediante fuentes de información primarias, no se solicitó realizar ningún tipo de permiso para acceder a los datos requeridos para el análisis ya que los datos menesteres se encuentran a disposición del público en la página oficial del Distrito

Metropolitano de Quito, la cual posteriormente podría ser manejada por otros proyectos para técnicas de manejo, conservación etc.

8.4. Recolección de los datos

8.4.1. Técnica de Observación

Se empleó una observación directa a los puntos de monitoreo realizados por el DMQ, donde se identificó a los dos ríos Mojas y Machángara como puntos estratégicos para la realización del estudio de caso en el cual se evaluará por medio de la metodología UWQI, por medio del cual se obtendrá resultados simplificados de la calidad de agua de dichos ríos.

8.4.2. Técnica Documental

Esta técnica de investigación se empleará para la investigación del estudio para ello se consultará fuentes bibliográficas digitales, repositorios de universidades y revistas esta información servirá para la construcción del marco teórico, de igual manera permitirá la revisión de los procedimientos y metodologías empleadas por otros autores e instituciones para la determinación de la calidad de agua.

8.4.3. Método Inductivo

La aplicación del método inductivo en el estudio de caso permitirá obtener ideas y /o conclusiones generales de la problemática de contaminación de la calidad de agua de la Red Hídrica de DMQ, sobre los habitantes.

8.4.4. Método Deductivo

Consistirá en el análisis interpretativo de los cálculos realizados de calidad de agua, y la revisión de documentación científica que permitirá perfeccionar con las ideas antes planteadas para poder expresar propuestas adecuadas a la información final obtenida.

8.4.5. Método Descriptivo y Correlacional

El método descriptivo se empleará para el análisis de los datos el cual se comparará con la normativa vigente libro VI de TULSMA, Acuerdo Ministerial 097 A con los datos que se obtuvieron en los puntos de monitoreo realizados por el DMQ y los cálculos obtenidos a través de la aplicación de la metodología UWQI.

Asimismo para adquirir información de las características hidro climáticas de las zonas de estudio se procedió a la revisión de anuarios meteorológicos y a requerir datos mensuales de precipitación y temperatura del periodo 2016-2019 fueron tomados del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) de la estación meteorológica INNAQUITO (M0024),

ubicada en el cantón Quito, por medio del portal único de tramites ciudadanos para la emisión de información estadística meteorológica e hidrológica para el sector público y académico, se eligió dicha estación meteorológica por ser la más próxima a los ríos Monjas y Machángara.

8.5. Análisis de datos

8.5.1. Evaluación de la base de datos disponibles

Según la Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito mediante la dirección de políticas y planeamiento ambiental, en los ríos Monjas y Machángara fueron tomadas muestras en intervalos mensuales en el periodo 2013 -2019 en el punto de monitoreo del cuerpo hídrico establecido en la Red Metropolitana de Monitoreo del Recurso Hídrico (RMMRH). En los puntos de muestreo fueron medidos 25 parámetros fisicoquímicos en el Laboratorio de Investigación, Análisis y Monitoreo (IAM) de la Secretaría del Ambiente de Quito mediante la siguiente metodología (Ver tabla 3).

Tabla 3

Toma y Conservación de Muestras de Agua

Tipo de envase	Preservación	Parámetros para Análisis
Polietileno (2 L)	4-5 ° C	DBO ₅ , detergentes, sulfatos, sulfuros, cianuros, color, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales.
Vidrio ámbar (500 ml)	4-5 ° C, acidificada con ácido sulfúrico	DQO, aceites y grasas, TPH, fenoles, fósforo.
Vidrio ámbar (500 ml)	4-5 ° C, acidificada con ácido nítrico	Metales

Fuente. Tomado de <https://sites.google.com/site/redaguadmq/tecnicas-de-muestreo-y-metodos>

Para efectuar los análisis de los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio, utilizaron metodologías de la American Public Health Association (American Public Health Association, 2012), y los procedimientos descritos en el manual del equipo HACH del laboratorio de Ingeniería Ambiental. (Ver tabla 4), en el que se representa los métodos de análisis de parámetros analizados in situ y laboratorio (contextos dejadas en archivo del GADM-R, por Secretaría del Medio Ambiente).

Tabla 4*Métodos de Análisis de Parámetros Analizados In Situ y Laboratorio*

Parámetros	Método de análisis
Ph	APHA 4500-H B
Conductividad	APHA 2510 A
Temperatura	APHA 5550 B
Oxígeno disuelto	SM 4500-O
DQO	APHA 5220 D
DBO5	APHA 5210 B
Sólidos suspendidos totales	APHA 2540 D
Aluminio	APHA 3111 D-A
Tensoactivos	APHA 5540-C
Sulfatos	APHA 4500-SO4
Aceites y grasas	EPA 1664
TPH	EPA 1664
Cadmio	APHA 3113 B -Cd
Cobre	APHA 3111 B-Cu
Cromo	APHA 3111 B-Cr
Cinc	APHA 3111 B-Zn
Manganeso	APHA 3111 B-Mn
Níquel	APHA 3111 B-Ni
Plomo	APHA 3113 B-Pb
Mercurio	APHA 3112 B-Hg
Arsénico	APHA 3113 B-As

***APHA:** Asociación para la Salud Pública de los Estados Unidos, **EPA:** Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos **SM:** Método Estándar.

Fuente. Tomado de <https://sites.google.com/site/redaguadmq/tecnicas-de-muestreo-y-metodos>

8.5.2. Conformación de la base de datos inicial

La base de datos inicial se conformó con los cinco parámetros físicos-químicos que conforman Índice Universal de calidad de agua (UWQI) que son los siguientes: Sólidos Suspendidos Totales (SST), Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Conductividad Eléctrica (CE), Potencia de Hidrogeno (PH) del periodo 2016- 2019. La misma que fue sometida a un análisis estadístico.

8.5.3. Análisis de la base de datos inicial

Previo a tratamiento de datos se describió estadísticamente la base de datos inicial utilizando como herramientas el diagrama de cajas, histogramas de frecuencia y estadísticos descriptivos como la media, mediana y desviación estándar. Para la caracterización de valores atípicos se

empleó la prueba de Grubbs en el software Minitab. EL remplazo de los valores atípicos se realizó con las medias de los valores inmediatos superiores e inferiores a valor atípico.

8.6. Herramientas estadísticas

8.6.1. Índice Universal de Calidad de Agua (UWQI)

La metodología UWQI (Índice Universal de Calidad de Agua), fue desarrollada y aplicada con el fin de obtener un índice simplificado para establecer la calidad de agua usada para el consumo humano. Para el cálculo se utiliza una ecuación de tipo aditivo o suma ponderada, cuya distribución de cálculo es la que se enseña en la siguiente ecuación:

$$UWQI = \sum_{i=1}^n W_i L_i \quad \text{Ecuación 1}$$

El manejo de datos para el cálculo de índice de calidad del agua (ICA) se realizó mediante la aplicación de la metodología UWQI-IDEAM, Ecuación 1, en el cual plantea el estudio de cinco parámetros la misma que permite alcanzar un índice simplificado que establece la calidad del agua de corriente superficial, resultando ser una variante simplificada muy efectiva en cuanto al método UWQI original.

Donde

UWQI = Índice de calidad del agua universal

W_i = Ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i

L_i = Subíndice de calidad obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente a la variable de monitoreo

n = Número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador de calidad del agua

Es recomendable que la tabla de datos del indicador de calidad incluya el ICA promedio facilitando la interpretación y análisis de resultados de su comportamiento en el periodo de estudio en general, que se calcula mediante la ecuación 2.

$$UWQI_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^m (\sum_{i=1}^n W_i L_i)}{m} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde

m = Número de muestreos calculados en el periodo de tiempo en las cuales se midieron las variables de calidad

Las variables involucradas en el cálculo de la calidad del agua representan un peso de acuerdo a la importancia de su naturaleza fisicoquímicos y biológicos en el manejo de datos, describe el valor de la ponderación de calidad para cinco variables consideradas en el estudio (IDEAM, 2015).

En la siguiente tabla 5 se resume las variables que están implicadas en el cálculo para los casos en los que se emplea 5 variables, la unidad de medida en la que se registra cada uno de ellos y la ponderación que tienen dentro de la fórmula de cálculo (IDEAM, 2015).

Tabla 5

Variables y ponderaciones para el caso de 5 variables

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno Disuelto (OD)	% Saturación	0,20
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	0,20
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	0,20
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	0,20
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	0,20

Fuente: (IDEAM, 2015)

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Para el cálculo del subíndice de calidad se considera la relación funcional o curva funcional de cada parámetro, donde los niveles de calidad se representan en un rango de 0 a 1 en el eje de las ordenadas de cada gráfico con respecto a la magnitud de contaminación de cada variable en el eje de las coordenadas (IDEAM, 2015).

Se adoptaron las relaciones funcionales propuestas por Ramírez y Viña para oxígeno disuelto (OD) y sólidos suspendidos totales (SST), la propuesta por la Universidad Politécnica de Catalunya (2006) para demanda química de oxígeno (DQO), la propuesta por Stoner para

conductividad eléctrica (CE) y la propuesta por el laboratorio del Departamento de Calidad Ambiental de Oregón (Estados Unidos) para pH.

A continuación, se evidencian las ecuaciones de referencia.

8.7. Oxígeno disuelto (OD)

Variable biológica fundamental que representa la presencia o ausencia de potencial de vida acuática.

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * OD)$$

$$I_{OD} = 1 - (0,01 * OD - 1) \quad \text{para } OD > 100\% \text{ sat}$$

8.8. Sólidos suspendidos totales (SST)

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Tiene una relación directa con la turbiedad, se calcula con la siguiente ecuación

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 * SST)$$

$$\text{Si } SST \leq 4,5, \text{ entonces } I_{SST} = 1$$

$$\text{Si } SST \geq 320, \text{ entonces } I_{SST} = 0$$

8.9. Demanda Química de Oxígeno

Refleja la presencia de materia orgánica e inorgánica biodegradable susceptible a ser oxidada a condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura se calcula mediante la ecuación siguiente.

$$\text{Si } DQO \leq 20, \text{ entonces } I_{DQO} = 0,91$$

$$\text{Si } 20 < DQO \leq 25, \text{ entonces } I_{DQO} = 0,71$$

$$\text{Si } 25 < DQO \leq 40, \text{ entonces } I_{DQO} = 0,51$$

$$\text{Si } 40 < DQO \leq 80, \text{ entonces } I_{DQO} = 0,26$$

$$\text{Si } DQO > 80, \text{ entonces } I_{DQO} = 0,125$$

8.10. Conductividad Eléctrica (CE)

Relaciona la suma de cationes y aniones de forma química, está íntimamente relacionado con la mineralización del agua, se calcula de la forma siguiente.

$$I_{CE} = 1 - 2 \times 10^{-6} * CE^2 \quad \text{para } CE < 700$$

$$I_{CE} = 0,02 \quad \text{para } CE \geq 700$$

8.11. Potencial Hidrogeno (PH)

Dimensiona la acides del cuerpo de agua, un valor extremo puede afectar negativamente la flora y la fauna, se calcula mediante la ecuación.

$$\text{Si } 4 \leq DQO \leq 7, \text{ entonces } I_{PH} = 0,02628419e^{(PH*0,520025)}$$

$$\text{Si } 75 < DQO \leq 8, \text{ entonces } I_{PH} = 1$$

$$\text{Si } 8 < DQO \leq 11, \text{ entonces } I_{PH} = 1. e^{[(PH-8)-0,5187742]}$$

$$\text{Si } DQO > 11, \text{ entonces } I_{PH} = 0,1$$

8.12. Clasificación de la calidad del agua

El (IDEAM, 2015) define seis o cinco variables básicas para la determinación del ICA en los cuerpos de agua: una de estado (oxígeno disuelto) y cinco de presión (demanda química de oxígeno –DQO–, conductividad eléctrica –CE–, sólidos suspendidos totales –SST–, pH y relación nitrógeno total / fosforo total). Los valores del ICA del IDEAM comprenden una escala de cero a uno, en cinco categorías: muy mala, entre 0.00 y 0,25; mala, entre 0.26 y 0.50; regular, entre 0.51 y 0.70, aceptable, entre 0.71 y 0.90 y buena, entre 0.91 y 1.00.

Los valores espontáneos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo a ellos se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le ha asociado un color como señal de alerta (IDEAM, 2015). En la siguiente tabla 6 se registra la relación entre valores, calificación, color y sus usos:

Tabla 6
Clasificación de la calidad de agua del UWQI

Valor UWQI	Calidad	Color	Usos
0,00-0,25	Muy mala	Rojo	Inaceptable para consumo y riego
0,26-0,50	Mala	Naranja	Uso de recreación por contacto indirecto
0,51-0,70	Regular	Amarillo	Riego, agua industrial, consumo (tratamiento especial)
0,71-0,90	Aceptable	Verde	Agua potable (tratamiento convencional), Piscicultura, Uso recreativo por contacto directo
0,91-1,00	Buena	Azul	Todos los usos posibles

Fuente: (IDEAM, 2015)

Elaborado por: Cynthia Plasencia

8.13. Resultados

8.13.1. Conformación de la base de datos inicial

En la tabla 7 se presenta la base de datos de los parámetros físicos- químicos del río Monjas del periodo 2016-2019. De la misma manera en la tabla 8 se tiene la base de datos del río Machángara del periodo 2016-2019.

Tabla 7
Base de datos de parámetros físicos-químicos del río Monjas

Año	Mes	DQO (mg /L)	SST (mg/L)	OD (%Sat)	CE (uS/cm)	(PH)
2016	Marzo	126	1000.00	56,1	310	7,92
	Abril	98,5	1000	56,1	309	7,315
	Julio	303	310	56,1	607	7,71
	Agosto	114	135,5	56,1	663	6,54
2017	Marzo	229	216	57,99	624	7,62
	Abril	288,5	283	64,14	405	7,03
	Julio	200,45	605	56,1	559	7
	Agosto	213	452	52,59	639	7,63
2018	Marzo	229	216	55,09	609	7,57
	Abril	179	358	59	538	8
	Julio	206	192	65,6	687	7,87
	Agosto	467	3918	49,43	646	7,7
2019	Marzo	2,75	500	53,19	672	7,66
	Abril	124	472	67,44	397	7,55
	Julio	218	190	40,81	627	7,28
	Agosto	209	130	51,87	658	7

Fuente: Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Tabla 8*Base de datos de los parámetros físico-químicos del río Machángara*

Año	Mes	DQO (mg /L)	SST (mg/L)	OD (%Sat)	CE (uS/cm)	(PH)
2016	Marzo	137	60	72	599	8,12
	Abril	86	341	72	186,05	7,3
	Julio	174	110	72	562	7,87
	Agosto	322	244	72	562	8,33
2017	Marzo	780	1000.00	63,06	373	7,83
	Abril	202	552	71,85	374	8,11
	Julio	202	181	72	580	8
	Agosto	229	200	70,71	526	8,02
2018	Marzo	115	107	73,8	461	7,94
	Abril	135	162	71,6	452	8,29
	Julio	127	64	70,02	562	8
	Agosto	163	154	73,65	518	8,04
2019	Marzo	132	74	80,79	514	7,9
	Abril	67	200	91,26	329	8,13
	Julio	163	78	61,98	547	7,84
	Agosto	200	184	57,32	522	7,79

Fuente: Secretaría del Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito**Elaborado por:** Cynthia Plasencia

8.14. Análisis de datos

Se realizó el cálculo y análisis de estadísticos descriptivos para conocer el grado de dispersión de los datos, así como además se realizó diagrama de cajas e histogramas de frecuencia, para la base de datos de dichos ríos (Ver tabla 9 y 10).

Tabla 9*Estadísticos descriptivos de la base de datos del río Monjas*

Variable	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
DQO (mg /L)	200,4	25,8	103,4	2,8	124,5	207,5	229,0	467,0
SST (mg/L)	624	230	919	130	198	334	579	3918
OD (%Sat)	56,10	1,60	6,40	40,81	52,74	56,10	58,75	67,44
CE (uS/cm)	559,4	32,4	129,7	309,0	438,3	616,5	655,0	687,0
(PH)	7,462	0,100	0,401	6,540	7,093	7,595	7,707	8,000

Elaborado por: Cynthia Plasencia**Tabla 10***Estadísticos descriptivos de la base de datos del río Machángara*

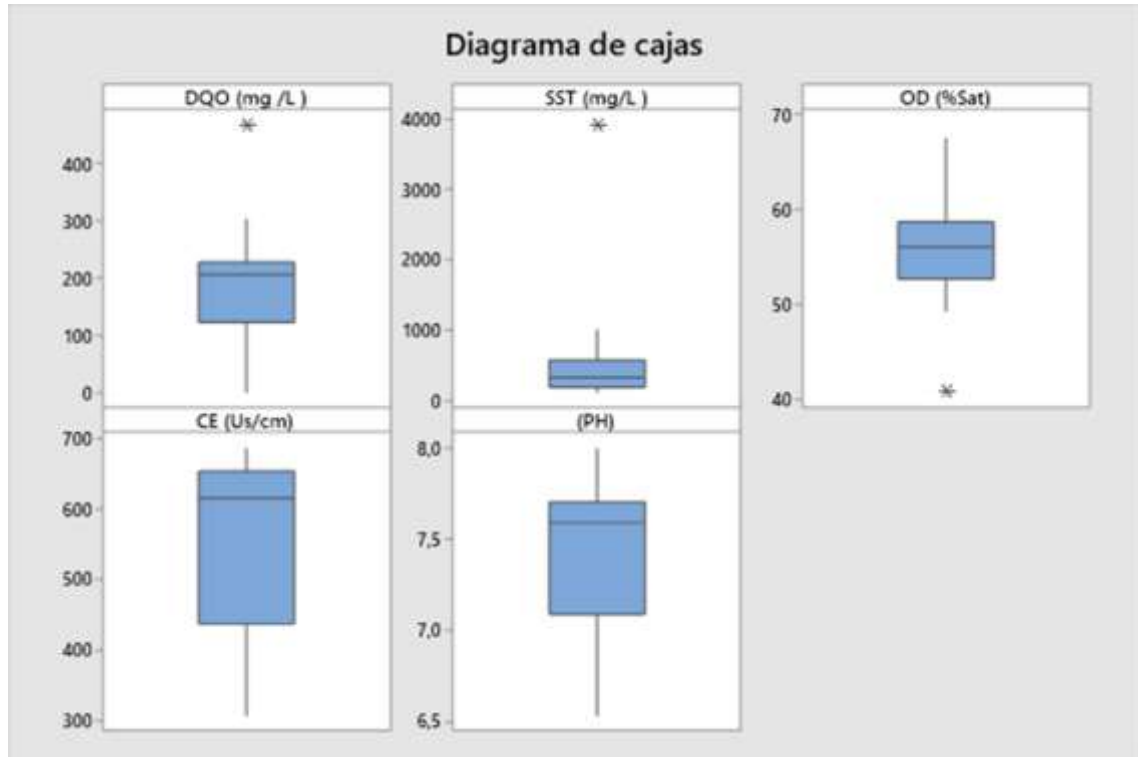
Variable	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
DQO (mg /L)	202,1	41,4	165,6	67,0	128,3	163,0	202,0	780,0
SST (mg/L)	231,9	59,8	239,3	60,0	85,3	171,5	233,0	1000,0
OD (%Sat)	71,63	1,89	7,54	57,32	70,19	72,00	73,24	91,26
CE (uS/cm)	479,2	28,0	112,1	186,1	393,5	520,0	562,0	599,0
(PH)	11,35	3,38	13,50	7,30	7,88	8,01	8,13	7,98

Elaborado por: Cynthia Plasencia

En la siguiente figura se presenta los diagramas de cajas de los parámetros físicos químicos del río Monjas en donde se pueden observar en medianas similares a la media. Además, se aprecian valores atípicos en los parámetros demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales y oxígeno disuelto (Ver figura 12).

