

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

*Trabajo de titulación previo a  
la obtención del título de  
Ingeniero Ambiental*

**TRABAJO EXPERIMENTAL:**

**“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL  
MONITOREO DE MACRO INVERTEBRADOS, PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y  
MICROBIOLÓGICOS EN EL RÍO SININCAY, CUENCA - ECUADOR”**

**AUTORES:**

MARLON RENÉ MORA CAMPOS

ANDRÉS ALBERTO TAMAY HERAS

**TUTORA:**

BQF. ANGÉLICA GEOVANNA ZEA COBOS

CUENCA - ECUADOR

2022

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

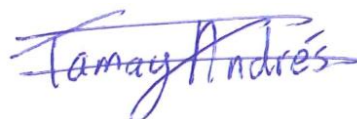
Nosotros, Marlon René Mora Campos con documento de identificación N° 0105865695 y Andrés Alberto Tamay Heras con documento de identificación N° 0105200190, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL MONITOREO DE MACRO INVERTEBRADOS, PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL RÍO SININCAY, CUENCA - ECUADOR”** mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Ambiental*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero de 2022.



Marlon René Mora Campos  
C.I. 0105865695



Andrés Alberto Tamay Heras  
C.I. 0105200190

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL MONITOREO DE MACRO INVERTEBRADOS, PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL RÍO SININCAY, CUENCA - ECUADOR”**, realizado por Marlon René Mora Campos y Andrés Alberto Tamay Heras, obteniendo el *Trabajo Experimental* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero de 2022.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Geovanna Zea Cobos', written over a horizontal line.

BQF. Angélica Geovanna Zea Cobos

C.I. 0103638730

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

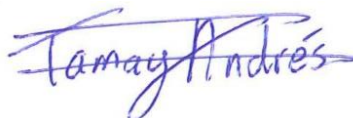
Nosotros, Marlon René Mora Campos con documento de identificación N° 0105865695 y Andrés Alberto Tamay Heras con documento de identificación N° 0105200190, autores del trabajo de titulación: **“DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL MONITOREO DE MACRO INVERTEBRADOS, PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL RÍO SININCAY, CUENCA - ECUADOR”**, certificamos que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, febrero de 2022.



Marlon René Mora Campos

C.I. 0105865695



Andrés Alberto Tamay Heras

C.I. 0105200190



## DEDICATORIA

*Este trabajo con mucho esfuerzo se lo dedico primero a Dios ha Jehová y a la virgen María ya que pesar de las adversidades fueron mi luz para seguir adelante, me dieron la vida, la salud y me han permitido el día de hoy llegar hasta este momento tan importante para mí. A mi hermano que está en el cielo que siempre me cuida.*

*A mis padres Claudio y María, que siempre me han dado su amor incondicional, su cariño, sus consejos y más que nada su apoyo, ellos son las personas más importantes en mi vida ya que siempre han estado a mi lado en todo momento. Los amo mucho.*

*A mi único hermano Roberto, que ha sido un gran ejemplo de un hermano mayor, de un hermano trabajador y que tiene muchas ganas de seguir adelante, por darme motivación y consejos que me han permitido mejorar como persona cada día.*

*A mis abuelitos Inés, Eloy y Fausto, para que se sientan orgullosos de su nieto, ya que son las personas más nobles, sinceras y humildes de esta vida, gracias por tanto amor por siempre estar pendientes de mí y por ser los mejores abuelitos.*

*A mis primos, primas, tíos, tías, y demás familia, para que vean que todo se puede lograr con mucho esfuerzo y perseverancia, espero que se sientan muchas veces orgullosos de mí.*

*A mi compañero de tesis, y demás compañeros de clases, por habernos apoyado mutuamente en nuestra formación profesional y que, hasta el día de hoy, seguimos siendo buenos amigos, me llevo de ustedes muchos momentos gratos, muchos anécdotas y risas.*

*Marlon René Mora Campos*

## DEDICATORIA

*Este trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios nuestro padre por ser mi sustento espiritual en mi vida, y por el amor incondicional que tiene a sus hijos.*

*A mi hermana por ser la razón para superarme y ser un ejemplo para ella y a mi madre por apoyarme en mis estudios e inculcarme valores desde pequeño, además de haber sido el motor para cumplir mis metas, por su amor y por haber estado conmigo en los momentos buenos y difíciles durante todos mis años de vida.*

*A mis amigos quien tuve la oportunidad de crecer profesionalmente junto a ellos, por su amistad y experiencias compartidas durante toda la carrera.*

*A mis abuelos por ser los pilares de la familia, y familiares por los momentos compartidos durante todos estos años.*

*A mi padre por los consejos que me ha dado, que me han servido para tomar mis decisiones.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradecemos en primer lugar a Dios por habernos permitido estudiar y tener una agradable experiencia en tan prestigiosa institución educativa como es la Universidad Politécnica Salesiana durante estos años, ya que nos abrieron las puertas y nos acogieron de buena manera.*

*Agradecemos a los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental por la paciencia y las enseñanzas brindadas a lo largo de nuestra formación académica.*

*Agradecemos a la Inge. Geovanna Angélica Zea Cobos por haber sido nuestra tutora, por el tiempo que se ha tomado en guiarnos y apoyarnos con sus conocimientos para la realización de este presente trabajo de titulación.*

*Marlon René Mora Campos y Andrés Alberto Tamay Heras*

## RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se evaluó la calidad del agua en el río Sinincay, el mismo que se encuentra ubicado entre las parroquias Sinincay y Hermano Miguel del cantón Cuenca provincia del Azuay. El análisis de la calidad del agua comprendió los meses de junio, julio y septiembre del 2021, abarcando épocas lluviosas, secas y de transición.

Para conocer el estado actual en el que se encuentra el río Sinincay se realizó una georreferenciación de las descargas hacia el recurso hídrico, donde se pudo presenciar que las principales actividades que se desarrollan son: descargas de aguas residuales, actividades agropecuarias, deforestación, turismo, presencia de ladrilleras y escombros entre otras; posterior a ello, se consideraron los puntos estratégicos para su monitoreo. De igual manera, se realizó la caracterización morfométrica delimitando la microcuenca del río Sinincay con el fin de conocer el comportamiento hidrológico de la misma.

Posteriormente, se realizó el análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos que considera el ICA-NSF. Los resultados obtenidos se los comparo con la normativa internacional para la calidad en aguas superficiales (EPA) de los cuales la DBO<sub>5</sub>, OD y los CF incumplen con los límites permisibles en los tres meses de estudio y, con la normativa nacional ecuatoriana para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces (AM-097-A) donde el parámetro de OD se encontró por debajo del valor estipulado.

Los resultados del ICA-NSF y el BMWP/Col dieron a conocer que los puntos de monitoreo M3, M4, M6 y M7 son los que presentaron el índice más bajo con calidad de agua de clase III y IV considerados como aguas moderadamente contaminadas y contaminadas. Así también, el índice biológico BMWP se complementó con el ASTP, obteniendo que el valor más bajo se presentó en el punto de monitoreo M7 con una calidad de agua contaminada de clase IV. Las familias de macroinvertebrados acuáticos más dominantes durante el periodo de monitoreo fueron: Chironomidae, Tubificidae, y Physidae, los cuales son indicadores de la contaminación en el agua.

Para una mejor interpretación, se realizó los siguientes análisis estadísticos: Coeficiente de correlación de Pearson-Sperman y Análisis de componentes principales, considerando para ello los resultados obtenidos durante el periodo de monitoreo. Finalmente, se plantearon propuestas de acción para la mejora y protección del río Sinincay.

**Palabras clave:** ICA-NSF, BMWP/Col, ASTP, aguas residuales, puntos de monitoreo, asentamientos humanos, calidad de agua, periodo de monitoreo.

## ABSTRACT

In the present titling work, the quality of the water in the Sinincay river was evaluated, the same one that is located between the Sinincay and Hermano Miguel parishes of the Cuenca canton, Azuay province. The water quality analysis covered the months of June, July and September 2021, covering rainy, dry and transitional seasons.

To know the current state of the Sinincay river, a georeferencing of the discharges to the water resource was carried out, where it was possible to witness that the main activities that are developed are: wastewater discharges, agricultural activities, deforestation, tourism, presence of brickyards and rubble among others; after that, the strategic points for monitoring were considered. Similarly, the morphometric characterization was carried out delimiting the Sinincay river micro-basin in order to know its hydrological behavior.

Subsequently, the analysis of the physical-chemical and microbiological parameters considered by the ICA-NSF was carried out. The results obtained were compared with the international regulations for the quality of surface waters (EPA) of which the BOD5, DO and CF fail to comply with the permissible limits in the three months of study and, with the Ecuadorian national regulations for preservation of aquatic and wild life in fresh waters (AM-097-A) where the DO parameter was found below the stipulated value.

The results of the ICA-NSF and the BMWP / Col revealed that the monitoring points M3, M4, M6 and M7 are the ones that presented the lowest index with class III and IV water quality considered as moderately polluted and polluted waters. . Likewise, the BMWP biological index was complemented with the ASTP, obtaining that the lowest value was presented at the M7 monitoring point with a class IV contaminated water quality. The most dominant aquatic macroinvertebrate families during the monitoring period were: Chironomidae, Tubificidae, and Physidae, which are indicators of contamination in the water.

For a better interpretation, the following statistical analyzes were carried out: Pearson-Sperman correlation coefficient and Principal component analysis, considering the results obtained during the monitoring period. Finally, action proposals were put forward for the improvement and protection of the Sinincay River.

**Keywords:** ICA-NSF, BMWP / Col, ASTP, wastewater, monitoring points, human settlements, water quality, monitoring period.

## INDICE

1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Identificación del problema y justificación .....	3
1.1.1. Área de estudio .....	4
1.2. <b>OBJETIVOS</b> .....	5
1.2.1. <b>GENERAL:</b> .....	5
1.2.2. <b>ESPECÍFICOS:</b> .....	6
2. <b>MARCO TEÓRICO</b> .....	6
2.1. Cuenca hidrográfica.....	6
2.1.1. Tipos de cuencas hidrográficas.....	6
2.2. Clasificación de los cursos de agua .....	7
2.3. Partes de una cuenca.....	7
2.4. Características morfométricas de una cuenca.....	8
2.4.1. Parámetros generales .....	8
2.4.1.1. Divisorias topográficas o parteaguas .....	8
2.4.1.2. Área de la cuenca.....	8
2.4.1.3. Perímetro .....	8
2.4.1.4. Longitud axial.....	8
2.4.1.5. Longitud de la corriente principal.....	8
2.4.1.6. Ancho .....	8
2.4.1.7. Desnivel altitudinal.....	9
2.4.2. Parámetros de forma.....	9
2.4.2.1. Forma de una cuenca .....	9
2.4.2.2. Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad .....	9
2.4.2.3. Factor de forma de Horton.....	10
2.4.2.4. Índice de alargamiento.....	10
2.4.3. Parámetros de Relieve .....	11
2.4.3.1. Pendiente .....	11
2.4.3.2. Pendiente media del cauce principal (j).....	11
2.4.3.3. Pendiente media de la cuenca (J).....	12
2.4.3.4. Curva Hipsométrica.....	12
2.4.4. Parámetros de la red hídrica .....	13
2.4.4.1. Sistema de drenaje .....	13
2.4.4.2. Orden de corrientes de agua por el método de Strahler.....	13
2.4.4.3. Densidad de drenaje.....	14
2.4.4.4. Tiempo de concentración.....	15
2.4.4.5. Perfil longitudinal del cauce principal.....	15

2.5.	Calidad del agua .....	16
2.6.	Caudal.....	16
2.6.1.	Cálculo del caudal por el método del flotador.....	17
2.6.1.1.	Selección del lugar.....	17
2.6.1.2.	Determinación del área de la sección .....	17
2.6.1.3.	Determinación de la velocidad .....	18
2.6.1.4.	Factor <i>F</i> de ajuste de la velocidad del flotador en función de la relación <i>R</i> , entre la profundidad de inversión del flotador y la profundidad del agua.....	19
2.7.	Índice de calidad de agua (ICA).....	19
2.7.1.	Índice de calidad de agua desarrollada por la fundación de los Estados Unidos (ICA-NSF) .....	20
2.7.2.	Parámetros físicos, químicos y microbiológicos que considera el ICA-NSF.....	20
2.7.2.1.	Parámetros físicos.....	20
2.7.2.2.	Parámetros químicos.....	21
2.7.2.3.	Parámetros microbiológicos .....	23
2.7.3.	Estimación del ICA-NSF.....	24
2.8.	Los macroinvertebrados acuáticos.....	24
2.9.	Los índices bióticos .....	25
2.10.	Índices BMWP/Col y ASPT.....	25
2.10.1.	Estimación de los índices BMWP/Col y ASPT.....	25
2.11.	Análisis estadístico de datos .....	26
2.11.1.	Coefficiente de correlación para el análisis estadístico de datos .....	26
2.11.1.1.	Coefficiente de correlación de Pearson.....	26
2.11.1.2.	Coefficiente de correlación de Spearman .....	26
2.11.2.	Análisis de componentes principales (ACP) .....	26
3.	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	27
3.1.	Delimitación de la microcuenca del río Sinincay .....	27
3.2.	Características morfométricas .....	28
3.2.1.	Parámetros generales .....	28
3.2.2.	Parámetros de forma.....	28
3.2.3.	Parámetros de relieve o pendiente .....	28
3.2.4.	Parámetros de la red hídrica .....	29
3.3.	Georreferenciación de las zonas de descargas y la red hídrica de la microcuenca del río Sinincay .....	29
3.3.1.	Georreferenciación de las zonas de descargas hacia el río Sinincay producto de las actividades del hombre. ....	30
3.3.2.	Georreferenciación de la red hídrica que alimenta el río Sinincay.....	30
3.4.	Selección de los puntos de monitoreo estratégicos para determinar la calidad del agua en el río Sinincay.....	31

3.5.	Cálculo del caudal (método del flotador) .....	31
3.6.	Determinación del índice de calidad del agua (ICA-NSF) .....	33
3.6.1.	Toma de muestras .....	33
3.6.2.	Conservación y transporte de las muestras .....	34
3.6.3.	Periodo y frecuencia de monitoreo .....	35
3.6.4.	Métodos utilizados para medir los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos .....	35
3.6.5.	Análisis de los parámetros físico-químicos en el laboratorio (Procedimiento) .....	36
3.6.5.1.	Análisis de los parámetros físicos .....	36
3.6.5.2.	Análisis de los parámetros químicos .....	37
3.6.6.	Cálculo del índice de calidad de agua ICA-NSF .....	38
3.7.	Normativa ambiental nacional e internacional para el cumplimiento de los estándares de calidad de agua superficial .....	44
3.8.	Determinación de índice biológico BMWP-COL .....	45
3.8.1.	Recolección de muestras .....	45
3.8.2.	Manejo y conservación de muestras .....	46
3.8.3.	Procesamiento de muestreo en el laboratorio .....	47
3.8.4.	Cálculo de los índices biológicos: BMWP modificado para Colombia y ASTP .....	48
3.9.	Análisis estadístico de las variables ICA y BMWP mediante los coeficientes de Pearson y Sperman ..	49
3.10.	Análisis estadístico de los componentes principales (ACP) .....	50
4.	<b>RESULTADOS</b> .....	53
4.1.	Análisis de las características morfométricas de la microcuenca del río Sinincay .....	53
4.1.1.	Análisis de los parámetros generales .....	54
4.1.2.	Análisis de los parámetros de forma .....	54
4.1.3.	Análisis de los parámetros de relieve .....	54
4.1.3.1.	Estimación de la curva hipsométrica .....	55
4.1.4.	Análisis de los parámetros de la red hídrica .....	58
4.1.4.1.	Perfil longitudinal del cauce principal .....	59
4.2.	Georreferenciación de las zonas de descarga hacia río Sinincay provenientes de los desagües y diversas actividades antropogénicas .....	59
4.2.1.	Georreferenciación de la red hídrica que alimenta al río Sinincay .....	72
4.2.2.	Puntos de monitoreo seleccionados para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay .....	77
4.3.	Análisis del caudal .....	86
4.4.	Resultados físico – químicos y microbiológicos que considera el ICA-NSF .....	87
4.4.1.	Parámetros físicos .....	87
4.4.2.	Parámetros químicos .....	90
4.4.3.	Parámetros microbiológicos .....	94
4.5.	Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos con la normativa ambiental vigente .....	96



4.6.	Análisis del ICA-NSF.....	100
4.7.	Índices biológicos BMWP y ASPT evaluados para los puntos de monitoreo del río Sinincay.....	104
4.8.	Coefficiente de correlación de Pearson y Spearman para los índices ICA-NSF y BMWP/Col durante el periodo de monitoreo.....	112
4.9.	ACP de los parámetros físico-químicos, microbiológicos e índices obtenidos durante el periodo de monitoreo.....	115
4.10.	Propuesta de gestión ambiental para mejorar y conservar la calidad del agua del río Sinincay.....	119
5.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	120
6.	<b>RECOMENTACIONES</b> .....	122
7.	<b>REFERENCIAS</b> .....	124
8.	<b>ANEXOS</b> .....	133

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Área de una cuenca.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2: Clasificación e interpretación ambiental del coeficiente de compacidad de Gravelius.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 3: Factor de forma según Horton. ....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 4: Rangos de los índices de alargamiento y sus respectivas clases. ....</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 5: Rangos y clases de pendientes del cauce principal .....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 6: Clasificación de la pendiente media de la cuenca y su respectiva descripción.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 7: Categorías de la densidad de drenaje.....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 8: Relación entre el hundimiento relativo del flotador y la profundidad del río. ....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 9: Clasificación del ICA-NSF. ....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 10: Métodos utilizados para el análisis de los parámetros físico-químicos .....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 11: Métodos utilizados para el análisis de los parámetros microbiológicos.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 12: Pesos asignados a cada variable del ICA-NSF. ....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 13: Solubilidad del O2 en agua dulce.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 14: Norma internacional de calidad de agua superficial de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 15: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 16: Puntaje para las familias de macroinvertebrados acuáticos para el cálculo del índice BMWP/Col. ....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 17: Valores del Índice BMWP y ASTP para estimar la calidad del agua. ....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 18: Parámetros morfométricos de la microcuenca del río Sinincay.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 19: Valores cuantitativos derivados del MDT para la construcción de la curva hipsométrica. ....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 20: Cálculo del tiempo de concentración.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 21: Georreferenciación de las zonas de descarga hacia el río Sinincay. ....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 22: Georreferenciación de la red hídrica de la microcuenca del río Sinincay.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 23: Punto de monitoreo 1 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay. ....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 24: Punto de monitoreo 2 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay. ....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 25: Punto de monitoreo 3 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay. ....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 26: Puno de monitoreo 4 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay. ....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 27: Punto de monitoreo 5 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay. ....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 28: Punto de monitoreo 6 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay. ....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 29: Punto de monitoreo 7 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay. ....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 30: Punto de monitoreo 8 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay. ....</i>	<i>84</i>

<i>Tabla 31: Valores de los caudales, velocidades y áreas medidas en el río Sinincay durante las campañas y puntos de monitoreo.</i>	86
<i>Tabla 32: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de junio con los límites máximos permisibles indicados por la EPA.</i>	96
<i>Tabla 33: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de junio con los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.</i>	97
<i>Tabla 34: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de julio con los límites máximos permisibles indicados por la EPA.</i>	97
<i>Tabla 35: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de julio con los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.</i>	98
<i>Tabla 36: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de septiembre con los límites máximos permisibles indicados por la EPA.</i>	99
<i>Tabla 37: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de septiembre con los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.</i>	99
<i>Tabla 38: Resultados del ICA-NSF obtenidos en los tres meses de monitoreo.</i>	103
<i>Tabla 39: Promedio del ICA-NSF con respecto a los diferentes puntos y periodos de monitoreo.</i>	103
<i>Tabla 40: Índices BMWP/Col y ASPT para el mes de junio.</i>	106
<i>Tabla 41: Índices BMWP/Col y ASPT para el mes de julio.</i>	108
<i>Tabla 42: Índices BMWP/Col y ASPT para el mes de septiembre.</i>	110
<i>Tabla 43: Valores promedios del BMWP/Col y ASPT durante los meses de monitoreo.</i>	111
<i>Tabla 44: Número y tasas de macroinvertebrados presentes en el mes de junio.</i>	141
<i>Tabla 45: Número y tasas de macroinvertebrados presentes en el mes de julio.</i>	141
<i>Tabla 46: Número y tasas de macroinvertebrados presentes en el mes de septiembre.</i>	142
<i>Tabla 47: Matriz de correlaciones del mes de junio.</i>	150
<i>Tabla 48: Varianza explicada de los componentes en el mes de junio.</i>	150
<i>Tabla 49: Matriz de componentes rotados del mes de junio.</i>	151
<i>Tabla 50: Matriz de correlaciones del mes de julio.</i>	151
<i>Tabla 51: Varianza total explicada de los componentes en el mes de julio.</i>	152
<i>Tabla 52: Matriz de componentes rotados del mes de julio.</i>	152
<i>Tabla 53: Matriz de correlaciones del mes de septiembre.</i>	153
<i>Tabla 54: Varianza total explicada de los componentes en el mes de septiembre.</i>	153
<i>Tabla 55: Matriz de componentes rotados del mes de septiembre.</i>	154

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

<i>Ilustración 1: Tipos de cuencas.</i>	7
<i>Ilustración 2: Partes de una cuenca.</i>	7
<i>Ilustración 3: Curvas hipsométricas. A) Altas montañas valles extensos. B) Altas planicies y valles profundos.</i>	13
<i>Ilustración 4: Cambio de forma de la curva hipsométrica con respecto a la edad del río.</i>	13
<i>Ilustración 5: Orden de Cauces.</i>	14
<i>Ilustración 6. Sección del tramo del río</i>	17
<i>Ilustración 7: Medición del ancho del canal.</i>	17
<i>Ilustración 8: Sección en intervalos de un cauce.</i>	18
<i>Ilustración 9: Medición de la velocidad.</i>	19
<i>Ilustración 10: Área, perímetro y longitud del cauce principal de la microcuenca del río Sinincay.</i>	28
<i>Ilustración 11: Longitud total de la red hídrica.</i>	29
<i>Ilustración 12: Trayectoria del río Sinincay para el levantamiento de información y georreferenciación.</i>	31
<i>Ilustración 13: Materiales usados para el cálculo del caudal.</i>	31
<i>Ilustración 14: A) Medición del ancho y largo del cauce; B) Medición de la profundidad.</i>	32
<i>Ilustración 15: Estimación de la velocidad del flotador en los diferentes tramos del río.</i>	33

<i>Ilustración 16: Toma de muestras del agua en el río Sinincay.</i>	34
<i>Ilustración 17: Refrigeración de las muestras.</i>	34
<i>Ilustración 18: Medición in-situ de la temperatura y pH.</i>	35
<i>Ilustración 19: Equipos de laboratorio usados para el análisis físico-químico.</i>	36
<i>Ilustración 20: Valoración de la calidad de agua en función de CF</i>	39
<i>Ilustración 21: Valoración de la calidad de agua en función del pH.</i>	40
<i>Ilustración 22: Valoración de la calidad de agua en función del DBO5.</i>	40
<i>Ilustración 23: Valoración de la calidad de agua en función de los nitratos.</i>	41
<i>Ilustración 24: Valoración de la calidad de agua en función de los fosfatos.</i>	41
<i>Ilustración 25: Valoración de la calidad de agua en función de la temperatura.</i>	42
<i>Ilustración 26: Valoración de la calidad de agua en función de la turbidez.</i>	42
<i>Ilustración 27: Valoración de la calidad de agua en función de SDT.</i>	43
<i>Ilustración 28: Valoración de la calidad de agua en función de OD.</i>	44
<i>Ilustración 29: Red de mano y colador para la captura de macroinvertebrados.</i>	46
<i>Ilustración 30: Conservación de los macroinvertebrados en frascos herméticos con alcohol.</i>	47
<i>Ilustración 31: Fraccionamiento de las muestras e Identificación de macroinvertebrados en el estereomicroscopio.</i>	47
<i>Ilustración 32: Cuadro de diálogo del procedimiento “correlación bivariada”</i>	50
<i>Ilustración 33: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 1.</i>	51
<i>Ilustración 34: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 2.</i>	51
<i>Ilustración 35: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 3.</i>	51
<i>Ilustración 36: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 4.</i>	52
<i>Ilustración 37: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 5.</i>	52
<i>Ilustración 38: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 6.</i>	52
<i>Ilustración 39: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 7.</i>	53
<i>Ilustración 40: Curva hipsométrica de la microcuenca del río Sinincay.</i>	57
<i>Ilustración 41 Perfil longitudinal del río Sinincay:</i>	59
<i>Ilustración 42 Actividades antropogénicas que se dan en el sector “Cochas”</i>	77
<i>Ilustración 43: Descargas y actividades antropogénicas que se dan en el sector “El Chorro”</i>	78
<i>Ilustración 44: Descargas y actividades antropogénicas que se dan en el sector “Centro Parroquial-Sinincay”.</i>	79
<i>Ilustración 45: Desagües y actividades antropogénicas que se dan en el sector “Daniel Duran”</i>	80
<i>Ilustración 46: Actividades antropogénicas que se dan en el sector “Chamana”.</i>	81
<i>Ilustración 47: Descargas hacia el río Sinincay en el sector “Las orquídeas”</i>	82
<i>Ilustración 48: Descargas hacia el río Sinincay en el sector “Camino a Patamarca”</i>	83
<i>Ilustración 49: Presencia de residuos en la parte final del río Sinincay.</i>	84
<i>Ilustración 50: Variación del caudal durante el periodo de monitoreo.</i>	87
<i>Ilustración 51: Resultados de la temperatura durante el periodo de monitoreo.</i>	88
<i>Ilustración 52: Resultados de los SDT durante el periodo de monitoreo.</i>	89
<i>Ilustración 53: Resultados de la turbidez durante el periodo de monitoreo.</i>	89
<i>Ilustración 54: Resultados del pH durante el periodo de monitoreo.</i>	90
<i>Ilustración 55: Resultados de los fosfatos durante el periodo de monitoreo.</i>	91
<i>Ilustración 56: Resultados de los nitratos durante el periodo de monitoreo.</i>	92
<i>Ilustración 57: Resultados del OD durante el periodo de monitoreo.</i>	93
<i>Ilustración 58: Resultados de la DBO5 durante el periodo de monitoreo.</i>	94
<i>Ilustración 59: Resultados de los CF durante el periodo de monitoreo.</i>	95
<i>Ilustración 60: Grafico de componentes en espacio rotado en el mes de junio.</i>	116
<i>Ilustración 61: Grafico de componentes en espacio rotado en el mes de julio.</i>	117
<i>Ilustración 62: Grafico de componentes en espacio rotado en el mes de septiembre.</i>	118

## INDICE DE MAPAS

<i>Mapa 1: Ubicación de la microcuenca del río Sinincay dentro de la subcuenca del río Machángara y la cuenca del río Paute.</i> .....	4
<i>Mapa 2: Microcuenca del río Sinincay</i> .....	5
<i>Mapa 3: Mapa de pendientes de la microcuenca del río Sinincay.</i> .....	55
<i>Mapa 4: Áreas entre curvas de nivel para la obtención de la curva hipsométrica.</i> .....	56
<i>Mapa 5: Orden de los cauces por el método de Strahler.</i> .....	58
<i>Mapa 6: Descargas de aguas servidas al río Sinincay</i> .....	68
<i>Mapa 7: Descargas producto de diversas actividades antropogénicas al río Sinincay.</i> .....	69
<i>Mapa 8: Descargas de aguas grises al río Sinincay.</i> .....	70
<i>Mapa 9: Descargas de agua lluvia al río Sinincay.</i> .....	71
<i>Mapa 10: Red de drenaje que alimenta al río Sinincay.</i> .....	76
<i>Mapa 11: Puntos estratégicos a monitorear para analizar la calidad del agua.</i> .....	85
<i>Mapa 12: Variación espacio-temporal del ICA-NSF en el mes de junio.</i> .....	100
<i>Mapa 13: Variación espacio-temporal del ICA-NSF en el mes de julio.</i> .....	101
<i>Mapa 14: Variación espacio-temporal del ICA-NSF en el mes de septiembre.</i> .....	102
<i>Mapa 15: Variación del índice BMWP/Col en el mes de junio.</i> .....	104
<i>Mapa 16: Variación del índice BMWP/Col en el mes de julio.</i> .....	107
<i>Mapa 17: Variación del índice BMWP/Col en el mes de septiembre.</i> .....	109

## **1. INTRODUCCIÓN**

El agua desde la antigüedad ha sido considerado un medio estratégico en un mundo que está cambiando muy rápido, su importancia radica en ser considerado como componente primordial de nuestra madre naturaleza, considerado también para muchos como patrimonio natural, además de ser un recurso necesario para desarrollar actividades económicas y de producción y, fundamental para la vida (Parra, 2009). La acelerada concentración poblacional, el crecimiento industrial y tecnológico han causado el deterioro de los ecosistemas acuáticos, debido a que actualmente los recursos hídricos se han utilizado de manera incorrecta para verter aguas de origen doméstico e industrial producto de las múltiples actividades del hombre. Una considerable parte de los cuerpos de agua de la Tierra se encuentran con niveles elevados de contaminación por plásticos, metales, fertilizantes químicos, desechos orgánicos y otros contaminantes que modifican las propiedades físicas químicas del agua como son el pH y temperatura, ocasionando alteraciones ecosistemáticas lo que lleva al incremento de los costos para buscar una tecnología de tratamiento apropiada (Mosquera, 2006).

El uso, conservación, tratamiento y manejo del agua es un desafío hoy en día para las autoridades, instituciones y grupos sociales responsables de su gestión en la recuperación y protección de los diversos cuerpos de agua. Por ello, que el estado actual de los cuerpos de aguas superficiales es un motivo de controversia en todo el planeta, debido a esto se debe considerar esencial conocer y entender las variables ambientales que podrían modificar las características naturales de un cuerpo de agua como es el caso de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas que por su naturaleza tratarlas resulta ser más difícil, pudiendo afectar la salud de los seres vivos ya sea de manera directa o indirectamente (OMS, 2006).

La calidad del agua en los ríos del Ecuador a lo largo de los años ha sufrido un constante deterioro debido a las actividades antropogénicas, es por ello que es primordial contar con información valiosa de los cuerpos de agua y así poder aprovechar de mejor manera este recurso natural, una forma de obtener información y resultados confiables del estado en la que se encuentra un cuerpo de agua es mediante la aplicación de un Índice de Calidad del Agua (ICA) (Soledad & Urgilés, 2016). El Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional De Saneamiento de Estados Unidos (ICA-NSF) a pesar de ser desarrollado en este país es empleado ampliamente a nivel del mundo, siendo aprobado y adaptado en muchas investigaciones, incluye datos de varios parámetros físicos, químicos y microbiológicos en una ecuación con la finalidad de conocer la calidad del agua en un lugar, tiempo y tramo determinado (Soledad & Urgilés, 2016).

La evaluación del estado de un cuerpo de agua se ha desarrollado generalmente con base análisis físico-químicos y microbiológicos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han aceptado incluir indicadores biológicos como un hecho fundamental para su diagnóstico. Por ello, a resultado imprescindible emplear este tipo de metodología como una parte integral para el monitoreo del estado actual de un cuerpo de agua. (Roldán, 2003). Los indicadores biológicos (macroinvertebrados) debido a su alta diversidad, abundancia y grado de adaptación en los ríos y quebradas tienen una gran importancia dentro de un ecosistema acuático, ya que representan una gran fuente de alimento para los depredadores superiores como peces, anfibios y aves. Es decir, actualmente son considerados importantes indicadores biológicos de la calidad en cada tramo de un cuerpo de agua por ser sensibles a las distintas alteraciones antropogénicas tales como físicas, químicas e hidroformológicas; el incremento y ausencia de determinadas especies sensibles a las alteraciones mencionadas suelen ser indicativos confiables de la pérdida de la calidad ambiental, estos organismos son de suma importancia, ya que cada grupo de macroinvertebrado vive en un hábitat concreto (González et al., 2019).

Es así que en el presente trabajo se evaluó la calidad del agua en el río Sinincay mediante tres metodologías: El Índice de Calidad de Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento de Estados Unidos (ICA-NSF) que se basa en nueve parámetros físicos, químicos y microbiológicos y; el “Biological Monitoring Working Party” (BMWP) complementado con el “Average Score per Taxon” (ASTP) que son índices biológicos que determinan la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados.