Figura 12

Diagramas de cajas de los parámetros físicos químicos del río Monjas

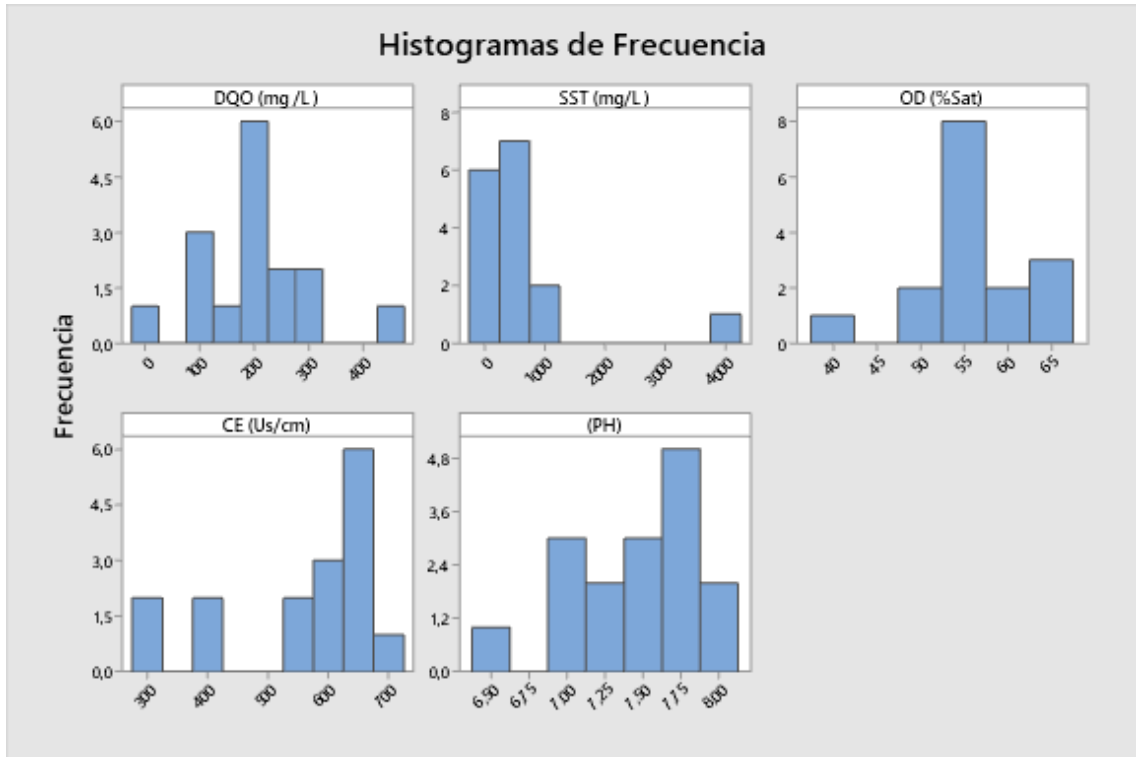


Elaborado por: Cynthia Plasencia

En la siguiente figura se presentan los histogramas de frecuencias de los parámetros físicos químicos del río Monjas. En donde los parámetros de demanda química de oxígeno y oxígeno disuelto presentan una distribución simétrica de sus datos, mientras que el parámetro sólidos suspendidos totales presenta una distribución asimétrica hacia la izquierda, la conductividad eléctrica presenta una distribución asimétrica hacia la derecha y la potencia de hidrogeno presenta una distribución aleatoria (Ver figura 13).

Figura 13

Histograma de frecuencia de los parámetros físicos químicos del río Monjas

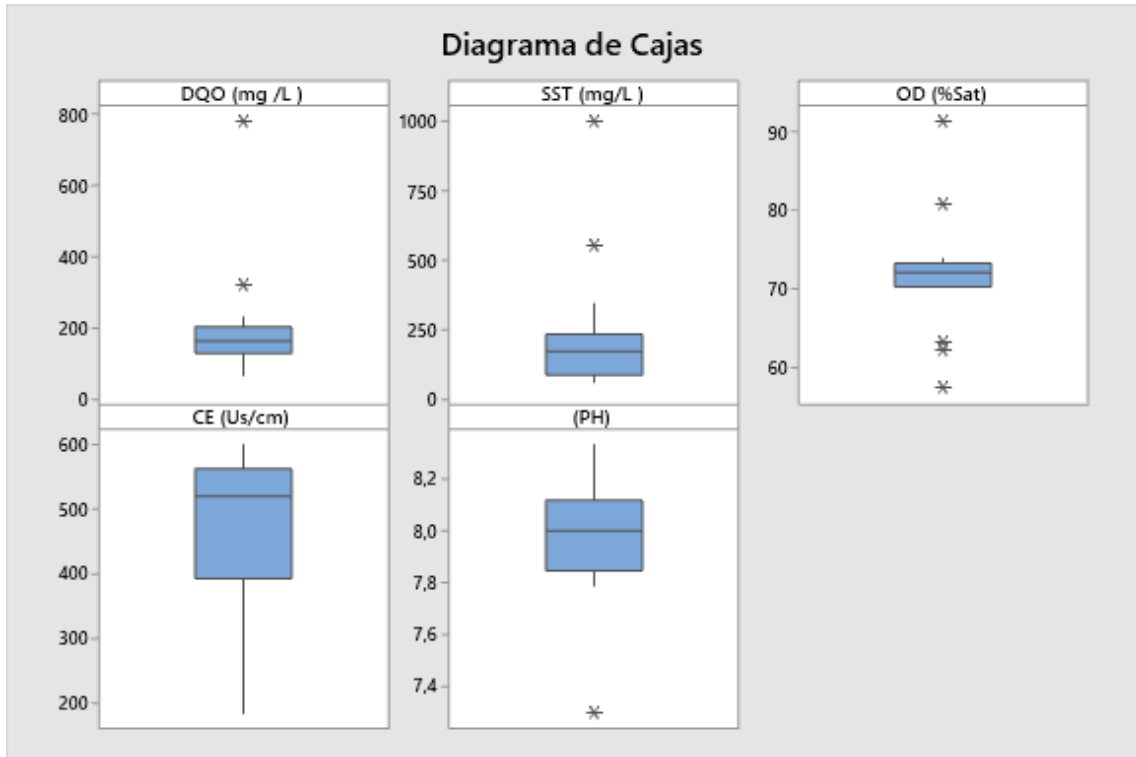


Elaborado por: Cynthia Plasencia

En la figura siguiente se presenta los diagramas de cajas de los parámetros físicos químicos del río Machángara en donde se pueden observar en medianas distintas a la media. Además, se aprecian valores atípicos en los parámetros demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto y potencial de hidrogeno (Ver figura 14).

Figura 14

Diagrama de cajas de los parámetros físico-químicos del río Machángara

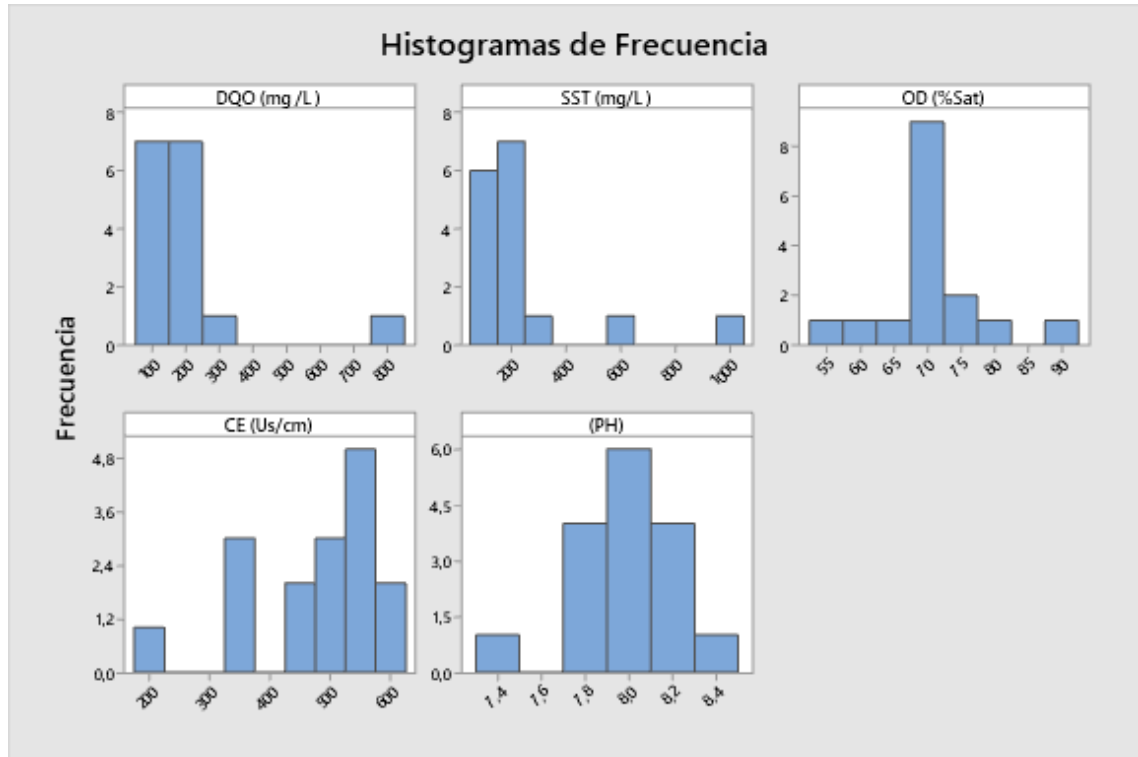


Elaborado por: Cynthia Plasencia

En la figura siguiente se presentan los histogramas de frecuencias de los parámetros físicos químicos del río Machángara. En donde los parámetros demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales presentan una distribución asimétrica hacia la izquierda, mientras que el parámetro oxígeno disuelto presenta una distribución aleatoria, en cambio la conductividad eléctrica presenta una distribución asimétrica hacia la derecha y el potencial de hidrogeno presenta una distribución simétrica (Ver figura 15).

Figura 15

Histogramas de frecuencia de los parámetros físico-químicos del río Machángara



Elaborado por: Cynthia Plasencia

8.14.1. Análisis de valores atípicos

Una vez evaluados cada uno de los posibles valores atípicos en los ríos Monjas y Machángara identificados en el diagrama de cajas se procedió a realizar la prueba de Grubbs, con un nivel de significancia de 0,05 y se tiene los siguientes resultados (Ver tabla 11 y 12).

Tabla 11

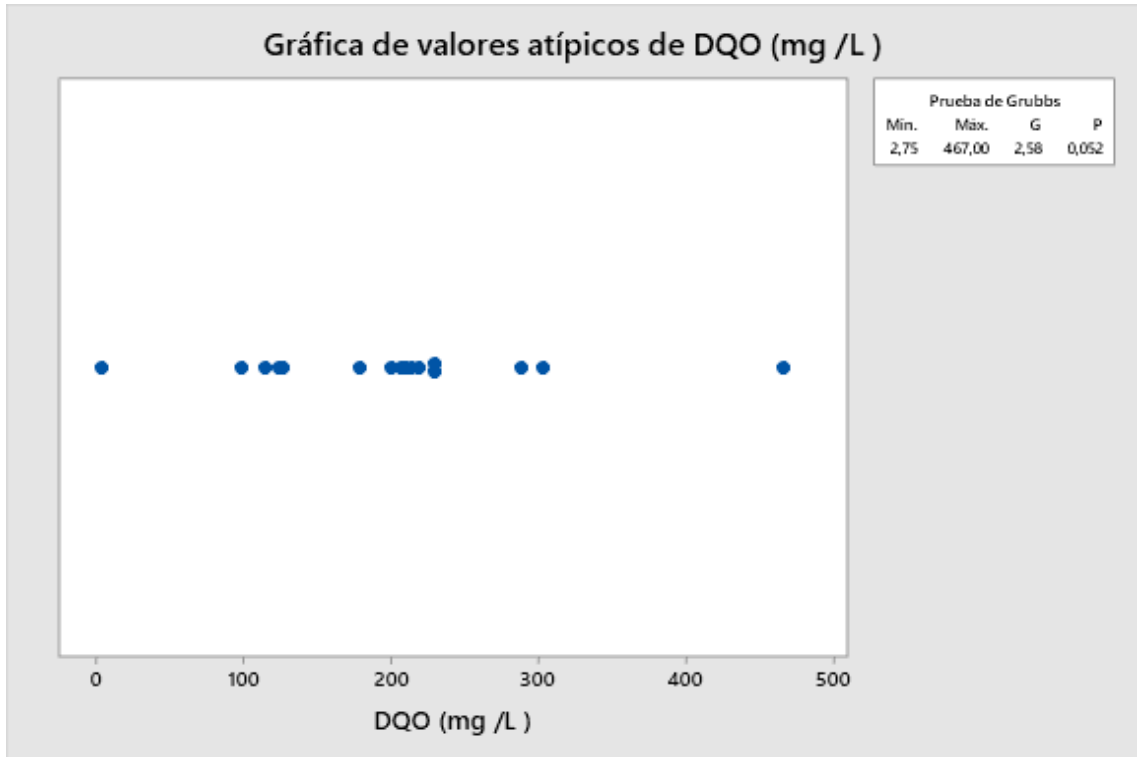
Prueba de Grubbs del río Monjas

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
DQO (mg /L)	16	200,4	103,4	2,8	467,0	2,58	0,052
SST (mg/L)	16	624	919	130	3918	3,58	0,000
OD (%Sat)	16	56,10	6,40	40,81	67,44	2,39	0,126
CE (uS/cm)	16	559,4	129,7	309,0	687,0	1,93	0,661
(PH)	16	7,462	0,401	6,540	8,000	2,30	0,185

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 16

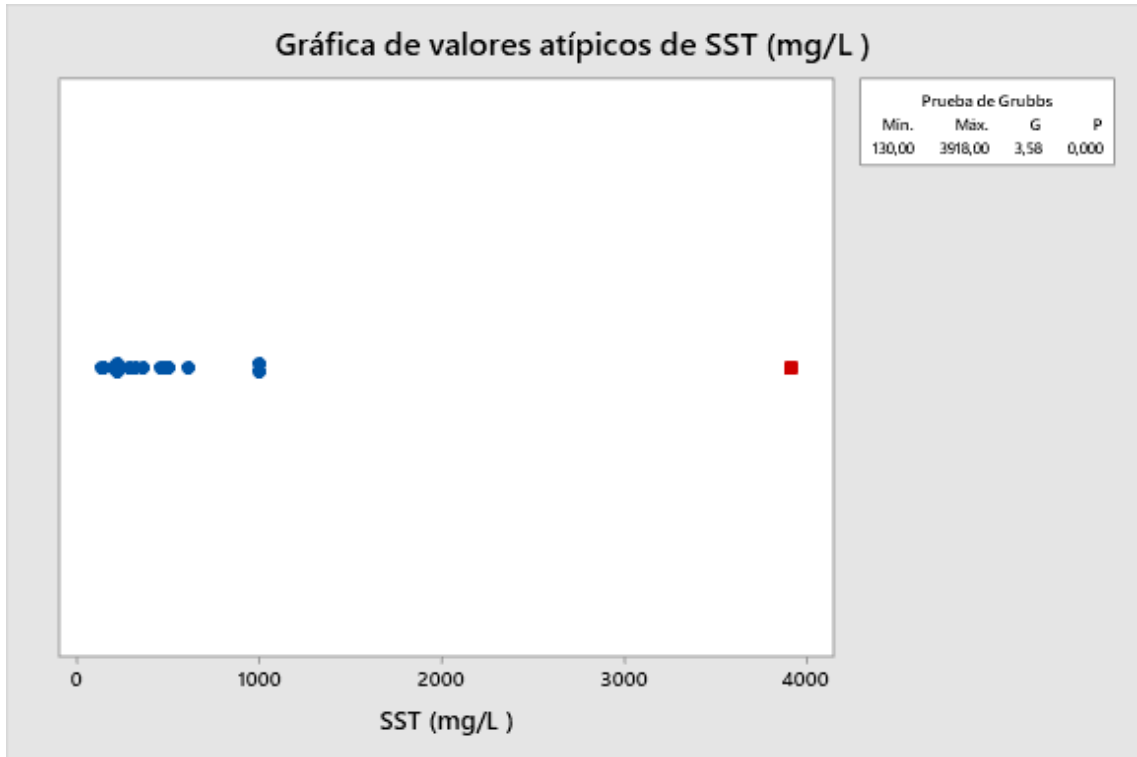
Prueba de Grubbs para el parámetro demanda química de oxígeno del rio Monjas



Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 17

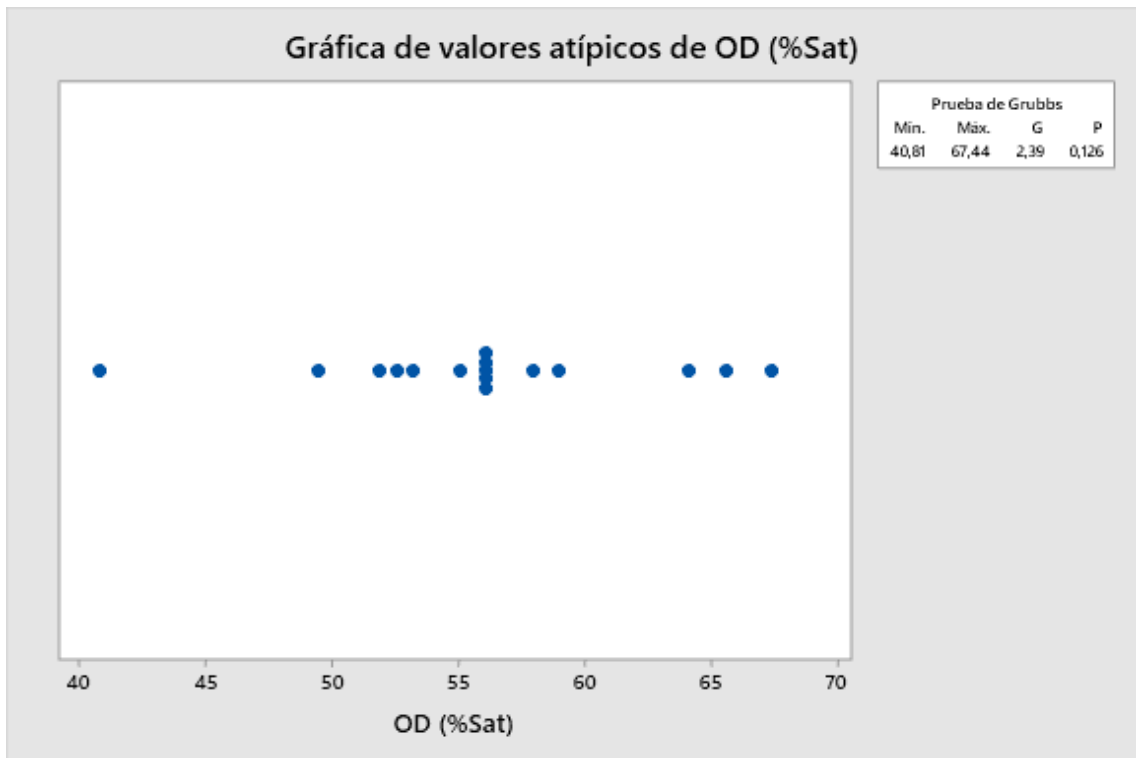
Prueba de Grubbs del parámetro solidos suspendidos totales del río Monjas



Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 18

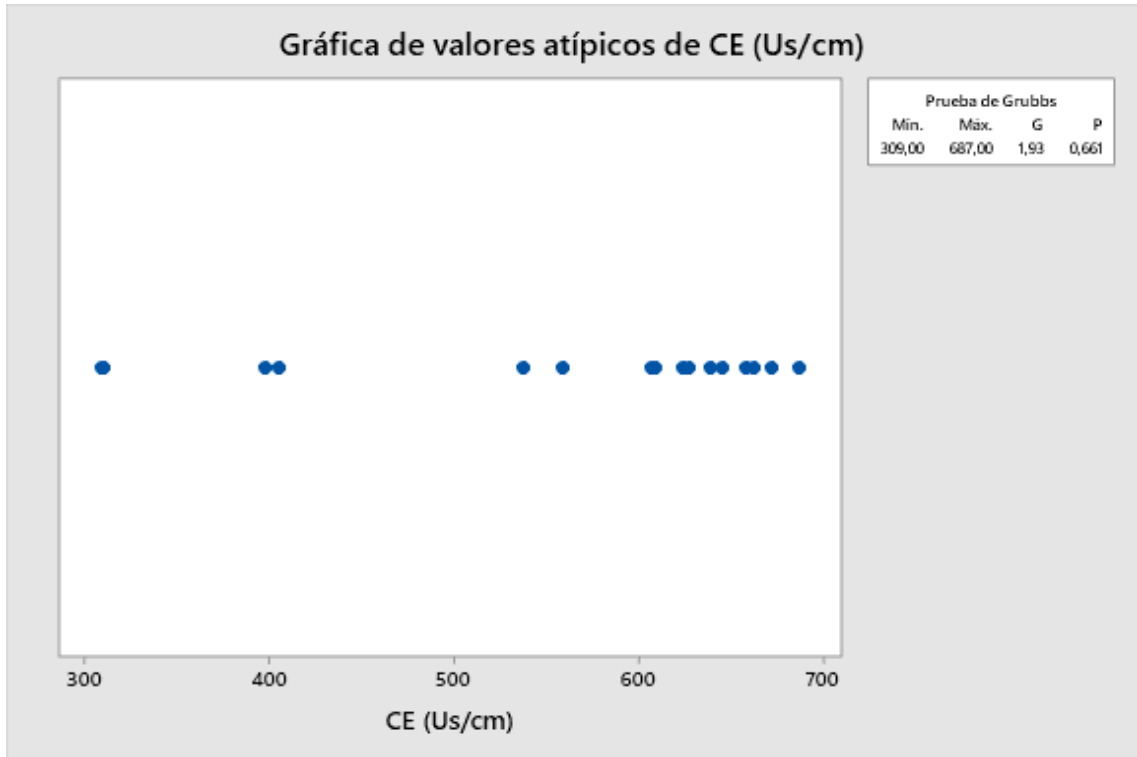
Prueba de Grubbs del parámetro oxígeno disuelto del río Monjas



Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 19

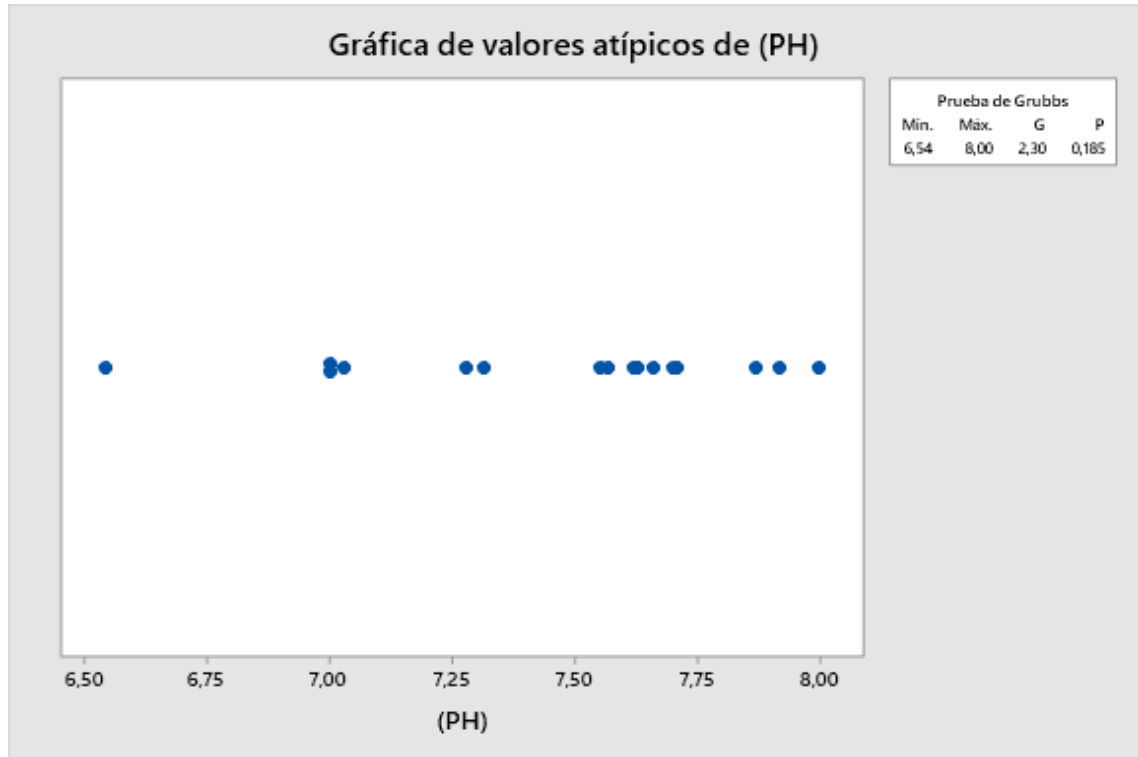
Prueba de Grubbs del parámetro conductividad eléctrica del río Monjas



Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 20

Prueba de Grubbs del parámetro potencial de hidrogeno del río Monjas



Elaborado por: Cynthia Plasencia

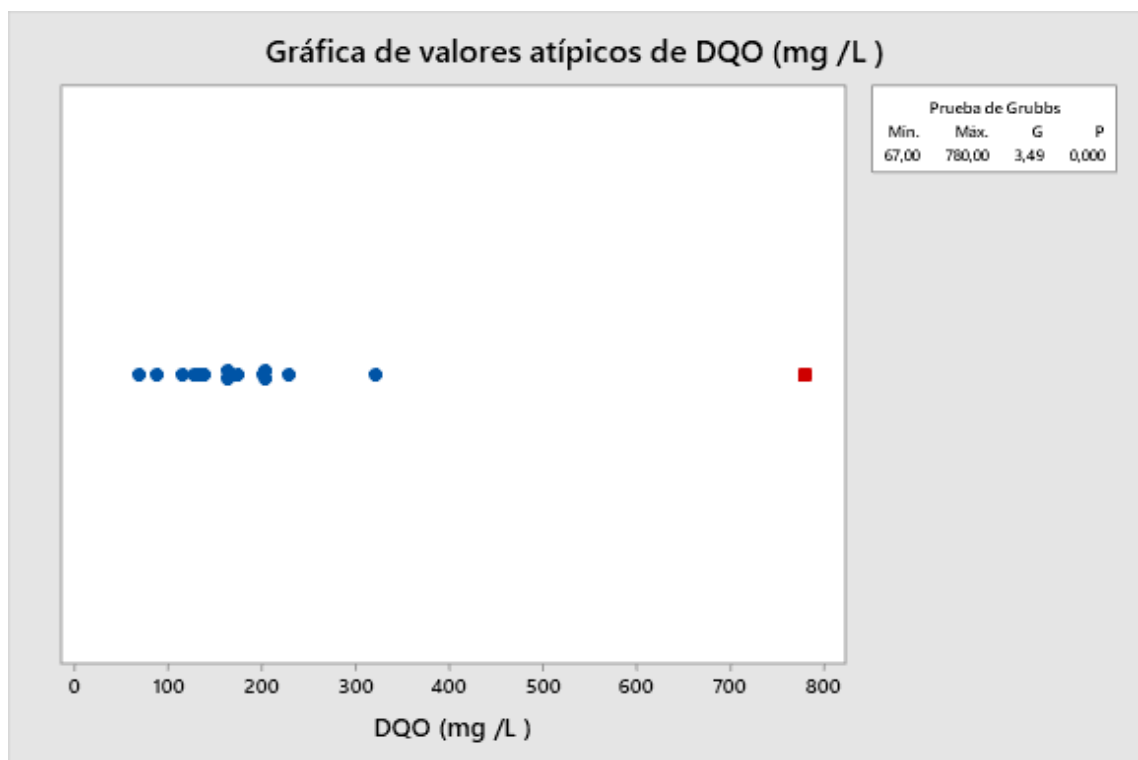
Con la prueba de Grubbs se pudo constatar que existe un valor atípico en el parámetro sólidos suspendidos totales de 3918 mg/ L en el mes de agosto del año 2018 y el mismo que fue remplazado con su media de sus valores inmediatos de 334 mg/L (Ver anexo 1).

Tabla 12

Prueba de Grubbs del río Machángara

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Máx.	G	P
DQO (mg /L)	16	202,1	165,6	67,0	780,0	3,49	0,000
SST (mg/L)	16	231,9	239,3	60,0	1000,0	3,21	0,000
OD (%Sat)	16	71,63	7,54	57,32	91,26	2,60	0,046
CE (uS/cm)	16	479,2	112,1	186,1	599,0	2,62	0,043
(PH)	16	7,96	0,23	7,30	8,33	2,82	0,012

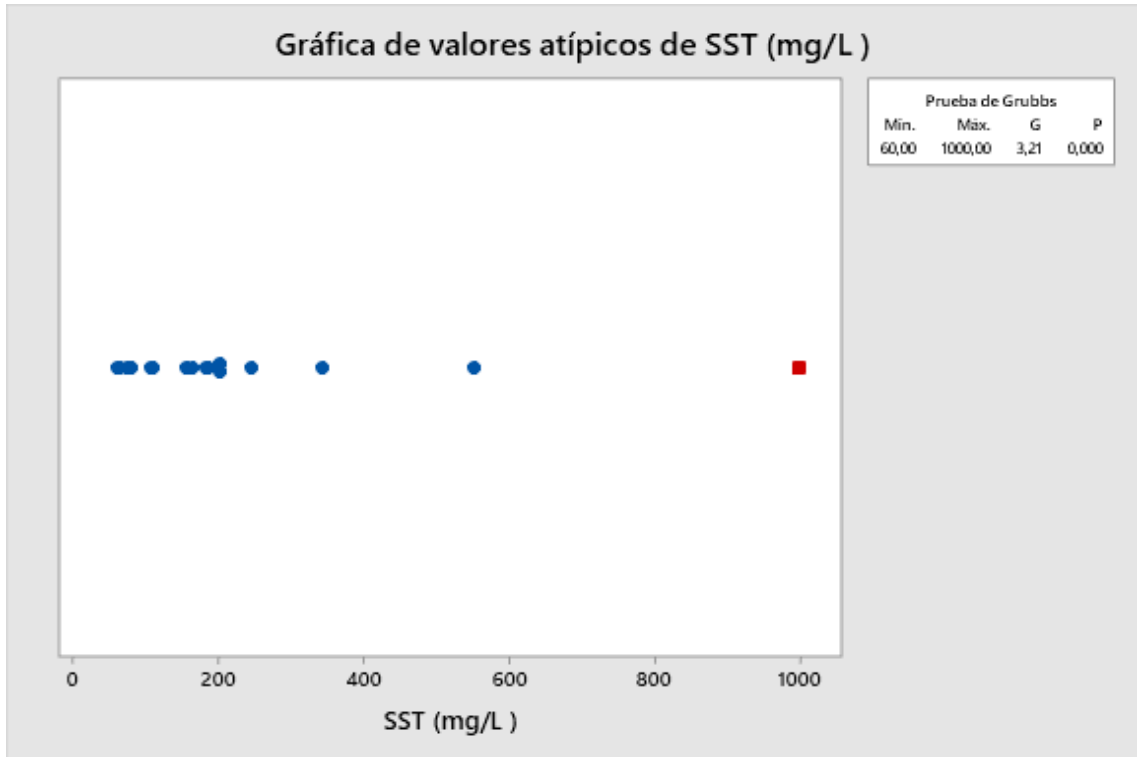
Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 21*Prueba de Grubbs del parámetro demanda química de oxígeno del río Machángara*

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 22

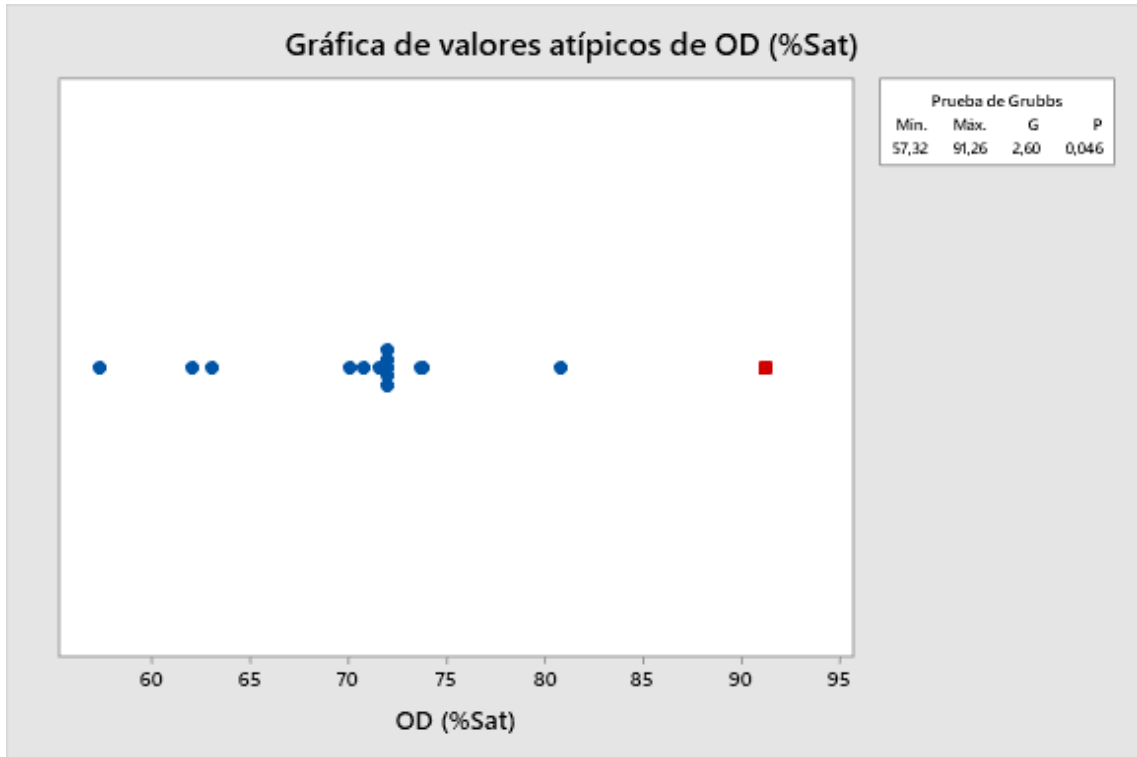
Prueba de Grubbs del parámetro solidos suspendidos totales del río Machángara



Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 23

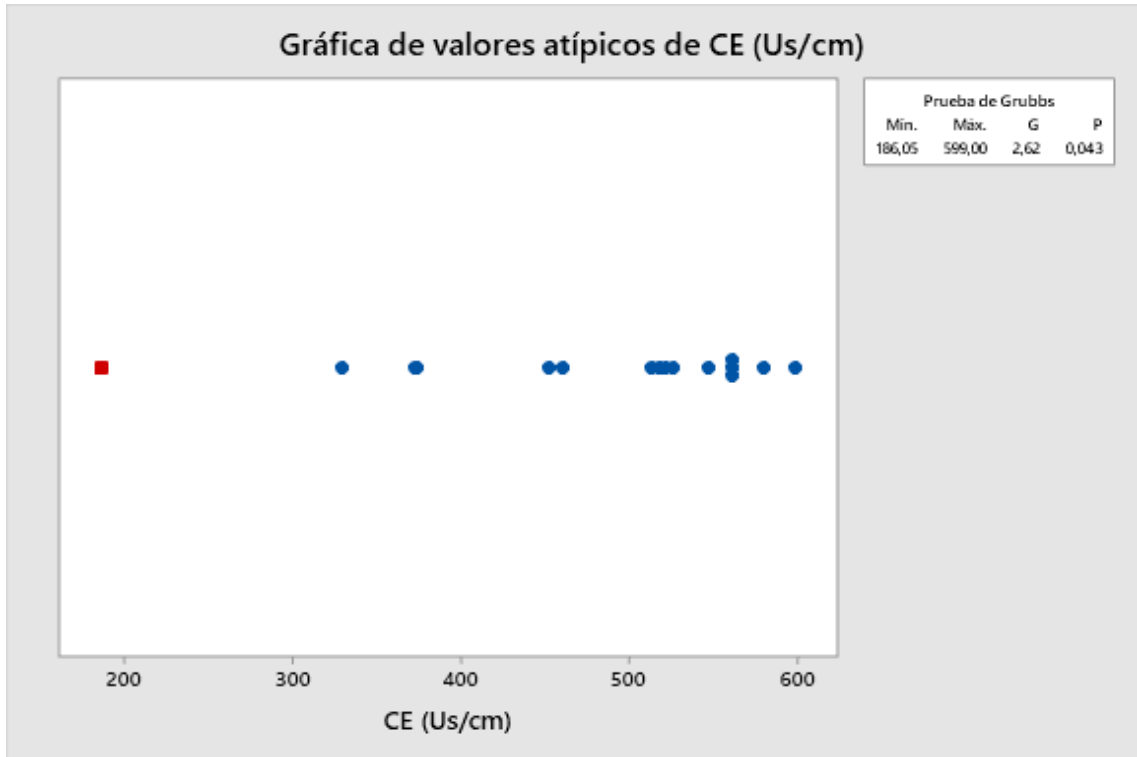
Prueba de Grubbs del parámetro oxígeno disuelto del río Machángara



Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 24

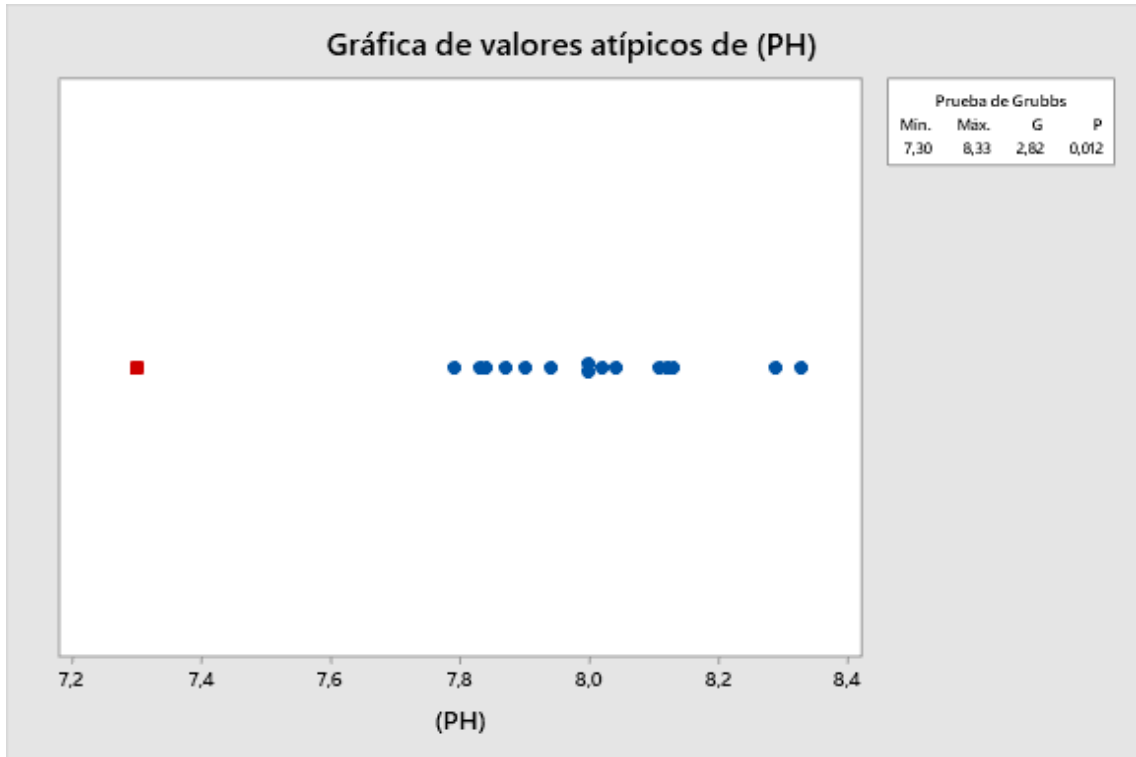
Prueba de Grubbs del parámetro conductividad eléctrica del río Machángara



Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 25

Prueba de Grubbs del parámetro potencial de hidrogeno del río Machángara



Elaborado por: Cynthia Plasencia

Con la prueba de Grubbs se pudo constatar que existe unos valores atípicos en todos los parámetros analizados. Demanda química de oxígeno con 780 mg/L en el mes de marzo del año 2017, solidos suspendidos totales con 1000 mg/L en el mes de marzo del año 2017, oxígeno disuelto con 91,26% saturación en el mes de abril del año 2019, conductividad eléctrica con 186,05 uS/cm en el mes de abril del año 2016 y el potencial de hidrogeno con 7,30 en el mes de abril del año 2016.