Esta investigación se realizó en la microcuenca del río Sinincay ubicada en el Cantón Cuenca provincia del Azuay la misma que forma parte de la Subcuenca del río Machángara y la Cuenca del río Paute; donde se procedió analizar la calidad del agua por tres metodologías ya mencionadas anteriormente. En primer lugar, se delimitó la microcuenca del río Sinincay y se analizó sus características morfométricas, posteriormente se realizó una georreferenciación del área de estudio para conocer el estado actual del río Sinincay y de esta manera seleccionar los puntos estratégicos a monitorear; luego se utilizó el laboratorio Ciencias de la vida de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca y el laboratorio de saneamiento de ETAPA-EP para el análisis de los parámetros que lo requerían en el caso del ICA-NSF; además se realizó un monitoreo de caudales mediante el método del flotador y se identificó la biodiversidad acuática utilizando métodos biológicos (BMWP/Col y ASTP); con la finalidad de obtener un diagnóstico real de la calidad del agua del río Sinincay. Este trabajo tiene la finalidad de generar información que sirva como herramienta a las autoridades

competentes y generar propuestas de acción ambiental considerando la información obtenida durante el monitoreo.

### **1.1. Identificación del problema y justificación**

En el Ecuador la contaminación y el deterioro de los recursos hídricos es una de las problemáticas más grandes que se presentan hoy en día, ya sea por la ausencia de control por parte de las autoridades, falta de conciencia y compromiso ambiental por parte de las personas; esto ha llevado al desconocimiento de las condiciones naturales en las que está el agua, realizando acciones mal encaminadas con el intento de remediar esta situación, es por ello que es fundamental tener una idea clara del daño ocasionado (Abel, 1996).

Conocer la calidad del agua es indispensable para definir si es aceptable o no para los diferentes usos que se puede dar, el análisis se lo hace considerando parámetros físicos, químicos, microbiológicos y biológicos, los resultados obtenidos deben ser comparados con los estándares de calidad de agua nacionales o internacionales (PDOT Sinincay, 2020).

Considerando que la microcuenca del río Sinincay se encuentra ubicada en un 86% de su territorio dentro de la parroquia Sinincay según la delimitación realizada, se puede evidenciar con simples recorridos de campo que en los últimos años han incrementado: la construcción de viviendas en los márgenes del río Sinincay, la agricultura, ganadería, deforestación entre otras actividades que alteran la calidad del agua.

La contaminación en el río Sinincay y de sus cauces se debe entre otras causas a que algunos sectores no cuentan con redes de alcantarillado es por ello que las personas optan por deshacerse de sus residuos de una manera inadecuada, a esto se suma la falta de educación ambiental y sensibilización por parte de los moradores; las malas actividades antropogénicas han provocado la erosión de las riberas debido a la tala de la vegetación riparia (PDOT Sinincay, 2020).

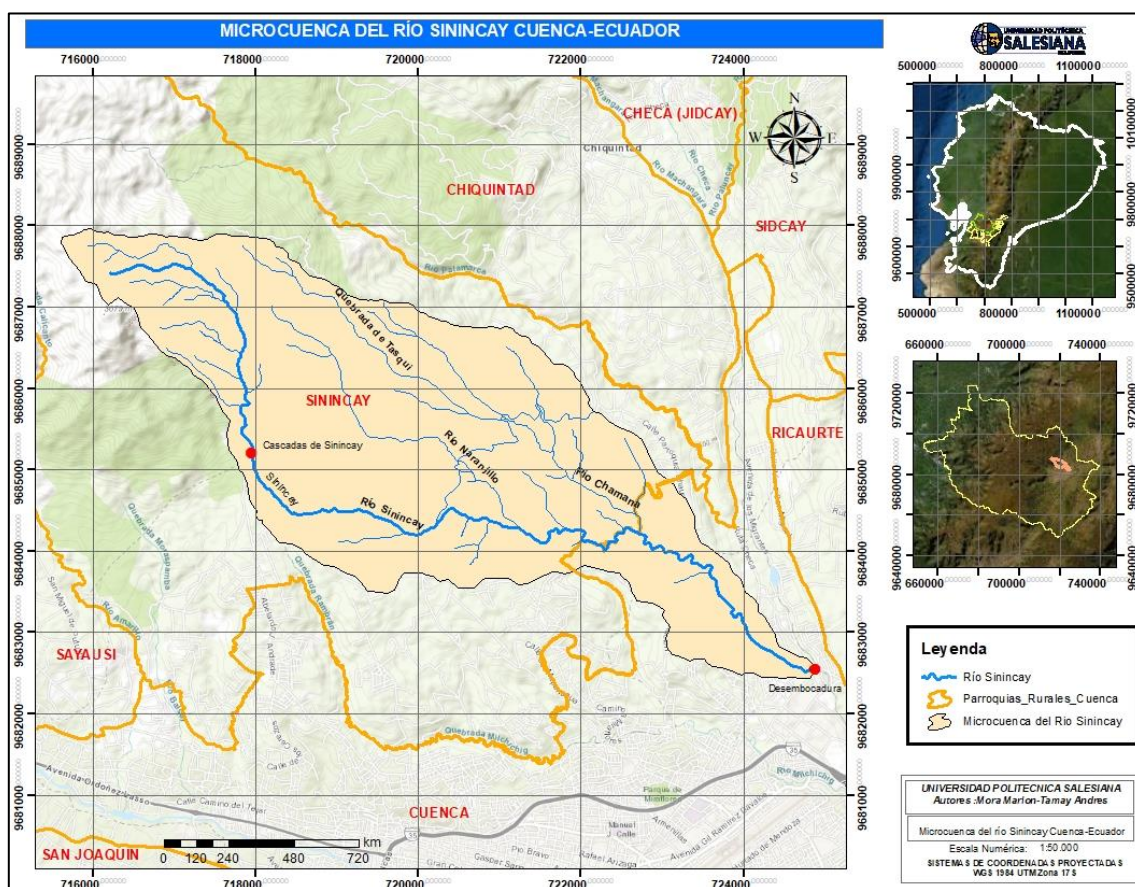
Al no existir ningún estudio sobre la calidad del agua del río Sinincay este trabajo pretende servir de herramienta de información técnica de las condiciones actuales en las que se encuentra el agua, con el propósito de aportar para su recuperación, control, conservación, y salvaguardar los ecosistemas acuáticos, por ende, la disminución de la contaminación ambiental. A esto se suma, la petición de la Junta Parroquial de Sinincay que ha solicitado a la Universidad Politécnica Salesiana la realización del presente proyecto. Es por ello, que ha surgido el interés de realizar el estudio de la calidad de agua del río Sinincay, con el fin de determinar el grado de contaminación de este recurso hídrico debido a las inadecuadas actividades antrópicas que se presentan en los diferentes sectores y,





De igual manera, la microcuenca del río Sinincay se encuentra ubicada en un 86% de su territorio dentro de la parroquia rural de Sinincay y un 14% en el área urbana de la ciudad de Cuenca específicamente en la parroquia urbana Hermano Miguel.

Según el (PDOT Sinincay, 2020) la parroquia Sinincay presenta precipitaciones que se relaciona directamente con la altitud; es decir, las zonas ubicadas en el noroeste (estribaciones del cerro Cabogana) presentan precipitaciones mayores entre los 1250 y 1300 mm, mientras que las zonas ubicadas al sureste presenta valores entre los 950 a 1000 mm.



Mapa 2: Microcuenca del río Sinincay

Fuente: Autores.

## 1.2.OBJETIVOS

### 1.2.1. GENERAL:

Monitorear los parámetros físico-químicos, microbiológicos y macroinvertebrados del río Sinincay para determinar el índice de calidad del agua.

### **1.2.2. ESPECÍFICOS:**

- Delimitar la microcuenca del río Sinincay y analizar sus características morfométricas mediante el programa ArcMap 10.8.
- Georreferenciar las zonas de descarga hacia el río Sinincay provenientes de los desagües y de las diferentes actividades antropogénicas que se dan en los distintos sectores.
- Identificar y seleccionar los puntos de monitoreo estratégicos para determinar la calidad de agua del río Sinincay tomando como referencia la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2176:2013 “Agua Calidad del agua Muestreo Técnicas de muestreo” y la INEN 2169:2013 “Agua Calidad de agua Muestreo Manejo y conservación de muestras”.
- Determinar los índices de calidad de agua: ICA-NSF, BMWP y ASTP del río Sinincay en los diferentes puntos de monitoreo y realizar un análisis estadístico entre los resultados obtenidos.
- Elaborar una propuesta de gestión ambiental cuya finalidad sea minimizar los impactos generados por las actividades antropogénicas en el río Sinincay, mediante la educación y concientización ambiental.

## **2. MARCO TEÓRICO**

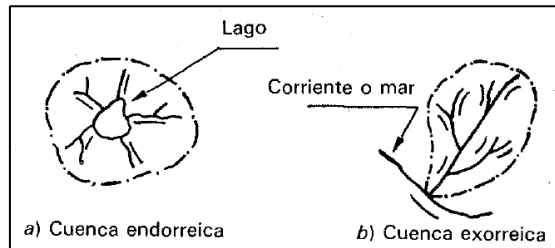
### **2.1.Cuenca hidrográfica**

Es un espacio geográfico que alberga los recursos naturales y los seres vivos, y en donde el hombre realiza sus actividades para subsistir (Ulises Barroso et al., 2010). Una cuenca es considerada como un balance donde el agua entra por medio de la precipitación, sale por la escorrentía y la infiltración que se forma debido a la topografía del terreno, descendiendo de la ladera, formando así una red de corrientes hidráulicas, siendo escurrido a un mismo punto de salida (Aparicio Mijares, 1992).

#### **2.1.1. Tipos de cuencas hidrográficas**

-Cuenca Endorreica: Es una cuenca que no tiene un punto de salida, sino el agua de las escorrentías llegan a acumularse en un espacio formando un lago (Aparicio Mijares, 1992).

-Cuenca Exorreicas: Son cuencas donde sus aguas se unen con otras corrientes como el mar u otro río (Aparicio Mijares, 1992).



*Ilustración 1: Tipos de cuencas.*

*Fuente: (Aparicio Mijares, 1992)*

## 2.2. Clasificación de los cursos de agua

Según (Monsalve Sáenz, 1999) con base a la constancia de esorrentía, estos se clasifican en:

- Perennes: Son corrientes de hídricas que permanecen con agua todo el tiempo, incluso en épocas secas debido a que es alimentada por otras fuentes de agua, comúnmente agua subterránea (Monsalve Sáenz, 1999).
- Intermitentes: Son corrientes de agua que solo están activas en estaciones lluviosas y en el tiempo de verano estas se secan (Monsalve Sáenz, 1999).
- Efímeros: Se presenta solo en el momento que se dé la precipitación.

## 2.3. Partes de una cuenca

Una cuenca está segmentada en tres partes. La parte alta es la zona que se encuentra a una mayor altitud, con pendientes pronunciadas, donde nace el agua y presenta temperaturas bajas. La parte media se encuentra entre la parte alta y baja de la cuenca, presentando una pendiente menos pronunciada, y donde hay mayor presencia de asentamientos humanos. La parte baja es la zona considerada de menor altitud de la cuenca, las pendientes son bajas, las temperaturas altas, hay una mayor concentración de asentamientos humanos y los sedimentos arrastrados de la parte alta y media son depositados aquí (Cotler Ávalos et al., 2013).



*Ilustración 2: Partes de una cuenca*

*Fuente: (Palacios Ruiz, 2016).*

## **2.4. Características morfométricas de una cuenca**

Las características de una cuenca va a depender de diferentes factores como la morfología (forma de una cuenca, relieve, la red de drenaje, etc) (Monsalve Sáenz, 1999). A continuación, se describen cada una de ellas.

### **2.4.1. Parámetros generales**

#### **2.4.1.1. Divisorias topográficas o parteaguas**

Es una línea imaginaria delimitada por los puntos topográficos más altos, además permite separarla y distinguirla de las otras cuencas colindantes (Aparicio Mijares, 1992).

#### **2.4.1.2. Área de la cuenca.**

Es la superficie delimitada por el parteaguas, en proyección horizontal sobre el cual cae las gotas de lluvia. Según el valor de su tamaño se puede definir si se trata de una cuenca, subcuenca o microcuenca (Ulises Barroso et al., 2010).

*Tabla 1: Área de una cuenca.*

<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Nombre</b>
<5	Unidad
5 - 20	Sector
20 - 100	Microcuenca
100 - 300	Subcuenca
>300	Cuenca

*Fuente: Jiménez Materón (1986), citado por (Ulises Barroso et al., 2010).*

#### **2.4.1.3. Perímetro**

Es la longitud del parteaguas de la cuenca, es esencial para el cálculo de los parámetros morfométricos de las cuencas (Ulises Barroso et al., 2010).

#### **2.4.1.4. Longitud axial**

Es aquella que va desde la desembocadura hasta la cabecera más distante de la cuenca (Monsalve Sáenz, 1999).

#### **2.4.1.5. Longitud de la corriente principal**

Es la longitud que va desde el punto de salida de la cota más baja de una cuenca hacia el punto más alto donde inicia el cauce principal (Aparicio Mijares, 1992).

#### **2.4.1.6. Ancho**

Es el resultado de la relación entre el área y la longitud de la cuenca (Lux Cardona, 2016).

### **2.4.1.7.Desnivel altitudinal**

Es el resultado de la diferencia entre la cota máxima (HM= es la mayor altura a la cual se encuentra la divisora de agua), y la cota mínima de la cuenca (Hm=es la menor altura a la cual se encuentra el punto de desagüe) (Dolores Garay & Gabriel Agüero, 2018).

$$DA = HM - Hm$$

Donde:

DA: Desnivel altitudinal, en msnm

HM: Altura máxima, en msnm

Hm: Altura mínima, en msnm

### **2.4.2. Parámetros de forma**

#### **2.4.2.1.Forma de una cuenca**

Las cuencas presentan diferentes formas entre sí, y es esencial para conocer el comportamiento de las aguas ante momentos de crecidas (Ulises Barroso et al., 2010). Entre los índices y coeficientes para el cálculo de la forma se considera el de Gravelius y el de Horton.

#### **2.4.2.2.Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad**

Se le conoce como al cociente entre el perímetro de la cuenca y el área de una circunferencia igual a la de la cuenca (Sellers et al., 2016).

Para su estimación se utiliza la siguiente fórmula:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi * A}}$$

Donde:

Kc: Factor de compacidad.

P: Perímetro de la cuenca (km).

A: Área total de la cuenca (km<sup>2</sup>).

Según el valor de la forma de la cuenca obtenido, se puede interpretar si la cuenca es propensa o no a inundaciones tal como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 2: Clasificación e interpretación ambiental del coeficiente de compacidad de Gravelius.

kc	Clasificación	Interpretación ambiental
1 a 1,25	Casi redonda a oval-redonda	Alta tendencia a inundaciones
1,25 a 1,5	Oval redonda a oval-alargada	Mediana tendencia a inundaciones
1,5 a 1,75	Oval alargada a alargada	Baja tendencia a la inundación
>1,75	Alargada	Cuencas propensas a conservación

Adaptado de fuente: Villela e Matos (1975) y citado por (Camino et al., 2018).

Si el índice de Gravelius es igual a la unidad, se dice que la cuenca es de forma circular propensa a inundaciones; pero si esta es diferente de 1, se dice que la cuenca es irregular siendo menos susceptible a inundaciones (Sellers et al., 2016).

#### 2.4.2.3. Factor de forma de Horton

Es el cociente entre el área de la cuenca y la longitud al cuadrado del cauce principal (Sellers et al., 2016).

$$Ff = \frac{A}{Lc^2}$$

Donde:

A: Área total de la cuenca (km<sup>2</sup>).

Lc: Longitud del cauce de la cuenca (Km)

Tabla 3: Factor de forma según Horton.

Valores Aproximados	Forma de la Cuenca
< 0.22	Muy alargada
0.22 – 0.300	Alargada
0.300 – 0.37	Ligeramente alargada
0.37 – 0.450	Ni alargada ni ensanchada
0.45 – 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 – 0.80	Ensanchada
0.80 – 1.20	Muy ensanchada
> 1.200	Rodeando el desague

Adaptado de Fuente: Strahler (1957), citado por (Sellers et al., 2016).

#### 2.4.2.4. Índice de alargamiento

Este índice propuesto por Horton es el cociente entre la longitud axial de la cuenca con el ancho máximo medio (Cañibano et al., 2016).

$$I_a = \frac{L_a}{W}$$

Donde:

Ia: Índice de alargamiento.

W: Ancho de la cuenca en (Km).

La: Longitud axial de la cuenca en (Km).

Tabla 4: Rangos de los índices de alargamiento y sus respectivas clases.

Rangos de (Ia)	Clases de alargamiento
0,0 – 1,4	Poco alargada
1,5 – 2,8	Moderadamente alargada
2,9 – 4,2	Muy alargada

Fuete:(Fuentes Junco, 2004), citado por (Cañibano et al., 2016).

Mientras más alto sea el índice de alargamiento la cueca será más alargada (Cañibano et al., 2016).

### 2.4.3. Parámetros de Relieve

Son considerados importantes para el comportamiento hidrológico de una cuenca entre estos tenemos:

#### 2.4.3.1.Pendiente

La pendiente indica si el terreno de la cuenca es accidentado o no. Si las pendientes son fuertes entonces el flujo de agua de la escorrentía es veloz con un caudal alto, por lo tanto, se arrastra mayor cantidad de sedimentos. Si las pendientes son bajas la escorrentía fluye con más suavidad (Sellers et al., 2016).

#### 2.4.3.2.Pendiente media del cauce principal (j)

La pendiente media del cauce es el cociente de la densidad altitudinal y la longitud del cauce principal (Sellers et al., 2016).

$$j = \frac{DA}{Lc}$$

Donde:

DA: Densidad altitudinal

Lc: Longitud del cauce principal

Tabla 5: Rangos y clases de pendientes del cauce principal

Rango de pendiente (%)	Clases
<10	Suave
10 a 30	Moderada
>30	Fuerte

Fuente:(Baldeon Jara, 2016).

#### 2.4.3.3.Pendiente media de la cuenca (J)

Es un parámetro que caracteriza el relieve de la cuenca, y está relacionado con los fenómenos de erosión que se dan en la superficie (Guerra & González, 2002).

Tabla 6: Clasificación de la pendiente media de la cuenca y su respectiva descripción

Rango de Pendiente (%)	Descripción
0 a 4	Nula o casi Nivel
4 a 8	Ligeramente inclinada
8 a 15	Ligeramente inclinada a moderadamente empinada
15 a 25	Moderadamente empinada
25 a 50	Empinada
50 a 75	Muy empinada
>75	Extremadamente empinada

Fuente:(Membrillo Alcántara, 2015).

#### 2.4.3.4.Curva Hipsométrica

Es la representación gráfica del relieve de la cuenca, indicando los diferentes niveles altitudinales con referencia al nivel del mar. Para la obtención del gráfico se puede emplear el método de las cuadrículas del numeral anterior o planimetrando las áreas entre curvas de nivel (Monsalve Sáenz, 1999).

La gráfica es una curva descendente, donde en el eje de las ordenadas se encuentran las cuotas y en las abscisas el porcentaje de área acumulada, siendo una relación de proporcionalidad inversa, puesto que al valor de la cuota mayor le corresponde el cero por ciento del área acumulada y al de la cuota menor le corresponde el ciento por ciento del porcentaje de área acumulada. Entonces la curva hipsometría representa el porcentaje de área acumulada igualado o excedido para una cota determinada (Monsalve Sáenz, 1999).

Con la curva hipsométrica (Ilustración 3) se puede definir características fisiográficas de las cuencas hidrográficas (Monsalve Sáenz, 1999).



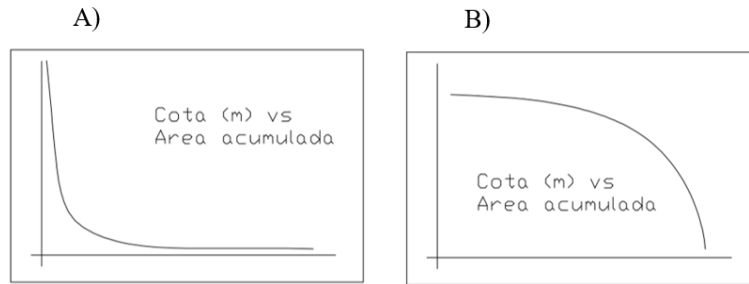


Ilustración 3: Curvas hipsométricas. A) Altas montañas valles extensos. B) Altas planicies y valles profundos.

Fuente:(Bateman, 2007).

Las curvas hipsométricas también han sido asociadas con las edades de los ríos (Ilustración 4).

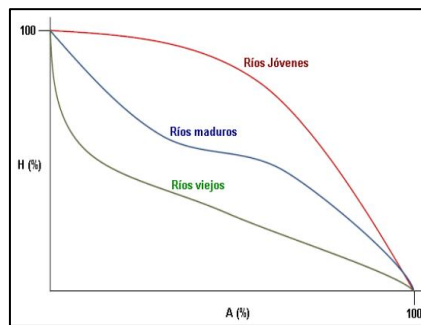


Ilustración 4: Cambio de forma de la curva hipsométrica con respecto a la edad del río.

Fuente: (Ibáñez Asensio et al., 2011).

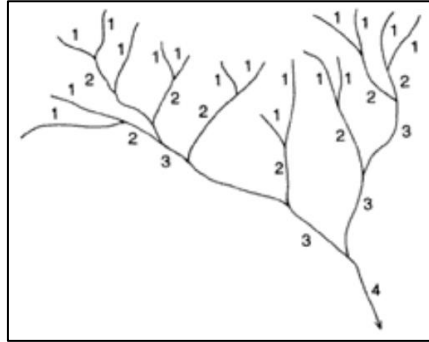
#### 2.4.4. Parámetros de la red hídrica

##### 2.4.4.1.Sistema de drenaje

Una cuenca presenta varias corrientes de agua, pero estas llegan a unirse constituyendo una corriente mayor, desembocando en un cauce principal. El nombre de la cuenca se debe al nombre que lleva su cauce principal. Para jerarquizar los cauces de una cuenca se puede emplear el método de Strahler o el Horton (Sellers et al., 2016).

##### 2.4.4.2.Orden de corrientes de agua por el método de Strahler

Es el grado de ramificación que tiene un sistema de drenaje. Las corrientes de primer orden son pequeños canales de agua, las corrientes de segundo orden se forman por la unión de dos corrientes de primer orden, las de tercer orden se forma por la unión de dos corrientes de segundo orden y así sucesivamente (Monsalve Sáenz, 1999).



*Ilustración 5: Orden de Cauces.*

*Fuente: (Sellers et al., 2016).*

### 2.4.4.3. Densidad de drenaje

Es el cociente entre la longitud total del curso de agua de la cuenca y su área total (Monsalve Sáenz, 1999).

$$Dd = L/A$$

Donde:

Dd: Densidad de drenaje (km/km<sup>2</sup>)

L: longitud total de las corrientes de agua (km).

A: área total de la cuenca (km<sup>2</sup>).

En la presente tabla se establecen los factores de densidad de drenaje en cuencas según Strahler y Horton:

*Tabla 7: Categorías de la densidad de drenaje.*

Densidad de Drenaje (km/km <sup>2</sup> )	Categoría
< 1	Baja
1 a 2	Moderada
2 a 3	Alta
> 3	Muy Alta

*Fuente: (Horton, 1945; Strahler, 1957), citado por (Sellers et al., 2016).*

Si la densidad de drenaje es mayor, la respuesta que tendrá una cuenca será más rápida al enfrentarse a una tormenta, por lo tanto la evacuación del agua se dará en menos tiempo (Sellers et al., 2016).

#### 2.4.4.4. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es una medida del tiempo necesario para que la escorrentía fluya desde el extremo superior de la cuenca al extremo inferior. Cada cuenca tiene su propio tiempo de concentración dependiendo de sus condiciones de tamaño, forma, pendiente y cobertura del suelo (Gribbin, 2014). En sí es el tiempo que avanza en recorrer una gota de lluvia imaginaria en el punto más remoto de la cuenca hacia el punto de salida (Lux Cardona, 2016). Para el cálculo del tiempo de concentración se presenta las siguientes fórmulas:

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (horas).

L: Longitud del cauce principal (km).

J: Pendiente media del curso principal.

#### Fórmula de Témez

Témez propone estimar el tiempo de concentración de una cuenca, mediante la siguiente fórmula (Pizarro-Tapia et al., 2014):

$$T_c = 0,30 * \left(\frac{L}{J^{0,25}}\right)^{0,76}$$

#### Fórmula Californiana

La dedujo Kirpich, la cual está planteada de la siguiente forma (Hinojosa Cabrera, 1987):

$$T_c = 0,066 * \left(\frac{L}{J^{0,5}}\right)^{0,77}$$

#### 2.4.4.5. Perfil longitudinal del cauce principal

Es la línea que representa los niveles altitudinales del río desde su nacimiento hacia la desembocadura (Ibáñez Asensio et al., 2011).

A lo largo de perfil longitudinal se estiman las diferentes competencias del caudal, si esta competencia es mayor se presentará una alta erosión y transporte de sedimentos (Benji O., 2013).

En los ríos jóvenes, los perfiles longitudinales inicialmente son irregulares con tramos poco inclinados y otros son muy inclinados frecuentemente en donde están presentes los rápidos y las cascadas (Báez Muñoz, 2018) y (Benji O., 2013).

## 2.5. Calidad del agua

La Directiva Marco del Agua (DMA) define a la calidad del agua como aquellas condiciones naturales que deben preservarse de manera íntegra en el agua, con el fin de que se presente un ecosistema en equilibrio y de esta manera se cumplan ciertos objetivos específicos descritos en los planes hidrológicos de Cuenca (Interconsulting Bureau S.L., 2019).

El agua es indispensable para el desarrollo de la vida por tanto conocer su calidad es importante para considerar los diferentes usos que se le puede dar, por ejemplo, el agua destinada para el consumo humano requiere de una calidad alta, además da a conocer que variables necesitan ser controladas. Para conocer la calidad del agua superficial existen varios parámetros, formas y métodos pero en todo estudio se debe considerar su hidrología, sus características fisicoquímicas y biológicas (Sierra Ramírez, 2011).

Entre las variables físico-químicas y microbiológicas a destacar en un análisis de calidad de agua se encuentran la temperatura, la turbiedad, la demanda biológica de oxígeno (DBO), presencia de nitratos, fosfatos, sólidos disueltos totales (SDT), oxígeno disuelto (OD), pH, coliformes fecales (CF), entre otras; estos parámetros son de gran importancia debido a que indican la composición y la dinámica de los agentes contaminantes contribuyendo al diagnóstico de la calidad del agua de un cuerpo hídrico (Gualdrón, 2016).

Las variables físicas y químicas son fundamentales ya que nos proporcionan información extensa de las propiedades físicas y químicas que presenta un cuerpo de agua, sin embargo, no aportan información de su influencia en la vida acuática; es así que los métodos biológicos nos proporcionan esta información, pero no indican acerca del contaminante responsable. Por ello, varios investigadores recomiendan la utilización de las dos metodologías en la evaluación de un curso hídrico (Orozco et al., 2005).

## 2.6. Caudal

El caudal es considerado una variable importante en los estudios hidrológicos y es medido a lo largo de un periodo de meses o de años (Ven Te Chow et al., 1998). Se le conoce como a la cantidad de agua que fluye en un determinado tiempo (Organización Meteorológica Mundial, 1994); y se expresa de la siguiente fórmula:

$$Q = V * A$$

Donde

Q: caudal, en m<sup>3</sup>/s

V: velocidad, en m/s

A: área, en m<sup>2</sup>

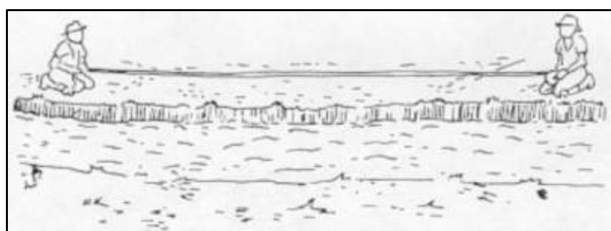
El caudal puede calcularse de varios métodos donde se emplea las mediciones de velocidad y profundidad (Ven Te Chow et al., 1998). Entre los métodos más usados se encuentra el de molinete y el del flotador. A continuación, se va a describir en que consiste el método del flotador.

### 2.6.1. Cálculo del caudal por el método del flotador.

El método del flotador se emplea cuando no se puede usar el molinete debido a las inadecuadas profundidades y velocidades (Organización Meteorológica Mundial, 1994). Para su cálculo se debe seguir los siguientes pasos:

#### 2.6.1.1. Selección del lugar

Se debe escoger un tramo recto del río que sea uniforme y no presente, obstáculos como piedras o ramas, donde el agua fluya libremente sin que se genere turbulencia. La longitud del tramo del río normalmente está entre los 5 a 10 metros (Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego, 2015).

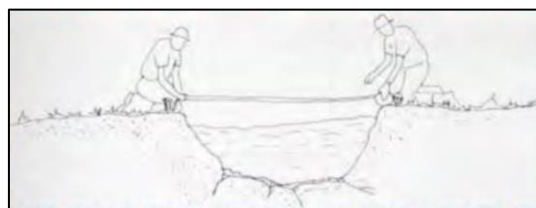


*Ilustración 6. Sección del tramo del río*

*Fuente: (Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego, 2015)*

#### 2.6.1.2. Determinación del área de la sección

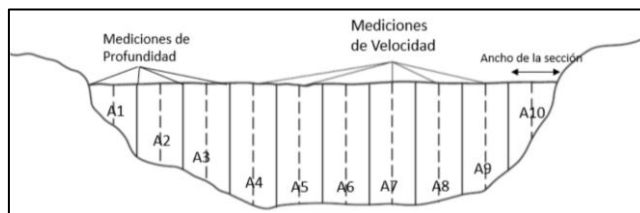
Para su determinación se traza una línea de referencia que se extienda de una orilla del río a la otra, abarcando todo el ancho de la corriente (Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego, 2015).



*Ilustración 7: Medición del ancho del canal.*

*Fuente: (Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego, 2015)*

A intervalos regulares de la línea de referencia, se mide la profundidad del cauce desde la superficie del agua hasta el lecho del río mediante una varilla graduada. También se puede emplear para la medición de las profundidades, algún otro material que sea resistente y que tenga peso para que se mantenga rígido ante la fuerza de la corriente (Ven Te Chow et al., 1998).



*Ilustración 8: Sección en intervalos de un cauce.*

*Fuente: (Alvarado, 2017)*

Para el cálculo del área en cada intervalo, se usa el método del trapecio empleando la siguiente fórmula, (Alvarado, 2017):

$$A = \frac{a + b}{2} * l$$

Donde:

*a* y *b*: Profundidades de la sección, en metros.

*L*: ancho de la sección, en metros.

El área de la sección total del río es el resultado de la sumatoria de todas las áreas de los intervalos tal y como se presenta a continuación, (Alvarado, 2017):

$$A_T = \sum A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \dots + A_n$$

### **2.6.1.3. Determinación de la velocidad**

Después se mide la velocidad, que es la relación de la distancia que recorre el agua en un tiempo determinado. Esto se realiza con ayuda de un cronómetro para observar cuánto tarda un flotador superficial en recorrer el tramo del río (Dunán Ávila et al., 2020). El flotador debe ser lanzado más arriba de la sección transversal y una vez que cruce la línea de referencia se toma el tiempo hasta que llegue al punto final del tramo, esta medición se debe repetir varias veces (Organización Meteorológica Mundial, 1994).



*Ilustración 9: Medición de la velocidad*

*Fuente: (Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego, 2015)*

La velocidad está dada por la siguiente ecuación:

$$V = \frac{L}{T}$$

Donde

V: velocidad de la corriente, en m/s.

L: longitud del tramo del río, en m.

T: tiempo en que tarde el flotador en recorrer el tramo del río, en segundos.

#### **2.6.1.4. Factor $F$ de ajuste de la velocidad del flotador en función de la relación $R$ , entre la profundidad de inversión del flotador y la profundidad del agua.**

La velocidad corregida del flujo es igual a la velocidad del flotador multiplicado por un factor basado en la forma del perfil vertical de las velocidades y en la profundidad relativa de inmersión del flotador. Se puede utilizar el factor  $F$  de ajuste según la presente tabla para una estimación aproximada (Organización Meteorológica Mundial, 1994).

*Tabla 8: Relación entre el hundimiento relativo del flotador y la profundidad del río.*

R	F
0,10 o menos	0,86
0,25	0,88
0,50	0,90
0,75	0,94
0,95	0,98

*Fuente: (Organización Meteorológica Mundial, 1994).*

### **2.7. Índice de calidad de agua (ICA)**

El índice de calidad de agua (ICA) es útil para conocer el grado de calidad del agua de un cuerpo hídrico de un modo rápido y breve. Independientemente del posible uso al que van a ser destinadas, donde se parte de la toma de muestras con el fin de obtener una serie de parámetros e

indicadores. Estos datos deben ser procesados y analizados, para luego convertirlos en un valor numérico, lo que permite obtener una serie de índices que determinan el estado actual de un cuerpo hídrico en función de unos rangos de calidades establecidos. Estos índices pueden ser fundamentalmente: fisicoquímicos y biológicos (Cifuentes Osorio et al., 2014).

Se han desarrollado y discutido diferentes ICA considerando criterios que pueden interferir en los resultados para aquellas regiones con distintas características, por ello los países han elaborado sus propios indicadores que se adapten a sus requerimientos, (Torres et al., 2009).

### **2.7.1. Índice de calidad de agua desarrollada por la fundación de los Estados Unidos (ICA-NSF)**

El ICA más validado y difundido en varios estudios internacionales, es el de la National Science Foundation de los Estados Unidos (NSF por sus siglas en inglés). Fue planteado en 1970 por Brown, MacClelland, Deininger y Tozer, impulsados por la NSF de los Estados Unidos de Norteamérica, los mismos proponen un índice basado en la estructura del índice de Horton y en el de Delphi. Brown convocó 142 expertos en gestión de calidad de agua y les aplicó tres cuestionarios: La primera se les pidió 35 parámetros que pueda ser considerados en el ICA, con calificaciones del 1 (significancia alta) al 5 (significancia baja) para ver si el parámetro debiera ser incluido o no. En la segunda se identificaron nueve de los 35 parámetros que considera el ICA. En el tercer cuestionario se obtuvieron las gráficas de cada parámetro, para el cálculo de los subíndices (Castro et al., 2014).

Este es un índice público ya que ignora tanto el tipo de uso que se le dará al agua, como el método utilizado para determinar las características físico químicas y microbiológicas (Aguirre Cordón et al., 2016).

Los nueve parámetros del ICA-NSF está conformado , por ocho fisicoquímicos: el pH, la DBO<sub>5</sub>, Nitratos y Fosfatos, Temperatura, Turbidez, Sólidos Disueltos Totales, Oxígeno Disuelto; y un parámetro microbiológico: los Coliformes Fecales (González Meléndez et al., 2013).

### **2.7.2. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos que considera el ICA-NSF**

#### **2.7.2.1. Parámetros físicos**

##### **Temperatura**

Mide el grado de frío o calor del agua, los resultados obtenidos usualmente sirven como datos auxiliares para realizar otras determinaciones como es el caso de la alcalinidad, conductividad eléctrica, actividad biológica y el OD (UICN, 2018). Es así que, las variables de este parámetro generan



una alteración en el desarrollo de la flora y fauna presentes en un recurso hídrico, incrementando el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua (Gualdrón, 2016).

La temperatura del agua influirá en la cantidad de O<sub>2</sub>, ya que a mayor temperatura el proceso fotosintético se acelera así como la remoción de materia orgánica (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A., 2012).

### **Sólidos Disueltos Totales (SDT)**

Para una adecuada evaluación de la calidad de agua es primordial conocer la cantidad de material sólido que contiene una muestra. Se define a los sólidos como aquellos residuos de material que quedan en un recipiente después que se evapore la muestra y su posterior secado en la estufa a una temperatura establecida, los sólidos totales incluyen tanto las sales inorgánicas (bicarbonatos, sulfatos, cloruros, fosfatos, carbonatos, materia orgánica). Se clasifican de acuerdo a su tamaño y estado en suspendidos, disueltos y coloidales; por sus características químicas en volátiles y fijos; y por la decantabilidad en suspensión sedimentables y no sedimentables (Toasa, 2012).

Los sólidos totales disueltos (STD) indican la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico e inorgánico, con los sólidos se puede establecer relaciones con otras variables como la DBO y DQO generando resultados más fiables (Gualdrón, 2016).

### **Turbidez**

Indica la transparencia o claridad producida en el agua por la materia particulada en suspensión. Es una expresión de la propiedad óptica del agua que hace que la luz se disperse o se absorba en lugar de transmitirse sin cambio de dirección a través de la muestra (UICN, 2018). La forma más frecuente por el que el hombre aumenta la turbiedad de un curso hídrico es por la construcción de obras de ingeniería, agricultura y la deforestación intensiva; dichas actividades se convierten en fuentes de sedimentos que al depositarse en el fondo del agua destruyen los hábitats de las especies (Roldán, 2003). La turbidez es un factor ambiental a los ecosistemas acuáticos ya que la actividad fotosintética depende del grado de penetración de la luz solar (Argandoña & Macías, 2013).

#### **2.7.2.2. Parámetros químicos**

##### **Potencial de hidrógeno (pH)**

Al pH se lo conoce como una medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o solución; el rango de medición del pH va de 0 a 14, un valor menor a 7 significa que es más ácido,

mientras que un valor mayor a 7 significa que es más alcalino y finalmente un valor de 7 representa neutralidad.

El pH del agua se debe en gran parte al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. La secuencia de equilibrio de disolución de CO<sub>2</sub>, y la subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonatos van a alterar de manera drástica el pH de cualquier cuerpo de agua (Seóñez, 1999).

### **Oxígeno disuelto (OD)**

Es la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y es fundamental para la vida de cualquier organismo acuático, el nivel de O<sub>2</sub> disuelto es un indicador de la contaminación de un cuerpo de agua; si el nivel de este parámetro es bajo indica contaminación con materia orgánica e incapacidad para mantener diferentes formas de organismos acuáticos, parte del O<sub>2</sub> disuelto es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A., 2012).

Este parámetro es uno de los más importantes para evaluar la calidad del agua, los valores normales varían entre los 7,0 y 8,0 mg/L; La fuente principal de O<sub>2</sub> es el aire, el mismo que se difunde rápidamente en el agua ocasionada por la turbulencia que se presenta en un cuerpo de agua (Roldán, 2003).

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua está influenciado por la presión atmosférica, la temperatura, la salinidad y la materia orgánica disuelta: a mayor altura sobre el nivel del mar menor es la presión atmosférica y por ende el oxígeno disminuye; así también, a mayor temperatura menor será la concentración del mismo; el contenido de sales tales como cloruros van a disminuir la concentración del oxígeno en un cuerpo de agua; de igual manera, las concentraciones altas de materia orgánica en el agua pueden agotar el oxígeno pues la materia orgánica lo requiere para su descomposición (Roldán Pérez, 2012).

### **DBO5**

Se define como la cantidad de oxígeno usada en la oxidación bioquímica de la materia orgánica, bajo ciertas condiciones de temperatura y tiempo, su uso radica en la evaluación de la naturaleza del agua residual, se determina generalmente a los 20 grados centígrados después de incubarse durante 5 días; la demanda bioquímica de oxígeno de aguas residuales se debe a la materia orgánica carbonosa fuente de alimentación por organismos aerobios, nitrógeno oxidable que sirve de sustrato por bacterias específicas y compuestos reductores químicos oxidados por el oxígeno disuelto (Argandoña & Macías, 2013).

La demanda bioquímica de Oxígeno es una medida cuantitativa de la contaminación del agua por microorganismos encargados de degradar la materia orgánica en un cuerpo de agua (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A., 2012).

### **Nitratos y nitritos**

Los niveles de nitratos y nitritos en un cuerpo de agua son un indicador importante de la calidad del agua, ambos forman parte del ciclo del nitrógeno de suelo, aunque los nitratos son añadidos por medio de fertilizantes que puede ocasionar que los niveles de estos incrementen. Los nitritos se forman durante la biodegradación de los nitratos y se utiliza como un indicador de contaminación fecal en aguas naturales; los nitratos no son considerados tóxicos, pero si la ingesta es en grandes cantidades puede ocasionar un efecto diurético (Cabrera Molina et al., 2003).

La concentración del nitrato en ríos suele ser baja y, aumenta debido a procesos como la filtración, escorrentía de tierras agrícolas o por la contaminación producto de actividades antropogénicas. Este compuesto provoca eutrofización en las aguas, aumenta el oxígeno y la destrucción de organismos acuáticos (Diaz et al., 2018)

### **Fosfatos**

El fósforo es un elemento importante para la estructura y función de las células, ya que sirve de componente básico para la estructura de los ácidos nucleicos y de la molécula de ATP. El ion fosfato suele operar como un nutriente del desarrollo de plantas acuáticas, es decir al existir concentraciones grandes de este componente provoca un crecimiento desmedido de las plantas acuáticas, lo que a su vez afecta la cantidad de O<sub>2</sub> presente en el curso de agua y, finalmente contribuye al crecimiento descontrolado de materia orgánica viva, llevando a una mayor tasa de descomposición y conduciendo a un proceso de eutrofización del agua (Bolaños Alfaro et al., 2017).

El vertimiento de las aguas residuales domésticas y uso excesivo de abonos en actividades agrícolas son la fuente principal del fósforo y, por ende, de la eutrofización de los ecosistemas acuáticos en los cuerpos de agua (Roldán, 2003).

#### **2.7.2.3. Parámetros microbiológicos**

##### **Coliformes totales (CT) y fecales (CF)**

Los coliformes totales se definen como bacilos Gram negativos, pueden ser aerobios o anaerobios facultativos, pueden desarrollarse en presencia de sales biliares y son capaces de fermentar la lactosa produciendo ácido, gas y aldehído en 24 a 48 horas. Los coliformes totales se pueden

encontrar en las heces como en el medio ambiente ya sea en el suelo o en el agua (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A., 2012).

Los coliformes fecales forman parte del grupo de coliformes totales, son definidas como bacilos gram-negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44,5 °C +/- 0.2 °C dentro de las 24 +/- 2 horas, la especie más representativa es la E. Coli. La presencia de coliformes fecales en un cuerpo de agua es un indicio de que el agua puede estar contaminado con aguas servidas u otro tipo de desecho en descomposición (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A., 2012).

Los coliformes fecales o termotolerantes se diferencian de los totales ya que son indol positivo y soportan temperaturas muy altas, además de ser considerados los mejores indicadores de higiene en alimentos y agua. La presencia de estos microorganismos indica la existencia de contaminación fecal de origen humano o animal, debido a que las heces contienen coliformes de origen fecal presentes en la flora intestinal, siendo E. Coli la más representativa con un 90 a 100 % (Carrillo & Lozano, 2008)

### 2.7.3. Estimación del ICA-NSF

El ICA está representado por un valor numérico, un color y una descripción. En la clasificación del ICA-NSF propuesta por Brown, se da a conocer cinco clasificaciones de la calidad del agua. El valor obtenido va de una calidad de agua pésima con un valor de 0% a la excelente con un valor de 100% (Castro et al., 2014).

*Tabla 9: Clasificación del ICA-NSF.*

<b>Clasificación del ICA propuesto por Brown</b>			
<b>Clase</b>	<b>Calidad de agua</b>	<b>Color</b>	<b>Valor</b>
I	Excelente		91 a 100
II	Buena		71 a 90
III	Regular		51 a 70
IV	Mala		26 a 50
V	Pésima		0 a 25

*Fuente: (Brown, RM et al., 1970), citado por (González Meléndez et al., 2013).*

### 2.8. Los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que habitan en el fondo de lagos y ríos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista (Roldán Pérez, 2016).

## **2.9. Los índices bióticos**

Los índices biológicos dan a conocer la calidad biológica del agua o de los cuerpos hídricos. Los países han desarrollado diferentes índices bióticos, según los macroinvertebrados existentes en cada región. El índice más utilizado y reconocido en diversos estudios es del BMWP por sus siglas en inglés (Biological Monitoring Working Party), fue establecido en Inglaterra en 1970 como un método sencillo y rápido utilizando los macroinvertebrados como bioindicadores (Roldán Pérez, 2016).

### **2.10. Índices BMWP/Col y ASPT**

En Colombia el índice del BMWP se ha modificado, según los macroinvertebrados presentes en las regiones del país. Entre estos se encuentra el índice de Roldán del año 2003 desarrollado en el departamento de Antioquia, donde se efectuaron estudios del BMWP y su relación con la calidad biológica del agua. El BMWP/Col abarca una gran parte de las familias de macroinvertebrados, siendo muy utilizado en países de Latinoamérica (González Meléndez et al., 2013).

El índice ASPT (Puntuación promedio por taxa) es un índice útil para el diagnóstico de la calidad del agua especialmente cuando hay alta diversidad acuática. El valor del ASPT complementa al BMWP y da una medida más real del estado de la calidad del agua de cada sitio. La ventaja principal frente al BMWP radica en la eficacia de la identificación y de la estacionalidad (J. Rueda et al., 1998).

#### **2.10.1. Estimación de los índices BMWP/Col y ASPT**

Para el cálculo del índice BMWP se considera el nivel de tolerancia de los macroinvertebrados acuáticos hacia los contaminantes, este va indicado con un puntaje según la familia taxonómica del 1 al 10. Los macroinvertebrados con un puntaje bajo pueden tolerar más los contaminantes, y aquellos que presentan un puntaje alto son más sensibles. El valor del BMWP será el resultado de la suma total de los puntajes de las familias presentes en el tramo del río o cuerpo de agua, que está siendo estudiado (Roldán Pérez, 2016).

Los valores de los índices del BMWP propuesto por Roldan da a conocer seis clasificaciones con los respectivos rangos, colores, y criterios de la calidad del agua según el valor correspondiente. Mientras mayor sea el valor del BMWP, el agua será de mejor calidad (Roldán Pérez, 2016).

El índice ASPT (Puntuación promedio por taxa) se obtiene dividiendo el BMWP y el número de taxa en cada sitio de muestreo, los valores de ASPT se encuentran en un rango entre 0 y 10; y expresan el promedio de indicación de calidad del agua que tienen las familias de macroinvertebrados identificados. Los valores del BMWP y el ASPT según la tabla 16 se correlacionan con cinco grados de contaminación y cinco colores que representan la calidad de las aguas (Arango et al., 2008).

## **2.11. Análisis estadístico de datos**

La estadística resulta hoy en día un instrumento de trabajo en el ámbito educativo ya que puede ser utilizado en un análisis de datos. El análisis estadístico es indispensable en toda investigación ya que emplea técnicas para interpretar y comprender de mejor manera el comportamiento de dos o más datos, proporciona al investigador información para comparar, criterios para referenciar y, si existe diferencias significativas entre grupos de variables a analizar (Gil Flores, 2003).

Para el análisis estadístico del presente trabajo se utilizó: coeficientes de correlación de Pearson-Sperman y el Análisis de componentes principales (ACP).

### **2.11.1. Coeficiente de correlación para el análisis estadístico de datos**

El coeficiente de correlación mide el grado de asociación o relación que existe entre dos variables. Un coeficiente de correlación no puede probar ni desmentir una relación causal entre variables, esta relación se define a través de la comprensión de la relación natural existente entre las variables a analizar (Luis F Restrepo B & Julián González L, 2007).

#### **2.11.1.1. Coeficiente de correlación de Pearson**

Permite medir la fuerza o grado de asociación de dos variables cuantitativas aleatorias con una distribución normal bivariada conjunta; es decir, este es un coeficiente paramétrico y ayuda a determinar la tendencia que tienen dos variables a ir juntas, a lo que se le denomina también como covarianza. Los valores van desde -1 a 1; siendo los valores más próximos a 1 ya sea positivo o negativo los que indiquen una mejor correlación entre sus variables, y siendo el 0 el valor que indique que no existe correlación. El signo positivo o negativo del coeficiente de correlación indica si la relación entre sus variables se da de manera positiva (directa) o negativa (inversa), así también la correlación no implica dependencia (Díaz Ignacio et al., 2014).

#### **2.11.1.2. Coeficiente de correlación de Spearman**

También conocido como coeficiente de correlación “no paramétrico”, al igual que el de Pearson muestra una asociación entre variables, la diferencia principal es que permite obtener una asociación entre variables ordinales que no tengan un comportamiento normal, basándose en la sustitución del valor original de cada variable por sus rangos. Al igual que Pearson, los valores van de -1 hasta 1 y sus signos indica una correlación positiva o negativa (Díaz Ignacio et al., 2014).

### **2.11.2. Análisis de componentes principales (ACP)**

El ACP es una técnica estadística que busca reducir el número de variables a analizar mediante combinaciones lineales conocidos como componentes principales o factores que explican la varianza

total. Los últimos factores o componentes que expliquen menos, pueden ser ignorados con pérdidas mínimas de información (Guisande González et al., 2006).

Para el análisis de componentes principales se debe tomar en cuenta lo siguiente:

-KMO y prueba de esfericidad de Bartlett: El test de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) indica si es posible realizar el ACP, si el valor del KMO está más cerca de uno, indica que existe una relación alta entre las variables y es idóneo aplicar el ACP, pero si el valor de KMO es inferior a 0,5 entonces no se puede aplicar el ACP (Suárez, 2007).

El test de esfericidad de Bartlett da a conocer si la matriz de correlaciones es una matriz de identidad. Si el valor es menor a 0,05 se puede aplicar el análisis factorial; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) que afirma que las variables no están correlacionadas, pudiendo continuar con el análisis (Suárez, 2007).

-Elaboración de la matriz de correlación: Da a conocer las relaciones entre las variables, proporcionándonos información que será útil para analizar y entender la compleja interrelación entre las variables (Montoya Suárez, 2007). La correlación estadística va de valores de -1 a 1, donde: una correlación cercano a cero indica una relación débil entre las variables; una fuerte correlación positiva o directa cercano a 1 indica que las variables se mueven en la misma dirección y una fuerte correlación negativa o inversa cercano a -1 indica que las variables se mueven en direcciones opuestas (Martínez Ortega et al., 2009).

-Extracción de los componentes: El primer componente o factor es aquel que explica gran parte de la varianza total, el segundo componente explicara gran parte de la varianza restante y así sucesivamente, hasta que quede muy poca varianza que pueda explicarse (García Rodríguez et al., 2016).

-Rotación de los componentes: En ocasiones es difícil interpretar los factores, por tanto, se rotan los componentes extraídos para reducir ambigüedades de las cargas factoriales con el fin de facilitar la interpretación. Para ello se utiliza el método de rotación ortogonal “Varimax”. Este método aproxima las cargas altas de la matriz no rotada a 1 o -1 y las cargas bajas a 0. De esta manera se obtienen nuevos valores más precisos, manteniéndose el porcentaje de la varianza total (Suárez, 2007).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1.Delimitación de la microcuenca del río Sinincay**

Para la delimitación de la microcuenca del río Sinincay se partió de un MDT, el cual se obtuvo del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y posteriormente se utilizó el programa ArcMap

10.8. Además, en la delimitación se analizó la divisoria de agua de la cuenca siguiendo la dirección de las pendientes y tomando como referencia las curvas de nivel. Las herramientas que se utilizaron, fueron el Arctoolbox – Spatial Analyst Tools – Hidrology.

## 3.2. Características morfométricas

### 3.2.1. Parámetros generales

El área y perímetro de la microcuenca del río Sinincay, además de la longitud de su cauce principal fueron obtenidos mediante el ArcMap 10.8; empleando la herramienta “Calculate Geometry” de la tabla de atributos.

FID	Shape *	Id	area	perimetro
0	Polygon	0	20,27	25,16

FID *	Shape *	Nombre	Shape Length	longitud
1	Polyline ZM	Sinincay	13597,731128	14

*Ilustración 10: Área, perímetro y longitud del cauce principal de la microcuenca del río Sinincay.*

*Fuente: Autores.*

-Para el caso de la longitud axial se utilizó la herramienta “Messure”.

-Para el ancho y el desnivel altitudinal se emplearon las ecuaciones descritas en el marco teórico.

### 3.2.2. Parámetros de forma

El factor de forma de Horton, el índice de Gravelius y de alargamiento se calcularon mediante las ecuaciones descritas en el marco teórico.

### 3.2.3. Parámetros de relieve o pendiente

-En la realización del mapa de pendientes se partió de las curvas de nivel del terreno, empleando la herramienta “Slope” del programa ArcMap.

-La pendiente media del cauce y de la microcuenca se estimaron mediante ecuaciones.



-Para la curva hipsométrica se utilizó el ArcMap obteniéndose los datos necesarios presentes en la tabla de atributos (Ver tabla 19); además se manejó el programa Excel para el modelamiento de la curva.

-El perfil del cauce principal fue obtenido con la herramienta “Profile Graph”.

### 3.2.4. Parámetros de la red hídrica

-Para el orden de los cauces se empleó el método de enumeración de Strahler mediante el ArcMap.

-En la longitud total de la red hídrica se utilizó la herramienta “Statistics of hidro\_microo” de la de tabla de atributos (Ver ilustración 11).

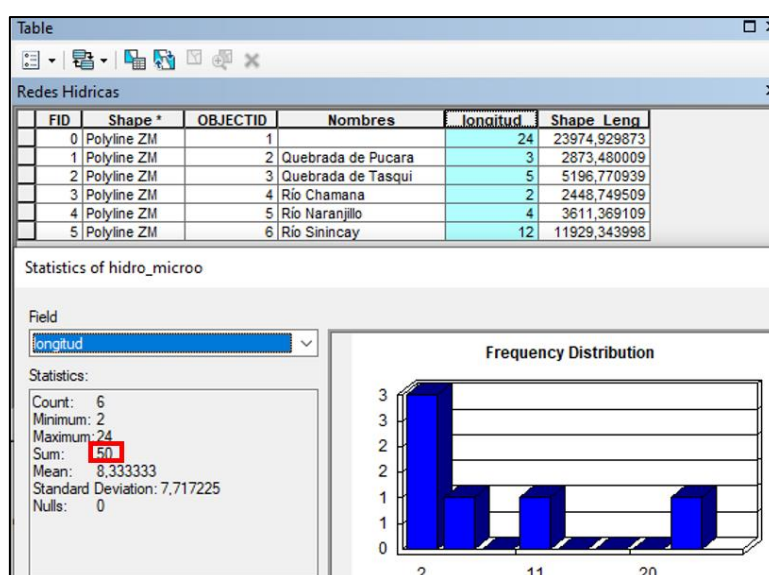


Ilustración 11: Longitud total de la red hídrica.

Fuente: Autores.

-La densidad de drenaje y el tiempo de concentración de igual manera se calculó mediante ecuaciones.

### 3.3. Georreferenciación de las zonas de descargas y la red hídrica de la microcuenca del río Sinincay

En la georreferenciación se utilizó la técnica de observación directa, y materiales tales como una libreta de notas y un GPS para tomar las coordenadas de los puntos. Con la información obtenida se pretende obtener un diagnóstico actual y real de la situación en la que se encuentra el río Sinincay.

### **3.3.1. Georreferenciación de las zonas de descargas hacia el río Sinincay producto de las actividades del hombre.**

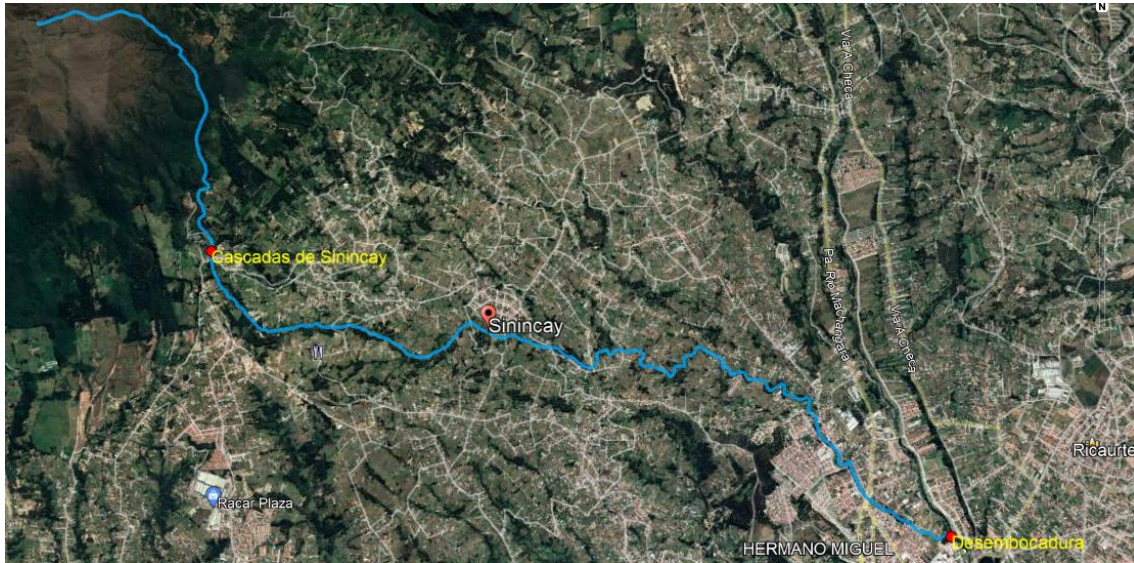
Para el presente trabajo de titulación se procedió a realizar una visita estratégica en las últimas semanas del mes de mayo, con el propósito de conocer la realidad del estado en la que se encuentra la calidad del agua del río Sinincay y familiarizarnos con la problemática que presenta, para así determinar los puntos estratégicos para el monitoreo.

La longitud del río Sinincay abarca 14 km, de los cuales se realizó un recorrido de 10 km accesibles por medio de carreteras y senderos, cabe mencionar que en ciertos tramos del río no había la presencia de carreteras, por lo tanto, hubo la necesidad de introducirse al río con la debida precaución y continuar la trayectoria que comprende desde la unión con el río Machángara en la parte baja hasta las denominadas Cascadas de Sinincay en la parte alta.

Durante el recorrido se identificaron las principales descargas hacia el río Sinincay, donde se categorizó por el tipo de desagüe: aguas servidas, aguas grises, agua lluvia y, por el tipo de actividad antropogénica que se da a lo largo del río. Estas descargas afectan de manera directa causando un impacto negativo al recurso hídrico e influyen en la calidad del agua. Cabe mencionar que durante la visita de campo para el levantamiento de la información se conversó con los moradores sobre temas del uso actual del suelo que se da en las riberas del río Sinincay, el destino de sus aguas residuales domiciliarias, la disposición de sus residuos orgánicos e inorgánicos, si disponen del servicio de alcantarillado, al mismo tiempo incentivando a cuidar y proteger el recurso hídrico. La visita de campo y el levantamiento de información mediante la georreferenciación sirvió de ayuda para relacionar con los resultados obtenidos.

### **3.3.2. Georreferenciación de la red hídrica que alimenta el río Sinincay**

Durante la visita de campo se consideró fundamental conocer cuáles son los principales cauces que drenan sus aguas hacia el río Sinincay, ya que estas van a influir tanto en el caudal del río, la calidad del agua microbiológica y física-química, así también en el desarrollo de las especies acuáticas.



*Ilustración 12: Trayectoria del río Sinincay para el levantamiento de información y georreferenciación.*

*Fuente: Autores.*

### **3.4. Selección de los puntos de monitoreo estratégicos para determinar la calidad del agua en el río Sinincay.**

La georreferenciación se considera en el presente estudio como una herramienta muy útil para la selección de los puntos claves a monitorear en el análisis de la calidad del agua del río, donde se tomó en consideración los sectores que presentan mayores intervenciones del hombre y que de esta manera puedan afectar drásticamente el equilibrio del ecosistema acuático.

### **3.5. Cálculo del caudal (método del flotador)**

El caudal se calculó con el fin de relacionar y comprender los resultados conseguidos de los índices ICA-NSF, BMWP/Col y ASTP; por lo cual se empleó el método del flotador con la ayuda de los siguientes materiales: estacas, cuerda, cronometro, flotador, regla de madera.



*Ilustración 13: Materiales usados para el cálculo del caudal.*

*Fuente: Autores.*

Se seleccionó un tramo del río uniforme, sin turbulencia y que esté libre de obstáculos como piedras, palos, ramas etc. Se procedió a determinar las distancias, en donde la longitud del tramo del río fue trazada de 7 m para el primer punto M1 y de 10 m para los puntos restantes, considerando esto en los tres meses de estudio.

Se medio el ancho del río y la profundidad promedio para estimar el área en cada intervalo y posteriormente el área total de la sección del río, para ello se emplearon estacas y una cuerda que fue trazada de una orilla a la otra del río. Las diferentes profundidades del río se calcularon en intervalos de 30 cm con una regla de madera y para el ancho se utilizó un metro.

*A) Medición del ancho y largo del cauce*



*B) Medición de la profundidad*



*Ilustración 14: A) Medición del ancho y largo del cauce; B) Medición de la profundidad.*

*Fuente: Autores.*

Para el cálculo de la velocidad se utilizó una pelota de plástico como objeto flotador y un cronómetro para medir el tiempo en el que tarda el objeto en recorrer la longitud del tramo del río comprendido entre los 7 y 10 metros, este procedimiento se repitió 12 veces por cada punto de monitoreo con el fin de obtener un promedio. Para una mejor apreciación en la medición del tiempo es necesario trazar secciones transversales tanto en la parte de inicio y final del tramo de estudio con la ayuda de estacas y cuerdas, de tal forma que el cauce quede de forma perpendicular a las secciones trazadas. Luego de la medición de los tiempos, el promedio calculado se le dividió para el número de veces que se tomó el tiempo, obteniendo así la velocidad que se le multiplicó con el factor de ajuste para la velocidad del transcurso de un flotador.





*Ilustración 15: Estimación de la velocidad del flotador en los diferentes tramos del río.*

*Fuente: Autores.*

Finalmente, obtenido el área total y la velocidad corregida se procedió a calcular el caudal en cada punto de monitoreo durante el periodo de monitoreo.

### **3.6. Determinación del índice de calidad del agua (ICA-NSF)**

Se consideraron puntos estratégicos para el monitoreo a lo largo del río Sinincay, en cada punto de monitoreo se midió las 9 variables que considera el ICA-NSF para su cálculo.

Para la toma, manejo, conservación y transporte de las muestras de agua se basó en la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2176:2013 “Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo” y la INEN 2169:2013 “Agua. Calidad de agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras”.

#### **3.6.1. Toma de muestras**

Las muestras fueron recolectadas basándose en el método puntual o individual, el cual consiste en coger de forma manual las muestras a una profundidad y fondo específico, la misma representara la calidad del agua en el instante y tiempo que fue tomada. El procedimiento para la toma de muestras en los diferentes puntos de monitoreo fue el siguiente:

- Se utilizó guantes para evitar el contacto directo con el agua del río.
- Las muestras fueron recolectadas a mitad del río en contra del corriente considerando un caudal homogéneo.
- Los recipientes fueron lavados de dos a tres veces con el agua analizar en el caso de los parámetros físico-químicos. Al momento de recoger las muestras se evitó la formación de burbujas por lo que el recipiente fue sellado dentro del agua.

- Los recipientes se los lleno casi completamente con el fin de poder homogeneizar las muestras de mejor manera en el laboratorio previo a su análisis.
- Una vez tomado las muestras se procedió al rotulado de las mismas, donde se registró el punto de monitoreo, tipo de agua, fecha y hora, lugar o sector, coordenadas UTM, nombre del muestreador y tipo de análisis (físico-químico/microbiológico).



*Ilustración 16: Toma de muestras del agua en el río Sinincay.*

*Fuente: Autores.*

### **3.6.2. Conservación y transporte de las muestras**

Los recipientes utilizados para la conservación de las muestras fueron envases de polietileno de alta densidad de 1000 ml de boca ancha para el análisis de los parámetros físico – químicos; y en el análisis de los parámetros microbiológicos se utilizó dos envases estériles de polietileno boca ancha de 300 ml para cada punto de monitoreo.

Las muestras fueron refrigeradas a una temperatura baja la cual fue de 4,5 °C; para ello se utilizó un cooler térmico y refrigerantes (gel-packs) con el fin de conservar las muestras previo al análisis en el laboratorio que fue en menos de 24 horas.



*Ilustración 17: Refrigeración de las muestras.*

*Fuente: Autores.*

### 3.6.3. Periodo y frecuencia de monitoreo

El periodo de monitoreo comprendió los meses de junio, julio y septiembre del presente año; abarcando estaciones lluviosas y secas, las muestras fueron tomadas una vez por mes.

### 3.6.4. Métodos utilizados para medir los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

En los ocho puntos de monitoreo se evaluó parámetros físico-químicos y microbiológicos necesarios para determinar el ICA-NSF.

La temperatura y el pH se analizaron de manera in-situ; mientras tanto los parámetros como: nitratos, fosfatos, oxígeno disuelto, turbidez y sólidos disueltos totales fueron analizados en el laboratorio de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca; con el fin de obtener un promedio con resultados confiables se realizó tres lecturas de cada parámetro a analizar. Para el caso de la DBO<sub>5</sub>, coliformes fecales y totales se mandaron a analizar en el laboratorio de saneamiento de ETAPA-EP.



*Ilustración 18: Medición in-situ de la temperatura y pH.*

*Fuente: Autor*

En el análisis de las muestras se utilizó equipos previamente calibrados y reactivos puros, bajo la supervisión de los encargados del laboratorio y siguiendo el protocolo de bioseguridad requerido.