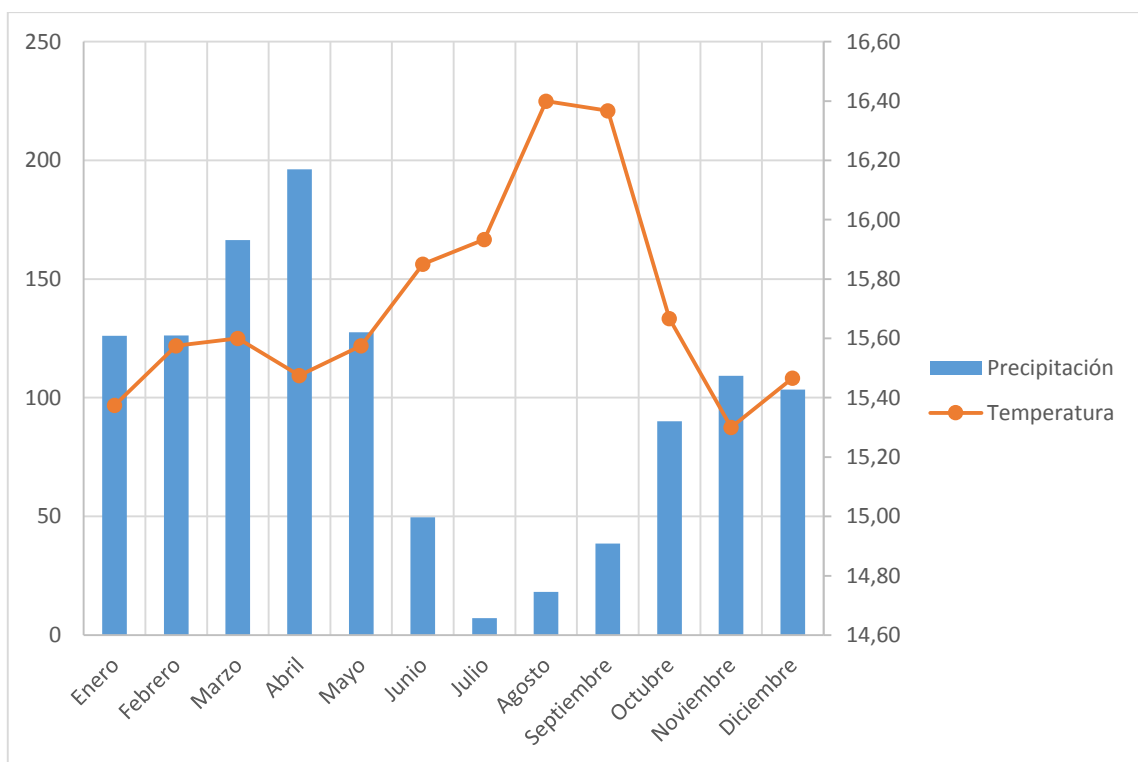
Se conoce que el rio Machángara es uno de los ríos del Distrito Metropolitano de Quito que presenta mayor contaminación por lo que se consideró no realizar el remplazo de valores atípicos.

8.15. Características Hidroclimáticas

Los datos de precipitación y temperatura del periodo 2016 – 2019, fueron tomados del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) de la estación meteorológica INNAQUITO (M0024), ubicada en el cantón Quito de la estación más cercana a los ríos Monjas y Machángara (Ver figura 26).

Figura 26

Régimen pluviométrico de la estación INNAQUITO en el periodo 2016-2019



Elaborado por: Cynthia Plasencia

En la figura 26 se puede observar que la zona de estudio presenta una distribución de precipitaciones bimodal, siendo la época de lluvia en los meses de enero a mayo donde la temperatura baja; octubre a diciembre y la época seca los meses de julio y septiembre donde la temperatura es más alta.

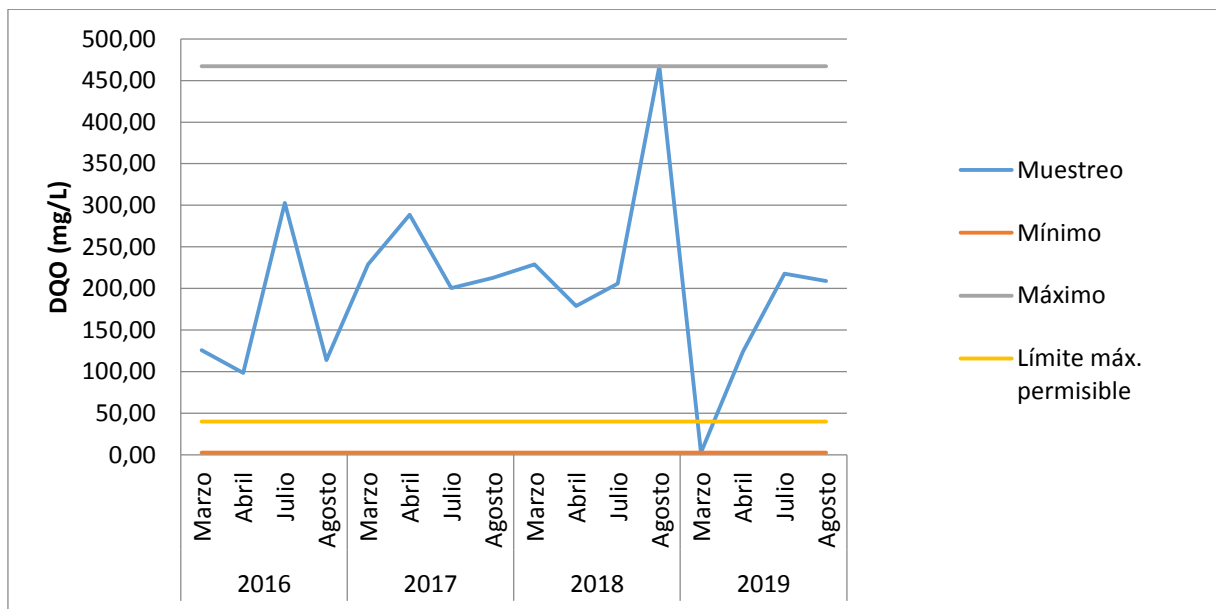
8.16. Tabulación y análisis de parámetros fisicoquímicos del río Monjas

A continuación, se muestra el análisis de la variación de los parámetros fisicoquímicos del río Monjas y los límites máximos permisibles de la legislación vigente TULSMA según Acuerdo Ministerial 097 A de los meses de marzo, abril, julio y agosto del periodo 2016-2019.

8.16.1. Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) del río Monjas

Figura 27

Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) del río Monjas y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.



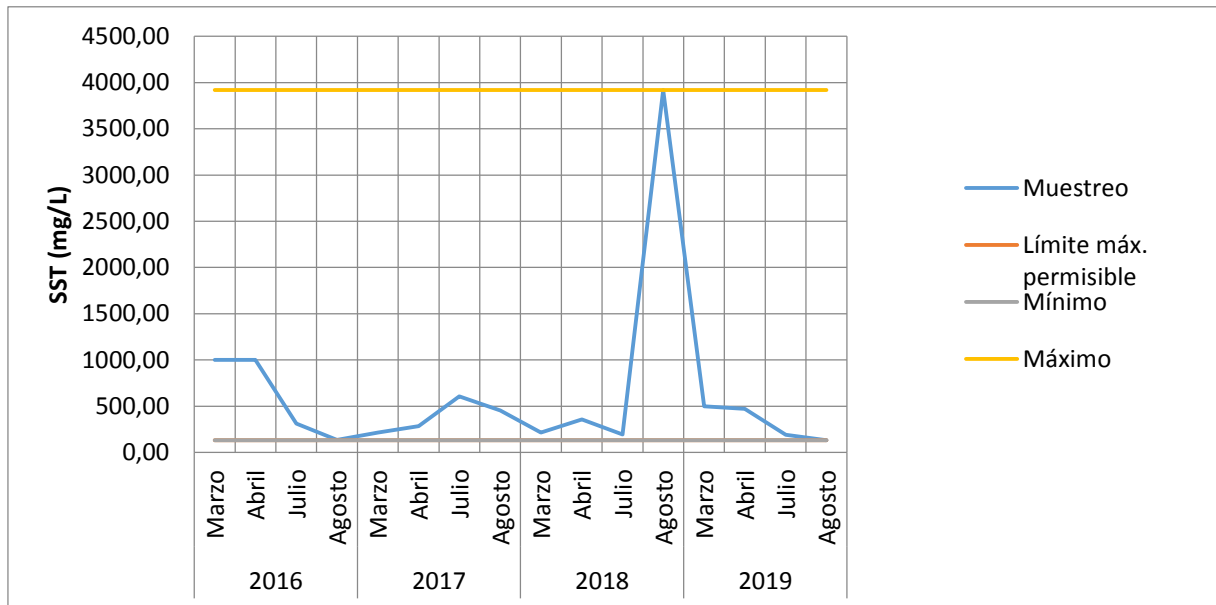
Elaborado por: Cynthia Plasencia

La demanda química de oxígeno para el río Monjas en los años 2016, 2017, 2018 y 2019 presentó un valor promedio interanual de 200,45 mg/L, su valor máximo de 467 mg/l en el mes de agosto del año 2018 y su valor mínimo de 2,75 mg/L en el mes de marzo del año 2019; según el Acuerdo Ministerial del Decreto 097 A de la Tabla 2 del anexo 1 del libro VI de TULSMA sobre criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios sugiere un valor máximo de 40 mg/L de demanda química de oxígeno, por lo tanto no cumple con la normativa vigente.

8.16.2. Parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST) del río Monjas

Figura 28

Parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST) del río Monjas y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.



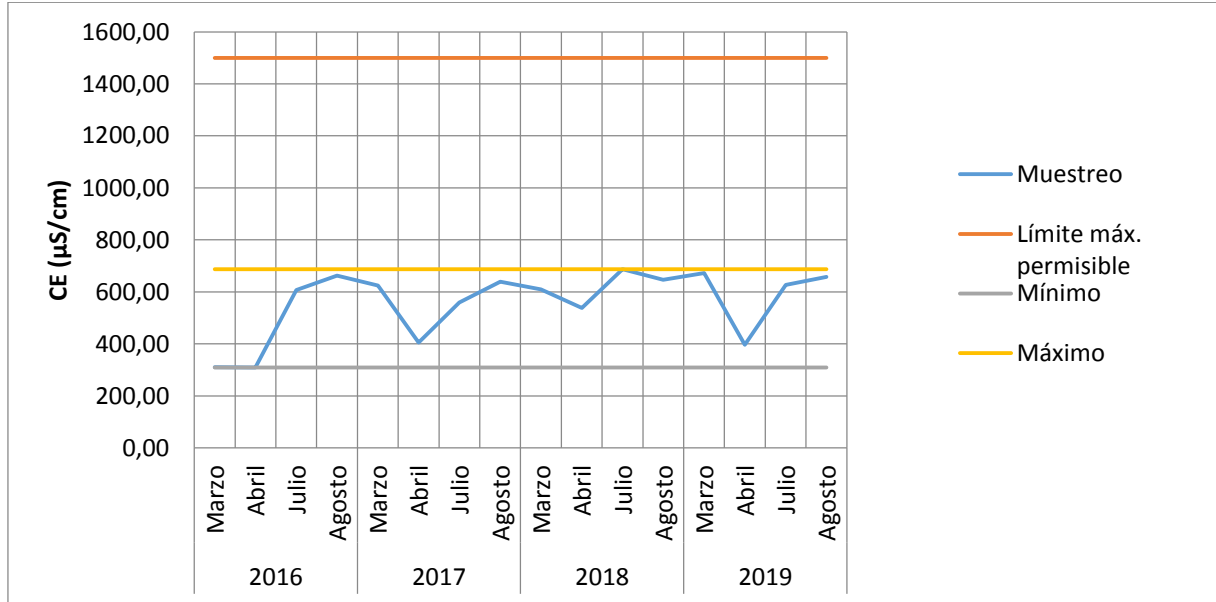
Elaborado por: Cynthia Plasencia

Los sólidos suspendidos totales para el río Monjas en los años 2016, 2017, 2018, 2019 presento un valor promedio interanual de 400,34375 mg/L, su valor máximo de 1000 mg/L para los meses de marzo y abril del año 2016 y su valor mínimo de 130 mg/L en el mes de agosto del año 2019, según Acuerdo Ministerial del Decreto 097 A de la Tabla 2 del anexo 1 del libro VI de TULSMA sobre criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios sugiere un valor máximo incremento del 10% de condición natural de 1000 mg/L, por lo tanto cumple con la normativa vigente.

8.16.3. Parámetro Conductividad Eléctrica (CE) del río Monjas

Figura 29

Parámetro Conductividad Eléctrica (CE) del río Monjas.



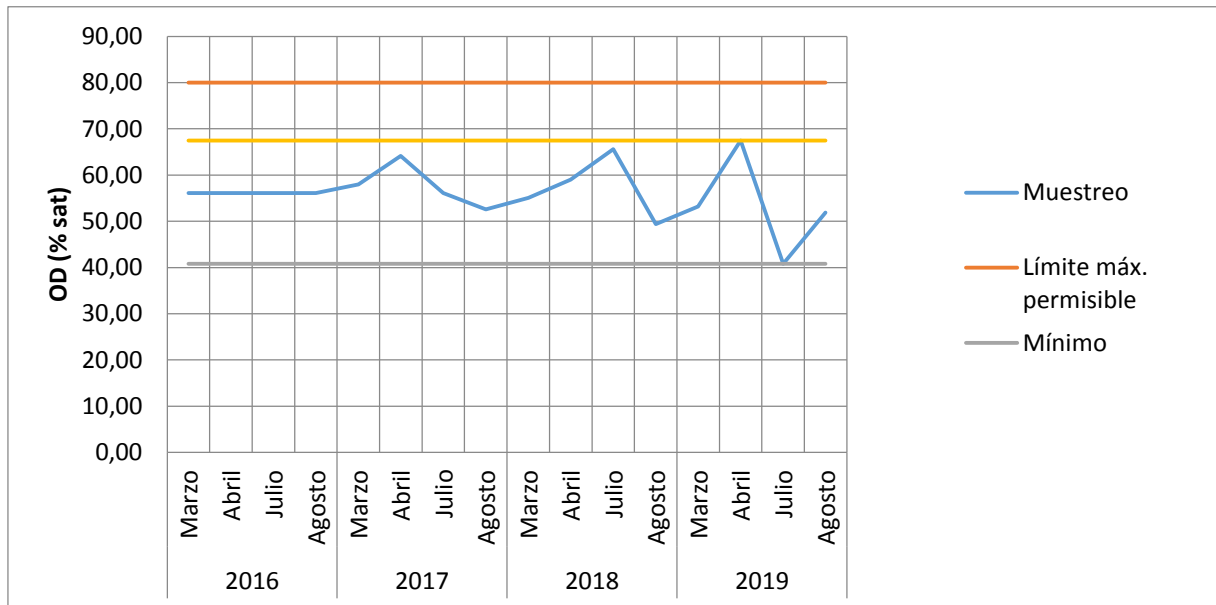
Elaborado por: Cynthia Plasencia

La conductividad eléctrica para el río Monjas en los años 2016, 2017, 2018 y 2019 presento un valor promedio interanual de 559,375 uS/cm, su valor máximo de 687 uS/cm en el mes de julio del 2018 y su valor mínimo de 309 uS/cm en el mes de abril del 2016.

8.16.4. Parámetro Oxígeno Disuelto (OD) de río Monjas

Figura 30

Parámetro Oxígeno Disuelto (OD) de río Monjas y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.



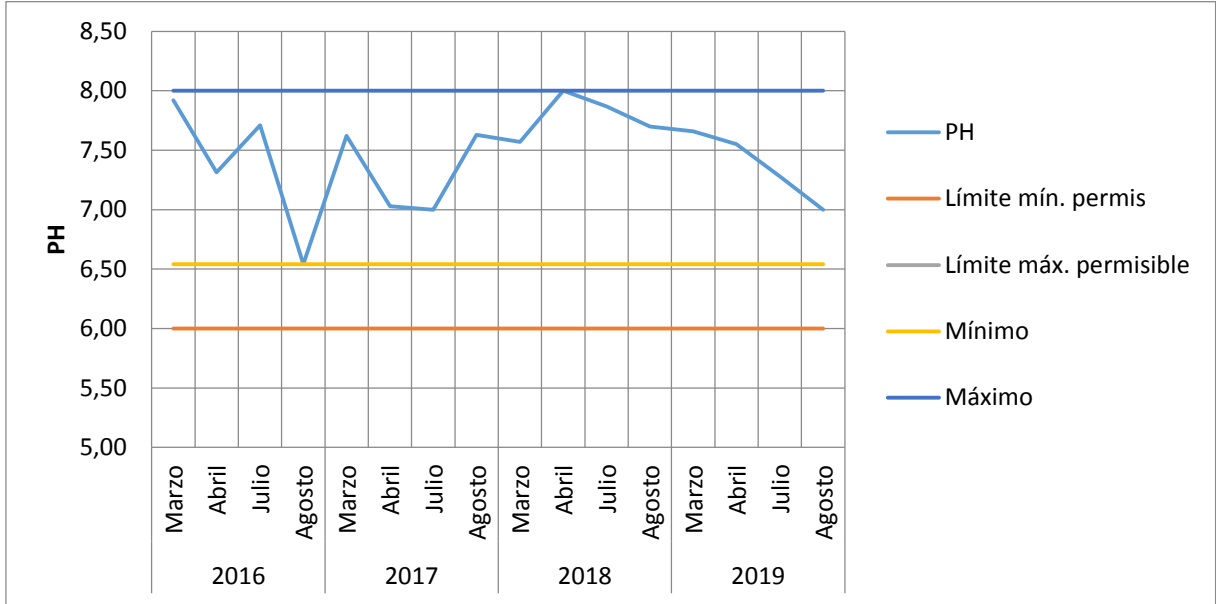
Elaborado por: Cynthia Plasencia

El oxígeno disuelto para el río Monjas en los años 2016, 2017, 2018 y 2019 presentó un valor promedio interanual de 56,103125 % de saturación, su valor máximo de 67,44 % de saturación en el mes de abril del año 2019 y su valor mínimo de 40,81% de saturación en el mes de julio del año 2019; según Acuerdo Ministerial del Decreto 097 A de la Tabla 2 del anexo 1 del libro VI de TULSMA sobre criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios sugiere un valor máximo de 80 % de saturación, por lo tanto el oxígeno disuelto en este estudio cumple con la normativa vigente.

8.16.5. Parámetro Potencial Hidrógeno (PH) del río Monjas

Figura 31

Parámetro Potencial Hidrógeno (PH) del río Monjas y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.



Elaborado por: Cynthia Plasencia

El potencial de hidrogeno para el río Monjas de los años 2016, 2017, 2018, 2019 presento un valor promedio interanual de 7,4621875 pH, su valor máximo de 8 pH en el mes de abril 2018 y su valor mínimo de 6,54 pH en el mes de agosto del año 2016; según Acuerdo Ministerial del Decreto 097 A de la Tabla 2 del anexo 1 del libro VI de TULSMA sobre criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios sugiere un valor máximo de 6,5- 9 pH de potencial de hidrogeno, por lo tanto cumple con la normativa vigente.

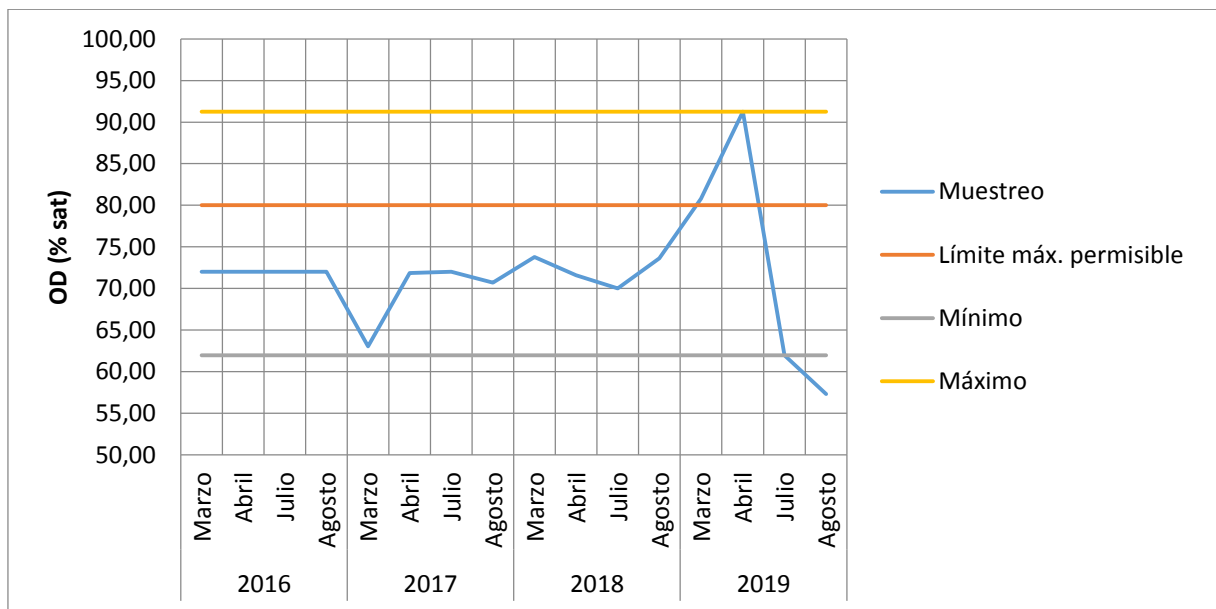
8.17. Tabulación y análisis de parámetros fisicoquímicos del río Machángara

De igual manera, se muestra el análisis de la variación de los parámetros fisicoquímicos del río Machángara y los límites máximos permisibles de la legislación vigente TULSMA del Acuerdo Ministerial de los meses de marzo, abril, julio y agosto del periodo 2016-2019.

8.17.1. Parámetro Oxígeno Disuelto (OD) del río Machángara

Figura 32

Parámetro Oxígeno Disuelto (OD) del río Machángara y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.



Elaborado por: Cynthia Plasencia

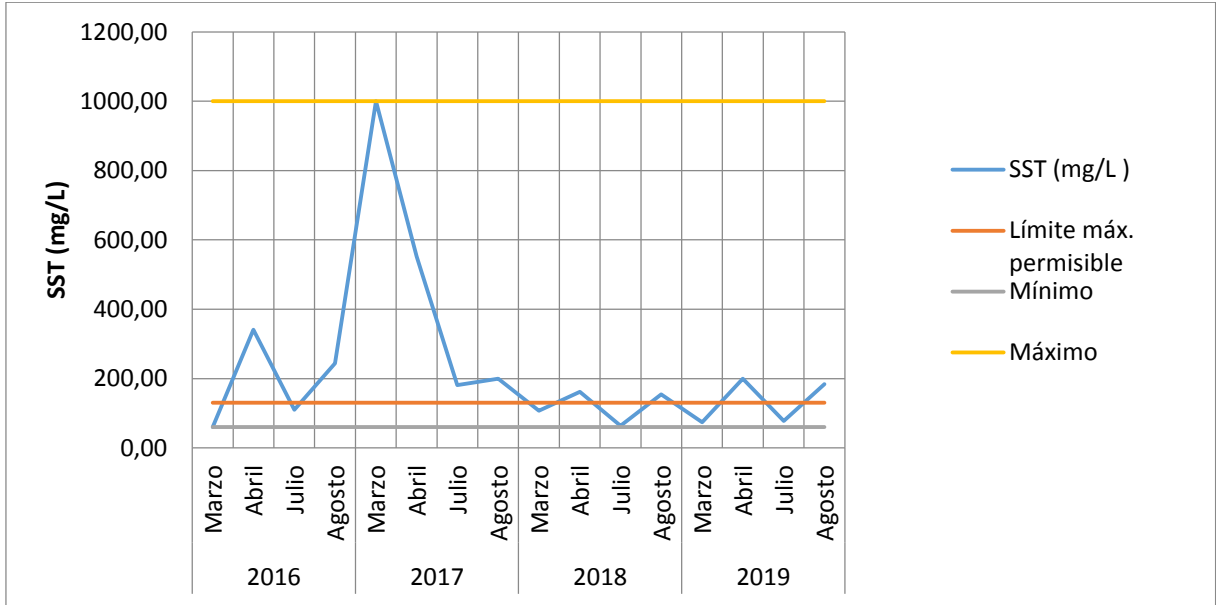
El oxígeno disuelto para el río Machángara en los años 2016, 2017, 2018 y 2019 presentó un valor promedio interanual de 71,6275% de saturación, su valor máximo de 91,26% de saturación en el mes de abril del año 2019 y su valor mínimo de 57,32% de saturación en el mes de agosto del año 2019; según Acuerdo Ministerial del Decreto 097 A de la Tabla 2 del anexo 1 del libro VI de TULSMA sobre criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios sugiere un valor máximo de 80 % de saturación, por lo tanto el oxígeno disuelto en este estudio cumple con la normativa vigente.

8.17.2. Parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST) del río Machángara

Figura 33

Parámetro Sólidos Suspendidos Totales (SST) del río Machángara y los Límites Máximos

Permisibles TULSMA.



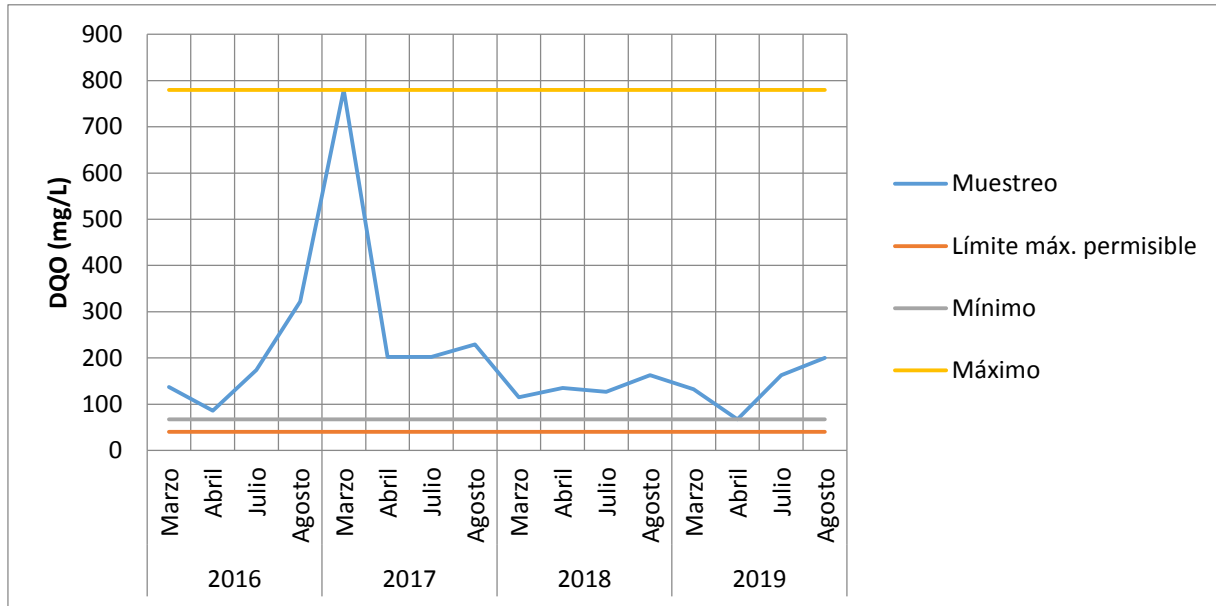
Elaborado por: Cynthia Plasencia

Los sólidos suspendidos totales para el río Machángara en los años 2016, 2017, 2018, 2019 presento un valor promedio interanual de 231,9375mg/L, su valor máximo de 1000 mg/L en el mes de marzo del año 2017 y su valor mínimo de 60 mg/L en el mes de marzo del año 2016, según Acuerdo Ministerial del Decreto 097 A de la Tabla 2 del anexo 1 del libro VI de TULSMA sobre criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios sugiere un valor máximo incremento del 10% de condición natural de 1000 mg/L, por lo tanto cumple con la normativa vigente.

8.17.3. Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) del río Machángara

Figura 34

Parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) del río Machángara y los Límites Máximos Permisibles TULSMA.



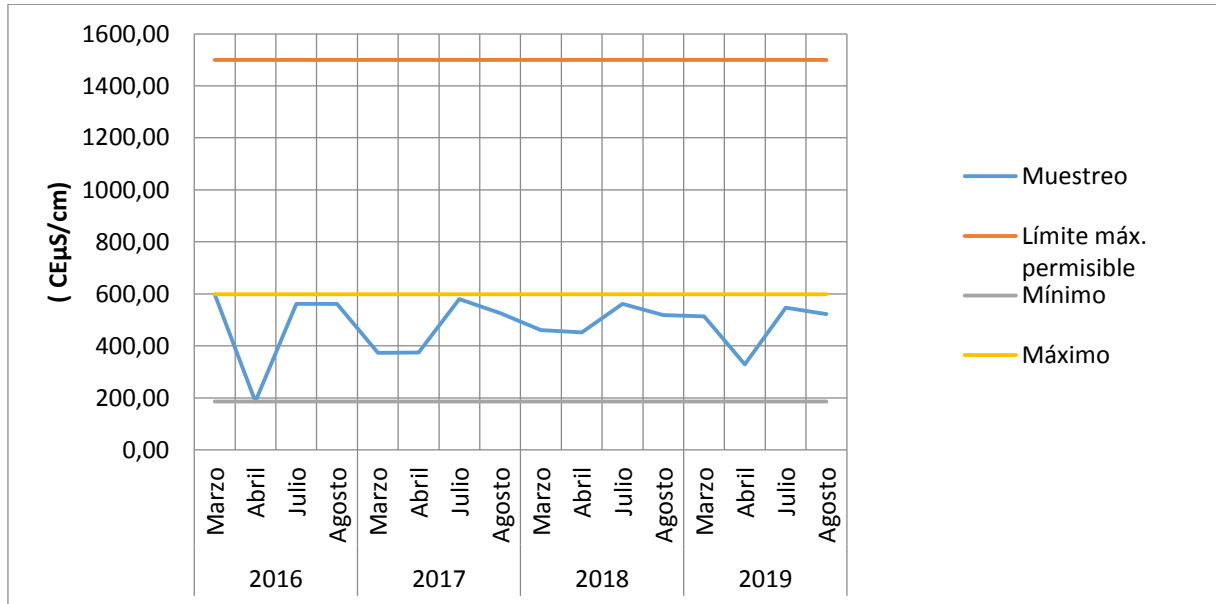
Elaborado por: Cynthia Plasencia

La demanda química de oxígeno para el río Machángara en los años 2016, 2017, 2018, 2019, presento un valor promedio interanual de 202,125 mg/L, su valor máximo de 780 mg/L en el mes de marzo del año 2017 y su valor mínimo de 67 mg/L en el mes de abril del año 2019; según Acuerdo Ministerial del Decreto 097 A de la Tabla 2 del anexo 1 del libro VI de TULSMA sobre criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios sugiere un valor máximo de 40 mg/L de demanda química de oxígeno, por lo tanto no cumple con la normativa vigente.

8.17.4. Parámetro Conductividad eléctrica (CE) del río Machángara

Figura 35

Parámetro Conductividad eléctrica (CE) del río Machángara



Elaborado por: Cynthia Plasencia

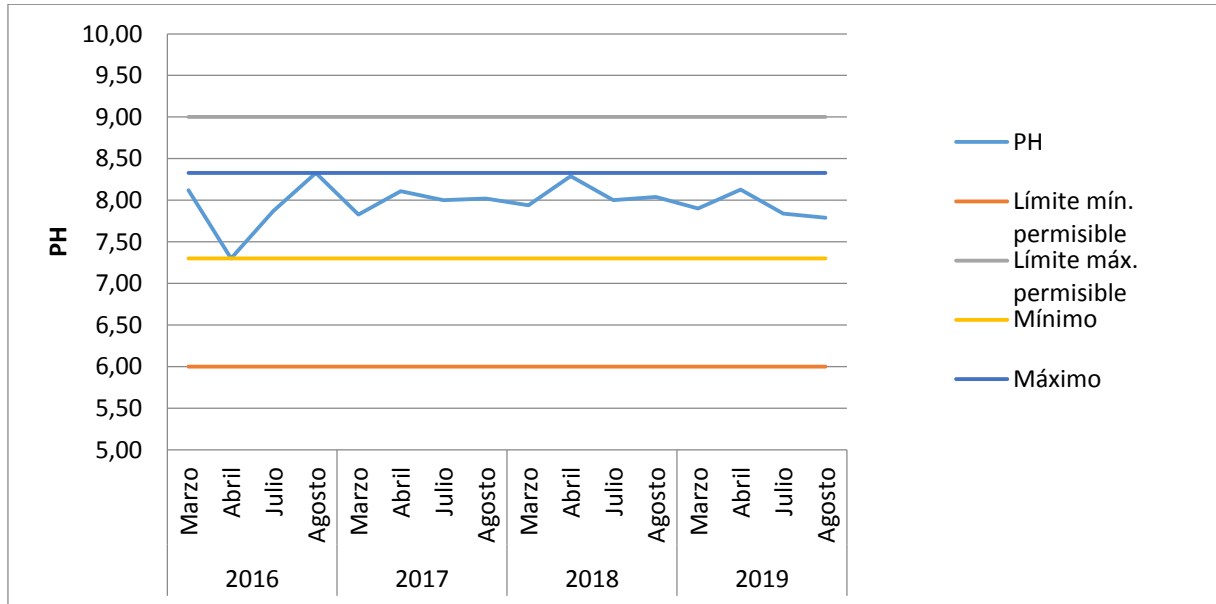
La conductividad eléctrica para el río Machángara en los años 2016, 2017, 2018 y 2019 presento un valor promedio interanual de 479,190625uS/cm, su valor máximo de 599uS/cm en el mes de marzo del año 2016 y su valor mínimo de 186,05 uS/cm en el mes de abril del 2016.

8.17.5. Parámetro Potencia Hidrogeno (PH) del río Machángara

Figura 36

Parámetro Potencial Hidrógeno (PH) del río Machángara y los Límites Máximos Permisibles

TULSMA.



Elaborado por: Cynthia Plasencia

El potencial de hidrogeno para el río Machángara de los años 2016, 2017, 2018, 2019 presento un valor promedio interanual de 7,969375pH, su valor máximo de 8,33 pH en el mes de agosto del año 2016 y su valor mínimo de 7,3 pH en el mes de abril del año 2016; según Acuerdo Ministerial del Decreto 097 A de la Tabla 2 del anexo 1 del libro VI de TULSMA sobre criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios sugiere un valor máximo de 6,5- 9 pH de potencial de hidrogeno, por lo tanto cumple con la normativa vigente.

8.18. Determinación de índice de calidad del agua ICA UWQI-IDEAM

8.18.1. Manejo de datos para época lluviosa y seca del río Monjas

Se aplicó la ecuación de la media aritmética a la base de datos tratando el valor atípico más extremo correspondiente al parámetro de sólidos suspendidos totales del mes de agosto de 2018, los demás valores atípicos no se trataron debido a que son datos de muestreo de pruebas reales científicamente comprobadas y el resultado final reflejaría valores erróneos e irreales, se consideraron los meses de marzo y abril como época lluviosa y los meses de julio y agosto como época seca para los años 2016-2019,(Ver tabla 13).

Tabla 13

Datos para época lluviosa y seca de los parámetros fisicoquímicos del río Monjas

Año	Temporada climática	Mes	OD (%Sat)	SST (mg/L)	DQO (mg /L)	CE (Us/cm)	PH
2016	LLUVIA	Marzo- Abril	56,10	1000,00	112,25	309,50	7,62
	SECA	Julio- Agosto	56,10	222,75	208,50	635,00	7,13
2017	LLUVIA	Marzo- Abril	61,07	249,50	258,75	514,50	7,33
	SECA	Julio- Agosto	54,35	528,50	206,73	599,00	7,32
2018	LLUVIA	Marzo- Abril	57,05	287,00	204,00	573,50	7,79
	SECA	Julio- Agosto	57,52	263,00	336,50	666,50	7,79
2019	LLUVIA	Marzo- Abril	60,32	486,00	63,38	534,50	7,61
	SECA	Julio- Agosto	46,34	160,00	213,50	642,50	7,14

Elaborado por: Cynthia Plasencia

8.18.2. Cálculo del subíndice de calidad (*I*) de agua (UWQI) del río Monjas.

Los cálculos del subíndice de calidad (UWQI) se obtuvieron mediante la aplicación de las relaciones funcionales (ecuaciones) de cada parámetro de estudio en relación a la magnitud de concentración de variable fisicoquímicas muestreadas, los valores se describen en la (Ver tabla 14),

Tabla 14

Cálculo del subíndice de calidad de agua índice universal de calidad de agua (UWQI) de los parámetros fisicoquímicos del río Monjas.

AÑO	MES	OD (%Sat)	SST (mg/L)	DQO (mg /L)	CE (uS/cm)	PH
2016	Marzo-					
	Abril	0,56	0	0,13	0,81	1
	Julio-					
2017	Agosto	0,56	0,35	0,13	0,19	1
	Marzo-					
	Abril	0,61	0,27	0,13	0,47	1
2018	Julio-					
	Agosto	0,54	0	0,13	0,28	1
	Marzo-					
2019	Abril	0,57	0,16	0,13	0,34	1
	Julio-					
	Agosto	0,58	0,23	0,13	0,11	1
2019	Marzo-					
	Abril	0,60	0	0,26	0,43	1
	Julio-					
	Agosto	0,46	0,54	0,13	0,17	1

Elaborado por: Cynthia Plasencia

8.18.3. Cálculo del ICA según la metodología de Índice Universal de Calidad de Agua de los parámetros fisicoquímicos del río Monjas.

El ICA se evaluó considerando la condición climática para cada año como época lluviosa y seca, mediante la ecuación 1 y 2 según (IDEAM, 2015), la misma que considera la suma ponderada para el cálculo ICA mediante la metodología UWQI simplificada para cuerpos de agua superficiales de consumo humano para cinco variables de estudio, donde se tomaron en cuenta el peso de ponderación para cada uno de los parámetros descritos en la (Ver tabla 5), y el valor del subíndice correspondiente a cada variable. Las mismas que se encuentran realizadas los cálculos por época seca y lluviosa considerando con tal los meses de marzo y abril como época lluviosa del periodo 2016-2019, también se considera la época seca en los meses de julio y agosto del periodo 2016-2019 (Ver anexo 6-9) época lluviosa, (Ver anexo 10-13) época seca.

8.18.4. Índice de calidad del agua según la metodología (UWQI) para el río Monjas

Los resultados del índice de calidad del agua se plasman en la (tabla 15), de acuerdo a la categoría que toma el indicador evaluando en un rango de 0 a 1, según la clasificación de calidad, (Ver tabla 6).

Tabla 15

Índice de calidad de agua estación río Monjas por época seca y lluviosa

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ESTACIÓN RÍO MONJAS					
TEMPORADA CLIMÁTICA	AÑO	ICA- UWQI- IDEAM	Clasificación UWQI	IDEAM- UWQI promedio	Clasificación IDEAM-UWQI promedio
ÉPOCA LLUVIOSA	2016	0,50	Mala	0,48	Mala
	2017	0,52	Regular		
	2018	0,44	Mala		
	2019	0,46	Mala		
ÉPOCA SECA	2016	0,45	Mala	0,43	Mala
	2017	0,39	Mala		
	2018	0,41	Mala		
	2019	0,46	Mala		

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Según la metodología (UWQI) aplicada en el río Monjas, en la época lluviosa la calidad de agua es mala con un promedio de 0,48 para los años 2016,2018 y 2019, en el año 2017 se observa calidad de agua regular con un promedio de 0,52, se puede observar también que en la época seca la calidad de agua es mala con un promedio de 0,43 para los años 2016- 2019 por lo siguiente el uso adecuado sería para fines recreacionales por contacto indirecto.

8.19. Manejo de datos para época lluviosa y seca del río Machángara

Se aplicó la ecuación de la media aritmética a la base de datos sin valores atípicos procesando los parámetros físicos-químicos, considerando los meses de marzo y abril como época lluviosa y los meses de julio y agosto como época seca para los años 2016-2019 (Ver tabla 16).

Tabla 16

Datos para época lluviosa y seca de los parámetros fisicoquímicos del río Machángara

Año	Temporada climática	Mes	OD (%Sat)	SST (mg/L)	DQO (mg /L)	CE (uS/cm)	PH
2016	LLUVIOSA	Marzo- Abril	72,00	200,50	111,50	392,53	7,71
	SECA	Julio- Agosto	72,00	177,00	248,00	562,00	8,10
2017	LLUVIOSA	Marzo- Abril	67,46	776,00	491,00	373,50	7,97
	SECA	Julio- Agosto	71,36	190,50	215,50	553,00	8,01
2018	LLUVIOSA	Marzo- Abril	72,70	134,50	125,00	456,50	8,12
	SECA	Julio- Agosto	71,84	109,00	145,00	540,00	8,02
2019	LLUVIOSA	Marzo- Abril	86,03	137,00	99,50	421,50	8,02
	SECA	Julio- Agosto	59,65	131,00	181,50	534,50	7,82

Elaborado por: Cynthia Plasencia

8.19.1. Cálculo del subíndice de calidad de agua (UWQI) del río Machángara (I)

Los cálculos del subíndice de calidad (UWQI) se obtuvieron mediante la aplicación de las relaciones funcionales (ecuaciones) de cada parámetro de estudio en relación a la magnitud de concentración de variable fisicoquímicas muestreadas, los valores se describen en la (Ver tabla 17).

Tabla 17

Cálculo del subíndice de calidad de agua índice universal de calidad de agua (UWQI) de los parámetros fisicoquímicos del río Machángara

AÑO	MES	OD (%Sat)	SST (mg/L)	DQO (mg /L)	CE (uS/cm)	PH
2016	Marzo-					
	Abril	0,72	0,42	0,13	0,69	1,00
	Julio-					
2017	Agosto	0,72	0,49	0,13	0,37	0,65
	Marzo-					
	Abril	0,67	0,00	0,13	0,72	1,00
2018	Julio-					
	Agosto	0,71	0,45	0,13	0,39	0,65
	Marzo-					
2019	Abril	0,73	0,62	0,13	0,58	0,67
	Julio-					
	Agosto	0,72	0,69	0,13	0,42	0,60
2019	Marzo-					
	Abril	0,86	0,61	0,13	0,64	0,60
	Julio-					
	Agosto	0,60	0,63	0,13	0,43	1,00

Elaborado por: Cynthia Plasencia

8.19.2. Cálculo del ICA según la metodología de Índice Universal de Calidad de Agua de los parámetros fisicoquímicos del río Machángara.