#### **Para los parámetros físico-químicos:**

*Tabla 10: Métodos utilizados para el análisis de los parámetros físico-químicos*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
PH	unidades de pH	ph-metro (Marca Hanna)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	PEE/LS/FQ/01
Nitratos	mg/L	Photometer 680
Fosfatos	mg/L	Photometer 680
Temperatura	°C	Termómetro de mercurio
Turbidez	NTU	Turbidímetro
Sólidos disueltos totales	mg/L	Conductímetro
Oxígeno Disuelto	% saturado	Photometer 680

*Fuente: Autores*

## Para los parámetros microbiológicos:

Tabla 11: Métodos utilizados para el análisis de los parámetros microbiológicos.

Parámetro	Unidad	Método
Coliformes fecales	NMP/100 mL	SM9221 E
Coliformes Totales	NMP/100 mL	SM9221 E

Fuente: Autores

A. Turbidímetro



B. Conductímetro



C. Photometer 680



Ilustración 19: Equipos de laboratorio usados para el análisis físico-químico.

Fuente: Autores.

### 3.6.5. Análisis de los parámetros físico-químicos en el laboratorio (Procedimiento)

#### 3.6.5.1. Análisis de los parámetros físicos

##### Temperatura del agua

-Seguido de la toma de la muestra del agua se introdujo el termómetro de mercurio por unos segundos, donde se procedido a la lectura respectiva observando muy bien el valor en la escala numérica del instrumento, para así evitar cometer errores. Cabe mencionar, que se debe lavar muy bien el bulbo del termómetro en cada medición con agua destilada y algodón, ya que esta parte es la que estará en contacto con el agua a analizar.

##### Solidos disueltos totales (SDT)

-De igual manera que en los otros equipos, se debe calibrar en este caso el conductímetro correctamente con la solución estándar.

- Posteriormente para la medición del parámetro, en un vaso de precipitación de 100 ml se debe colocar agua destilada, quitar el protector del electrodo ponerlo en el vaso con el agua y enjuagarlo.

- Luego del enjuague, en otro vaso de precipitación se coloca la muestra de agua a analizar y se introduce el electrodo, por último, se realiza la lectura respectiva y se anota en una libreta.



## **Turbidez**

-Posterior a la calibración correcta del equipo, en este caso el turbidímetro digital portátil de la marca LaMotte, se lo debe dejar encendido por unos minutos para que se estabilice adecuadamente.

-Luego se coloca agua destilada en la celda, se lo dispone en el equipo y se presiona el botón “Scan blank”

-Se reemplaza la celda que contiene agua destilada por otra celda que va a contener la muestra de agua que se va a analizar, cabe mencionar que esta celda debe ser enjuagada de dos a tres veces con la muestra de agua ya que de esta manera se evitara errores y, finalmente se procede a la lectura respectiva.

### **3.6.5.2. Análisis de los parámetros químicos**

#### **pH**

-Primero, se procedió a calibrar correctamente el pH metro digital de la marca Hanna con las soluciones tampones las cuales fueron (7,01 y 4,01), no se debe olvidar de enjuagar el electrodo con agua destilada o con el agua analizar.

-Posteriormente calibrado el instrumento, se introdujo el electrodo en cada muestra analizar durante unos segundos, hasta que se estabilice el resultado en la pantalla.

-Finalmente, se procedió a la lectura del resultado anotándolo en una libreta de notas.

#### **Nitratos**

-En el caso del espectrofotómetro, una vez encendido se le deja por 15 minutos para que este se estabilice. Se digita el método 320, después se verifica que la longitud de onda se encuentre en 525 nm y luego se sigue los pasos que está estipulado en el kit del reactivo tomando en consideración el tiempo. Los pasos a seguir son los siguientes: se transfiere en un vaso de precipitación 3,2 ml de la muestra a analizar, luego se coloca tres gotas de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_3^-2\text{H}$ , se agita la botella de  $\text{NO}_3^-3$  vigorosamente por un minuto y se añade inmediatamente tres gotas a la solución mezclando bien durante cinco minutos, se traslada la solución a la cubeta para medirla en el espectrofotómetro, que se encuentra previamente calibrado.

#### **Fosfatos**

-En el espectrofotómetro se digita el método 340, después se verifica que la longitud de onda se encuentre en 690 nm y luego se sigue los pasos que está estipulado en el kit del reactivo tomando en

consideración el tiempo. Los pasos a seguir son los siguientes: se transfiere en un vaso de precipitación 3,2 ml de la muestra a analizar, luego se coloca tres gotas de PMB-1 y PMB-2 y se mezcla bien por tres minutos, se traslada la solución a la cubeta para medirla en el espectrofotómetro, que se encuentra previamente calibrado.

### **Oxígeno Disuelto**

-En el espectrofotómetro se digita el método 330, después se verifica que la longitud de onda se encuentre en 525 nm y luego se sigue los pasos que está estipulado en el kit del reactivo: llenar el vaso con muestra hasta el borde, añadir una gota de O<sub>2</sub>-1 y O<sub>2</sub>-2 y añadir la perla, cerrar el vaso sin atrapar aire, mezclar la solución invirtiendo el vaso, se añade una gota de O<sub>2</sub>-3 y se mezcla, posteriormente se traslada la solución a la cubeta para medirla en el espectrofotómetro, que se encuentra previamente calibrado.

### **3.6.6. Cálculo del índice de calidad de agua ICA-NSF**

Para determinar el ICA– NSF de los Estados Unidos se utilizara la suma ponderada lineal de los subíndices de (Brown, RM et al., 1970). Expresándose matemáticamente con la siguiente fórmula:

$$ICA = \sum_{i=1}^{i=N} (Sub_i * W_i)$$

Donde:

Sub<sub>i</sub>: Subíndice del parámetro i.

W<sub>i</sub>: Peso asignado a cada parámetro entre 0 hasta 1.

ICA: Índice de calidad de agua.

Los valores o pesos relativos de cada parámetro que intervienen para el cálculo del ICA se pueden observar en la tabla 12:

Tabla 12: Pesos asignados a cada variable del ICA-NSF.

Parámetro o variable	Valor o Peso relativo (Wi)
Coliformes Fecales (CF)	0.15
Potencial de Hidrógeno (PH)	0.12
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DB05)	0.10
Nitratos	0.10
Fosfatos	0.10
Cambio de la temperatura	0.10
Turbidez	0.18
Sólidos disueltos totales	0.18
Oxígeno Disuelto	0.17

Fuente: (Brown, RM et al., 1970).

Los parámetros con mayor peso ( $W_i$ ) son los que tienen una alta importancia como indicadores de la contaminación. De esta manera el OD, la turbidez, los SD y CF se les da el mayor peso relativo por su importancia para estimar la calidad de agua. Por otro lado la DBO<sub>5</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, y la temperatura no se les considera muy importantes para la apreciación del nivel de contaminación en los cuerpos de agua (Ver tabla 12) (Quiroz Fernández et al., 2017).

Para obtener los *sub índices* de cada parámetro se tomará como referencia la curva modelada propuesta por Brown. En el eje de las abscisas se ubica la cantidad del parámetro obtenido, y se traza una línea vertical hasta que este intercepte con la gráfica; indicando en el eje de las ordenadas el valor del *Subi* que tiene un rango de 0 a 100 (Castro et al., 2014). A continuación, se detallan las ilustraciones de cada parámetro.

#### -Coliformes Fecales:

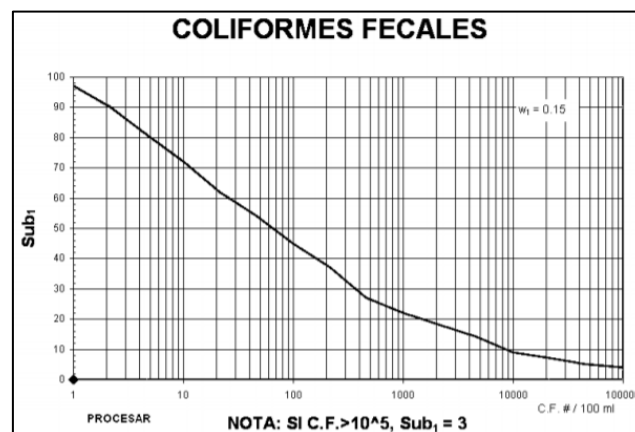


Ilustración 20: Valoración de la calidad de agua en función de CF

Fuente (Brown, RM et al., 1970) citado por (Cardenas Novillo, 2020).

Se ubica el valor de los coliformes fecales, en el eje (X) siempre y cuando sea inferior a 100000 CF#/100 ml y se interpola en el eje (Y), indicándonos de esta manera el valor del (Sub 1). En caso de que los coliformes fecales supere los 100000 CF#/100 ml, el (Sub 1) equivaldrá a tres (Ver ilustración 20).

### -Potencial de hidrógeno

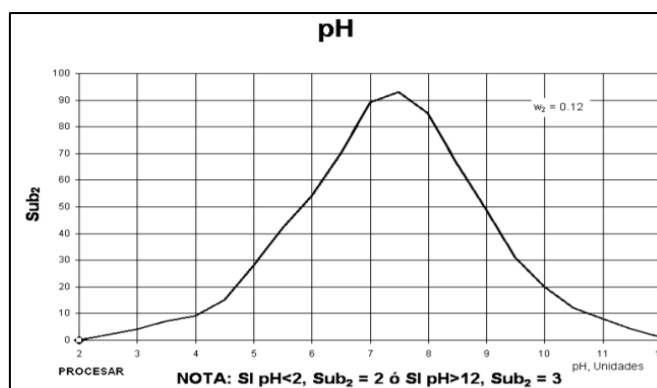


Ilustración 21: Valoración de la calidad de agua en función del pH.

Fuente (Brown, RM et al., 1970) citado por (Cardenas Novillo, 2020).

Se ubica el valor obtenido del pH, en el eje (X) siempre y cuando se encuentre en un rango entre 2 y 10 y se interpola en el eje (Y), indicándonos de esta manera el valor del (Sub 2). En caso de que el pH es menor o igual a 2 unidades el (Sub 2) será igual a 2, si el valor del pH es mayor o igual a 10 unidades el (Sub 2) equivaldrá a 3 (Ver ilustración 21).

### -Demanda bioquímica de Oxígeno

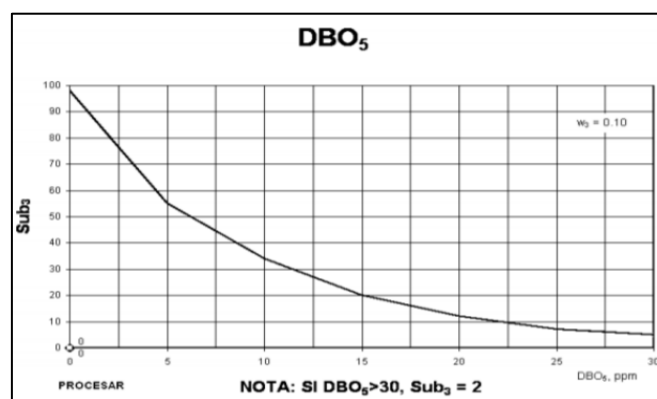


Ilustración 22: Valoración de la calidad de agua en función del DBO5.

Fuente (Brown, RM et al., 1970) citado por (Cardenas Novillo, 2020).

Se ubica el resultado de la DBO<sub>5</sub> en el eje (X), si este es inferior a 30 mg/lit y se interpola en el eje (Y), indicándonos el (Sub 3). En caso de que la concentración de DBO<sub>5</sub> es superior a 30 mg/lit el (Sub 3) equivaldrá a 2 (Ver ilustración 22).

### -Nitratos

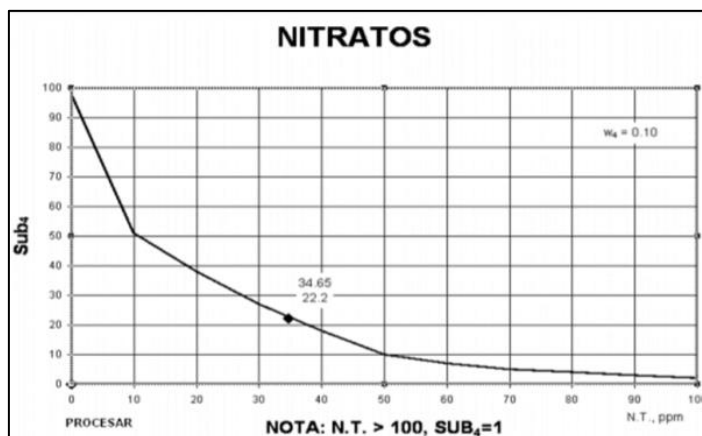


Ilustración 23: Valoración de la calidad de agua en función de los nitratos.

Fuente (Brown, RM et al., 1970) citado por (Cardenas Novillo, 2020).

Se ubica el valor obtenido de los nitratos en el eje (X) mientras sea inferior a 100 mg/lit y se interpola en el eje (Y) indicándonos el (Sub 4). En caso de que sea superior a 100 mg/lit el (Sub 4) equivaldrá a 1 (Ver ilustración 23).

### -Fosfatos

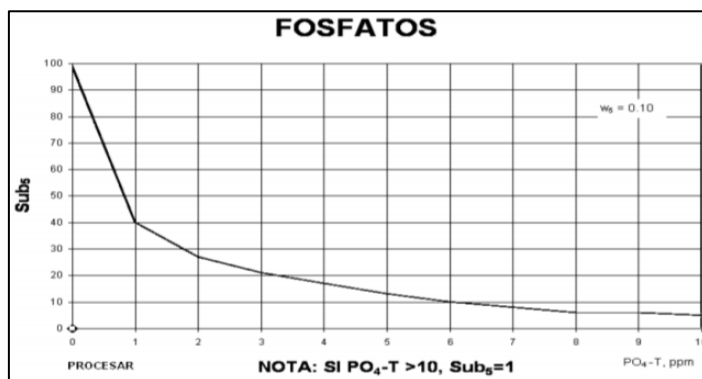


Ilustración 24: Valoración de la calidad de agua en función de los fosfatos.

Fuente (Brown, RM et al., 1970) citado por (Cardenas Novillo, 2020).

Se ubica el valor obtenido de los fosfatos en el eje (X) siempre y cuando sea inferior a 10 mg/lit y se interpola en el eje (Y), indicándonos el (Sub 5). En caso de que la concentración de fosfatos es superior a 10 mg/lit, el (Sub 5) equivaldrá a 1 (Ver ilustración 24).

## -Temperatura

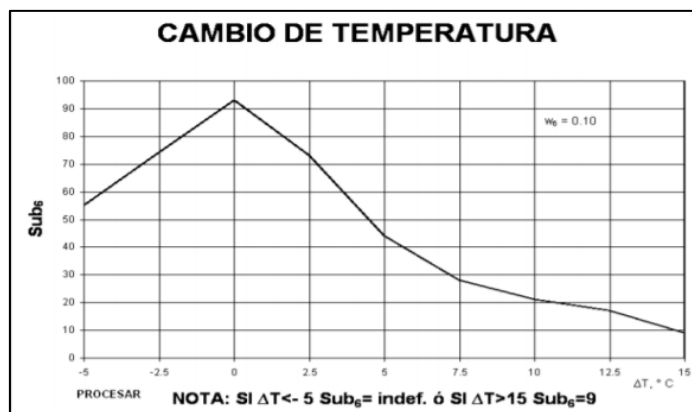


Ilustración 25: Valoración de la calidad de agua en función de la temperatura.

Fuente (Brown, RM et al., 1970) citado por (Cardenas Novillo, 2020).

Se debe determinar la diferencia de temperatura existente entre la temperatura ambiental °C y la temperatura de la muestra °C, con base a lo obtenido si el valor de esa diferencia fue superior que 15 °C el (Sub 6) equivaldrá a 9, caso contrario si la diferencia es inferior a 15 °C se debe buscar el resultado en el eje X interpolando en el eje Y, el resultado será el (Sub 6) (Ver ilustración 25).

## -Turbidez

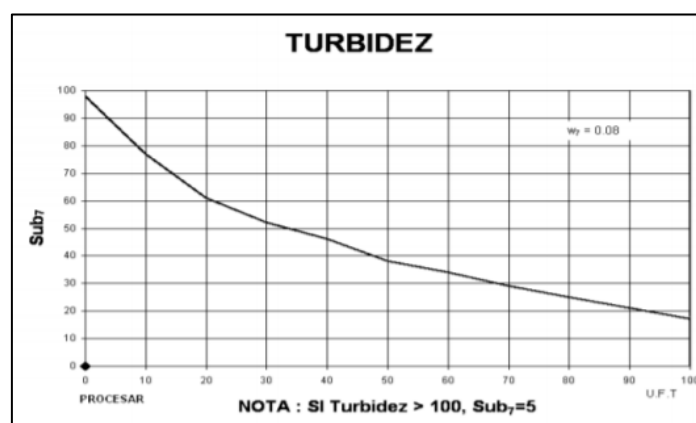


Ilustración 26: Valoración de la calidad de agua en función de la turbidez.

Fuente (Brown, RM et al., 1970) citado por (Cardenas Novillo, 2020).

-Si la concentración de la turbidez es superior a 100 NTU, el (Sub 7) equivaldrá a 5, caso contrario si la concentración es inferior a 100 NTU, busque el resultado en el eje X e interpole en el eje Y. El resultado será el (Sub 7) (Ver ilustración 26).

## -Sólidos disueltos totales

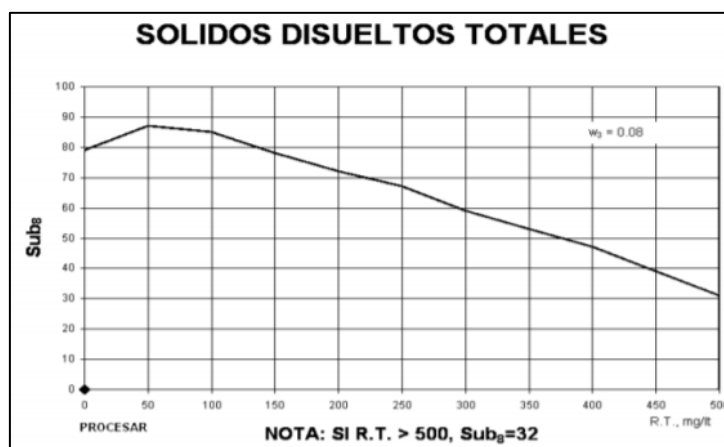


Ilustración 27: Valoración de la calidad de agua en función de SDT.

Fuente (Brown, RM et al., 1970) citado por (Cardenas Novillo, 2020).

Si la concentración de SDT es superior o igual a 500 mg/l, el (Sub 8) equivaldrá a 32, caso contrario si la concentración es inferior a 500 mg/l, busque el resultado en el eje X e interpole en el eje Y. El resultado será el (Sub 8) (Ver ilustración 27).

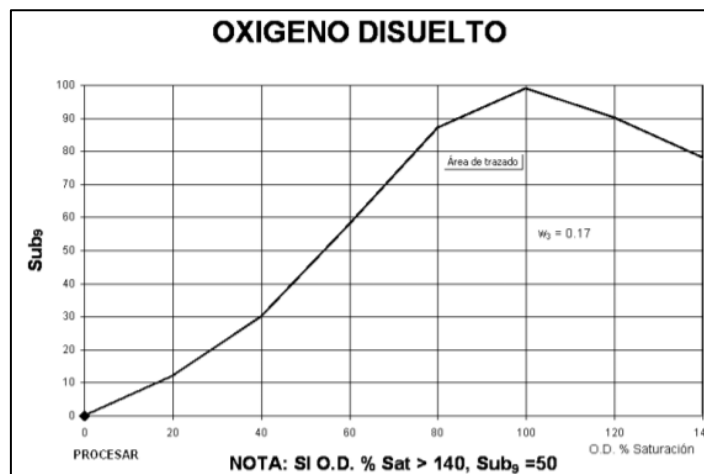
## -Oxígeno Disuelto

Tabla 13: Solubilidad del O<sub>2</sub> en agua dulce.

Temp. °C	OD mg/l	Temp. °C	OD mg/l	Temp. °C	OD mg/l	Temp. °C	OD mg/l
1	14,19	12	10,76	23	8,56	34	7,05
2	13,81	13	10,52	24	8,4	35	6,93
3	13,44	14	10,29	25	8,24	36	6,82
4	13,09	15	10,07	26	8,09	37	6,71
5	12,75	16	9,85	27	7,95	38	6,61
6	12,43	17	9,65	28	7,81	39	6,51
7	12,12	18	9,45	29	7,67	40	6,41
8	11,83	19	9,26	30	7,54	41	6,31
9	11,55	20	9,07	31	7,41	42	6,22
10	11,27	21	8,9	32	7,28	43	6,13
11	11,01	22	8,72	33	7,16	44	6,04

Fuente:(Valiente Barderas & Noriega Bernechea, 1993) citado por (Cardenas Novillo, 2020).

Para determinar el OD se calcula primero el porcentaje de saturación del OD en el agua, aquí se debe identificar el valor de saturación de OD según la temperatura del agua para ello se empleará la (Ver tabla 13).



*Ilustración 28: Valoración de la calidad de agua en función de OD.*

*Fuente (Brown, RM et al., 1970) citado por (Cardenas Novillo, 2020).*

Se ubica el resultado del OD en el eje de las (X) siempre y cuando sea inferior a 140 % Saturación y se interpola en el eje (Y), indicándonos el valor del (Sub 9). En caso de que el % de Saturación de OD es superior a 140% el (Sub 9) equivaldrá a 50 (Ver ilustración 28).

### **3.7. Normativa ambiental nacional e internacional para el cumplimiento de los estándares de calidad de agua superficial**

Estas normativas ambientales indican los valores máximos permisibles que deben tener los cuerpos de aguas superficiales con respecto a los diferentes parámetros a analizar; así también para determinar si la calidad del agua es apta para preservar los ecosistemas acuáticos. Dichas normativas nos dan una estimación del nivel de contaminación del agua si se incumplen con los valores establecidos y de esta manera considerar medidas para el control y prevención. Dichas normativas tienen el objetivo de resguardar la calidad del agua en los diferentes tipos de usos que se le puede dar al recurso hídrico, la integridad de los ecosistemas y de las personas. A continuación, se detallarán las normativas que se van a emplear para el presente estudio.

*Tabla 14: Norma internacional de calidad de agua superficial de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).*

Parámetros	Expresado	Unidad	Límite máximo permisible
Temperatura	°C		25
Potencial de hidrógeno	pH		5,5-8,5
Demanda bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/lt	5



Turbiedad		UTN	-
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	50
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>60% de saturación
Sólidos disueltos totales		mg/l	-
Fosfatos		mg/l	-
Coliformes Totales	NMP/100ml		-
Coliformes fecales	NMP/100ml		1000

*Fuente: (EPA, 2001)*

*Tabla 15: Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.*

Parámetros	Expresado	Unidad	Límite máximo permisible
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 a 9
Demanda bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/lt	20
Nitratos	N-Nitrato	mg/lt	13
Oxígeno Disuelto	O.D.	% de saturación	>80

*Fuente: (Tulsma, 2015)*

### **3.8. Determinación de índice biológico BMWP-COL**

Esta sección corresponde a la determinación de la calidad del agua mediante el índice biológico BMWP-Col, la cual está comprendida en la recolección e identificación de macroinvertebrados presentes en el río Sinincay. Se realizó esta práctica de igual manera en los ocho puntos de monitoreo durante los meses de junio, julio y septiembre del año 2021.

#### **3.8.1. Recolección de muestras**

El muestreo se realizó de forma cualitativa ya que son muy utilizados para lugares particulares y tienen el objetivo de caracterizar la biodiversidad del río. Se determinó los diferentes hábitats de los macroinvertebrados acuáticos, ya que estos organismos se encuentran ocultos entre las piedras, ramas, vegetación, restos de basura que se encuentran presentes, raíces sumergidas en el agua, lodo del lecho el río, en aguas estancadas o con flujo entre otros (González Pérez et al., 2016). Abarcando un tramo del río de una longitud de 30 m, y con un tiempo máximo de una hora. Se capturaron los macroinvertebrados empezando desde la parte baja del tramo del río hacia aguas arriba para no agitar mucho los materiales del fondo. La recolección debe finalizar una vez que ya no se encuentren nuevas familias (Carrera Reyes & Fierro Peralbo, 2001).

La técnica de recolección fue diferente considerando el hábitat de los macroinvertebrados, empleando materiales como red de pantalla de 500 micras y de un área de 1 m<sup>2</sup>, utilizado en espacios donde hay un flujo de agua sin ningún obstáculo como piedras o ramas. También se utilizó coladores de plástico malla fina para facilitar la captura en aquellas áreas donde el agua no fluye sino que se encuentra estancada comúnmente en las orillas del cauce o en ciertos lugares con piedras y ramas donde no fuera posible emplear la red de pantalla (Samanez Valer et al., 2014).

La técnica para la captura consiste en colocar la red de pantalla en contra corriente y remover los sedimentos y piedras mediante los pies o con las manos con el fin de que se alcen los sustratos depositados en el fondo del río donde se encuentran adheridos los macroinvertebrados para que así fueran arrastrados por la corriente hacia la red. En lugares donde el flujo de agua es mínimo se ejerce presión con el colador dentro del sustrato y se recolecta material del fondo o con patadas se pueden levantar estos sustratos y recogerlos con el colador antes que vuelvan a depositarse en el fondo acuático (Ramírez, 2010).



*Ilustración 29: Red de mano y colador para la captura de macroinvertebrados.*

*Fuente: Autores.*

### **3.8.2. Manejo y conservación de muestras**

Los sustratos que fueron retenidos en la red se los ubicó en una bandeja blanca con agua, de esta manera los macroinvertebrados tienden a moverse en el fluido siendo más fáciles de observarlos y removerlos con cuidado mediante pinzas punta fina. Se debe manipularles con delicadeza para que no se rompan (Ramírez, 2010). Algunas familias como el Physidae o el Tubificidae tuvieron que ser apartados junto con el sustrato, ya que estos macroinvertebrados se hallan bien adheridos a los sedimentos y fragmentos de piedra que se encuentran en el sustrato fino para así prevenir su posible ruptura.

Una vez separada la muestra se le deposita en un envase hermético, anticipadamente se etiqueta el recipiente para su reconocimiento, según el lugar de muestreo (Carrera Reyes & Fierro Peralbo, 2001). Las muestras se las conservo en alcohol a 70%, y se los almaceno en un cooler de espuma de poliestireno para posteriormente llevarlos al laboratorio.



*Ilustración 30: Conservación de los macroinvertebrados en frascos herméticos con alcohol.*

*Fuente: Autores.*

### **3.8.3. Procesamiento de muestreo en el laboratorio**

Las familias a nivel taxonómico de los macroinvertebrados atrapados fueron identificados en el laboratorio de ciencias de la vida de la UPS con la ayuda del estereomicroscopio para una mejor visualización.

Es necesario que se limpien los oculares del estereomicroscopio con un hisopo para prevenir su opacidad. Las muestras se fragmentaron según el volumen en cajas Petri, su manipulación se realizó con ayuda de pinzas entomológicas para así reconocer las familias de las muestras. De igual manera se contabilizó el número de individuos por familia taxonómica, con el fin de observar que familia es la que predomina en número.

*A) Fraccionamiento de las muestras*



*B) Identificación de los macroinvertebrados en el estereoscopio.*



*Ilustración 31: Fraccionamiento de las muestras e Identificación de macroinvertebrados en el estereomicroscopio.*

*Fuente: Autores.*

Entre las muestras identificadas se pudieron encontrar algunas familias en diferentes etapas sobre todo en pupa, larva y adulto como es el caso de la familia: Chironomidae, Culicidae, y el Psychodidae.

Los macroinvertebrados separados a nivel familiar de las muestras una vez identificados fueron conservados en los mismos recipientes cambiando el alcohol a 70% para evitar olores desagradables.

### 3.8.4. Cálculo de los índices biológicos: BMWP modificado para Colombia y ASTP.

Luego de la identificación de los macroinvertebrados, se los registró en un cuadro en Excel con su respectiva clase, orden y familia presentes en cada sitio de muestreo con su respectivo número de individuos. Después se le determinó un puntaje a cada familia, según el BMWP modificado y adaptado para Colombia establecido por Roldan, donde asigno puntuaciones de acuerdo al nivel de sensibilidad hacia los contaminantes a cada familia en un rango que va del 1 al 10 (tabla 14). Los macroinvertebrados con puntaje bajo se consideran que pueden tolerar aguas contaminadas, y los que tienen un puntaje alto son los que comúnmente habitan en aguas limpias (Roldán Pérez, 2016).

*Tabla 16: Puntaje para las familias de macroinvertebrados acuáticos para el cálculo del índice BMWP/Col.*

Familia	Puntuación
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dystiscidae, Ephemeridae, Euthplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopatommidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hidrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Vellidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptothyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveiidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae, Dolichopodidae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphonidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

*Fuente: (Roldán, 2003)*

El valor del índice biológico BMWP/Col por cada punto de muestreo resulta ser la sumatoria de las puntuaciones asignadas a cada familia. Así mismo, se calculó el puntaje promedio por taxon ASTP, el mismo que resulta de la relación entre el valor del BMWP y el número de familias

encontradas en cada punto de monitoreo. Los resultados de los índices fueron analizados entre sí mediante la (tabla 15); un valor bajo de ASTP asociado a un valor bajo de BMWP indicarán condiciones graves de contaminación (Arango et al., 2008).

*Tabla 17: Valores del Índice BMWP y ASTP para estimar la calidad del agua.*

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Valor del ASPT	Características	Color
I	Buena	>150	>910	Aguas muy limpias	Azul
		101-120	>89	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61-100	>6,5-8	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	Verde
III	Dudosa	36-60	>4,5-6,5	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	>3-4,5	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	<15	1-3	Aguas fuertemente contaminadas, situación critica	Rojo

*Fuente: (Arango et al., 2008)*

### 3.9. Análisis estadístico de las variables ICA y BMWP mediante los coeficientes de Pearson y Sperman

Para poder analizar qué tipo de correlación (Pearson-Spearman) correspondería en nuestro estudio, se debe aplicar primero una prueba de normalidad a las variables seleccionadas, para nuestro análisis las variables a considerar serán el ICA-NSF y el BMWP-COL.

#### -Prueba de normalidad

##### 1. Plantear la hipótesis de normalidad

H0= los datos siguen una distribución normal

H1= los datos no siguen una distribución normal

##### 2. Nivel de significancia para validar la hipótesis de normalidad

NC= 95%

E= 5% (margen de error)

##### 3. Prueba de normalidad para demostrar la hipótesis

Si  $n > 50$  se aplica el estadístico de Kolmogorov -Smirnov.

Si  $n \leq$  se aplica el estadístico de Shapiro- Wilk

(n es el tamaño de la muestra analizar)

##### 4. Estadístico de prueba



Si  $p\text{-valor} < 0,05$  se rechaza la  $H_0$ .

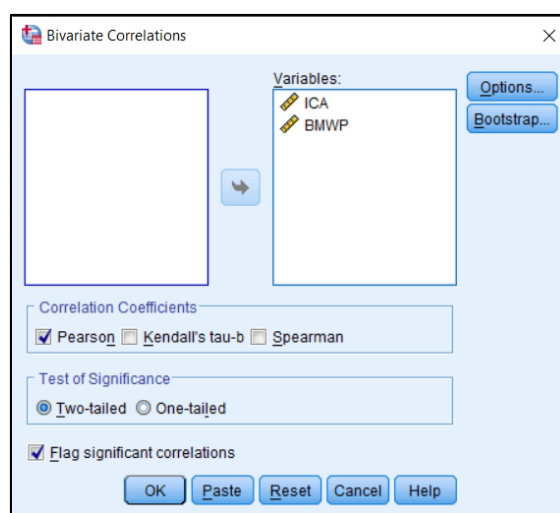
Si  $p\text{-valor} \geq 0,05$  se acepta la  $H_0$  y se rechaza la  $H_1$ .

(El **p-valor o significancia** es el mínimo valor de riesgo para demostrar nuestra hipótesis de normalidad.)

### **-Coeficiente de correlación de Pearson y Spearman en IBM SPSS STATISTICS.**

Luego de haber identificado que tipo de coeficiente de correlación se empleara mediante el test de normalidad previamente realizado, de igual manera se utilizó el programa estadístico IBM SPSS STATISTICS 21 para el análisis respectivo de las variables consideradas.

En el programa SPSS, el procedimiento que permite analizar los coeficientes de correlación se encuentran en el submenú **Correlacionar-Bivariadas** del menú **Analizar**; posteriormente se abrirá un cuadro de diálogo donde debemos escoger las variables analizar y debemos señalar que tipo de correlación deseamos ya sea Pearson o Spearman según sea el caso.