El ICA se evaluó considerando la condición climática para cada año como época lluviosa y seca, mediante la ecuación 1 y 2 según (IDEAM, 2015), la misma que considera la suma

ponderada para el cálculo ICA mediante la metodología UWQI simplificada para cuerpos de agua superficiales de consumo humano para cinco variables de estudio, donde se tomaron en cuenta el peso de ponderación para cada uno de los parámetros descritos en la (Ver tabla 5).

Y el valor del subíndice correspondiente a cada variable. Las mismas que se encuentran realizadas los cálculos por época seca y lluviosa considerando con tal los meses de marzo y abril como época lluviosa del periodo 2016-2019, también se considera la época seca en los meses de julio y agosto del periodo 2016-2019 (Ver anexo14-17) época lluviosa y (Ver anexo 18-21) época seca.

8.19.3. Índice de calidad del agua según la metodología (UWQI) para el río Machángara

Los resultados del índice de calidad del agua se plasman en la (tabla 18), de acuerdo a la categoría que toma el indicador evaluando en un rango de 0 a 1, según la clasificación de calidad, (Ver tabla 6).

Tabla 18

Índice de calidad de agua estación río Machángara por época seca y lluviosa

ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ESTACIÓN RÍO MACHANGARA					
Temporada climática	Año	ICA-	Clasificación	IDEAM-	Clasificación IDEAM-UWQI promedio
		UWQI-IDEAM		UWQI promedio	
ÉPOCA LLUVIOSA	2016	0,59	Regular	0,55	Regular
	2017	0,50	Mala		
	2018	0,55	Regular		
	2019	0,57	Regular		
ÉPOCA SECA	2016	0,47	Mala	0,50	Mala
	2017	0,47	Mala		
	2018	0,51	Regular		
	2019	0,56	Regular		

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Según la metodología (UWQI) aplicada en el río Machángara, la época lluviosa tiene una la calidad de agua regular con un promedio de 0,55 para los años 2016,2018 y 2019, en el año 2017 se observa calidad de agua mala con promedio de 0,50, mientras que en la época seca se observa calidad de agua mala con un promedio de 0,50 en los años de 2016 y 2017 en cambio en los años 2018 y 2019 presenta calidad de agua regular con un promedio de 0,51 a 0,56.

Por lo siguiente el uso adecuado sería para fines recreacionales por contacto indirecto y para riego, agua industrial, consumo (tratamiento especial).

8.20. Tabulación y análisis de resultados

8.20.1. Índice de calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Monjas

Los resultados del estudio de la calidad del agua analizados para cada año en el periodo 2016-2019 se describen en la tabla 19, con su respectiva condición climática.

Tabla 19

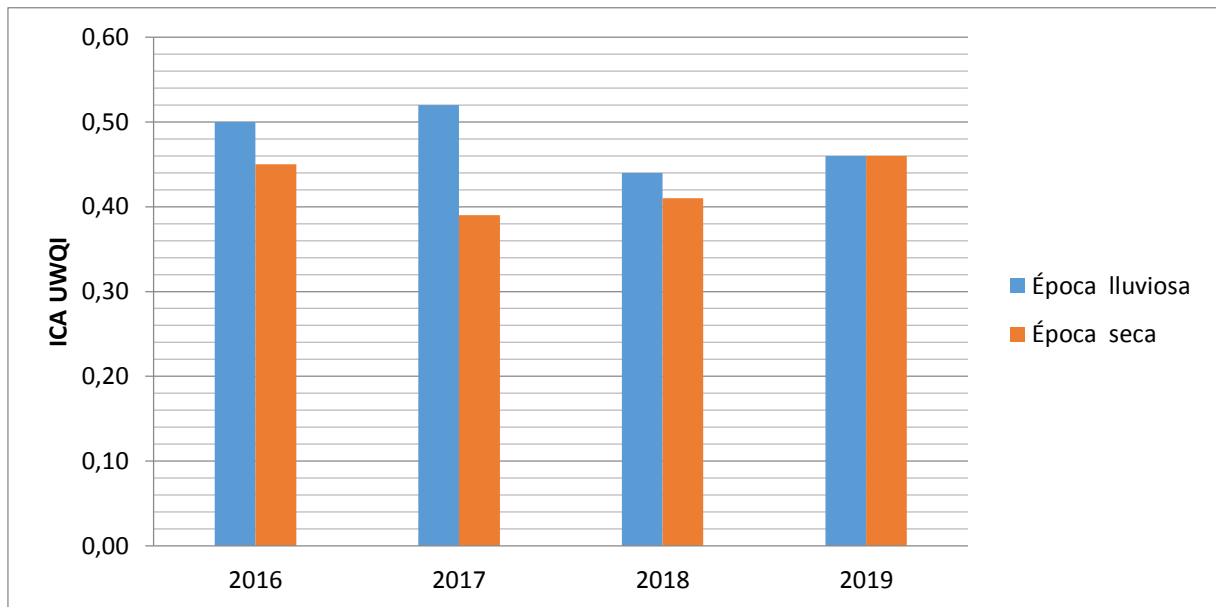
Calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Monjas

ESTACIÓN RÍO MONJAS		
Año	Época lluviosa	Época seca
2016	0,50	0,45
2017	0,52	0,39
2018	0,44	0,41
2019	0,46	0,46

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 37

Calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Monjas



Elaborado por: Cynthia Plasencia

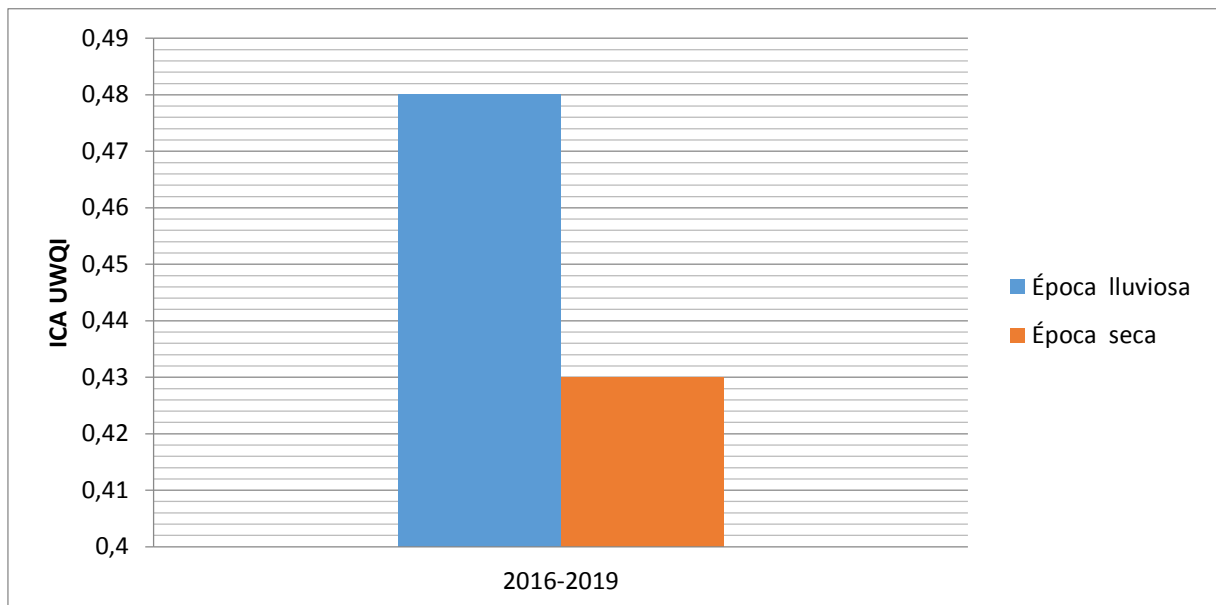
La figura 37 describe la calidad del agua anualmente evidenciando la mejor calidad en época lluviosa de los años 2016 y 2018 con un valor máximo de 0,52 en el año 2017 en comparación a la época seca que presenta su valor más crítico de 0,39 en el año 2017, mientras que en el año 2019 muestra la misma calidad en las dos temporadas estudiadas con un valor de 0,46.

8.20.2. Índice promedio de calidad del agua del río Monjas periodo 2016-2019

Los resultados del índice de calidad promedio del agua del lapso de tiempo de estudio en general se describen a continuación considerando la condición climática como época lluviosa y seca respectivamente para su análisis, (Ver tabla 20).

Tabla 20*Promedio general de calidad del agua del río Monjas periodo 2016-2019*

ESTACIÓN RÍO MONJAS		
Año	Época lluviosa	Época seca
2016-2019	0,48	0,43

Elaborado por: Cynthia Plasencia**Figura 38***Promedio general de calidad del agua del río Monjas periodo 2016-2019***Elaborado por:** Cynthia Plasencia

La figura 38, refleja el índice de calidad del agua promedio del periodo 2016-2019 revelando la mejor calidad de agua en época lluviosa con un valor de calidad de 0,48 en comparación a la época seca presentando un valor de 0,43 con una variación de calidad de 0,05.

8.21. Índice de calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Machángara

En el presente apartado muestran los resultados del índice de calidad del agua calculados para el río Machángara en época lluviosa y seca respectivamente para cada año en el periodo 2016-2019.

Tabla 21

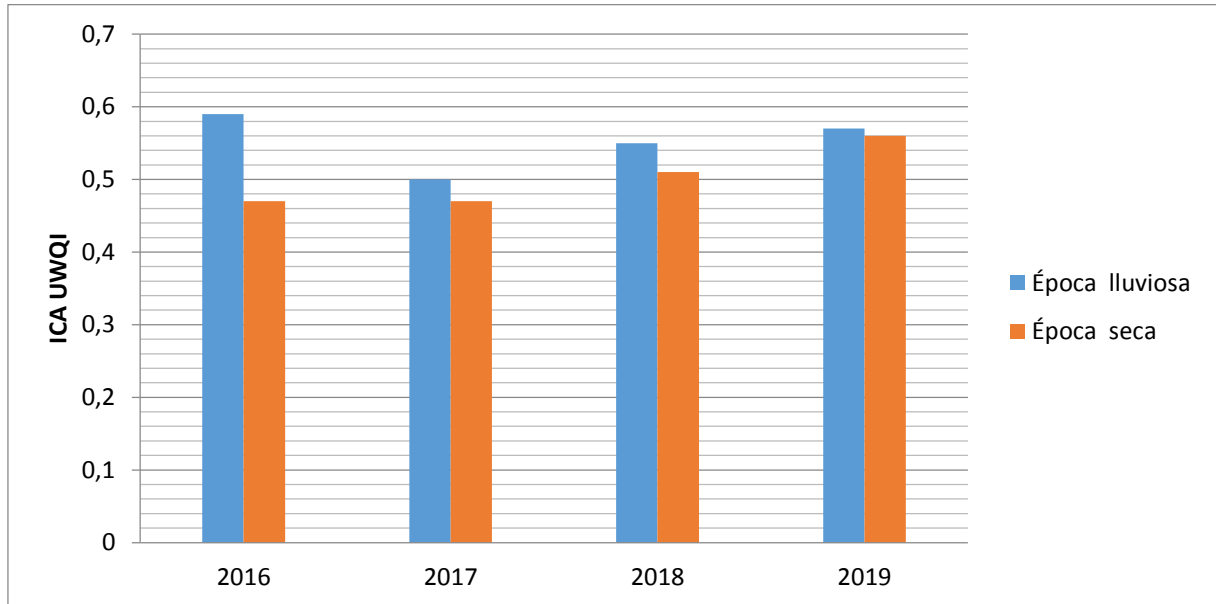
Calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Monjas

ESTACIÓN RÍO MACHANGARA		
Año	Época lluviosa	Época seca
2016	0,59	0,47
2017	0,50	0,47
2018	0,55	0,51
2019	0,57	0,56

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 39

Calidad del agua anual en época lluviosa y seca del río Machángara



Elaborado por: Cynthia Plasencia

La mejor calidad de agua presenta en época lluviosa en el periodo de tiempo de todos los años analizados con un valor máximo de calidad de 0,59 en el año 2016 con respecto a la época seca presentado, su valor más crítico de 0,47 en el año 2016 y 2017 (Ver figura39).

8.21.1. Índice promedio de calidad del agua del río Machángara periodo 2016-2019

El resultado promedio de la calidad del agua para el río Machángara en el periodo general de tiempo de estudio, se presentan en la tabla 22, con su respectiva condición climática.

Tabla 22

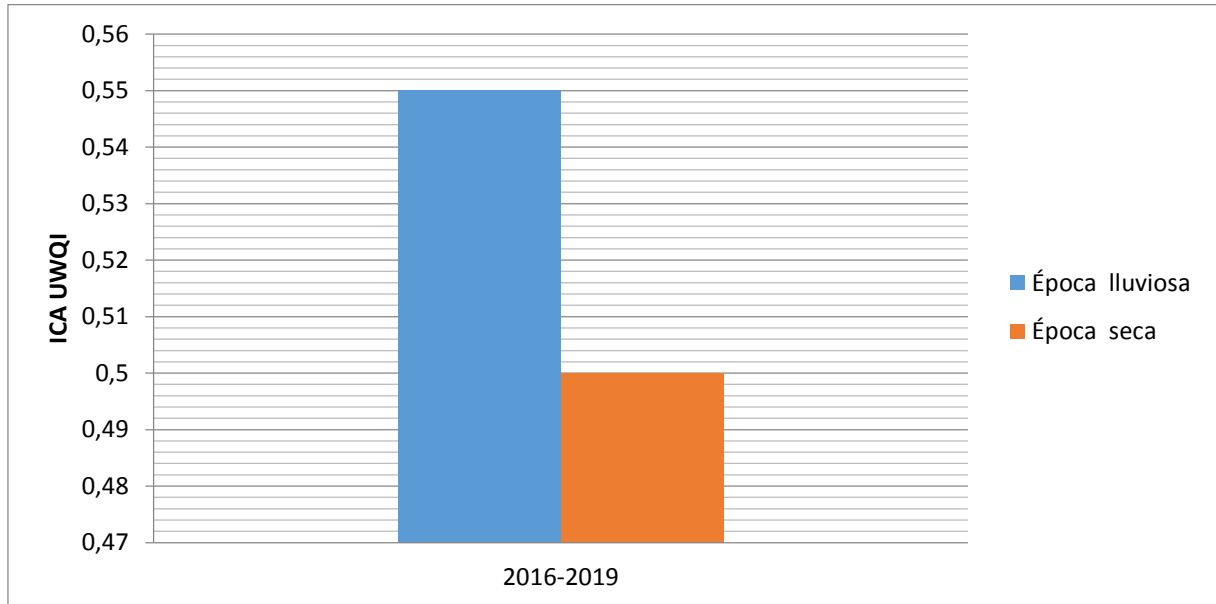
Promedio general de calidad del agua del río Machángara periodo 2016-2019

ESTACIÓN RÍO MACHANGARA		
Año	Época lluviosa	Época seca
2016-2019	0,55	0,50

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 40

Promedio general de calidad del agua del río Machángara periodo 2016-2019



Elaborado por: Cynthia Plasencia

La época lluviosa presenta el máximo valor promedio de calidad de 0,55 reflejando la mejor calidad de agua en dicho periodo en comparación con la época seca que presenta un valor crítico de 0,50 evidenciando alta contaminación de sus aguas con una variación de calidad de 0,05 (Ver figura 40).

8.22. Comparación e interpretación de resultados

8.22.1. Índice de calidad del agua anual estación Río Monjas vs estación Río Machángara

Para tener una percepción clara del estado de la calidad del agua se realizó la comparación de los resultados de calidad de los dos ríos estudiados en su respectiva época lluviosa y seca anualmente en el periodo 2016-2019.

Tabla 23

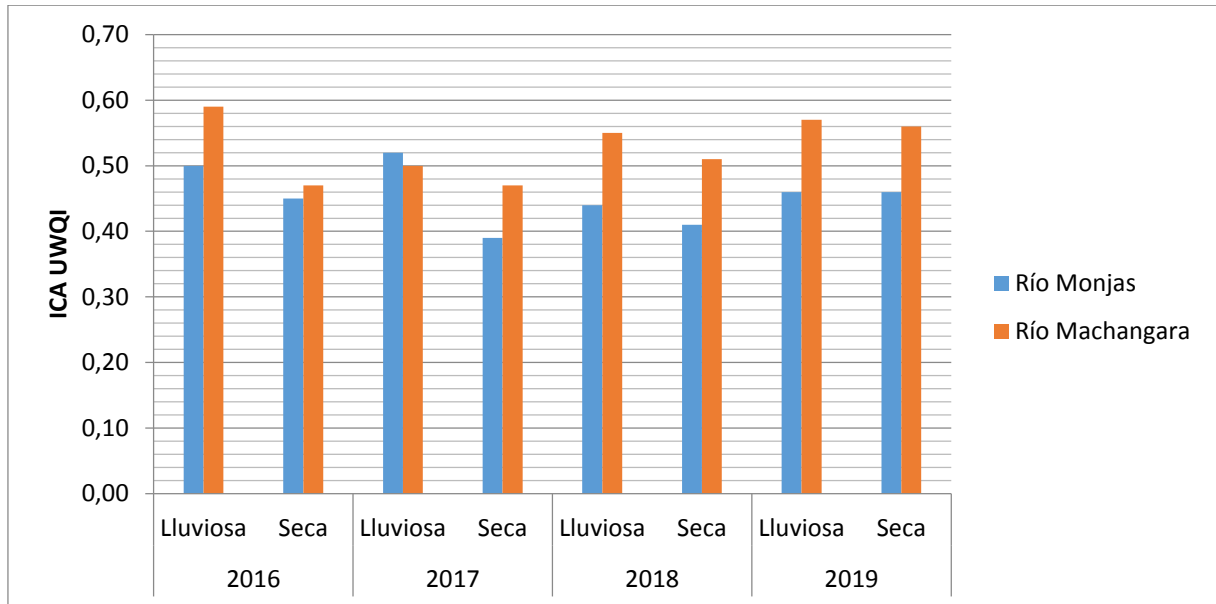
Índice de calidad del agua anual estación Río Monjas vs estación Río Machángara del periodo 2016-2019.

Año	Época	Río Monjas	Río Machángara
2016	Lluviosa	0,50	0,59
	Seca	0,45	0,47
2017	Lluviosa	0,52	0,50
	Seca	0,39	0,47
2018	Lluviosa	0,44	0,55
	Seca	0,41	0,51
2019	Lluviosa	0,46	0,57
	Seca	0,46	0,56

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 41

Índice de calidad del agua anual estación Río Monjas vs estación Río Machángara del periodo 2016-2019.



Elaborado por: Cynthia Plasencia

Se refleja el mejor estado de calidad de agua para el Río Machángara en las dos épocas de estudio durante todo el periodo de tiempo analizado presentando su valor máximo de calidad de 0,59 en el año 2016 a excepción de la temporada lluviosa del año 2017 donde se ve superada por la calidad del agua del Río Monjas con un valor de 0,52 y un valor crítico de calidad de 0,39 en el año 2017 temporada seca (Ver tabla 23), (Ver figura 41).

8.23. Índice promedio general de las estaciones Río Monjas vs estación Río Machángara de calidad del agua periodo 2016-2019

En el presente apartado se describe el resultado promedio de la calidad del agua de los dos ríos analizados en el periodo 2016-2019, considerando su condición climática, (Ver tabla 24).