*Ilustración 32: Cuadro de diálogo del procedimiento “correlación bivariada”.*

*Fuente: Autores*

### **3.10. Análisis estadístico de los componentes principales (ACP).**

El análisis de componentes principales se realizó empleando 14 variables las cuales fueron los parámetros físico-químicos, microbiológicos, y los índices: ICA, BMWP y ASTP; obtenidos de los ocho puntos de monitoreo en los tres meses de estudio, aplicando la herramienta IBM SPSS Statistics 21 para su análisis.

Para el ACP se siguieron los siguientes pasos:

1. Se selecciona «analizar» - «reducción de dimensiones» - «factor».

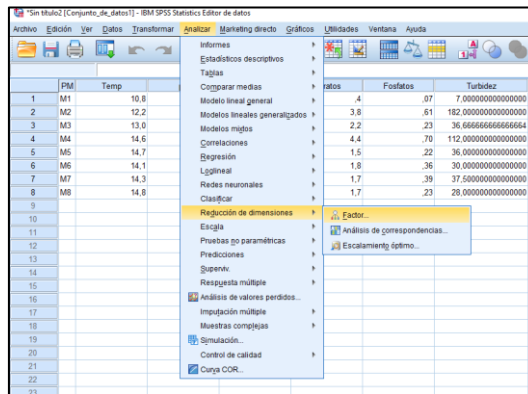


Ilustración 33: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 1.

Fuente: Autores

2. Se seleccionan las variables de interés, que para este estudio serán las variables físico-químicas, microbiológicas y los índices ICA, BMWP y ASTP.

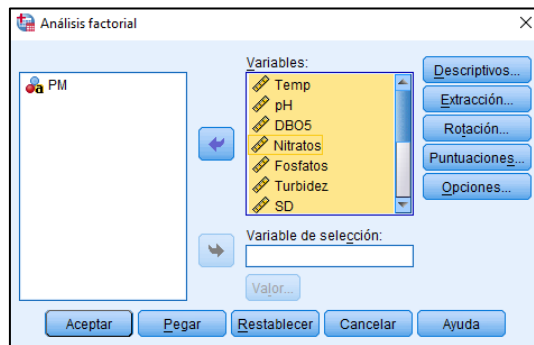


Ilustración 34: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 2.

Fuente: Autores.

3. En la ventana de «descriptivos» se selecciona «solución inicial» - «coeficientes» - «nivel de significancia» - «KMO y prueba de esfericidad de Bartlett».

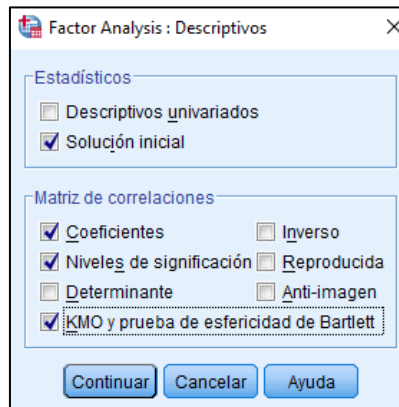
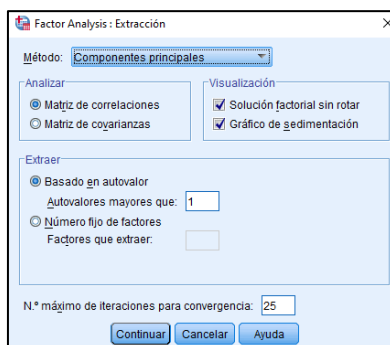


Ilustración 35: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 3.

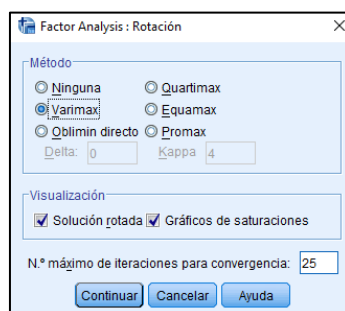
Fuente: Autores

4. En la ventana de «extracción» mantenemos el método por defecto, «Componentes principales» - en analizar seleccionamos la «matriz de correlaciones» - en visualización escogemos las dos opciones «solución factorial sin rotar» y «gráfico de sedimentación». Luego en el apartado de extraer dejamos por defecto «Basado en autovalor» con autovalores mayores que uno.



*Ilustración 36: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 4. Fuente: Autores.*

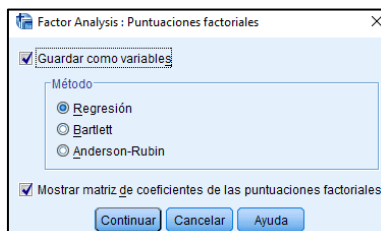
5. En la ventana de «rotación» se selecciona el método «Varimax» para la solución rotada y se marca «grafico de saturaciones».



*Ilustración 37: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 5.*

*Fuente: Autores.*

6. En la ventana de «puntuaciones» se selecciona «Guardar como variables» y dejamos el método por defecto «regresión».



*Ilustración 38: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 6.*

*Fuente Autores.*

7. En la ventana de opciones dejamos por defecto las funciones marcadas «excluir casos según lista».



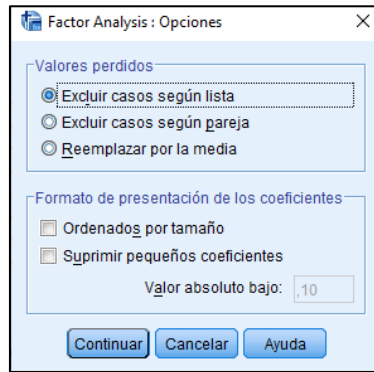


Ilustración 39: Uso del programa SPSS para el ACP, paso 7.

Fuente: Autores.

Una vez conseguido las combinaciones lineales que definen los componentes principales mediante el programa, se realizó la interpretación de estos, teniendo en cuenta que cuanto más alto sea su valor absoluto (mayor peso), mayor influencia tiene esa variable en la componente (Guisande González et al., 2011).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Análisis de las características morfológicas de la microcuenca del río Sinincay

#### Tabla resumen

Tabla 18: Parámetros morfológicos de la microcuenca del río Sinincay.

Parámetros morfológicos de la microcuenca del río Sinincay		
Descripción	Valor	Unidad
<b>Parámetros generales</b>		
Área (A)	20,27	Km <sup>2</sup>
Perímetro (P)	25,16	Km
Longitud cauce principal (L)	14	km
Longitud axial (La)	10,68	km
Ancho (W)	1,90	km
Altura máxima (HM)	3720	msnm
Altura mínima (Hm)	2497	msnm
Desnivel altitudinal (Da)	1223	msnm
<b>Parámetros de forma</b>		
Factor de forma de Horton (Kf)	0,18	
Factor de compacidad o índice de Gravelius (kc)	1,55	
Índice de alargamiento (Ia)	5,63	
<b>Parámetros de relieve</b>		
Pendiente media del cauce principal (j)	9	%
Pendiente media de la microcuenca	21	%
<b>Parámetros de la red hídrica</b>		
Densidad de drenaje	2,46	km/km <sup>2</sup>
Longitud total de la red hídrica	50	km

Tiempo de concentración	2,41	hr
Orden del cauce (Strahler)	3	

*Fuente: Autores.*

#### **4.1.1. Análisis de los parámetros generales**

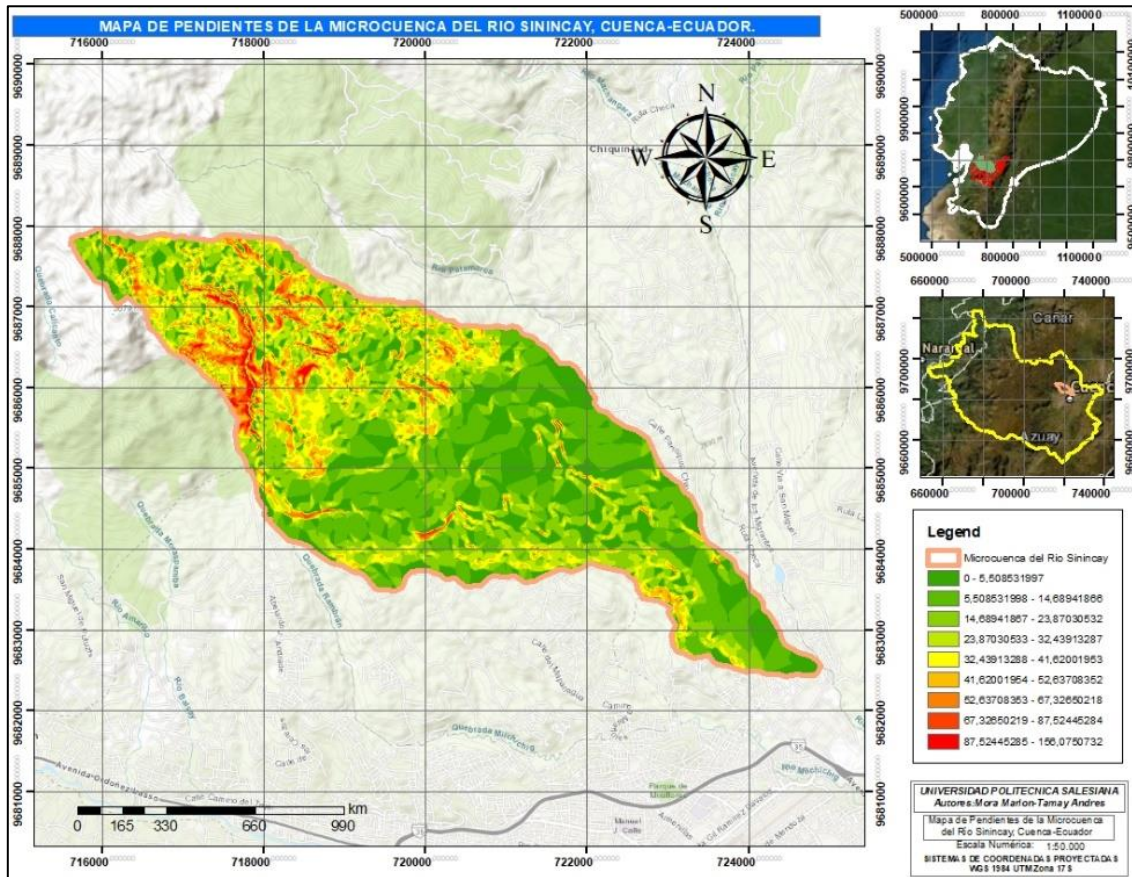
El área que presenta una cuenca es la característica morfométrica con mayor importancia a analizar, ya que su tamaño define el nombre que adoptara un lugar según su área (Ulises Barroso et al., 2010) y (Moreno Grande & Esquivel Jimenez, 2015). En el presente trabajo se obtuvo un área de 20,27 Km<sup>2</sup> el mismo que se considera como una microcuenca pequeña (ver tabla 1).

#### **4.1.2. Análisis de los parámetros de forma**

Con respecto al factor de forma de Horton (Kf) se obtuvo un valor de 0,18 la misma que clasifica a esta microcuenca como una cuenca alargada, según el estudio de (Moreno Grande & Esquivel Jimenez, 2015) una cuenca alargada es considerada de baja susceptibilidad a las crecientes rápidas y muy intensa. El índice de compacidad de Gravelius (Kc) obtenido es de 1,55 la cual permite determinar que se trata de una microcuenca de forma oval alargada a alargada, siendo considerada de baja tendencia a inundaciones. (ver tabla 2). El índice de alargamiento (Ia) obtenido para la microcuenca es de 5,63; indicando que la tendencia de la microcuenca es ser más alargada que ancha.

#### **4.1.3. Análisis de los parámetros de relieve**

Para dar a conocer las características topográficas del terreno de la microcuenca se procedió a determinar la pendiente media del cauce principal obteniendo un valor de 9% (ver tabla 18) clasificándole como pendiente suave (ver tabla 5). La pendiente media de la microcuenca tiene un valor de 21%, clasificándole al terreno como fuertemente accidentado; las elevaciones presentes en la microcuenca oscilan entre rangos de 0 a 156% presentando relieves planos en la parte baja y relieves muy escarpados en la parte alta de la cuenca (ver mapa 3).

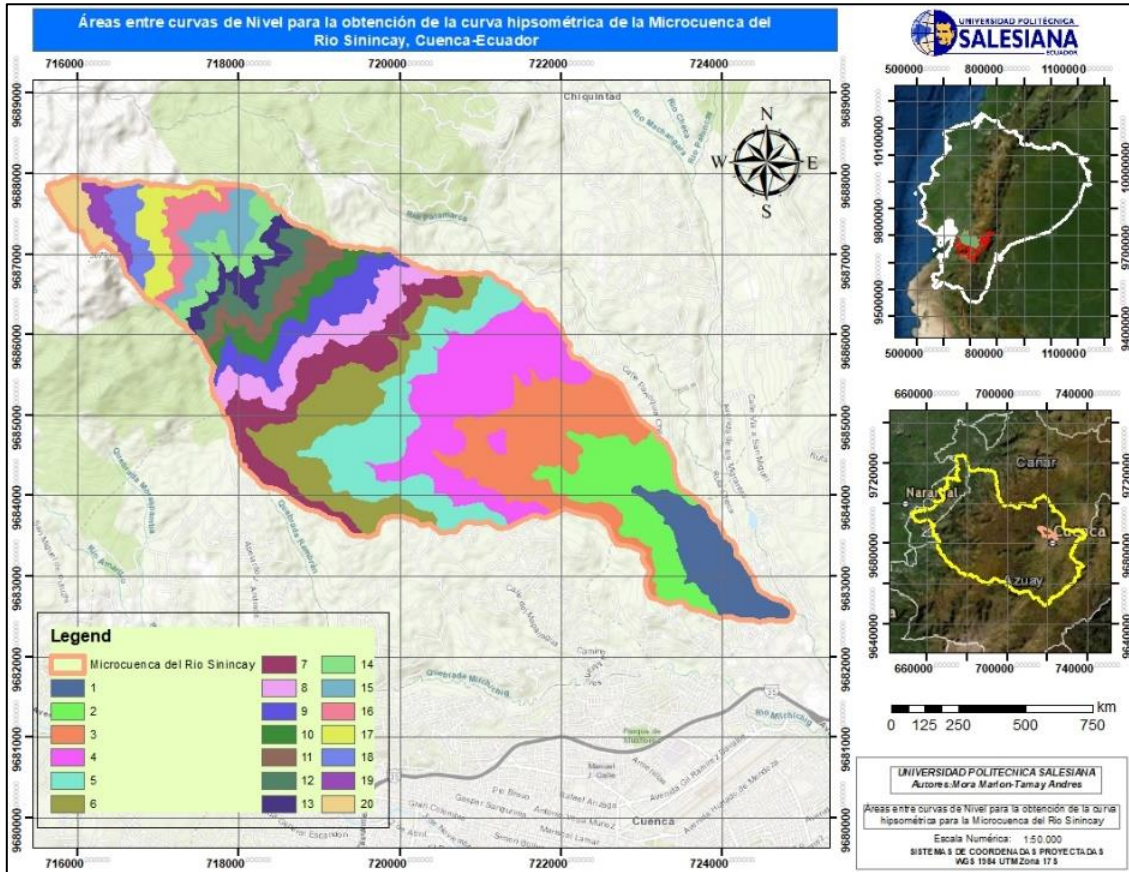


Mapa 3: Mapa de pendientes de la microcuenca del río Sinincay.

Fuente: Autores

#### 4.1.3.1. Estimación de la curva hipsométrica

Para un estudio con mayor detalle de la distribución del relieve de la microcuenca se procedió a la construcción de la curva hipsométrica empleando el programa ArcMap 10.8 haciendo uso de la herramienta Reclassify, considerando una clasificación de veinte áreas entre curvas de nivel (ver mapa 4). Se calculó el área entre curvas de nivel con la ayuda de la herramienta Zonal Statistics as Table obteniendo la (tabla 19) que contiene la información necesaria de las elevaciones y porcentaje de áreas entre las curvas de nivel.



Mapa 4: Áreas entre curvas de nivel para la obtención de la curva hipsométrica.

Fuente: Autores.

La información fue exportada al Excel para obtener la gráfica de la curva, utilizando los datos de las columnas de “Cota Max” y “Área que queda sobre la superficie”.

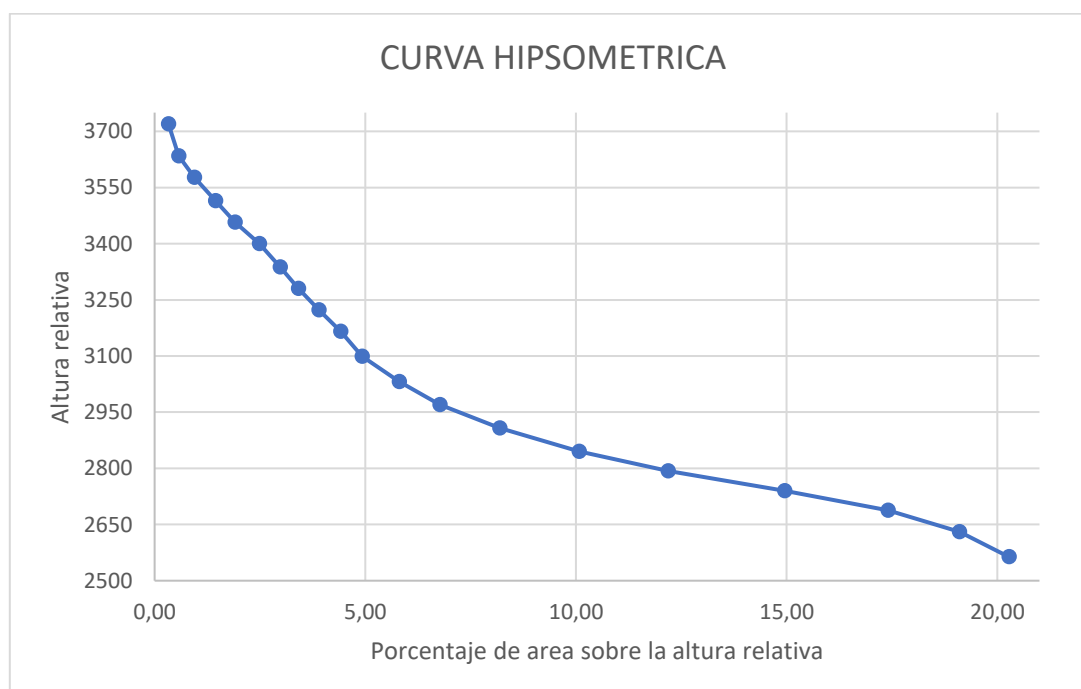
Tabla 19: Valores cuantitativos derivados del MDT para la construcción de la curva hipsométrica.

CURVA HIPSOMETRICA: VALORES CUANTITATIVOS DERIVADOS DEL MDT							
N de Orden	Cota Min	Cota Max	Área Parcial km <sup>2</sup>	Área Acumulada (km <sup>2</sup> )	Área que queda sobre la superficie	Porcentaje de áreas entre CN	Porcentaje de áreas sobre CN
1	2497	2564	1,1709	1,17	20,27	5,7756	100
2	2564	2631	1,6947	2,87	19,1	8,359	94,2243665
3	2631	2688	2,4544	5,32	17,41	12,1062	85,8653431
4	2688	2740	2,7695	8,09	14,95	13,6607	73,7591713
5	2740	2793	2,1073	10,2	12,18	10,3944	60,0984956
6	2793	2846	1,883	12,08	10,08	9,2877	49,7040508
7	2846	2908	1,4231	13,5	8,19	7,0195	40,4163327
8	2908	2970	0,9636	14,47	6,77	4,7529	33,3967877
9	2970	3032	0,8797	15,35	5,81	4,339	28,6438745
10	3032	3099	0,5123	15,86	4,93	2,5271	24,3048277

11	3099	3166	0,5175	16,38	4,42	2,5526	21,777699
12	3166	3223	0,4892	16,87	3,9	2,4131	19,2251372
13	3223	3280	0,4283	17,29	3,41	2,1125	16,8120723
14	3280	3338	0,4913	17,78	2,98	2,4231	14,6995807
15	3338	3400	0,5811	18,37	2,49	2,8662	12,2764967
16	3400	3457	0,4616	18,83	1,91	2,2767	9,41025957
17	3457	3515	0,4997	19,33	1,45	2,4647	7,13360873
18	3515	3577	0,3786	19,71	0,95	1,8674	4,66890684
19	3577	3634	0,2403	19,95	0,57	1,1853	2,80149824
20	3634	3720	0,3277	20,27	0,33	1,6162	1,61616006
			<b>20,27</b>				<b>100</b>

*Fuente: Autores.*

La curva hipsométrica muestra una pendiente inclinada desde la altitud 3720 hasta los 3099 msnm y a partir de los 3099 msnm hasta los 2564 msnm la pendiente se le considera ligeramente suave indicando la existencia de llanuras en la parte baja de la microcuenca (ver ilustración 40). Analizando la curva hipsométrica se llega a la interpretación de que se trata de una microcuenca en fase de madurez, es decir, el río principal se encuentra en un estado de equilibrio (ver ilustración 4). Según Gracia y Maza los ríos en dicho estado, presentan secciones transversales en cada segmento que son capaces de transportar la carga de sedimentos durante la trayectoria de recorrido (Gracia Sánchez & Maza Álvarez, 1997).



*Ilustración 40: Curva hipsométrica de la microcuenca del río Sinincay.*

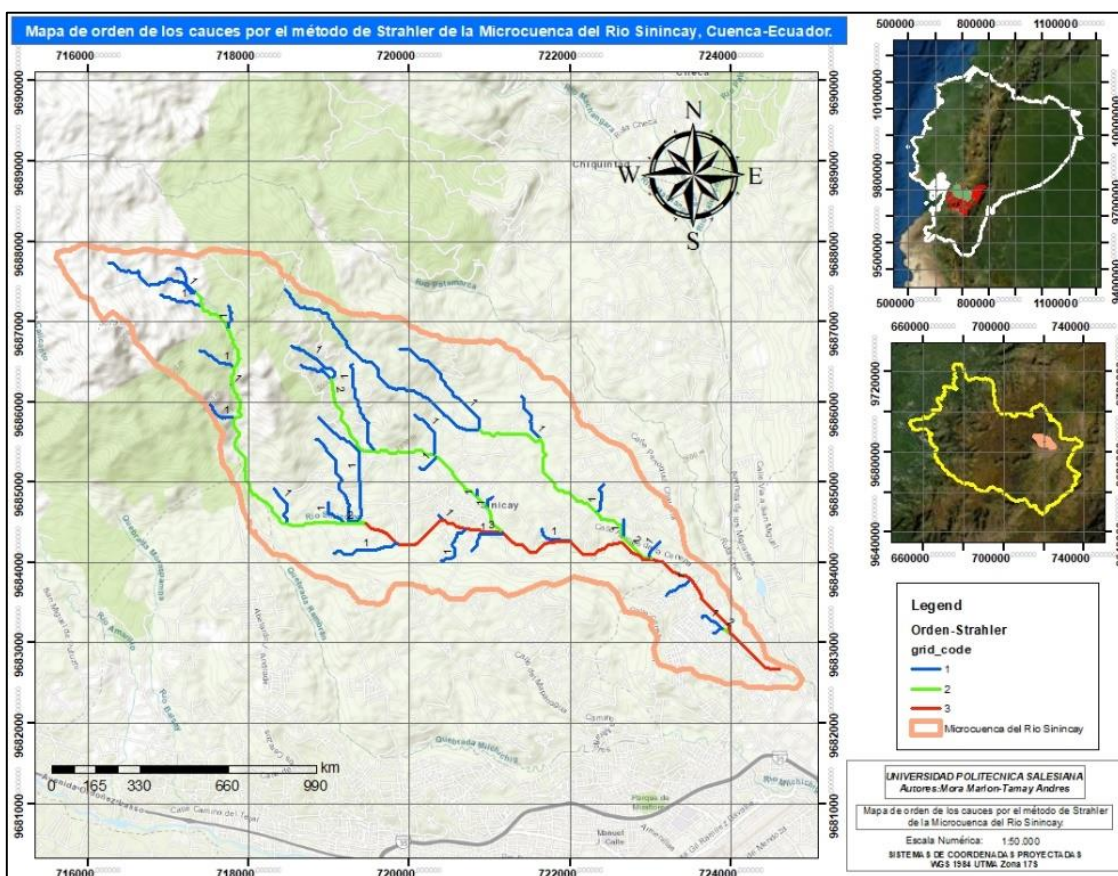
*Fuente: Autores.*



#### 4.1.4. Análisis de los parámetros de la red hídrica

El valor de la densidad de drenaje obtenido es de 2,46 km/Km<sup>2</sup> (ver tabla 18) lo que indica que se trata de una microcuenca que posee un sistema de drenaje alto. Según (Moreno Grande & Esquivel Jimenez, 2015) y (Sellers et al., 2016) una cuenca bien drenada genera un gran volumen de escurrimiento con descensos veloces y buena capacidad de evacuación del agua, teniendo una respuesta más rápida al momento que se presente una tormenta.

Con respecto al orden de los cauces, en la microcuenca del río Sinincay se refleja una cantidad de ramificaciones tributarias de orden 3 (Ver mapa 5).



Mapa 5: Orden de los cauces por el método de Strahler.

Fuente: Autores.

Para el tiempo de concentración se consideraron las fórmulas de Témez y Kirpich, obteniendo un promedio de 2,41 horas (ver tabla 20); este sería el tiempo que demora una gota de agua en recorrer de la parte más alta hacia la desembocadura de la microcuenca.

Tabla 20: Cálculo del tiempo de concentración.

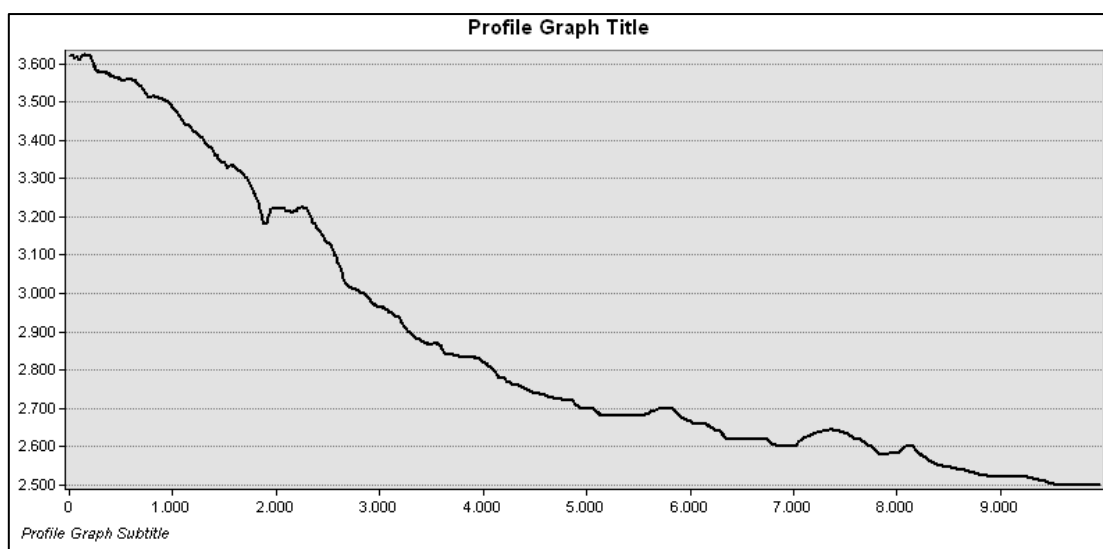
Fórmula (Tc)	Valor	Unidad	Promedio
Témez	3,54	horas	2,415

Kirpich	1,29	horas	
---------	------	-------	--

*Fuente: Autores.*

#### 4.1.4.1. Perfil longitudinal del cauce principal

En la ilustración 41 se presenta el perfil longitudinal del río Sinincay, se puede observar la existencia de pendientes pronunciadas en la parte alta del río a una altura entre los 3650 msnm hasta los 3000 msnm. También se puede apreciar que en la parte media del río a una altura entre los 3000 msnm hasta 2650 msnm se presenta pendientes moderadas y en la parte baja del río que comprende una altura de 2650 msnm hasta finalizar como un afluente de la subcuenta del río Machángara a una altitud de 2510 msnm, presenta pendientes más suaves.





*Ilustración 41 Perfil longitudinal del río Sinincay:*

*Fuente: Autores.*





#### 4.2. Georreferenciación de las zonas de descarga hacia río Sinincay provenientes de los desagües y diversas actividades antropogénicas.






Durante la vista de campo se llegó a georreferenciar alrededor de 30 puntos de los cuales: 12 corresponden a descargas de aguas servidas, 5 a descargas de aguas grises y 5 de agua lluvia; todos estos desagües se vierten directamente al río. Así también, se georreferencio 9 tipos diferentes de actividades antropogénicas que se dan a lo largo del cauce. A continuación, se describe de mejor manera cada punto georreferenciado





Tabla 21: Georreferenciación de las zonas de descarga hacia el río Sinincay.