Tabla 24

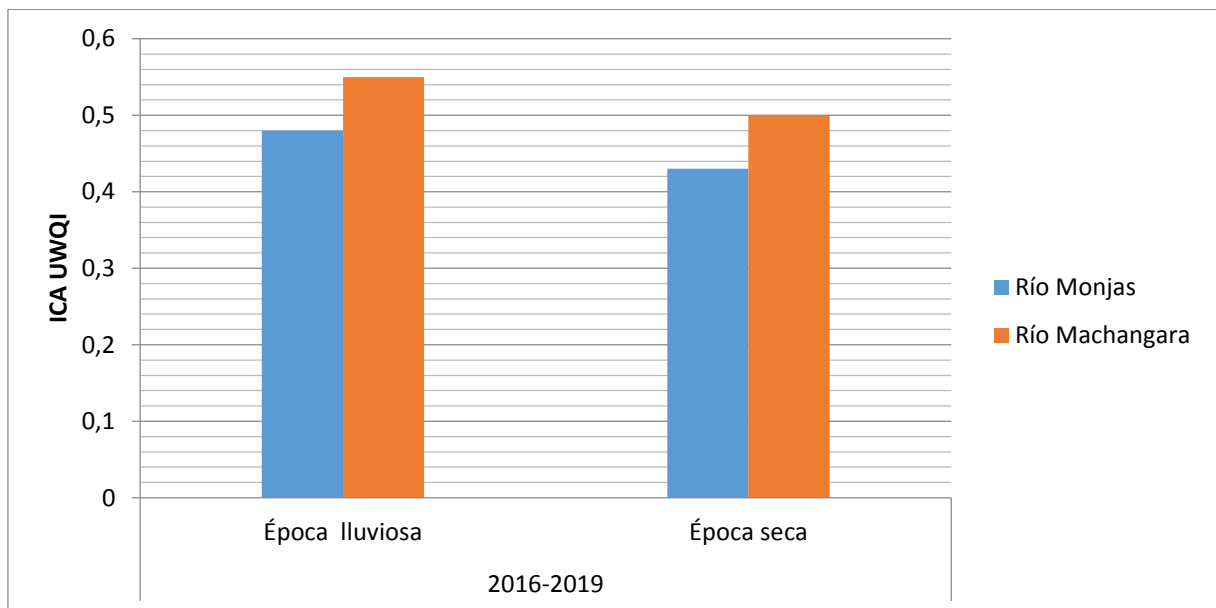
Promedio general de las estaciones Río Monjas vs estación Río Machángara de calidad del agua periodo 2016-2019

Año	Condición climática	Río Monjas	Río Machángara
2016-2019	Época lluviosa	0,48	0,55
	Época seca	0,43	0,50

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Figura 42

Promedio general de las estaciones Río Monjas vs estación Río Machángara de calidad del agua periodo 2016-2019



Elaborado por: Cynthia Plasencia

La figura 42, refleja la comparación de los valores promedios generales de los ríos estudiados en el periodo 2016-2019, donde se evidencia la mejor calidad de agua en general para el Río Machángara en temporada lluviosa y seca con un valor de 0,55 y 0,50 respectivamente en comparación con el Río Monjas que presenta una calidad inferior con su valor más crítico de 0,43 en época seca.

9. LA NARRACIÓN DEL CASO (DISCUSIÓN)

La información de la base de datos de los parámetros fisicoquímicos de los ríos Monjas y Machángara, se encuentra en los archivos existentes de la Secretaría Nacional del Medio Ambiente (2020) del período 2013-2019 en el que se tomó valores de los parámetros analizados del periodo 2016-2019 de los meses de marzo y abril como épocas de lluvia y los meses de julio y agosto épocas de sequía, la base de datos inicial se conformó con los cinco parámetros físicos-químicos que conforman Índice Universal de calidad de agua (UWQI) que son los siguientes: Solidos Suspendidos Totales (SST), Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Conductividad Eléctrica (CE), Potencia de Hidrogeno (PH) del periodo 2016- 2019. La misma que fue sometida a un análisis estadístico para conocer el grado de dispersión de los datos. Previo a tratamiento de datos se describió estadísticamente la base de datos inicial utilizando como herramientas el diagrama de cajas, histogramas de frecuencia y parámetros estadísticos como la media, mediana y desviación estándar. Para la identificación de valores atípicos se empleó la prueba de Grubbs en el software Minitab. EL remplazo de los valores atípicos se realizó con las medias de los valores inmediatos superiores e inferiores a valor atípico, el mismo que se utilizó para realizar el cálculo del índice universal de calidad de agua (UWQI) según (IDEAM, 2015) es un subíndice simplificado del índice general de la calidad de agua.

Se realizo el cálculo y análisis de estadísticos descriptivos para conocer el grado de dispersión de los datos, así como además se realizó diagrama de cajas e histogramas de frecuencia, para la base de datos de dichos ríos (Ver tabla 9 y 10), también se realizó diagramas de cajas de los parámetros físicos químicos del río Monjas en donde se puedo observar en medianas similares a la media. Además, se apreciaron valores atípicos en los parámetros demanda química de oxígeno, solidos suspendidos totales y oxígeno disuelto (Ver figura 12). Para identificar mejor la distribución de los datos se realizó los histogramas de frecuencias de los parámetros físicos químicos del río Monjas. En donde los parámetros de demanda química de oxígeno y oxígeno disuelto presentaron una distribución simétrica de sus datos, mientras que el parámetro solidos suspendidos totales presentaron una distribución asimétrica hacia la izquierda, la conductividad eléctrica presenta una distribución asimétrica hacia la derecha y la potencia de hidrogeno presenta una distribución aleatoria (Ver figura 13).

Se realizó los diagramas de cajas de los parámetros físicos químicos del río Machángara en donde se consiguieron observar en medianas distintas a la media. Además, se apreciaron valores

atípicos en los parámetros demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto y potencial de hidrogeno (Ver figura 14). Para mejor distribución de sus datos se realizó los histogramas de frecuencias de los parámetros físicos químicos del río Machángara. En el cual presentaron los parámetros demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos totales una distribución asimétrica hacia la izquierda, mientras que los parámetros oxígeno disuelto y conductividad eléctrica presentaron una distribución asimétrica y el potencial de hidrogeno presentaron una distribución simétrica (Ver figura 15).

Una vez analizados cada uno de los posibles valores atípicos en los ríos Monjas y Machángara identificados en el diagrama de cajas se procedió a realizar la prueba de Grubbs, que tenía una significación de significancia de 0,05 (Ver tabla 11 y 12). Con la prueba de Grubbs para el río Monjas se constató que existieron valores atípicos en el parámetro sólidos suspendidos totales de 3918 mg/ L en el mes de agosto del año 2018 y el mismo que fue remplazado con su media de sus valores inmediatos de 334 mg/L (Ver anexo 1). Así mismo con la prueba de Grubbs para el río Machángara se pudo constatar que existe unos valores atípicos en todos los parámetros analizados de demanda química de oxígeno con 780 mg/L en el mes de marzo del año 2017, sólidos suspendidos totales con 1000 mg/L en el mes de marzo del año 2017, oxígeno disuelto con 91,26 % saturación en el mes de abril del año 2019, conductividad eléctrica con 186,05 uS/cm en el mes de abril del año 2016 y el potencial de hidrogeno con 7,30 en el mes de abril del año 2016. Pero se conoce que el río Machángara es uno de los ríos del Distrito Metropolitano de Quito que presenta un 75% contaminación por lo que se consideró no realizar el remplazo de valores atípicos.

Los datos de precipitación y temperatura del periodo 2016 – 2019, fueron tomados del instituto nacional de meteorología e hidrología (INAMHI) de la estación meteorológica INNAQUITO (M0024), ubicada en el cantón Quito de la estación más cerna a los ríos Monjas y Machángara (Ver figura 26). Donde se pudo observar que la zona de estudio presenta una distribución de precipitaciones bimodal, siendo la época de lluvia en los meses de enero a mayo donde la temperatura baja; octubre a diciembre y la época seca los meses de julio y septiembre donde la temperatura es más alta.

Se muestran el análisis de la variación de los parámetros fisicoquímicos del río Monjas y los límites máximos permisibles de la legislación vigente TULSMA de los meses de marzo, abril, julio y agosto del periodo 2016-2019. La demanda química de oxígeno en los años 2016-2019 presentó un valor promedio interanual de 200,45 mg/L, su valor máximo de 467 en el mes de

agosto del año 2018 y su valor mínimo de 2,75 en el mes de marzo del año 2019; según la Tabla 2 del anexo 1 del libro VI de TULSMA sobre criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios sugiere un valor máximo de 40 mg/L, por lo tanto no cumple con la normativa. Los sólidos suspendidos totales en los años 2016-2019 presento un valor promedio interanual de 400,34375 mg/L, su valor máximo de 1000 mg/L para los meses de marzo y abril del año 2016 y su valor mínimo de 130 mg/L en el mes de agosto del año 2019, según TULSMA sugiere un valor máximo incremento del 10% de condición natural de 1000 mg/L, está dentro de la normativa. La conductividad eléctrica en los años 2016-2019 presento un valor promedio interanual de 559,375 uS/cm, su valor máximo de 687 uS/cm en el mes de julio del 2018 y su valor mínimo de 309 uS/cm en el mes de abril del 2016; según TULSMA sugiere un valor máximo 1000 uS/cm, se encuentra fuera de los límites máximos permisibles. El oxígeno disuelto en los años 2016-2019 presento un valor promedio interanual de 56,103125 % de saturación, su valor máximo de 67,44 % de saturación en el mes de abril del año 2019 y su valor mínimo de 40,81% de saturación en el mes de julio del año 2019; según TULSMA sugiere un valor máximo de 80 % de saturación, por lo tanto, cumple con la normativa. El potencial de hidrogeno para los años 2016-2019 presento un valor promedio interanual de 7,4621875 pH, su valor máximo de 8 pH en el mes de abril 2018 y su valor mínimo de 6,54 pH en el mes de agosto del año 2016; según TULSMA sugiere un valor máximo de 6,5- 9 pH, por lo tanto, cumple con la normativa vigente.

De igual manera, se realizó el análisis de la variación de los parámetros fisicoquímicos del río Machángara y los límites máximos permisible de la legislación vigente TULSMA de los meses de marzo, abril, julio y agosto del periodo 2016-2019. En donde oxígeno disuelto en los años 2016- 2019 presento un valor promedio interanual de 71,6275% de saturación, su valor máximo de 91,26% de saturación en el mes de abril del año 2019 y su valor mínimo de 57,32% de saturación en el mes de agosto del año 2019; según la Tabla 2 del anexo 1 del libro VI de TULSMA sobre criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios sugiere un valor máximo de 80 % de saturación, por lo tanto cumple con la normativa vigente. Los sólidos suspendidos totales en los años 2016-2019 presento un valor promedio interanual de 231,9375mg/L, su valor máximo de 1000 mg/L en el mes de marzo del año 2017 y su valor mínimo de 60 mg/L en el mes de marzo del año 2016, según TULSMA sugiere un valor máximo incremento del 10% de condición natural de 1000 mg/L, por lo tanto, cumple con la normativa. La demanda química de oxígeno en los años 2016-2019 presento un valor promedio interanual de 202,125 mg/L, su valor

máximo de 780 mg/L en el mes de marzo del año 2017 y su valor mínimo de 67 mg/L en el mes de abril del año 2019; según TULSMA sugiere un valor máximo de 40 mg/L, por ende, no cumple con la normativa. La conductividad eléctrica en los años 2016- 2019 presento un valor promedio interanual de 479,190625uS/cm, su valor máximo de 599uS/cm en el mes de marzo del año 2016 y su valor mínimo de 186,05 uS/cm en el mes de abril del 2016; según TULSMA sugiere un valor máximo 1000 uS/cm, por ende, se encuentra dentro de la normativa. El potencial de hidrogeno en los años 2016-2019 presento un valor promedio interanual de 7,969375pH, su valor máximo de 8,33 pH en el mes de agosto del año 2016 y su valor mínimo de 7,3 pH en el mes de abril del año 2016; según TULSMA sugiere un valor máximo de 6,5- 9 pH, por tanto, cumple con la normativa vigente.

Para la metodología (UWQI) se aplicó la ecuación de la media aritmética a la base de datos tratando el valor atípico más extremo correspondiente al parámetro de sólidos suspendidos totales del mes de agosto de 2018 del río Monjas, los demás valores atípicos no se trataron debido a que son datos de muestreo de pruebas reales científicamente comprobadas, (Ver tabla 13). Los cálculos del subíndice de calidad (UWQI) se obtuvieron mediante la aplicación de las relaciones funcionales (ecuaciones) de cada parámetro de estudio en relación a la magnitud de concentración de variable fisicoquímicas muestreadas, los valores se describen en la (Ver tabla 14), El ICA se evaluó considerando la condición climática para cada año como época lluviosa y seca, mediante la ecuación 1 y 2 según (IDEAM, 2015), la misma que considera la suma ponderada para el cálculo ICA mediante la metodología UWQI simplificada para cuerpos de agua superficiales de consumo humano para cinco variables de estudio, donde se tomaron en cuenta el peso de ponderación para cada uno de los parámetros descritos en la (Ver tabla 5), y el valor del subíndice correspondiente a cada variable. Las mismas que se encuentran realizadas los cálculos por época seca y lluviosa considerando con tal los meses de marzo y abril como época lluviosa del periodo 2016-2019, también se considera la época seca en los meses de julio y agosto del periodo 2016-2019 (Ver anexo 6-9) época lluviosa, (Ver anexo 10-13) época seca. Los resultados del índice de calidad del agua se plasman en la (tabla 15), de acuerdo a la categoría que toma el indicador evaluando en un rango de 0 a 1, según la clasificación de calidad, (Ver tabla 6) Según la metodología (UWQI) aplicada en el río Monjas, en la época lluviosa la calidad de agua es mala con un promedio de 0,48 para los años 2016,2018 y 2019, en el año 2017 se observa calidad de agua regular con un promedio de 0,52, se puede observar también que en la época seca la calidad de agua es mala con un promedio de 0,43 para los años

2016- 2019 por lo siguiente el uso adecuado sería para fines recreacionales por contacto indirecto.

Para el río Machángara se aplicó la ecuación de la media aritmética a la base de datos sin valores atípicos procesando los parámetros físicos-químicos, considerando los meses de marzo y abril como época lluviosa y los meses de julio y agosto como época seca para los años 2016-2019 (Ver tabla 16). Los cálculos del subíndice de calidad (UWQI) se obtuvieron mediante la aplicación de las relaciones funcionales (ecuaciones) (Ver tabla 17), Las mismas que se encuentran realizadas los cálculos por época seca y lluviosa (Ver anexo14-17), (Ver anexo 18-21). Los resultados del índice de calidad del agua se plasman en la (tabla 18), de acuerdo a la categoría que toma el indicador evaluando en un rango de 0 a 1, según la clasificación de calidad, (Ver tabla 6).

Según la metodología (UWQI) aplicada en el río Machángara, la época lluviosa tiene una la calidad de agua regular con un promedio de 0,55 para los años 2016,2018 y 2019, en el año 2017 se observa calidad de agua mala con promedio de 0,50, mientras que en la época seca se observa calidad de agua mala con un promedio de 0,50 en los años de 2016 y 2017 en cambio en los años 2018 y 2019 presenta calidad de agua regular con un promedio de 0,51 a 0,56 por lo siguiente el uso adecuado sería para fines recreacionales por contacto indirecto y para riego, agua industrial, consumo (tratamiento especial).

10. LECCIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Lecciones

- El índice universal de calidad de agua del río Monjas indica que, en los años 2016, 2018, y 2019 en época de lluvia se encuentra en una calidad de agua mala, mientras que en año 2017 en época de lluvia indica una calidad de agua regular, así mismo en los años 2016 a 2019 en época de sequía indica una calidad de agua mala.
- El río Machángara al aplicar la metodología de índice universal de calidad de agua indica, que, en los años 2016, 2018 y 2019 en época de lluvia presenta una calidad de agua regular, mientras que en el año 2017 en época de lluvia presenta calidad de agua mala, por ende, para la época seca de los años 2016 y 2017 indican calidad de agua mala y para los años 2018 y 2019 en época seca calidad de agua regular.
- En la época de lluvia existe una mejor calidad de agua debido a un fenómeno llamado dilución de contaminantes por incremento de caudal.
- Según la legislación ambiental ecuatoriana para los ríos Monjas y Machángara los parámetros, Sólidos Suspendidos Totales, Conductividad Eléctrica, Oxígeno Disuelto y Potencial Hidrógeno se encuentra dentro de los límites máximos permisibles, pero la Demanda Química de Oxígeno sobre pasa la normativa.
- La metodología del Índice Universal de Calidad de Agua, es una herramienta importante que permite conocer el estado de agua actual en un lugar específico, fue desarrollada y aplicada con el fin de obtener un índice simplificado para establecer la calidad de agua usada para el consumo humano.
- Los análisis estadísticos realizados para el río Monjas y Machángara son precisos ya que son programas de modelos matemáticos para conocer la distribución de los datos.

10.2. Recomendaciones

- Realizar muestreos de parámetros microbiológicos para conocer con mayor exactitud la calidad del agua, y a su vez incrementar puntos de monitoreo en los ríos tomando en consideración aspectos como: densidad poblacional, actividades económicas, características ambientales y épocas del año de tal forma que los parámetros medidos reflejen la realidad de calidad de agua de la cuenca de los ríos estudiados.
- Emplear propuestas técnicas con sustentabilidad ambiental y económica para la recuperación ecológica de los ríos Monjas y Machángara y la utilización de los indicadores de agua (ICAS) como herramientas de apoyo.
- Construir interceptores en los márgenes de los ríos en los tramos más agudos, mantener drenajes naturales, control de efluentes industriales para la recuperación parcial de la calidad de agua y se podría pensar en un sistema de alcantarillado se parando las aguas domesticas de las pluviales.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Fajardo, D. (09 de 2005). *Calidad de agua en el sur de Ahuachapán, El Salvador, C.A.* Recuperado el 31 de 05 de 2020, de <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2006-094.pdf>
- Rivera, M. (05 de 2016). *DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE AMENAZAS, VULNERABILIDADES Y RIESGOS*. Obtenido de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Administraci%C3%B3n%202019-2023/Sesiones%20de%20Concejo/2019/Sesi%C3%B3n%20Ordinaria%202019-09-10/IV.%20Informe%20R%C3%ADo%20Monjas/DIAGNOSTICO%20SITUACI%C3%93N%20DE%20RIESGO_CUENCA%20R%C3%8D%20MONJAS/1_INFORME%20
- American Public Health Association. (2012). *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*. (Vol. Vol.22). Washington: Editorial Washington: American Public Health Association. Recuperado el 24 de Agosto de 2020
- Arellano, J., & Guzmán, J. (2011). *Ingeniería Ambiental*. México: Alfaomega Editor.
- Arrojo, P. (2008). *Crisis del agua y sustentabilidad*. México.
- Auge, M. (2005). Hidrogeología de la región arrocerera. *Hidrogeología*, 17-25.
- Auge, M. (2007). *Agua, fuente de vida*. La Plata.
- Auge, M. (2017). *Agua, fuente de vida*. La Plata.
- Avilés, H. (2006). El valor del agua en la agricultura. *La Granja*, 28-31.
- Barranco Salazar, A. R. (2018). El agua subterránea y su importancia socioambiental. *Universitarios Potosinos*, San Luis de Potosí.
- Bolaños, V. H., Ortega, F., & Reyes, D. (2015). Medio Ambiente, Ciencia y Sociedad. *Andamios*.
- Caho Rodríguez, C., & López Barrera, E. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental de lhumedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI. *Producción + Limpia, Vol.12(No.2)*, 35-49 DOI: 10.22507/pml.v12n2a3.
- Campaña, A., Gualoto, E., & Chiluisa, V. (20 de 04 de 2017). *Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito*. Recuperado el 31 de 05 de 2020, de <http://revistabionatura.com/2017.02.02.6.html>
- Carabias, J., & Landa, L. (2005). *Agua, Medio Ambiente y Sociedad*. México: UNAM.
- Castro Roa, D., & Pinilla Agudelo, G. (2014). *Periphytic diatom index for assessing the ecological quality of the Colombian Andean urban wetlands of Bogotá*. Bogotá: Limenica.
- Chang Gómez, J. (2011). *Clasificación de los estuarios*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6230/13/Capitulo%204%20Clases%20de%20estuarios.pdf>
- Colis, G., Ramírez, E., Thalasso, F., Rodríguez, S., Guerrero, A., & Avelar F. (2011). Evaluación de los contaminantes del agua del río San Pedro de Aguascalientes. *Universidad y Ciencia*, 17-32.

- COMERCIO, E. (18 de 08 de 2019). *Aguas servidas, un riesgo para los ríos del país*, págs. <https://www.elcomercio.com/tendencias/aguas-servidas-riesgo-rios-ecuador.html>.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitucion de la República del Ecuador*. SENDIP.
- Cuadros Contreras, R. (2010). Relaciones Hombre Naturaleza. *Ontología y epistemología cyborg*:. Cuaspud Patiño, É., & Paredes Sánchez, K. (2017). *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA DE YANTZAN*. Quito: PUCE.
- Darras, C., & Darras Juan. (2005). *Satisfacción de usuarios de servicios de salud*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832004000100005
- DATABÍO. (23 de Septiembre de 2013). *Ficha de agentes biológicos*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/353495/Brucella+spp.pdf/c6c266e1-f32a-4975-ae56-1cc9e6224672>
- Díaz, C., Estelar, M., & López, F. (2005). *Recursos hídricos, conceptos básicos*. Montevideo: irahuazo Ediciones.
- Duque Escobar, G. (2010). Aguas subterráneas. *Manual de Geología para ingenieros*.
- Durán, J. M. (2006). El problema del abastecimiento del agua potable en una ciudad media. *Expiral*, 126-162.
- Escobar, J. (2012). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras. *CEPAL*, 3-68.
- Espinal, T., & Cedeño, J. (2013). Evaluación de la calidad del agua de la Laguna Yuriria Guanajuato. *Internacional de Conservación Ambiental*, 147-163.
- Fernández, A. (2012). El agua, un recurso esencial. *Química Viva*, 147-170.
- Fernández, A., Fernández, J., & Cieza, A. (2010). Revista Española de Salud Pública. *Ministerio de Sanidad y Consumo*, 169 - 184.
- Froni, L. (2011). *Microbiología básica, ambiental y agrícola*. Madris: Orientación Gráfica Editora.
- García, T. (2012). *Propuesta de Índices de Calidad de Agua para Ecosistemas hídricos de Chile*. Santiago: niversidad de Chile.
- Gil, M., Soto, A., Usma, J., & Gutiérrez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, 52 - 73.
- Gómez, G. (2011). *Bases farmacológicas de la conducta*. Obtenido de <http://www.biopsicologia.net/nivel-3-participacion-plastica-y-funcional/7.-hormonas-esteroides.html>
- González Mariño, I. (2012). *Detección y cuantificación selectiva de drogas ilícitas en aguas residuales mediante extracción en fase sólida en modo mixto y líquido cuadrupolo de tiempo de vuelo*. México DF: Anal Chem.
- Hernandez Beraluce, L. (2016). *Comunicar el Medios Ambiente*. Madrid: Eujoa.
- IDEAM. (2015).
- Lasso Otaya, H. (2014). *Historia ambiental del río Machángara en Quito del siglo XX*. Quito: FLACSO.