ID	Descarga		Descripción	Sector	Coordenadas UTM			Fotografía
	Por tipo de Desagüe	Por Actividad antropogénica			Coordenada X	Coordenada Y	Altura msnm	
1		Turismo	Esta zona es considerada un atractivo turístico, durante la inspección se pudo llegar hasta este punto conocido como las Cascadas de Sinincay las cuales nacen en el cerro Cabugana. A partir de este punto aguas arriba está prohibido el ingreso ya que es una zona de conservación de fuentes hídricas y humedales.	Cochas	717957,38	9685200,74	2924	
2		Múltiples actividades antropogénicas	Durante la visita se observó la presencia de un canal el cual se encuentra contaminado, esto debido a que algunos moradores no cuentan con alcantarillado y vierten sus aguas mediante tubos, a esto se suma algunas ladrilleras del sector que vierten sus aguas, además la presencia de sedimentos que son arrastrados considerablemente en épocas de lluvia, según comentaban los moradores de esta zona.	El Chorro	718978,64	9684528,77	2814	







3		Fabricación de Ladrillos	Se pudo observar la presencia de ladrilleras que operan cerca del río.	El Chorro	719277,95	9684510,41	2782	
4		Vertido de residuos plásticos y textiles.	En esta parte del río se encontró restos de trapos, pañales y fundas plásticas ubicadas en los márgenes y dentro de la fuente hídrica; los mismos que son desechados por moradores de esta zona.	El Chorro	719310,4	9684505,73	2768	
5	Aguas grises		Se pudo observar la presencia de tubos procedentes de una residencia, según comentaba el dueño de la vivienda se trata del vertimiento de aguas grises hacia el río. Dicha información se pudo constatar por el color, olor y la presencia de jabón en el agua al momento de la descarga hacia el río. Además, esta vivienda cuenta con un sistema de pozo séptico para sus aguas negras.	La Merced	720302,11	9684430,15	2703	
6	Aguas grises		Durante la visita se pudo observar la presencia de tubos procedentes de una vivienda, no se pudo constatar coliformes fecales por tanto se asume que son aguas grises por su color, olor y la presencia de jabón; esta conclusión fue afirmada al momento de dialogar con el morador de esta vivienda.	Centro parroquial	720342,91	9684486,56	2702	






7	Agua lluvia		Este desagüe de agua lluvia está activo en tiempos de precipitación del sector.	Centro parroquial	720432,8	9684530,43	2712	
8		Ganadería	Se observó actividades de ganadería las mismas que se desarrollan en los márgenes del río.	Centro parroquial	720440,5	9684531,6	2706	
9	Agua Servidas		Agua residual procedente del alcantarillado del sector, que presenta un color obscuro y un olor desagradable.	Centro parroquial	720441,77	9684536,99	2692	
10					720765,1	9684410,6	2677	
11	Agua lluvias		Este desagüe de agua lluvia está activo en tiempos de precipitación del sector.	Centro parroquial	720962,26	9684357,02	2672	


12		Vertido de escombros y plásticos	Se pudo observar la presencia de estos residuos resultado de las actividades de construcción que se dan en la zona, los mismos que son depositados en las riberas del río.	Centro parroquial	721036,37	9684314,81	2678	
13		Deforestación	En esta parte del río, se presencié la tala de árboles dicha actividad se realiza cerca del cauce principal producto de esto los residuos tales como el aserrín se depositan en los márgenes del cauce y dentro del mismo.	Daniel Duran	721241,62	9684263,97	2645	
14	Aguas servidas y aguas grises		Durante la visita de campo se pudo observar la presencia de múltiples tubos provenientes de las viviendas de este sector; según comentaban, algunos moradores no cuentan con alcantarillado y no tienen otra opción de deshacerse de sus aguas de esta manera. Mientras que otros, se deshacen de sus desechos fecales mediante pozos sépticos y de sus aguas grises mediante tubos dirigidos hacia el río.	Daniel Duran	721485,23	9684122,32	2652	
15	Agua-lluvia		Este desagüe de agua lluvia esta activo en tiempos de precipitación del sector.	Rosas Loma	721855,83	9684270,43	2645	

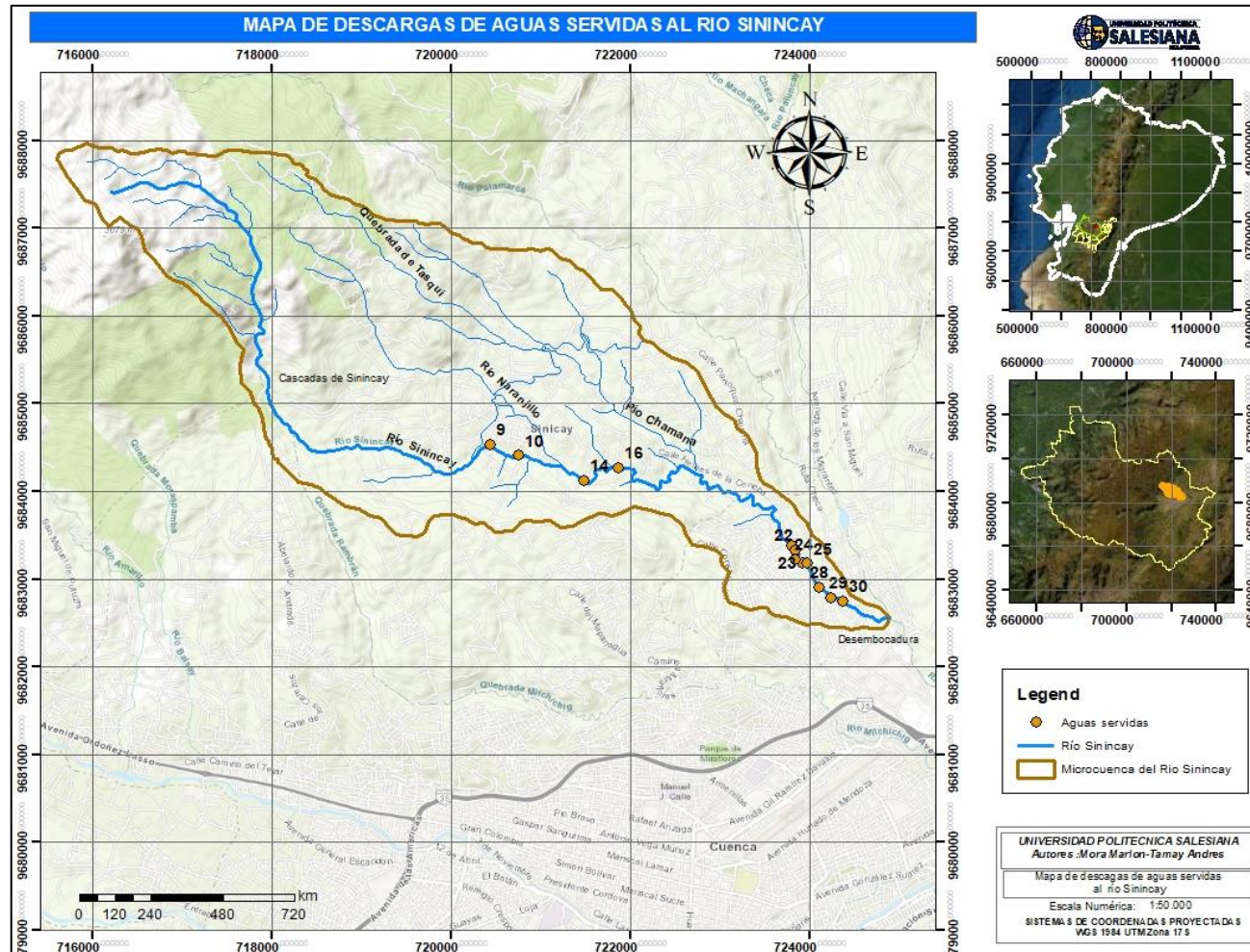
16	Aguas-servidas		Agua residual procedente del alcantarillado del sector, que presenta un color obscuro y un olor desagradable.	Rosas Loma	721872,43	9684272,7	2632	
17	Aguas-grises		Se pudo observar la presencia de un tubo procedente de una residencia; es por ello que, por su color, olor, presencia de jabón y residuos de comida se consideran que son aguas de este tipo, además de no constatar la presencia de coliformes fecales, esta conclusión fue afirmada al momento de dialogar con el morador de esta vivienda.	Tres cruces	722295,86	9684006,77	2598	
18	Agua-lluvia		Este desagüe de agua lluvia está activo en tiempos de precipitación del sector.	Chamana	722832,25	9684090,65	2582	
19		Agricultura y ganadería	Se observó actividades de agricultura y ganadería las mismas que se desarrollan en los márgenes del río a lo largo de todo este sector.	Chamana	722845	9684050	2578	
20		Vertido de Fundas plásticas, mascarillas, telas y basura.	Se pudo observar la presencia de estos residuos los mismos que se ubicaban en el margen del cauce principal y dentro del mismo, esto es producto de las malas prácticas por parte de los residentes de la zona.	Chamana	722889,48	9684019,33	2577	

21	Aguas servidas		Agua residual procedente del alcantarillado del sector, que presenta un color oscuro y un olor desagradable.	Las orquídeas	723810	9683376,98	2554	
22	Aguas-servidas		Durante la visita de campo se pudo observar la presencia de tubos procedentes de algunas viviendas las mismas que descargan sus aguas hacia el río; según comentaban los moradores no cuentan con servicio de alcantarillado por lo que se deshacen de sus aguas de esta manera.	Las orquídeas	723840,69	9683331,97	2554	
23					723924,68	9683188,38	2545	
24	Aguas-servidas		Agua residual procedente del alcantarillado del sector, que presenta un color oscuro y un olor desagradable.	Las orquídeas	723841,07	9683226,58	2551	



25					723977,53	9683178,17	2543	
26	Aguas-grises		Se pudo observar la presencia de tubos procedentes de una vivienda; debido a su color, olor, presencia de jabón se consideran que son aguas de este tipo, esta conclusión fue afirmada al momento de dialogar con el morador de esta vivienda.	Las orquídeas	724012,7	9683067,6	2540	
27	Agua lluvia		Este desagüe de agua lluvia está activo en tiempos de precipitación del sector.	Las orquídeas	724027,06	9682997,87	2544	
28	Aguas-servidas		Agua residual procedente del alcantarillado del sector, que presenta un color oscuro y un olor desagradable.	Camino a Patamarca	724113,9	9682905,32	2543	
29	Aguas servidas		Se pudo observar la presencia de viviendas ubicadas en las riberas del río, las mismas que mediante tubos descargan sus aguas hacia el río. Estas viviendas no cuentan con el servicio de alcantarillado por lo que se deshacen de sus aguas de esta manera según comentaban los mismos residentes.	Camino a Patamarca	724242,02	9682788,87	2524	

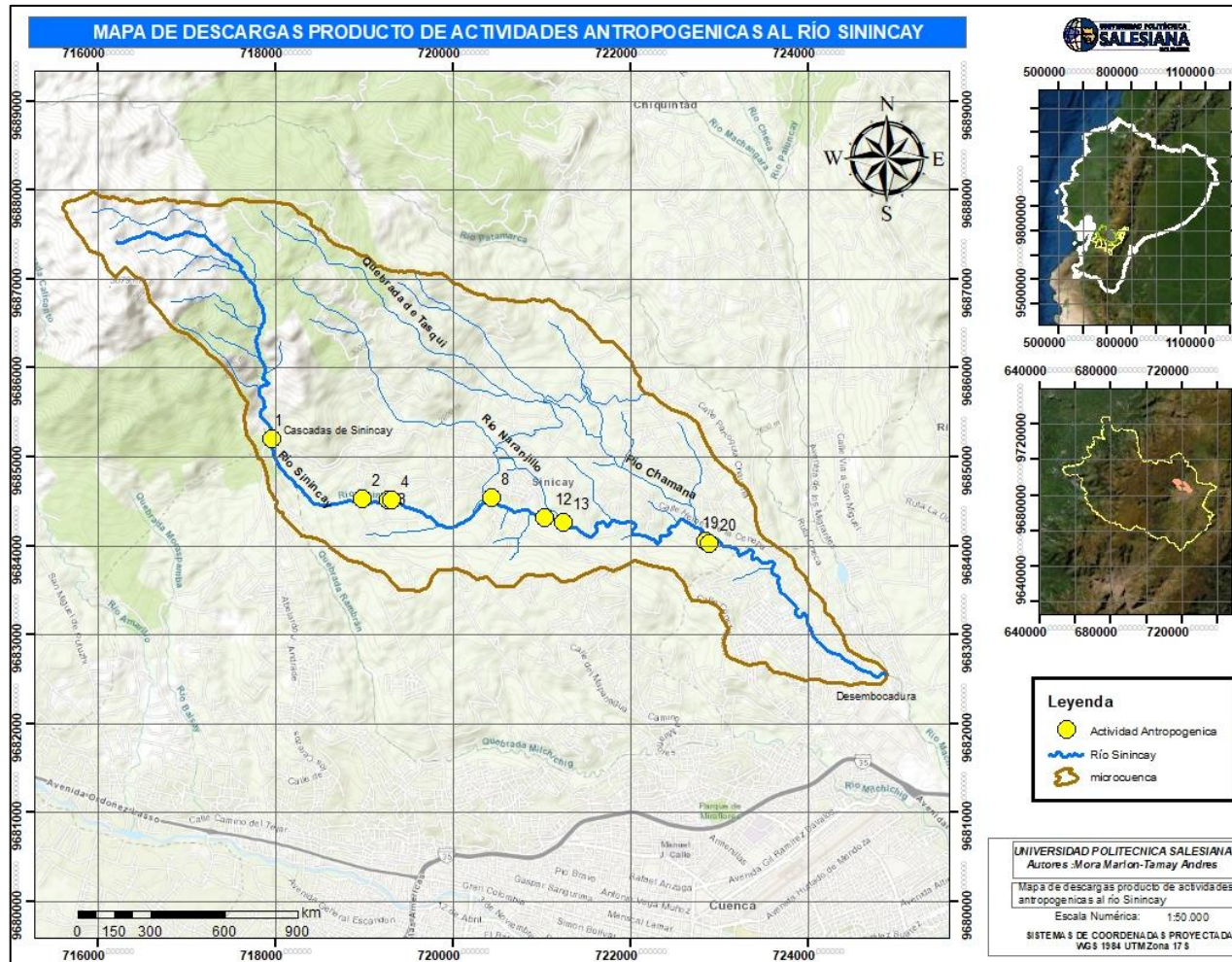
30	Aguas-servidas		Agua residual proveniente del alcantarillado del sector, que presenta un color obscuro y un olor desagradable.	Camino a Patamarca	724368,72	9682749,93	2535	
----	----------------	--	--	--------------------	-----------	------------	------	---



Mapa 6: Descargas de aguas servidas al río Sinincay

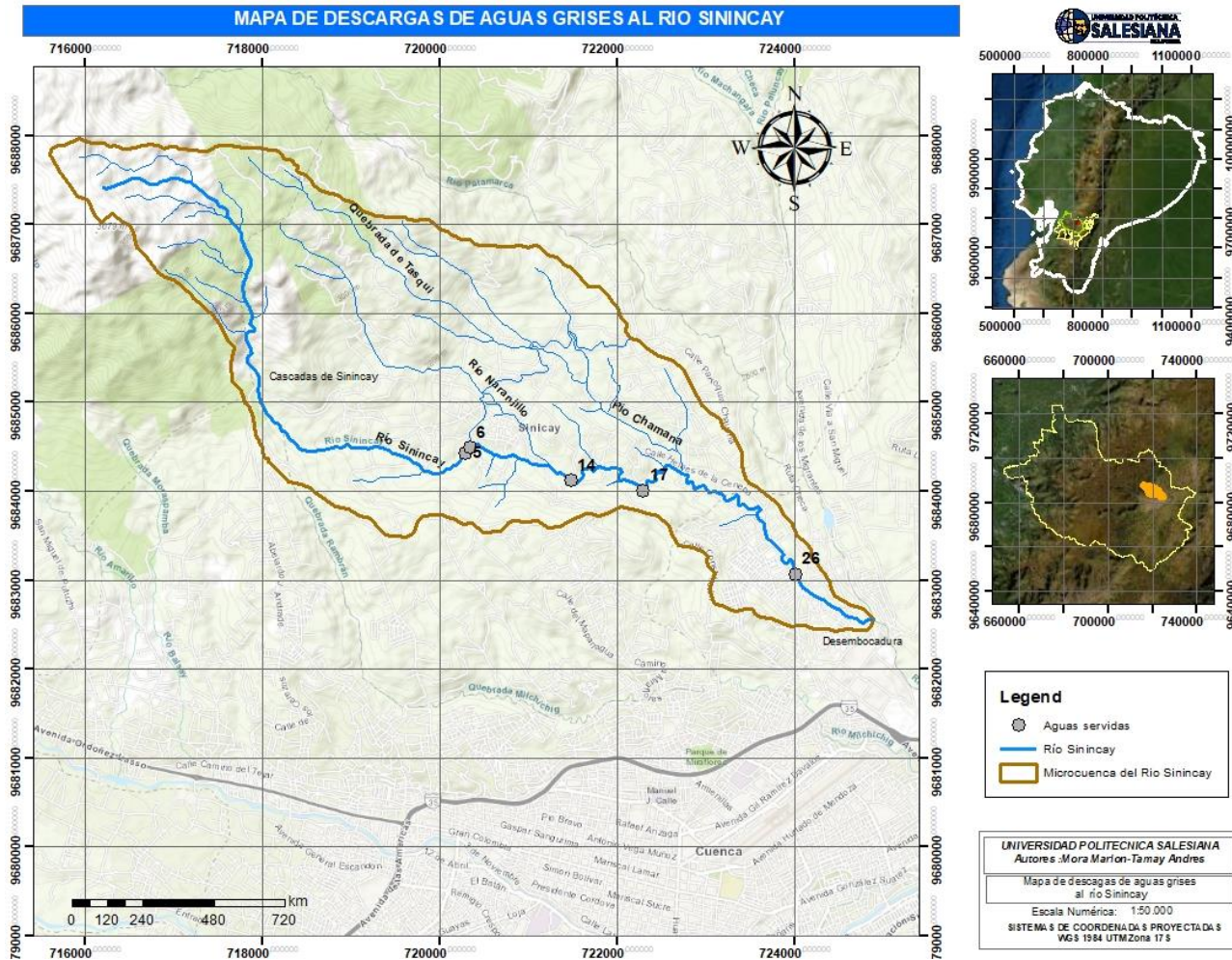
Fuente: Autores





Mapa 7: Descargas producto de diversas actividades antropogénicas al río Sinicay.

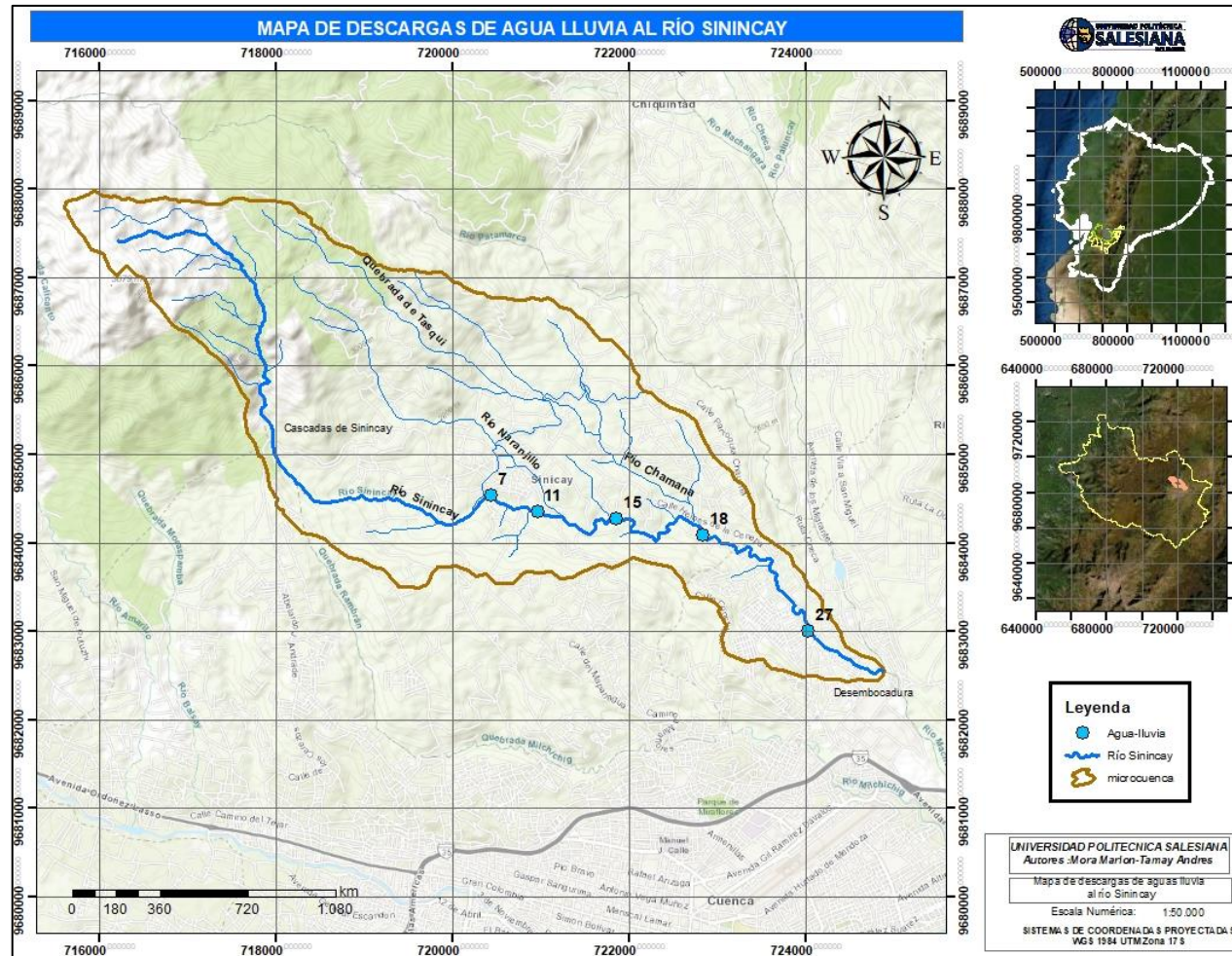
Fuente: Autores.



Mapa 8: Descargas de aguas grises al río Sinicay.

Fuente: Autores.








Mapa 9: Descargas de agua lluvia al río Sinincay.

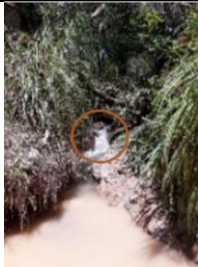

Fuente: Autores



#### 4.2.1. Georreferenciación de la red hídrica que alimenta al río Sinincay




Durante la visita de campo también se georreferencio 10 cauces secundarios que unen sus aguas con el río Sinincay, de los cuales se destaca el río Naranjillo y el río Chamana. A continuación, se describe de mejor manera cada punto georreferenciado.

Tabla 22: Georreferenciación de la red hídrica de la microcuenca del río Sinincay.

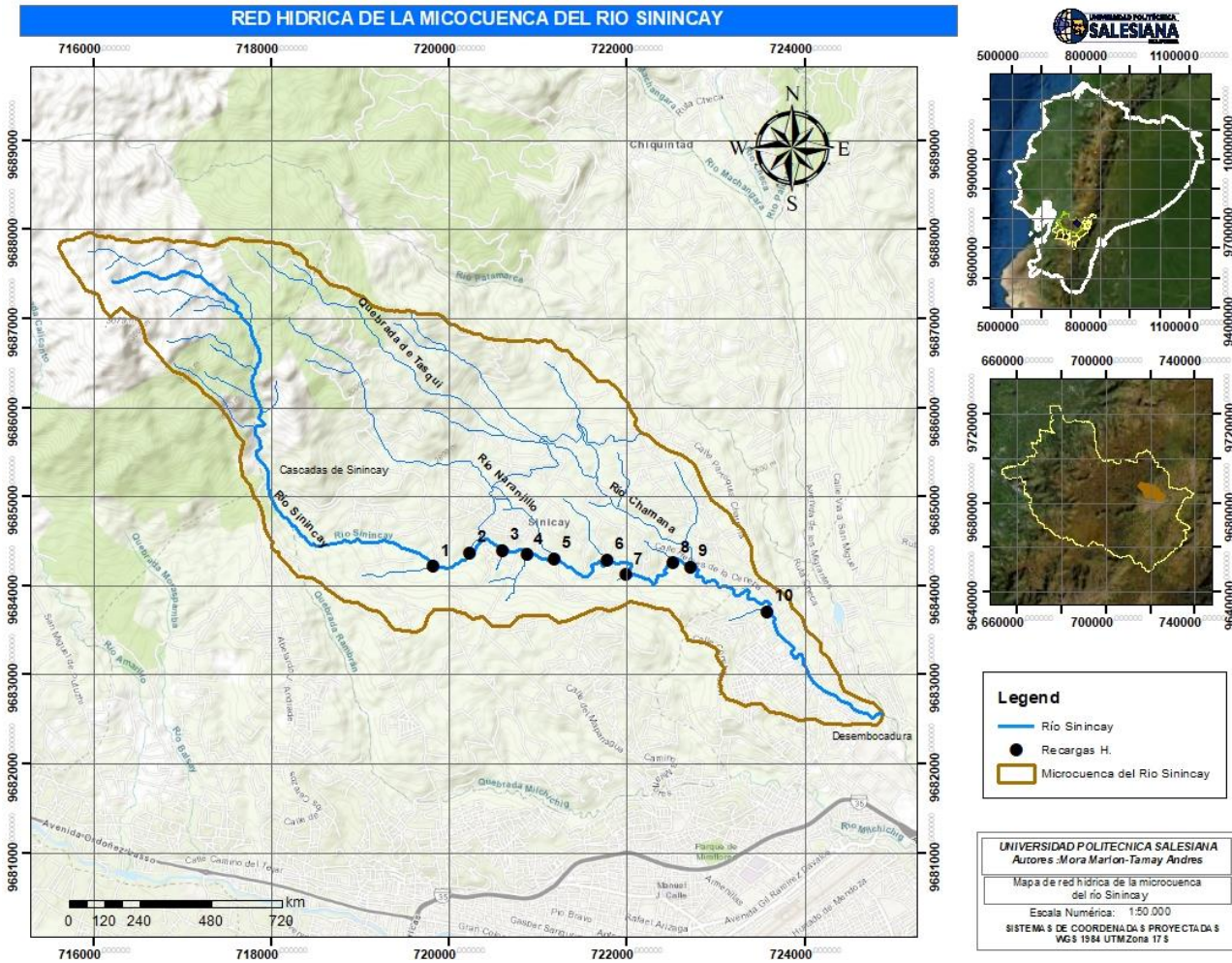
<b>ID</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sector</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Altura msnm</b>	<b>Fotografía</b>
1	Durante la visita de campo se presencia estos cauces secundarios los cuales alimentan al río Sinincay, dichos cauces secundarios presentan un color cristalino y no se pudo observar contaminación en sus aguas.	<b>El Chorro</b>	719831,36	9684218,11	2730	
2		<b>La Merced</b>	720237,7	9684370,8	2723	
3		<b>Centro Parroquial</b>	720612,5	9684400,6	2684	

4			720884	9684350,7	2679	
5	<p>Se pudo observar la presencia del río Naranjillo, el mismo que alimenta al río Sinincay, dicho recurso hídrico presenta un aspecto cristalino y no se observa contaminación de sus aguas.</p>	<p><b>Daniel Duran</b></p>	721190,522	9684307,55	2671	

6	<p>Se presenció estos cauces secundarios los cuales alimentan al cauce principal, aquí el agua presenta un color cristalino según se pudo observar.</p>		721792,09	9684291,36	2631	
7			722003,98	9684131,22	2623	

8		<b>Tres cruces</b>	722532,78	9684258,38	2595	
9	Se observó la presencia del río Chamana, el cual alimenta al río Sinincay, dicho recurso hídrico presenta un aspecto cristalino y no se observa contaminación de sus aguas.	<b>Tres cruces</b>	722728,34	9684214,91	2584	
10	Finalmente, se pudo observar la presencia de este cauce secundario el cual alimenta al río Sinincay, este presenta un color cristalino según la visita de campo realizada.	<b>Orquídeas</b>	723588,29	9683708,85	2560	





Mapa 10: Red de drenaje que alimenta al río Sinicay.

Fuente: Autores.



#### 4.2.2. Puntos de monitoreo seleccionados para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay

De los 40 puntos georreferenciados y descritos anteriormente, se consideró 8 puntos estratégicos para monitorear la calidad del agua en el río Sinincay, los cuales se describen a continuación:

Tabla 23: Punto de monitoreo 1 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay.

Puntos de Monitoreo	Procedencia	Descripción	Sector	Coordenada X	Coordenada Y	Altura msnm
M1	Turismo	El río Sinincay nace en los declives del cerro Cabogana, durante la inspección se pudo llegar hasta este punto conocido como las Cascadas de Sinincay las cuales se encuentran cerca del cerro, el mismo que es considerado un área protegida, a partir de este punto está prohibido el ingreso aguas arriba, por lo tanto, las muestras se tomaron unos 30 m aguas abajo. Esta zona es considerada un atractivo turístico que durante los últimos años ha generado una gran afluencia de personas, por lo tanto, se ha podido evidenciar algunos residuos plásticos y botellas de vidrio. A esto se suman actividades tales como el lavado de ropa y, animales domésticos que frecuentan el lugar.	Cochas	717957,38	9685200,74	2924

Fuente: Autores

A. Cascadas de Sinincay



B. Actividad Turística



C. Lavado de ropa en el río Sinincay



Ilustración 42 Actividades antropogénicas que se dan en el sector “Cochas”

Fuente: Autores.

Tabla 24: Punto de monitoreo 2 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay.

<b>Puntos de Monitoreo</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sector</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Altura msnm</b>
M2	Múltiples actividades antropogénicas	Se observó la presencia de un canal el cual se encuentra contaminado esto debido a que algunos moradores ubicados en la parte alta del río no cuentan con alcantarillado y vierten sus aguas mediante tubos hacia este flujo el cual desemboca en el río Sinincay y lo contamina; a esto se suman algunas ladrilleras del sector y actividades de agricultura y ganadería que se dan en las riberas del río. En época de lluvia la arena, el lodo, la arcilla y el limo son arrastrados considerablemente en comparación a los otros puntos de monitoreo por dicho canal, es por ello que aquí existe mayor arrastre de sedimentos y por ende mayor turbidez del agua llegando a contaminar todo el río.	El Chorro	718978,64	9684528,77	2814

Fuente: Autores

B. Ladrilleras ubicadas cerca del río Sinincay



A. Canal de agua que desemboca en el río Sinincay



Ilustración 43: Descargas y actividades antropogénicas que se dan en el sector “El Chorro”

Fuente: Autores.

Tabla 25: Punto de monitoreo 3 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay.

<b>Puntos de Monitoreo</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sector</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Altura msnm</b>
<b>M3</b>	Agua Servidas	Descarga de aguas residuales al río procedente del alcantarillado de la cabecera parroquial de Sinincay, son el producto de las conexiones de las viviendas que existen en la zona. Además, se ha podido observar que en este punto existen actividades de lavado de ropa y ganadería.	Centro parroquial	720441,77	9684536,99	2692

Fuente: Autores

A. Actividades Ganaderas cerca del río



B. Lavado de ropa en el río Sinincay



C. Descarga de aguas residuales provenientes del alcantarillado del centro parroquial de Sinincay



Ilustración 44: Descargas y actividades antropogénicas que se dan en el sector “Centro Parroquial-Sinincay”.

Fuente: Autores.

Tabla 26: Puno de monitoreo 4 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay.

<b>Puntos de Monitoreo</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sector</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Altura msnm</b>
<b>M4</b>	Aguas servidas, aguas grises, actividades de deforestación y agricultura.	En este punto se pudo observar la presencia de tubos provenientes de muchas viviendas de este sector que salen directamente hacia el río, dichas viviendas se ubican a unos cuantos metros del recurso hídrico. Durante la visita de campo comentaban la mayoría de moradores que no cuentan con las conexiones al alcantarillado y no tienen otra opción de deshacerse de sus aguas de esta manera. En este tramo existen también actividades tales como la agricultura, deforestación, el vertido de residuos orgánicos, plásticos y botellas de vidrio que son dispuesto en los márgenes del río o arrojados directamente hacia él.	Daniel Duran	721485,23	9684122,32	2652

Fuente: Autores

A. Desagües procedentes de las residencias



B. Deforestación practicada en los márgenes del río Sinincay



Ilustración 45: Desagües y actividades antropogénicas que se dan en el sector “Daniel Duran”

Fuente: Autores.



Tabla 27: Punto de monitoreo 5 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay.

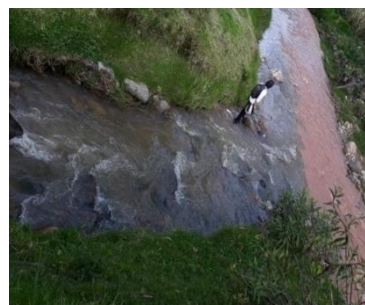
<b>Puntos de Monitoreo</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sector</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Altura msnm</b>
<b>M5</b>	Agricultura y Ganadería	En este sector, se observó actividades de agricultura entre los cultivos que predominan se encuentran el maíz y la alfalfa, otra actividad que se da en este sector es la ganadería donde se pudo visualizar al ganado bovino pastando en los márgenes del río. En este punto el río Chamana desemboca sus aguas en el río Sinincay por lo que se lo consideró importante, ya que este cauce secundario aporta al aumento del caudal e influye en la calidad del agua tanto en la concentración de los contaminantes y su dispersión.	Chamana	722845	9684050	2578

Fuente: Autores

A. Actividades ganaderas



B. Río Chamana aportando sus aguas al río Sinincay



C. Actividades agrícolas



Ilustración 46: Actividades antropogénicas que se dan en el sector “Chamana”.

Fuente: Autores.

Tabla 28: Punto de monitoreo 6 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay.

<b>Puntos de Monitoreo</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sector</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Altura msnm</b>
<b>M6</b>	Aguas servidas y aguas grises	<p>En la parte baja del río Sinincay existen algunas viviendas que se ubican muy próximos al río, cabe mencionar que aquellas residencias son construidas con materiales convencionales y rudimentarios y al estar localizadas en terrenos inestables con pendientes pronunciadas son propensas a las condiciones climatológicas presentando un alto riesgo para los residentes de este sector. También comentaban que carecen del servicio de alcantarillado y se deshacen de sus aguas por medio de tubos directamente hacia el río.</p> <p>A unos metros más abajo de estas viviendas se pudo observar la presencia de alcantarillados que se encuentran muy cercanos entre sí, los cuales descargan sus aguas residuales de manera abundante. Es importante mencionar que el alcantarillado a formado a lo largo de los años un canal de aguas residuales debido a la considerable porción de agua que fluye y va directamente hacia río.</p>	Las orquídeas	723841,07	9683226,58	2551

Fuente: Autores

B. Alcantarillados presentes en el sector



A. Canal de aguas residuales



C. Descargas de aguas residuales provenientes de las viviendas



Ilustración 47: Descargas hacia el río Sinincay en el sector “Las orquídeas”.

Fuente: Autores.

Tabla 29: Punto de monitoreo 7 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay.

<b>Puntos de Monitoreo</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sector</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Altura msnm</b>
<b>M7</b>	Aguas-servidas	De igual manera algunas viviendas en este sector no cuentan con servicio de alcantarillado por ende vierten sus aguas directamente hacia el río Sinincay mediante tubos. Es importante mencionar que este sector se ubica en una parroquia urbana y que hoy en día todavía existen personas que carecen de este servicio básico.	Camino a Patamarca	724368,72	9682749,93	2535

Fuente: Autores



Ilustración 48: Descargas hacia el río Sinincay en el sector “Camino a Patamarca”

Fuente: Autores.

Tabla 30: Punto de monitoreo 8 para el análisis de la calidad del agua en el río Sinincay.