- Mancheno Domínguez, G., & Ramos Rosero, C. (2015). *Evaluación de la calidad del agua de la quebrada Huarmiyacu*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Medina, C., & Medina, E. (2007). Autoeficacia y conductas de salud. *Ciencia y enfermería*, 9 - 15.
- Monforte, G., & Cantú, P. C. (2009). Escenario del agua en México. *Culcyt*, 31-40.
- Morales Reyes, J. (2016). El agua en México, de cifras. *Reglones*, 1-9.
- Muñoz, S., & Sánchez, R. (2018). El agua en la industria alimentaria. *Bol Soc Esp Hidrol Méd*, 157-171.
- Paral, X. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Plíneo. (2008). *Historia Natural*. Quito: Don Bosco.
- Poyton, H., & Vulpe, C. (2009). Ecotoxicogenómica: tecnologías emergentes para tecnologías emergentes. *Revista de la Asociación Estadounidense de Recursos Hídricos*, 83-96.
- RAE. (2010). *Diccionario de la Real Academia Española*. Madrid: Cervantes.
- Rivas, J. (2009). Nitrógeno y fósforo en los ríos tributarios al sistema de lago Maracaibo. *Interciencia*, 308-314.
- Rodríguez Barrientos, F. (2006). Cuencas Hidrográficas, descentralización y desarrollo regional participativo. *Revista de las sedes regionales*, 113-125.
- Ruth, C., & Ekaterina, G. (2015). Evaluación físico- química y microrobiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica de distrito metropolitano de Quito. (*Tesis de Ingeniería en Biotecnología de los Recursos Naturales*). Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- Surasky, J., & Morosi, G. (2013). *La relación entre los seres humanos y la naturaleza*. Buenos Aires.
- Tena, E., & Hernández, A. (2014). *Nuestro Medio Ambiente*. Santo Domingo: Nueva vida.
- Torres, F. (2009). *Desarrollo y aplicación de un índice de calidad del agua en fuentes superficiales*. San Juan - Puerto Rico: Universidad de Mayagüez.
- TULSMA. (4 de 11 de 2015). *Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Obtenido de file:///D:/tasas%20y%20monitoreos%20(1).pdf
- Villa, M. (2011). *Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi*. Cadiz-España: Universidad de Cádiz.
- Villagómez, R., & Ivanova, T. (2009). Los conocimientos locales ante situaciones de desastre: hacia una noción de herencia ecológica y cultural. *Sociedad y ambiente*, 1-14.
- Xavier, E. (2009). *Reciclaje de residuos industriales*. Madrid: Días Santos.
- (Rivas, 2009)

12. ANEXOS

Anexo 1

Tabla Prueba de Grubbs del parámetro sólidos suspendidos totales del río Monjas.

Año	Mes	DQO (mg /L)	SST (mg/L)	OD (%Sat)	CE (uS/cm)	(PH)
2016	Marzo	126	1000	56,1	310	7,92
	Abril	98,5	1000	56,1	309	7,315
	Julio	303	310	56,1	607	7,71
	Agosto	114	135,5	56,1	663	6,54
2017	Marzo	229	216	57,99	624	7,62
	Abril	288,5	283	64,14	405	7,03
	Julio	200,45	605	56,1	559	7
	Agosto	213	452	52,59	639	7,63
2018	Marzo	229	216	55,09	609	7,57
	Abril	179	358	59	538	8
	Julio	206	192	65,6	687	7,87
	Agosto	467	334	49,43	646	7,7
2019	Marzo	2,75	500	53,19	672	7,66
	Abril	124	472	67,44	397	7,55
	Julio	218	190	40,81	627	7,28
	Agosto	209	130	51,87	658	7

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 2

Tabla de los parámetros fisicoquímicos del río Monjas de promedio, mínimo y máximo para la comparación con la normativa TULSMA.

Año	Mes	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	OD (%Sat)	CE (uS/cm)	(PH)
2016	Marzo	126	1000	56,1	310	7,92
	Abril	98,5	1000	56,1	309	7,315
	Julio	303	310	56,1	607	7,71
	Agosto	114	135,5	56,1	663	6,54
2017	Marzo	229	216	57,99	624	7,62
	Abril	288,5	283	64,14	405	7,03
	Julio	200,45	605	56,1	559	7
	Agosto	213	452	52,59	639	7,63
2018	Marzo	229	216	55,09	609	7,57
	Abril	179	358	59	538	8
	Julio	206	192	65,6	687	7,87
	Agosto	467	334	49,43	646	7,7
2019	Marzo	2,75	500	53,19	672	7,66
	Abril	124	472	67,44	397	7,55
	Julio	218	190	40,81	627	7,28
	Agosto	209	130	51,87	658	7

Columnal

Media	200,45	400,34375	56,103125	559,375	7,4621875
Error típico	25,84553677	67,8330168	1,598753869	32,42245557	0,10029017
Mediana	207,5	328	56,1	616,5	7,595
Moda	229	1000	56,1	#N/D	7
Desviación estándar	103,3821471	271,332067	6,395015474	129,6898223	0,40116069
Varianza de la muestra	10687,86833	73621,0906	40,89622292	16819,45	0,1609299
Curtosis	2,376436402	1,38632525	1,422551176	0,242293129	0,20106327
Coefficiente de asimetría	0,720690907	1,40940928	0,336521473	1,104788122	0,83243526
Rango	464,25	870	26,63	378	1,46
Mínimo	2,75	130	40,81	309	6,54
Máximo	467	1000	67,44	687	8
Suma	3207,2	6405,5	897,65	8950	119,395
Cuenta	16	16	16	16	16

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 3

Tabla de los parámetros fisicoquímicos del río Machángara de promedio, mínimo y máximo para la comparación con la normativa TULSMA.

Año	Mes	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	OD (%Sat)	CE (Us/cm)	(PH)
2016	Marzo	137	60	72	599	8,12
	Abril	86	341	72	186,05	7,3
	Julio	174	110	72	562	7,87
	Agosto	322	244	72	562	8,33
2017	Marzo	780	1000	63,06	373	7,83
	Abril	202	552	71,85	374	8,11
	Julio	202	181	72	580	8
	Agosto	229	200	70,71	526	8,02
2018	Marzo	115	107	73,8	461	7,94
	Abril	135	162	71,6	452	8,29
	Julio	127	64	70,02	562	8
	Agosto	163	154	73,65	518	8,04
2019	Marzo	132	74	80,79	514	7,9
	Abril	67	200	91,26	329	8,13
	Julio	163	78	61,98	547	7,84
	Agosto	200	184	57,32	522	7,79

Columnal

Media	202,125	231,9375	71,6275	479,190625	7,969375
Error típico	41,4091249	59,8325071	1,88585469	28,0125806	0,05924855
Mediana	163	171,5	72	520	8
Moda	202	200	72	562	8
Desviación estándar	165,6365	239,330028	7,54341877	112,050322	0,2369942
Varianza de la muestra	27435,45	57278,8625	56,9031667	12555,2747	0,05616625
Curtosis	11,1686921	7,28548463	2,80251059	1,74375796	3,60776824
Coefficiente de asimetría	3,16097142	2,58379542	0,69127218	-1,40399445	-1,26591508
Rango	713	940	33,94	412,95	1,03
Mínimo	67	60	57,32	186,05	7,3
Máximo	780	1000	91,26	599	8,33
Suma	3234	3711	1146,04	7667,05	127,51
Cuenta	16	16	16	16	16

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 4

TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS.

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio ⁽¹⁾	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoníaco Total ⁽²⁾	NH ₃	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN ^{<}	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl ₂	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles ⁽³⁾		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO ₂ ^{<}	mg/l	0,2	
Nitratos	NO ₃ ^{<}	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO ₅	DBO ₅	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condición natural	-

⁽¹⁾ Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l

⁽²⁾ Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce

⁽³⁾ Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 µg/l

Fuente: (TULSMA, 2015)

Anexo 5

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2016, mes de marzo-abril época lluviosa.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	56,10	0,56	0,20	0,11
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	1000,00	0,00	0,20	0,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	112,25	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	Us/cm	309,50	0,81	0,20	0,16
Potencial de Hidrógeno (PH)		7,62	1,00	0,20	0,20
VALOR DEL UWQI					0,50

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 6

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2017, mes de marzo-abril época lluviosa.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	61,07	0,71	0,20	0,14
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	249,50	0,27	0,20	0,05
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	258,75	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	514,50	0,47	0,20	0,09
Potencial de Hidrógeno (PH)		7,33	1,00	0,20	0,20
VALOR DEL UWQI					0,52

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 7

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2018, mes de marzo-abril época lluviosa.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	57,05	0,57	0,20	0,11
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	287,00	0,16	0,20	0,03
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	204,00	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	573,50	0,34	0,20	0,07
Potencial de Hidrógeno (PH)		7,79	1,00	0,20	0,20
VALOR DEL UWQI					0,44

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 8

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2019, mes de marzo-abril época lluviosa.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	60,32	0,60	0,20	0,11
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	486,00	0,00	0,20	0,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	63,38	0,26	0,20	0,05
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	534,50	0,43	0,20	0,09
Potencial de Hidrógeno (PH)		7,61	1,00	0,20	0,20
VALOR DEL UWQI					0,46

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 9

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2016, mes de julio-agosto época seca.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	56,10	0,56	0,20	0,11
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	222,75	0,35	0,20	0,07
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	208,50	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	635,00	0,19	0,20	0,04
Potencial de Hidrógeno (PH)		7,13	1,00	0,20	0,20
VALOR DEL UWQI					0,45

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 10

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2017, mes de julio-agosto época seca.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	54,35	0,54	0,20	0,11
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	528,50	0,00	0,20	0,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	206,73	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	599,00	0,28	0,20	0,06
Potencial de Hidrógeno (PH)		7,32	1,00	0,20	0,20
VALOR DEL UWQI					0,39

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 11

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2018, mes de julio-agosto época seca.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	57,52	0,58	0,20	0,12
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	2055,00	0,23	0,20	0,05
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	336,50	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	666,50	0,11	0,20	0,02
Potencial de Hidrógeno (PH)		7,79	1,00	0,20	0,20
VALOR DEL UWQI					0,41

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 12

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Monjas año 2019, mes de julio-agosto época seca.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	46,34	0,46	0,20	0,11
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	160,00	0,54	0,20	0,11
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	213,50	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	642,50	0,17	0,20	0,03
Potencial de Hidrógeno (PH)		7,14	1,00	0,20	0,20
VALOR DEL UWQI					0,46

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 13

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2016, mes de marzo-abril época lluviosa.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	Total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	72,00	0,72	0,20	0,14
Solidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	200,50	0,42	0,20	0,08
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	111,50	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	392,53	0,69	0,20	0,08
Potencial de Hidrógeno (PH)		7,71	1	0,20	0,15
VALOR DEL UWQI					0,59

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 14

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2017, mes de marzo-abril época lluviosa.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	Total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	67,46	0,67	0,20	0,13
Solidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	776,00	0,00	0,20	0,10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	491,00	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	373,50	0,72	0,20	0,14
Potencial de Hidrógeno (PH)		7,97	1,00	0,20	0,20
VALOR DEL UWQI					0,50

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 15

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2018, mes de marzo-abril época lluviosa.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	Total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	72,70	0,73	0,20	0,15
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	134,50	0,62	0,20	0,12
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	125,00	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	456,50	0,58	0,20	0,12
Potencial de Hidrógeno (PH)		8,12	0,67	0,20	0,13
VALOR DEL UWQI					0,55

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 16

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2019, mes de marzo-abril época lluviosa.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	Total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	86,03	0,86	0,20	0,17
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	137,00	0,61	0,20	0,12
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	99,50	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	421,50	0,64	0,20	0,13
Potencial de Hidrógeno (PH)		8,02	0,60	0,20	0,12
VALOR DEL UWQI					0,57

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 17

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2016 mes de julio-agosto época seca.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	Total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	72,00	0,72	0,20	0,14
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	177,00	0,49	0,20	0,10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	248,00	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	562,00	0,37	0,20	0,07
Potencial de Hidrógeno (PH)		8,10	0,65	0,20	0,13
VALOR DEL UWQI					0,47

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 18

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2017 mes de julio-agosto época seca.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	Total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	71,36	0,71	0,20	0,14
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	190,50	0,45	0,20	0,09
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	215,50	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	553,00	0,39	0,20	0,08
Potencial de Hidrógeno (PH)		8,01	0,65	0,20	0,13
VALOR DEL UWQI					0,47

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 19

Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2018, mes de julio-agosto época seca.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	Total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	71,84	0,72	0,20	0,14
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	109,00	0,69	0,20	0,14
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	145,00	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	540,00	0,42	0,20	0,08
Potencial de Hidrógeno (PH)		8,02	0,60	0,20	0,12
VALOR DEL UWQI					0,51

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 20


Cálculo de índice de calidad universal de agua (UWQI), del río Machángara año 2019, mes de julio-agosto época seca.

Parámetro	Unidad	Valor	I_i	W_i	Total
Oxígeno Disuelto (OD)	% sat	59,65	0,60	0,20	0,12
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	131,00	0,63	0,20	0,13
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg /L	181,50	0,13	0,20	0,03
Conductividad Eléctrica (CE)	uS/cm	534,50	0,43	0,20	0,09
Potencial de Hidrógeno (PH)		34,89	1,00	0,20	0,20
VALOR DEL UWQI					0,56

Elaborado por: Cynthia Plasencia

Anexo 21

Informe de solicitud de trámite

		Emisión de información estadística meteorológica e hidrológica para el sector público y académico	
		Solicitud No. 00YD-06JWOW	2020-05-26

Datos del solicitante

TIPO DE IDENTIFICACIÓN	CÉDULA
IDENTIFICACIÓN	0503613069
NOMBRES Y APELLIDOS	IZA QUISPE GLORIA GERMANIA
CORREO ELECTRÓNICO	gloria.iza9@utc.edu.ec
TELÉFONO	0984872297

Información de Solicitud del Trámite

Trámite: Emisión de información estadística meteorológica e hidrológica para el sector público y académico

Tipo de identificación Cédula (9696)

Documento de identificación 0503613069

Teléfono 0984872297

Correo electrónico gloria.iza9@utc.edu.ec

Nombres y apellidos IZA QUISPE GLORIA GERMANIA

Razón social (Empresa) (Vacio)

FORMULARIO DE ENTREGA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS

PAÍS Ecuador

PROVINCIA Cotopaxi

CIUDAD Salcedo

DIRECCIÓN salcedo

ESCOJA LA PROFESIÓN Estudiante

INSTITUCIÓN EDUCATIVA Universidad/Institutos

FACULTAD Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales


Matricula estudiantil vigente

[ReportHmatricula.pdf](#) 152,71 KB

SELECCIONE LA INFORMACIÓN QUE REQUIERE

INDIQUE LAS ESTACIONES O SECTOR DE DONDE REQUIERE LA INFORMACIÓN M0001 M0024 M1094

INICIO DE PERIODO Jue, 01/01/2015 - 00:00


Generado por: www.gob.ec
Página 1 de 2

FIN DE PERIODO Dom, 12/01/2019 - 00:00

SELECCIONE LA VARIABLE Estadística de valores diarios de termómetro seco., Estadística de valores mensuales de temperatura mínima., Estadística de valores mensuales de temperatura del punto de rocío., Estadística de valores mensuales de temperatura máxima., Estadística de valores mensuales de temperatura del termómetro seco.

FINALIDAD DE LA INFORMACIÓN Estudio



www.gob.ec

Anexo 22

Aval del Traductor



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por la señorita egresada de la **CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: PLASENCIA SANTA FE CYNTHIA MARGOTH**, cuyo título versa **“DETERMINACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS RÍOS MONGAS Y MACHÁNGARA, UBICADOS DENTRO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, UTILIZANDO LA METODOLOGÍA ESTADÍSTICA DEL ÍNDICE UNIVERSAL DE CALIDAD DE AGUA (UWQI), DEL PERIODO 2016-2019.”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Latacunga, octubre del 2020

Atentamente,

MSc. Alison Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501801252

www.ute.edu.ec

Av. Simón Rodríguez s/n y Barrio El Ejido, San Felipe. Tel. (031) 2252205 - 2252207 - 2252208



CENTRO
DE IDIOMAS

CURRICULUM VITAE



INFORMACIÓN PERSONAL

NOMBRES / APELLIDOS	JOSÉ LUIS ÁGREDA OÑA
DIRECCIÓN	Ecuador, San Gabriel, Provincia del Carchi, Calderón y 27 de Septiembre Quito, Av. Occidental y Vaca de Castro, Bloque Nono Dept. 401 Ibarra, Portal de los Ceibos Av. Retorno y Río Tahuando
TELÉFONOS	0988004114/062290451/023400910
CORREO ELECTRÓNICO	jos.agreda@gmail.com/j_luisagreda@hotmail.com
NACIONALIDAD	Ecuatoriana
FECHA DE NACIMIENTO	09-OCT-1987
GÉNERO	Masculino
CAMPO DE DESEMPEÑO ACTUAL	Educación Superior

EXPERIENCIA

1

- Desempeño en la industria hidrocarburífera en la gestión de suelos mediante la investigación de tamices moleculares haciendo pruebas químicas y físicas de suelos contaminados con petróleo para su posterior tratamiento e incorporación al medio ambiente. Se analizó el desempeño de zeolitas para la remoción de metales pesados en suelos provenientes de yacimientos petrolíferos. Se dio apoyo en la administración del laboratorio en procedimientos para el cumplimiento de la normativa legal vigente.
- Se participó en el diseño de fluidos de perforación para la Cuenca Oriente, según la litología analizada mediante el método analítico químico de titulación. Manejo de laboratorio móvil para pruebas en campo de fluidos de perforación y de suelos provenientes del yacimiento petrolífero.
- Docente del área de matemáticas en la Universidad Politécnica Estatal del Carchí.

CURRICULUM VITAE



DATOS PERSONALES

Nombres: Cynthia Margoth
Apellidos: Plasencia Santafé
Nacionalidad: Ecuatoriana
Cédula Identidad: 0504350687
Fecha de Nacimiento: 11 de marzo de 1994
Lugar de Nacimiento: Cotopaxi /San Miguel de Salcedo
Dirección Domiciliaria: Barrio Palama
Provincia, Cantón, Barrio Cotopaxi, Salcedo, Mulliquindil Palama
Estado Civil: Soltera
Edad: 26 años
Tipo de Sangre: ORH+
Licencia de conducir: No
Teléfono de contacto 0995204707
Correo electrónico cynthia-margoth@hotmail.com

ESTUDIOS REALIZADOS

Primaria: Escuela General Rumiñahui
Secundaria: Centro de Formación Artesanal Santa Ana-Colegio Libertad Latacunga
Superior: Universidad Técnica de Cotopaxi

CURSOS REALIZADOS

INSTITUCION	CURSO	TIEMPO
Centro de Formación Artesanal Santa Ana	Maestra en belleza	3 años
Universidad Técnica de Cotopaxi	Seminario Internacional en Fiscalización, Seguimiento y control Ambiental	40 horas
Universidad Técnica de Cotopaxi	Taller de Diseño de Plantas de Tratamiento	40 horas
Universidad Técnica de Cotopaxi	Jornadas de Difusión Ambiental	40 horas
Prefectura de Cotopaxi y la Universidad Técnica de Cotopaxi	Seminario Nacional Ambiental	16 horas

EXPERIENCIA LABORAL

EMPRESA	CARGO	TIEMPO
Sala de Belleza y Peluquería Dylan	Trabajadora en Belleza y Estilista Profesional	9 años
GAD Municipal del Cantón Salcedo” Salcedo: Agosto - Noviembre 2019	Practicas Pre-profesionales en la Dirección de Gestión Ambiental y Servicios Públicos	512 horas