<b>Puntos de Monitoreo</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sector</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Altura msnm</b>
<b>M8</b>	Desembocadura del río Sinincay	Se consideró este punto imprescindible ya que se tiene el objetivo de analizar cómo se encuentra la calidad del agua en el parte final del río Sinincay antes de unir sus aguas con las del río Machángara. Además, se evidencio en este sector la presencia de residuos orgánicos e inorgánicos provenientes de la parte alta y media del río que son arrastrados por la corriente del agua.	Parque Industrial	724891,38	9682541,77	2508

Fuente: Autores

A. Desembocadura del rio Sinincay



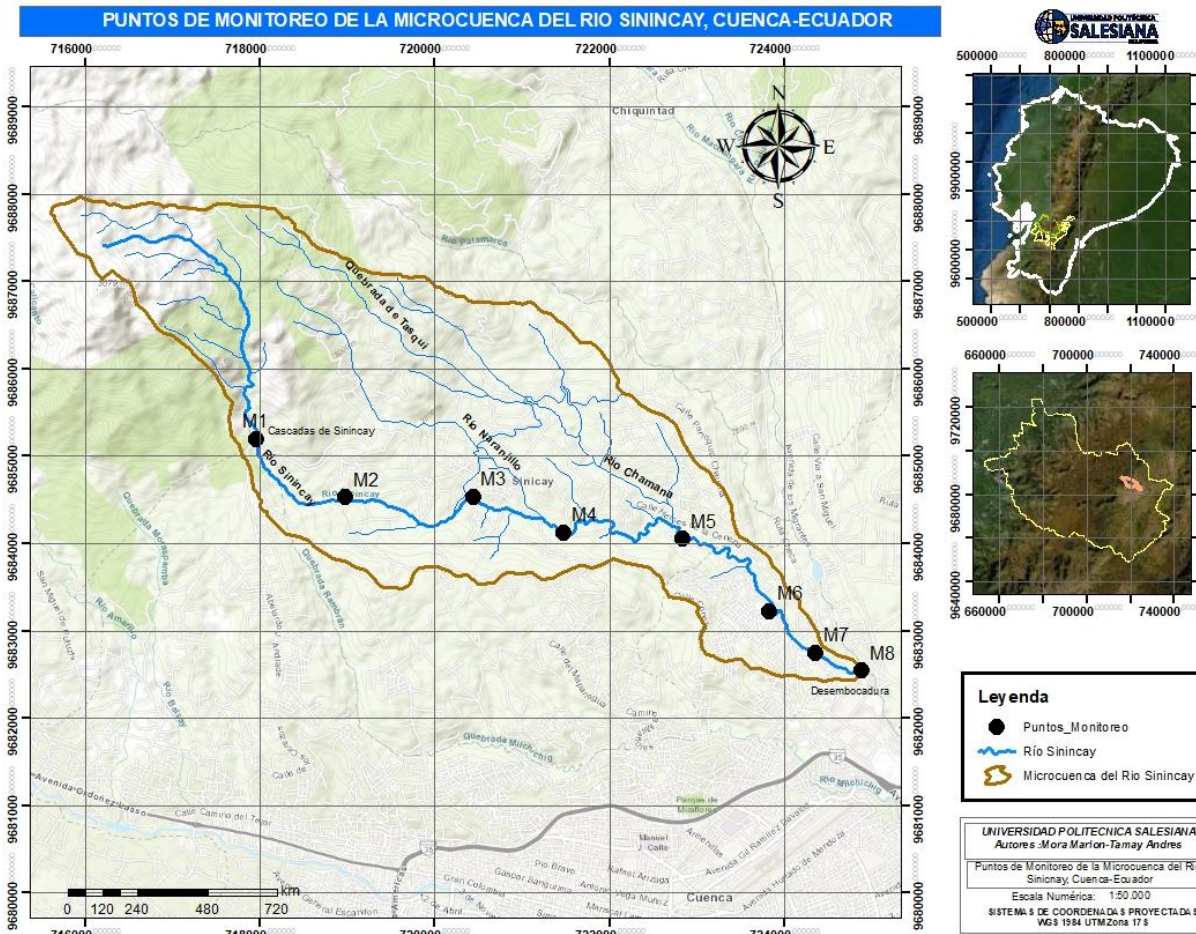
B. Presencia de residuos orgánicos e inorgánicos en el río.



Ilustración 49: Presencia de residuos en la parte final del río Sinincay.

Fuente: Autores.





Mapa 11: Puntos estratégicos a monitorear para analizar la calidad del agua.

Fuente: Autores.

### 4.3. Análisis del caudal

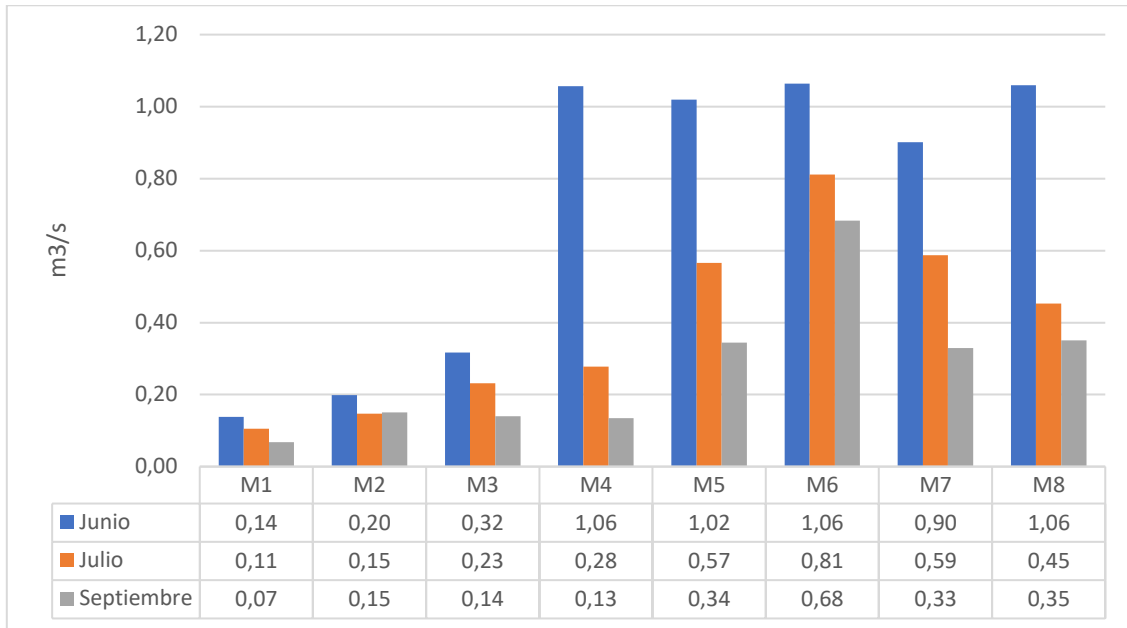
Con respecto al caudal se puede observar que el mes de junio considerado en este estudio como época lluviosa es el que mayor caudal ha presentado, llegando a valores que van ascendiendo de 0,14 m<sup>3</sup>/s en la parte alta a 1,06 m<sup>3</sup>/s en la parte baja, así también registrándose velocidades máximas y por ende una mayor área en cada sección del río. El incremento del caudal en épocas de lluvia también se da por el drenaje de cauces secundarios hacia el río. En el mes de julio se empezó a dar una disminución de las lluvias provocando un descenso en el caudal que oscilan entre rangos de 0,11 a 0,81 m<sup>3</sup>/s, presentando velocidades y áreas intermedias con respecto a los dos meses de monitoreo.

El mes de septiembre considerado como estación seca o de estiaje por presentar caudales mínimos que van de 0,07 a 0,68 m<sup>3</sup>/s, esto puede explicarse debido a las bajas precipitaciones que dio como resultado velocidades y áreas menores.

*Tabla 31: Valores de los caudales, velocidades y áreas medidas en el río Sinincay durante las campañas y puntos de monitoreo.*

PM	Sector	jun			jul			sep		
		Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	A (m <sup>2</sup> )
M1	Cochas	0,14	0,37	0,37	0,11	0,33	0,32	0,07	0,28	0,24
M2	El Chorro	0,2	0,38	0,52	0,15	0,36	0,41	0,15	0,31	0,48
M3	Centro parroquial	0,32	0,47	0,67	0,23	0,37	0,63	0,14	0,27	0,53
M4	Daniel Duran	1,06	0,69	1,54	0,28	0,56	0,5	0,13	0,4	0,34
M5	Chamana	1,02	0,69	1,47	0,57	0,56	1,02	0,34	0,43	0,81
M6	Las orquídeas	1,06	1,12	0,95	0,81	0,9	0,9	0,68	0,88	0,78
M7	Camino a Patamarca	0,9	0,56	1,61	0,59	0,53	1,11	0,33	0,34	0,97
M8	Parque Industrial	1,06	0,81	1,31	0,45	0,6	0,75	0,35	0,51	0,69
<b>PROMEDIO</b>		<b>0,72</b>	<b>0,64</b>	<b>1,06</b>	<b>0,4</b>	<b>0,53</b>	<b>0,7</b>	<b>0,28</b>	<b>0,43</b>	<b>0,6</b>

*Fuente: Autores*



*Ilustración 50: Variación del caudal durante el periodo de monitoreo*

*Fuente: Autores.*

#### 4.4. Resultados físico – químicos y microbiológicos que considera el ICA-NSF

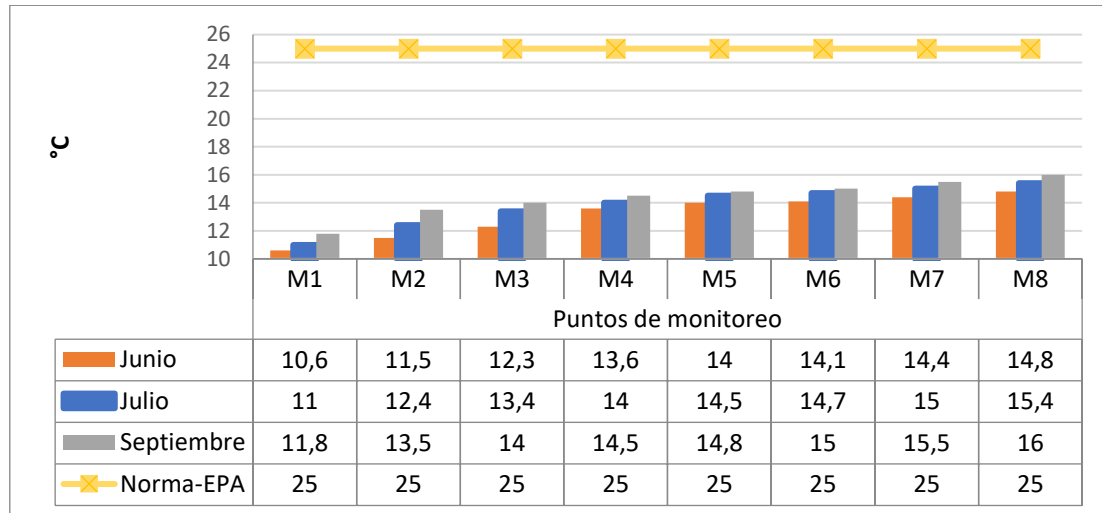
##### 4.4.1. Parámetros físicos

- **Temperatura**

Las variaciones de temperatura en los diferentes puntos de monitoreo se deben a diferentes factores tales como altitud, latitud, profundidad del cauce, época del año, hora del día, temperatura ambiente, circulación del aire etc. Los resultados obtenidos sobre la temperatura indican una relación inversamente proporcional entre la temperatura y la altura en los diferentes puntos a monitorear, es decir a mayor altura menor temperatura del agua (Álvarez et al., 2008).

Durante el monitoreo realizado el mes de junio (época lluviosa) fue la que presento temperaturas más bajas específicamente en el punto M1 con un valor de 10,6°C que corresponde a la parte alta del río Sinincay, mientras que en el mes de septiembre se presentaron temperaturas máximas específicamente en el punto M8 alcanzando un valor de 16°C ubicado en la parte baja del río la misma que presenta una menor altitud. (Carrillo Alvarado & Urgilés Calle, 2016) menciona que el incremento de temperatura reduce la cantidad de oxígeno en el agua causando que los sistemas acuáticos se vean afectados, produciendo eutrofización, acelerando las reacciones químicas e incrementando la actividad biológica.

Se puede observar en la ilustración 51 que el parámetro de la temperatura durante los tres meses de monitoreo no sobrepasa los límites máximos permisibles de la normativa ambiental de la EPA.



*Ilustración 51: Resultados de la temperatura durante el periodo de monitoreo.*

*Fuente: Autores.*

- **Sólidos disueltos totales (SDT)**

En la siguiente ilustración se observa que la mayor concentración de SDT se presencié en el mes de junio con picos máximos en los puntos M2 y M4 que registraron valores de 163 mg/l y 266,5 mg/l esto debido a las altas precipitaciones que ocasionaron procesos fuertes de escorrentía y por ende el arrastre de sedimentos; aportando al aumento considerable de la turbidez del agua en estos puntos. Las altas cantidades de SDT van afectar la penetración de luz en la columna del agua (Carrillo Alvarado & Urgilés Calle, 2016).

En el mes de septiembre fue la que menor concentración de SDT se evidenció debido al bajo caudal presente en este mes con un valor mínimo de 8,7 mg/l en el punto de monitoreo M1 y un valor máximo de 83 mg/l en el punto M6; esto podría deberse a que la dilución de la materia biodegradable producto del vertido de aguas residuales es menor en épocas secas. Es decir, las precipitaciones durante este mes fueron menores y por ende el arrastre de sedimentos.

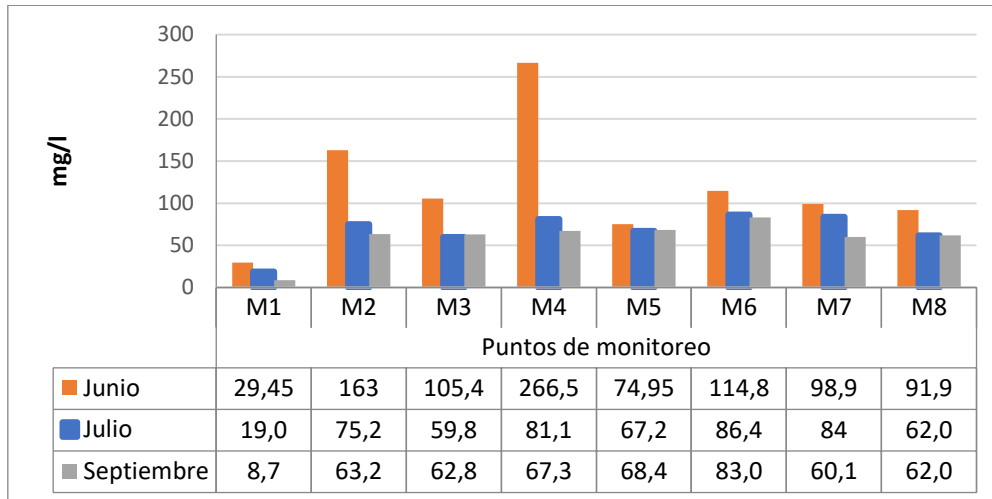


Ilustración 52: Resultados de los SDT durante el periodo de monitoreo.

Fuente: Autores

- **Turbiedad**

Como se puede apreciar en la ilustración 53 que el mes de junio presenta valores máximos de turbidez debido a las intensas lluvias que producen escorrentía arrastrando el material de origen inorgánico como limo, arena y arcilla hacia el río. En el punto de monitoreo M2 además de la gran cantidad de sedimentos arrastrados por la escorrentía se le suma la presencia de ladrilleras que vierten sus aguas hacia el cuerpo hídrico, alcanzando un valor máximo de 182 FTU el más alto durante el periodo de monitoreo; de igual manera en el punto de monitoreo M4 se alcanza un valor de 112 FTU esto es debido a las actividades que se dan en la zona como es la deforestación y los residuos orgánicos descargados al río.

En el mes de septiembre se registró un caudal menor debido a las bajas precipitaciones, por ende, la turbidez del agua fue menor llegando a alcanzar un valor de 30 FTU. No se encontró una variación considerable durante los tres meses de estudio en el punto de monitoreo M1, esto debido a la escasa actividad antrópica que se da en este sector.

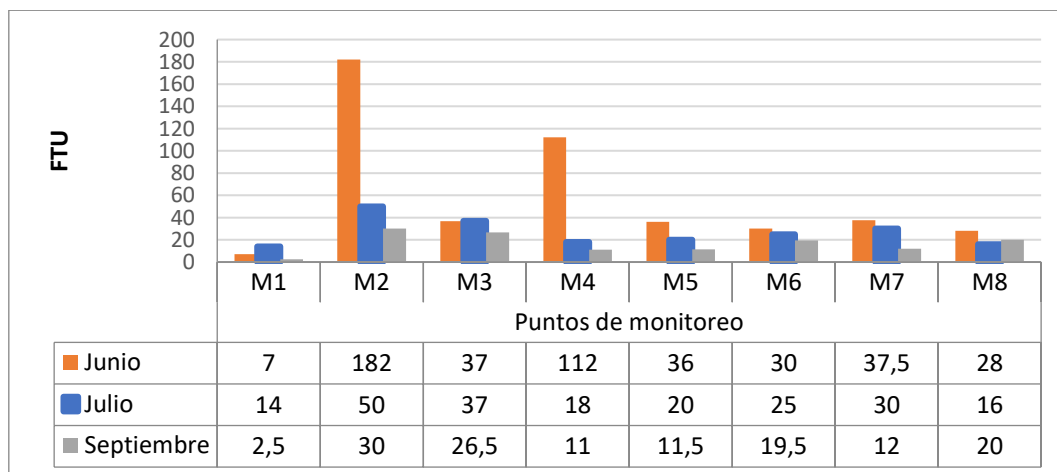


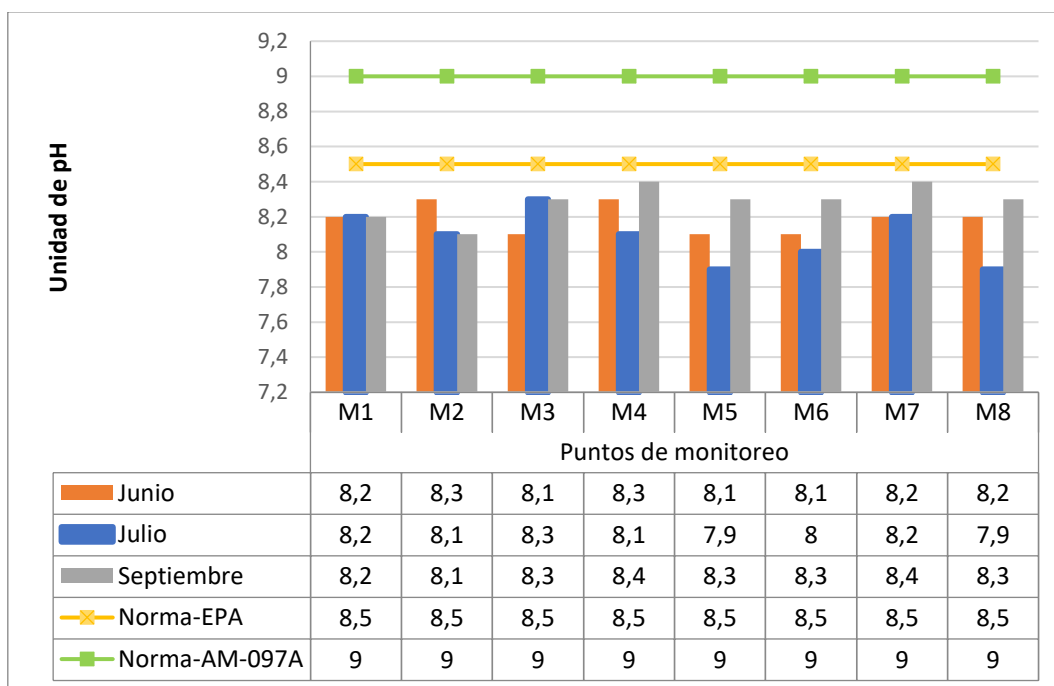
Ilustración 53: Resultados de la turbidez durante el periodo de monitoreo. Fuente: Autores.

#### 4.4.2. Parámetros químicos

- **Potencial de hidrógeno (pH)**

Durante el monitoreo se pudo obtener valores de pH que van de 7,9 a 8,4 resultando levemente alcalino; es decir, no se obtuvo una variación espacio-temporal considerable de este parámetro. El mes de septiembre presenta valores altos en comparación a los otros meses en los puntos de monitoreo M4, M5, M6, M7, M8 que varían de 8,3 a 8,4; según (Montaluisa Balcázar & Sánchez Cuenca, 2021) esto es debido a la escasa dispersión de materia biodegradable que eleva el pH en épocas donde el caudal es bajo. En el mes de julio existe una leve inclinación a un pH básico en los puntos de monitoreo M5 y M8 con un valor de 7,9 esto podría deberse a la presencia de carbonatos formados por la acción del CO<sub>2</sub> sobre materiales básicos que están presentes en los cuerpos de agua superficial (Díaz Muñoz et al., 2018). Con respecto al mes de junio se obtuvo un valor máximo de pH de 8,3.

Se puede observar en la ilustración 54 que el parámetro del pH durante los tres meses de monitoreo se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en las normativas ambientales.



*Ilustración 54: Resultados del pH durante el periodo de monitoreo.*

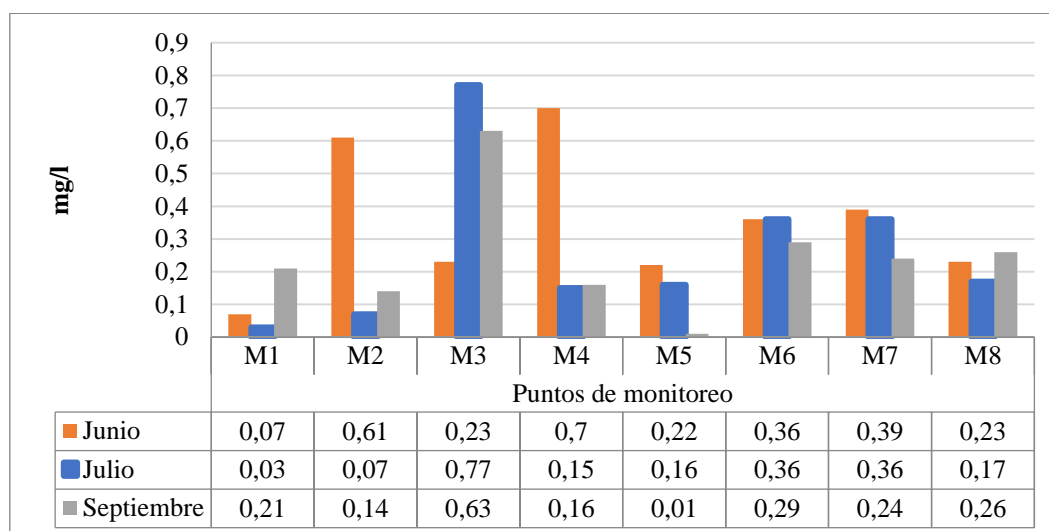
*Fuente: Autores.*

- **Fosfatos**

Las principales actividades antropogénicas que van a causar una mayor presencia de fosfatos tienen que ver con la ganadería, agricultura, fertilizantes agrícolas y detergentes (Escobar, 2002).

Según la visita de campo realizada estas serían algunas actividades que se desarrollan en la parte alta, media y baja del río.

El mes que presento mayor concentración de fosforo fue en junio sobre todo en el punto M2 y M4 con valores de 0,61 mg/l y 0,7 mg/l esto es debido a las lluvias que forman escorrentías arrastrando los minerales del suelo que terminan en el río ya que, el fosforo es un elemento que está más presente en el suelo que en el agua. Mientras que el mes de septiembre fue el que presento una concentración menor de fosforo debido a que la presencia de las lluvias disminuyo en estos tiempos donde el valor más bajo fue de 0,01 mg/l en el M5, este valor tan bajo se puede deber a que en este sector el río Chamana une sus aguas con el río Sinincay lo que provoca mayor dilución de este parámetro en el agua. Mientras que la muestra que registro una mayor concentración en septiembre y en el mes de julio fue el M3 con resultados de 0,63 mg/l y 0,77 mg/l tal como se aprecia en la gráfica.



*Ilustración 55: Resultados de los fosfatos durante el periodo de monitoreo.*

*Fuente: Autores.*

- **Nitratos**

La presencia de nitratos al igual que los fosfatos se debe a la ganadería, agricultura, fertilizantes agrícolas y detergentes (Escobar, 2002). En la ilustración 56 se puede observar que en el mes de junio existe una alta concentración de nitratos en las muestras M1, M2, M3, y M4 con un rango que va de 0,4 mg/l a 4,4 mg/l que después desciende drásticamente manteniéndose con valores de 1,5 mg/l a 1,8 mg /l a comparación del mes de julio y septiembre que presenta concentraciones bajas en los primeros puntos, pero este va ascendiendo de 0,3 mg/l a un rango de 2.3 mg/l y 3 mg/l en las últimas muestras. Sin embargo, no se pudo encontrar un patrón de variación espacio-temporal razonable.



Se puede observar en la ilustración 56 que el parámetro de nitratos durante los tres meses de monitoreo se encuentra por debajo de los límites máximos permisibles, cumpliendo con lo establecido en las normativas ambientales.

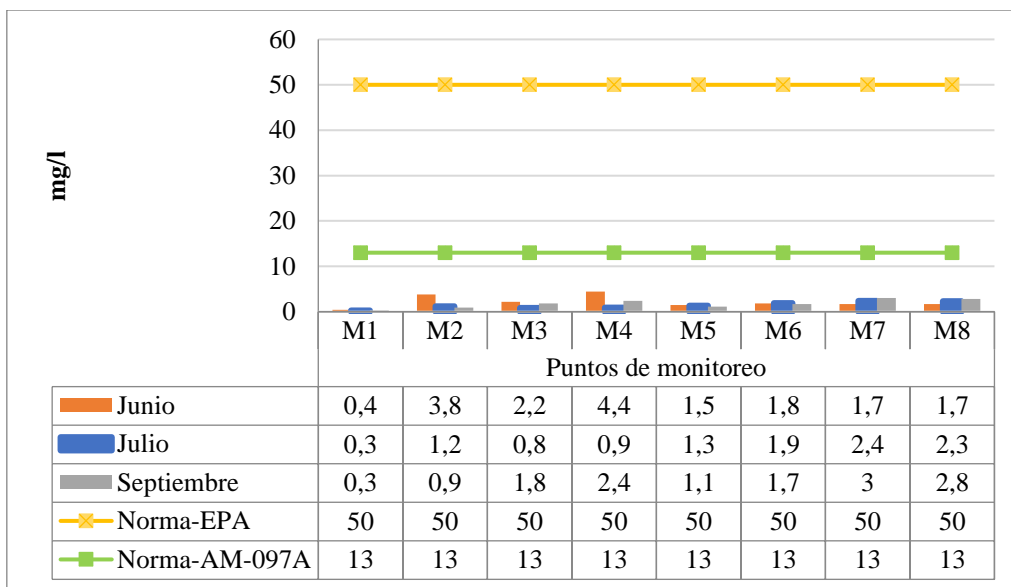


Ilustración 56: Resultados de los nitratos durante el periodo de monitoreo.

Fuente: Autores.

- **Oxígeno disuelto (OD)**

En la ilustración 57 se puede apreciar que hay una mayor presencia de oxígeno disuelto durante el mes de junio debido a que hay más turbulencia del agua por las lluvias, dándose un mayor contacto del oxígeno del aire con el del agua y al mismo tiempo una mayor distribución por el movimiento agitado del agua. Según menciona Teves el OD está relacionado con la temperatura ya que a mayor temperatura menor será la concentración de oxígeno en el agua. Además, la aceleración de los procesos biológicos debido a la presencia de materia orgánica biodegradable provoca una disminución del oxígeno disuelto para la flora y fauna acuática (TEVES AGUIRRE, 2016).

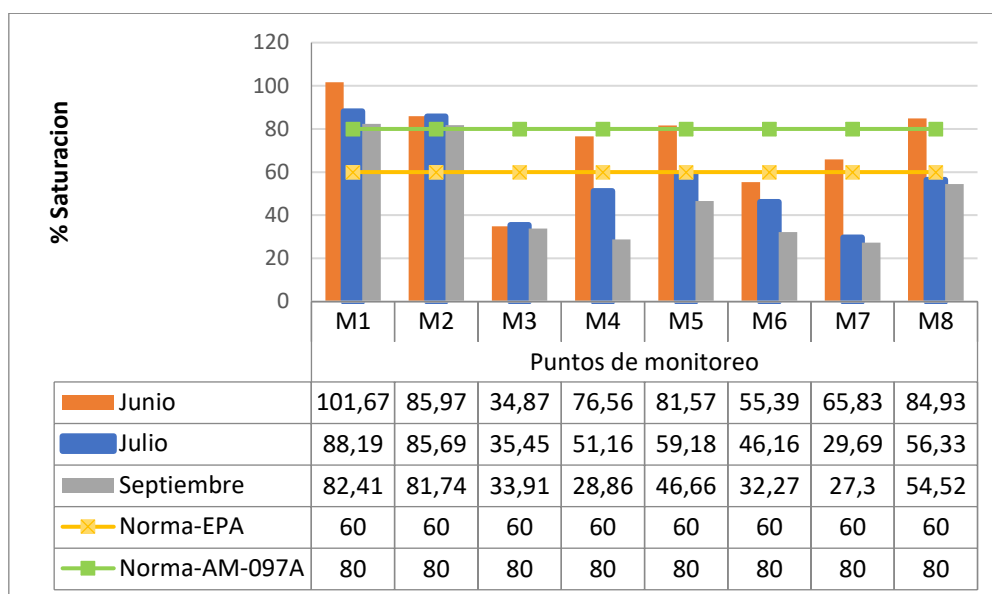
En los tres meses se presentan altas concentraciones de oxígeno en los dos primeros puntos de monitoreo M1 y M2 ubicados en la parte alta del río, los mismos que presentan pendientes inclinadas provocando que se genere mayor agitación favoreciendo al intercambio de oxígeno entre la atmosfera y el agua; además, esto se puede deber a que existe una menor temperatura y bajas concentraciones de aguas residuales en comparación a los otros puntos, donde el OD fue menor pudiendo afectar a los ecosistemas acuáticos.

La muestra con mayor valor registrado es la M1 con 101,67 % de saturación en el mes de junio. El mes de septiembre fue la época donde menos se ha registrado la concentración de oxígeno disuelto,



con un valor mínimo de 27,3 % de saturación en el M7; esto se puede deber a que en este mes se registró mayores temperaturas, además que se dio un aumento de la actividad biológica debido a la alta carga orgánica, lo que provocó una disminución de este parámetro en el agua.

Durante los tres meses de análisis los puntos de monitoreo M3 y M6 no cumplen con los valores máximos permisibles de las normativas ambientales, mientras que los puntos M1 y M2 se encuentran dentro de las normativas mencionadas.



*Ilustración 57: Resultados del OD durante el periodo de monitoreo.*

*Fuente: Autores.*

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)**

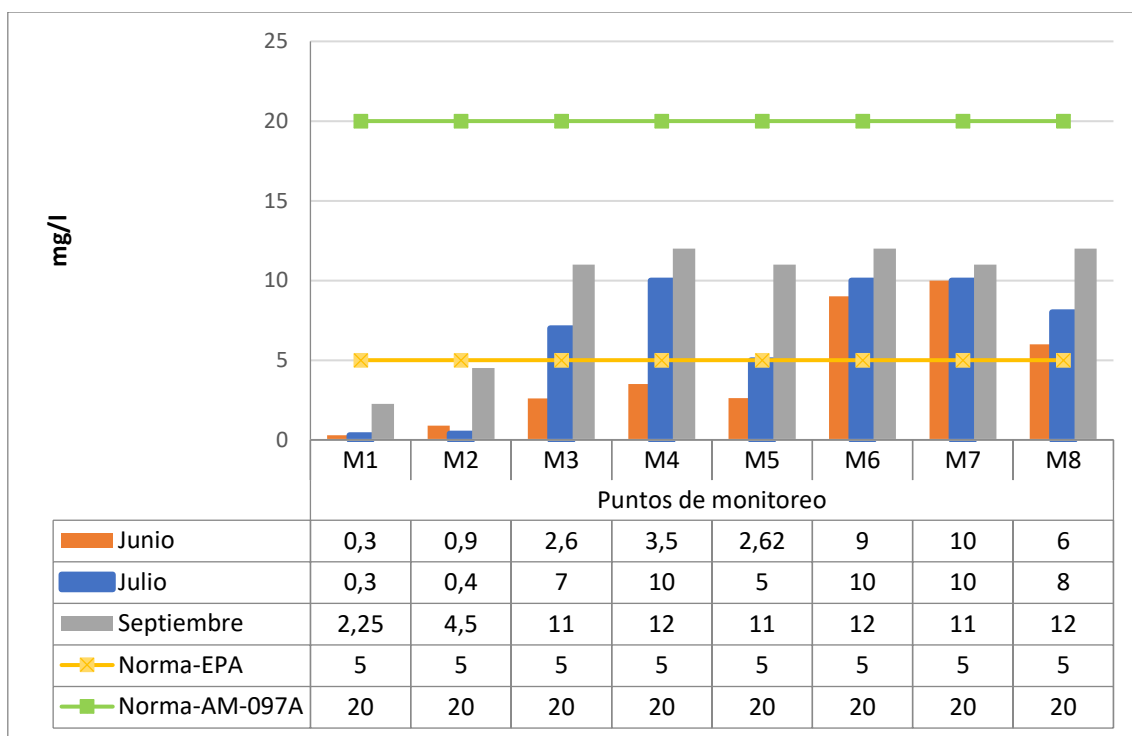
Las relaciones de oxígeno en un cuerpo de agua son de interés particular especialmente en los puntos donde el río recibe carga orgánica en forma de aguas residuales y contaminación debido actividades antropogénicas (Him F. et al., 2019).

Durante el monitoreo se consiguieron resultados que van de un rango de 0,3 mg/l a 12 mg/l, obteniendo valores mínimos en la parte alta del río

Los resultados elevados de DBO<sub>5</sub>, indican una alta cantidad de materia orgánica, lo que provoca que se reste el oxígeno disponible para el ecosistema acuático en un cuerpo de agua (Añazco Lavallo, 2013). En el mes de septiembre hay mayor concentración de DBO<sub>5</sub> en los puntos de monitoreo M3, M4, M5, M6, M7, y M8 ya que se realiza el vertimiento de aguas residuales provenientes de asentamientos humanos en los diferentes sectores de la microcuenca del río Sinincay, a diferencia del

mes de junio que presenta valores bajos debido al aumento del caudal producido por las lluvias que favorecen la dilución de la materia orgánica en el agua.

Se puede observar en la siguiente ilustración que el parámetro de la DBO<sub>5</sub> durante los tres meses de análisis cumple con la normativa ambiental nacional AM-097A. Mientras que, los puntos de monitoreo M6, M7 y M8 se encuentran muy por encima de la normativa internacional de la EPA.



*Ilustración 58: Resultados de la DBO<sub>5</sub> durante el periodo de monitoreo.*

*Fuente: Autores.*

#### 4.4.3. Parámetros microbiológicos

- **Coliformes fecales (CF)**

La concentración de coliformes termotolerantes o fecales se debe a la relación que se da en el número de muestreos y sigue un patrón de variabilidad espacio-temporal (Díaz Muñoz et al., 2018). La mayor concentración se evidenció en el tercer muestreo que corresponde al mes de septiembre específicamente en los puntos M4 y M7 con valores altos que superan el 1000000 NPM/100ml, en esta época el caudal del río fue menor en comparación a los otros meses considerándolo época seca como se mencionó anteriormente. En el mes de junio se obtuvo valores menores de concentración de coliformes fecales que van desde 100 a 280000 NPM/100 ml considerado como época lluviosa en la cual el caudal fue máximo, por lo cual se evidenció que al haber mayor caudal mayor será la dispersión del contaminante en el río y se evidenciará menor contaminación de un cuerpo de agua. Según

(Emigdia & María del Carmen, 1998) la importancia del caudal es debido a que va influir en la dispersión de los contaminantes condicionando la calidad del agua de un río.

Como se observa en la ilustración 59, los resultados dan a conocer valores muy elevados de coliformes termo tolerantes en los tres meses, esto es debido a la alta presencia de asentamientos humanos en las riberas del río, las mismas que en su mayoría no cuentan con la conexión al sistema de alcantarillado sanitario, esto sumado a las múltiples actividades antropogénicas que se dan. En el periodo de monitoreo las muestras M1 y M2 presentan valores más bajos en comparación con los otros puntos de monitoreo, esto por el hecho de ubicarse en la parte alta del río debido a que aquí no existe mayor actividad humana.

Se puede observar en la presente ilustración que el parámetro de CF no cumple con la normativa internacional EPA en los puntos de monitoreo M2 al M8 sobrepasando por mucho el valor máximo establecido durante los tres meses.

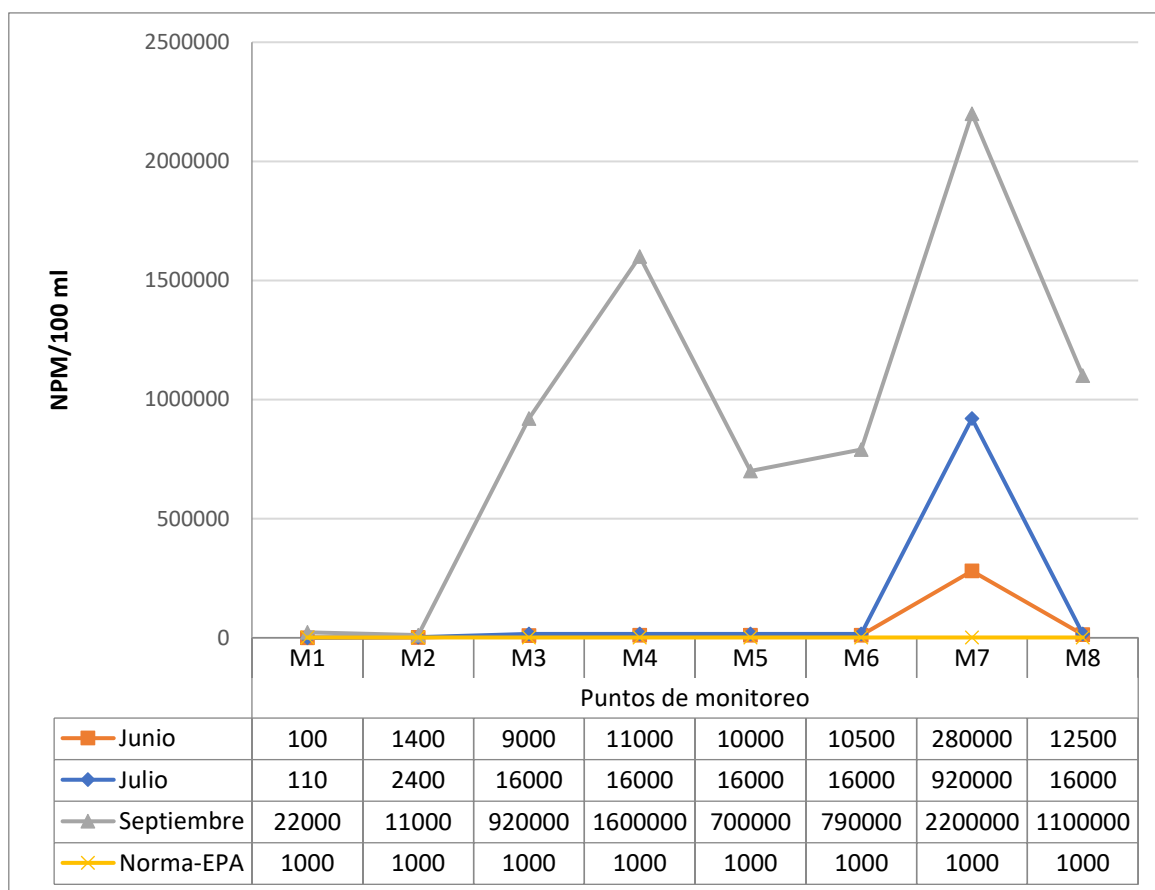


Ilustración 59: Resultados de los CF durante el periodo de monitoreo.

Fuente: Autores.

#### 4.5.Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos con la normativa ambiental vigente

Los resultados físico-químicos y microbiológicos obtenidas durante el periodo de estudio se compararon con los límites máximos permisibles para la preservación de la calidad de agua superficial y de la vida acuática, establecidos por la norma ambiental internacional de los Estados Unidos (EPA) y la norma nacional del Acuerdo Ministerial 097A; dichas normativas nos dan a conocer los valores que se deben de cumplir.

#### Comparación con la normativa nacional e internacional en el mes de junio

Tabla 32: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de junio con los límites máximos permisibles indicados por la EPA.

NORMA INTERNACIONAL DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL ESTABLECIDO POR LA AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS (EPA)										
Parámetros físico-químicos del río Sinincay (junio)										
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Unidad	Valores máximos permisibles según la EPA
Temperatura del agua	10,6	11,5	12,3	13,6	14	14,1	14,4	14,8	°C	25
pH	8,2	8,3	8,1	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2		5,5-8,5
DBO5	0,3	0,9	2,6	3,5	2,62	9	10	6	mg/l	5
Nitratos	0,4	3,8	2,2	4,4	1,5	1,8	1,7	1,7	mg/l	50
Oxígeno disuelto	7,83	6,5	2,63	5,6	6,01	4,15	4,92	6,3	mg/l	>60% de saturación
	101,67	85,97	34,87	76,56	81,57	55,39	65,83	84,93	% de saturación	
Parámetros microbiológicos del Río Sinincay (junio)										
Coliformes fecales	1,00E +02	1,40E +03	9,00E +03	1,10E +04	1,00E +04	1,05E +04	2,80E +05	1,25E +04	NMP/100 ml	1000

Fuente: Autores.

En el mes de junio considerado en este trabajo como época lluviosa, en los puntos de monitoreo M6, M7 y M8 se obtuvieron valores de DBO<sub>5</sub> por encima del límite máximo permisible (ver tabla 32); dando a conocer una elevada presencia de materia biodegradable proveniente del agua residual. Los niveles de oxígeno disuelto son inferiores en los puntos de monitoreo M3, y M6, esto puede deberse a la temperatura del agua y la actividad biológica siendo los principales causantes para que se reduzca el OD en el agua. Con respecto a los coliformes fecales los resultados superan los límites establecidos a excepción del punto M1. (Ver tabla 32).

Tabla 33: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de junio con los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.

CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES										
Parámetros físico-químicos del río Sinincay (junio)										
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Unidad	Valores máximos permisibles AM-097A
pH	8,2	8,3	8,1	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2		6,5 a 9
DBO5	0,3	0,9	2,6	3,5	2,62	9	10	6	mg/l	20
Nitratos	0,4	3,8	2,2	4,4	1,5	1,8	1,7	1,7	mg/l	13
Oxígeno disuelto	7,83	6,5	2,63	5,6	6,01	4,15	4,92	6,3	mg/l	>80% de saturación
	101,67	85,97	34,87	76,56	81,57	55,39	65,83	84,93	% de saturación	

Fuente: Autores.

Los parámetros físico-químicos tales como pH, DBO<sub>5</sub> y nitratos cumplen con los límites permisibles del Acuerdo Ministerial, sus resultados se encuentran por debajo de la normativa. A excepción del oxígeno donde los puntos de monitoreo M3, M4, M6 y M7 no superan el 80% de oxígeno de saturación requerido. (ver tabla 33).

### Comparación con la normativa nacional e internacional en el mes de julio

Tabla 34: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de julio con los límites máximos permisibles indicados por la EPA

NORMA INTERNACIONAL DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL ESTABLECIDO POR LA AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS (EPA)										
Parámetros físico-químicos del río Sinincay (julio)										
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Unidad	Valores máximos permisibles según la EPA
Temperatura del agua	11	12,4	13,4	14	14,5	14,7	15	15,4	°C	25
pH	8,2	8,1	8,3	8,1	7,9	8	8,2	7,9		5,5-8,5
DBO5	0,3	0,4	7	10	5	10	10	8	mg/l	5
Nitratos	0,3	1,2	0,8	0,9	1,3	1,9	2,4	2,3	mg/l	50
Oxígeno disuelto	6,76	6,29	2,62	3,75	4,38	3,39	2,18	4,16	mg/l	>60% de saturación
	88,19	85,69	35,45	51,16	59,18	46,16	29,69	56,33	% de saturación	
Parámetros microbiológicos del río Sinincay (julio)										
Coliformes fecales	1,10E +02	2,40E +03	1,60E +04	1,60E +04	1,60E +04	1,60E +04	9,20E +05	1,60E +04	NMP/100 ml	1000

Fuente: Autores.

Para el mes de julio los puntos de monitoreo M3, M4, M6, M7 y M8; el parámetro de la DBO<sub>5</sub> supera los valores máximos permisibles. Así también, el oxígeno disuelto en los puntos M3, M4, M5, M6, M7 y M8 se encuentran por debajo de la normativa ambiental, resultados que era de esperarse debido al aumento de la temperatura del agua y el incremento de los desechos humanos y de animales que provoca el acelerado consumo de oxígeno por parte de los organismos acuáticos. Con respecto a los coliformes fecales se evidencia un incumplimiento de los límites máximos permisibles en todos los puntos de monitoreo ya que estos se encuentran muy por encima de la normativa a excepción del punto M1. (Ver tabla 34).

*Tabla 35: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de julio con los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.*

CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES										
Parámetros físico-químicos del río Sinincay (julio)										
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Unidad	Valores máximos permisibles AM-097A
pH	8,2	8,1	8,3	8,1	7,9	8	8,2	7,9		6,5 a 9
DBO <sub>5</sub>	0,3	0,4	7	10	5	10	10	8	mg/l	20
Nitratos	0,3	1,2	0,8	0,9	1,3	1,9	2,4	2,3	mg/l	13
Oxígeno disuelto	6,76	6,29	2,62	3,75	4,38	3,39	2,18	4,16	mg/l	>80% de saturación
	88,19	85,69	35,45	51,16	59,18	46,16	29,7	56,33	% de saturación	

*Fuente: Autores.*

Los parámetros como el pH, DBO<sub>5</sub> y nitratos se encuentran dentro de los valores máximos permisibles del Acuerdo Ministerial. En el caso del oxígeno disuelto los resultados de los puntos M3, M4, M5, M6, M7 y M8 están por debajo del valor máximo permisible a excepción del punto M1 y M2. (Ver tabla 35).

#### **Comparación con la normativa nacional e internacional en el mes de septiembre**

Tabla 36: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de septiembre con los límites máximos permisibles indicados por la EPA.

NORMA INTERNACIONAL DE CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL ESTABLECIDO POR LA AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE ESTADOS UNIDOS (EPA)										
Parámetros físico-químicos del río Sinincay (septiembre)										
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Unidad	Valores máximos permisibles según la EPA
Temperatura del agua	11,8	13,5	14	14,5	14,8	15	15,5	16	°C	25
pH	8,2	8,1	8,3	8,4	8,3	8,3	8,4	8,3		5,5-8,5
DBO5	2,25	4,5	11	12	11	12	11	12	mg/l	5
Nitratos	0,3	0,9	1,8	2,4	1,1	1,7	3	2,8	mg/l	50
Oxígeno disuelto	6,2	6	2,5	2,12	3,43	2,37	2	4	mg/l	>60% de saturación
	82,41	81,74	33,91	28,86	46,66	32,27	27,3	54,52	% de saturación	
Parámetros microbiológicos del río Sinincay (septiembre)										
Coliformes fecales	2,20E+04	1,10E+04	9,20E+05	1,60E+06	7,00E+05	7,90E+05	2,20E+06	1,10E+06	NMP/100 ml	1000

Fuente: Autores.

Los valores de la DBO<sub>5</sub> en los puntos de monitoreo M3, M4, M5, M6, M7 y M8 se encuentran por encima de la normativa ambiental. El oxígeno disuelto en los puntos M3, M4, M5, M6, M7 y M8 presenta resultados muy bajos a lo establecido y, con respecto a los coliformes fecales en todos los puntos de monitoreo superan el valor máximo permisible establecido por la EPA (ver tabla 36), esto debido a la baja dilución de los contaminantes durante este mes el cual presento caudales bajos en comparación a los otros meses.

Tabla 37: Comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos del mes de septiembre con los criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.

CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES										
Parámetros físico-químicos del río Sinincay (septiembre)										
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Unidad	Valores máximos permisibles AM-097A
pH	8,2	8,1	8,3	8,4	8,3	8,3	8,4	8,3		6,5 a 9
DBO5	2,25	4,5	11	12	11	12	11	12	mg/l	20
Nitratos	0,3	0,9	1,8	2,4	1,1	1,7	3	2,8	mg/l	13
Oxígeno disuelto	6,2	6	2,5	2,12	3,43	2,37	2	4	mg/l	>80% de saturación
	82,41	81,74	33,91	28,86	46,66	32,27	27,3	54,52	% de saturación	

Fuente: Autores.

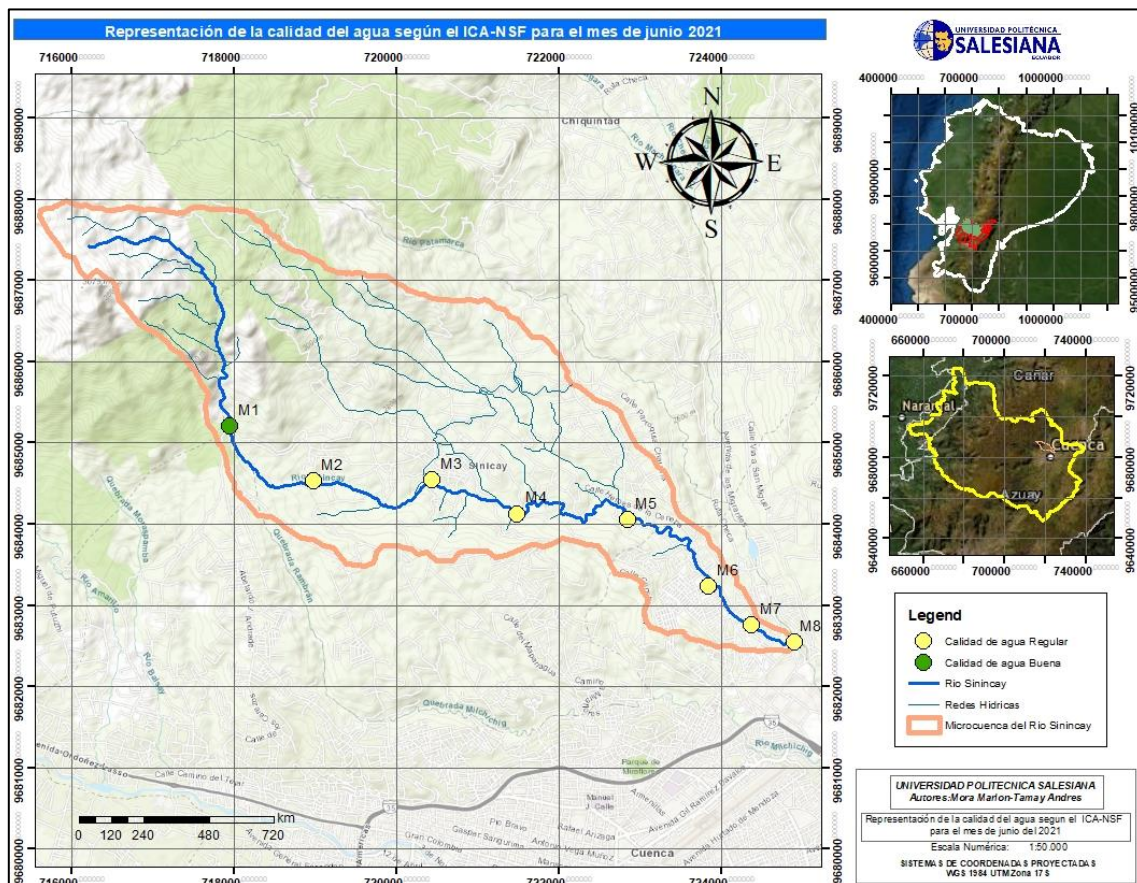


Los valores obtenidos durante el mes de septiembre se encuentran dentro del límite máximo permisible establecidos en el AM-097A a excepción del oxígeno disuelto que se encuentra por debajo de la normativa ambiental en los puntos de monitoreo M3, M4, M5, M6, M7 y M8. (ver tabla 37).

#### 4.6. Análisis del ICA-NSF

Después de la obtención de los valores físico-químicos y microbiológicos en el laboratorio, se procedió a determinar la calidad del agua mediante el ICA-NSF en cada punto de monitoreo durante el periodo establecido, basándose en la metodología descrita anteriormente. Se representaron los resultados mediante mapas y tablas para una mejor interpretación espacio temporal.

#### -Análisis del ICA-NSF del mes de junio



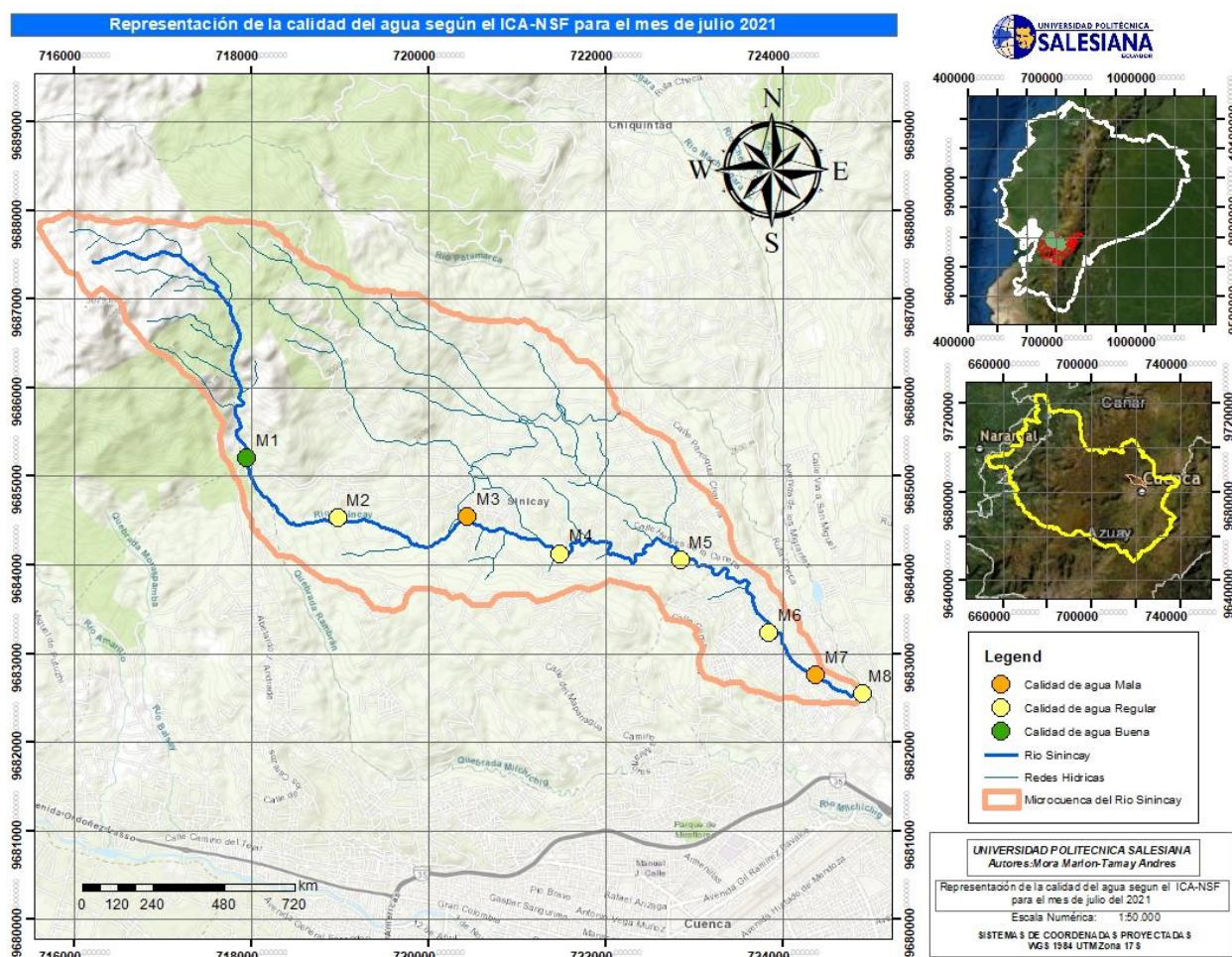
Mapa 12: Variación espacio-temporal del ICA-NSF en el mes de junio.

Fuente: Autores.

En el mes de junio considerado en este estudio estación lluviosa por presentar caudales máximos, se puede observar que el 87,5% es decir que siete de los ocho puntos de monitoreo se encuentran en calidad de agua “regular clase III” a excepción del punto M1 que se encuentra en calidad de agua “buena clase II” con un valor de 81 el más alto en este estudio (Ver tabla 38); este valor refleja

un alto grado de biodiversidad acuática y solo será idóneo para el consumo humano después de su purificación según (Lucas Vidal & Carreño Mendoza, 2018). El punto de monitoreo M4 presentó el ICA más bajo con un valor de 57 resultado que justifica lo mencionado anteriormente, donde los asentamientos humanos cerca del río Sinincay son los principales actores de la contaminación del agua. De manera general la estación lluviosa fue la que presentó valores más altos del ICA-NSF con respecto a los otros meses de monitoreo con un promedio de 64, esto debido a los procesos de autodepuración que se da por las fuertes precipitaciones en un curso de agua, favoreciendo el transporte y difusión de los contaminantes a lo largo del río.

### -Análisis del ICA-NSF del mes de julio



Mapa 13: Variación espacio-temporal del ICA-NSF en el mes de julio.

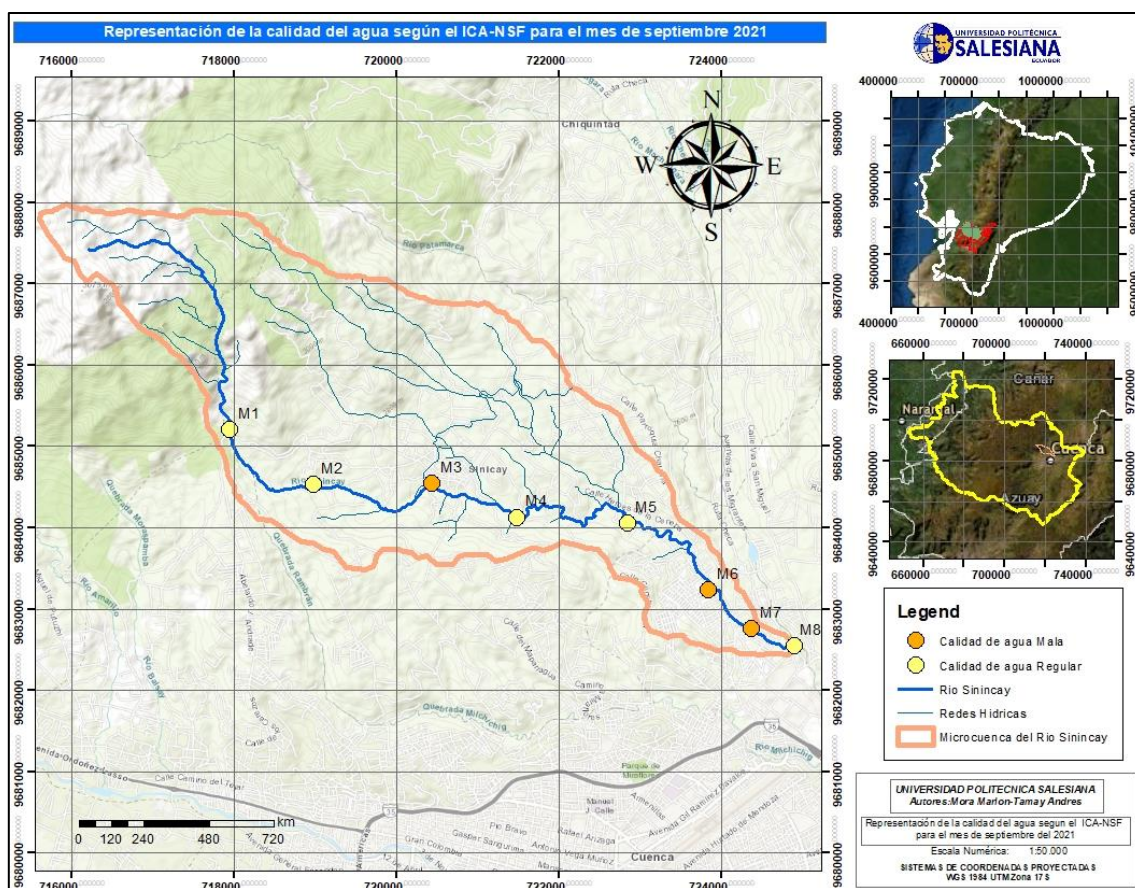
Fuente: Autores.

En el mes de julio considerado en este trabajo como época de transición se obtuvo valores intermedios del ICA con un promedio general de 58, de los cuales el 62,5% se categorizó como calidad de agua “regular clase III” correspondiente a los puntos de monitoreo M2, M4, M5, M6 y M8 con



valores que van del 53 a 69 (Ver tabla 38) clasificada como moderadamente contaminada, donde el agua se puede utilizar para fines de recreación y riego de cultivo según (León Vizcaíno, 2016); el 25% se categorizó como calidad de agua “mala clase IV” en los puntos M3 y M7 con un valor de 48 la cual puede abarcar una baja biodiversidad acuática debido a que las aguas pueden estar pasando por problemas de contaminación según (Carrillo Alvarado & Urgilés Calle, 2016) y 12,5% se categorizó como calidad de agua buena con un valor de 75 que corresponde al punto M1.

### -Análisis del ICA-NSF del mes de septiembre



Mapa 14: Variación espacio-temporal del ICA-NSF en el mes de septiembre.

Fuente: Autores.

Durante el mes de septiembre donde existió una disminución del caudal debido a las bajas lluvias, se presentaron índices de calidad de agua bajos durante el monitoreo de los tres meses con un promedio general de 53; es así que, los valores del ICA oscilan entre 44,7 a 66,5. Categorizando como calidad de agua mala clase IV a los puntos de monitoreo M3, M4, M6 y M7 por presentar valores de 45, 48, 48, y 47 (Ver tabla 38). Los estudios de (Cocha Pallo, 2009), (Peñafiel Romero, 2014) y (Pontón Valarezo, 2018), aseveran los resultados obtenidos llegando a la interpretación de que el ICA se ve influenciado directamente por el caudal, donde el índice crece en caudales altos y decrece en caudales

bajos. Además, esto se relaciona con los resultados físico-químicos y biológicos debido a la presencia elevada de coliformes fecales, niveles altos de DBO<sub>5</sub> y bajo porcentaje de saturación de oxígeno. Sin embargo, se obtuvo una calidad de agua “regular clase III” en los puntos M1, M2, M5 y M8.

Tabla 38: Resultados del ICA-NSF obtenidos en los tres meses de monitoreo.

Puntos de monitoreo	Sector	Junio		Julio		Septiembre	
		ICA	Calidad	ICA	Calidad	ICA	Calidad
M1	Cochas	81	Buena	75	Buena	67	Regular
M2	El Chorro	64	Regular	69	Regular	64	Regular
M3	Centro parroquial	58	Regular	48	Mala	45	Mala
M4	Daniel Duran	57	Regular	55	Regular	48	Mala
M5	Chamana	69	Regular	59	Regular	52	Regular
M6	Las orquídeas	58	Regular	53	Regular	48	Mala
M7	Camino a Patamarca	58	Regular	48	Mala	47	Mala
M8	Parque Industrial	67	Regular	57	Regular	51	Regular
<b>Promedio</b>		<b>64</b>		<b>58</b>		<b>53</b>	

Fuente: Autores.

#### -Análisis general del ICA-NSF durante el periodo de monitoreo

En la tabla 39 se presentan los promedios de los índices de calidad de agua con respecto al periodo y los puntos de monitoreo en los diferentes sectores de la microcuenca del río Sinincay, obteniendo los siguientes resultados:

El 12,5% considerada calidad de agua buena clase II “**ligeramente contaminada**” corresponde al primer punto de monitoreo M1 (Sector Cochas) con un valor de 74, esto se debe a que está ubicado en la parte alta del río y en este sector existe escasa intervención antropogénica. El 65% categorizada como calidad de agua regular clase III “**moderadamente contaminada**” corresponde a los puntos de monitoreo M2, M4, M5, M6, M7 y M8 con valores que varían de 51 para el M7 hasta 66 para el punto M2; finalmente, el 12,5% categorizada como calidad de agua mala clase IV “**contaminadas**” corresponde al punto M3 el mismo que se encuentra situado en el centro parroquial de Sinincay y recibe las aguas residuales domésticas del sector, además de que se dan actividades tales como lavado de ropa, agricultura y ganadería que influyen en la disminución de la calidad del agua en este tramo del río.

Tabla 39: Promedio del ICA-NSF con respecto a los diferentes puntos y periodos de monitoreo.

Puntos de monitoreo	Sector	Junio	Julio	Septiembre	Promedio	Calidad
		ICA				

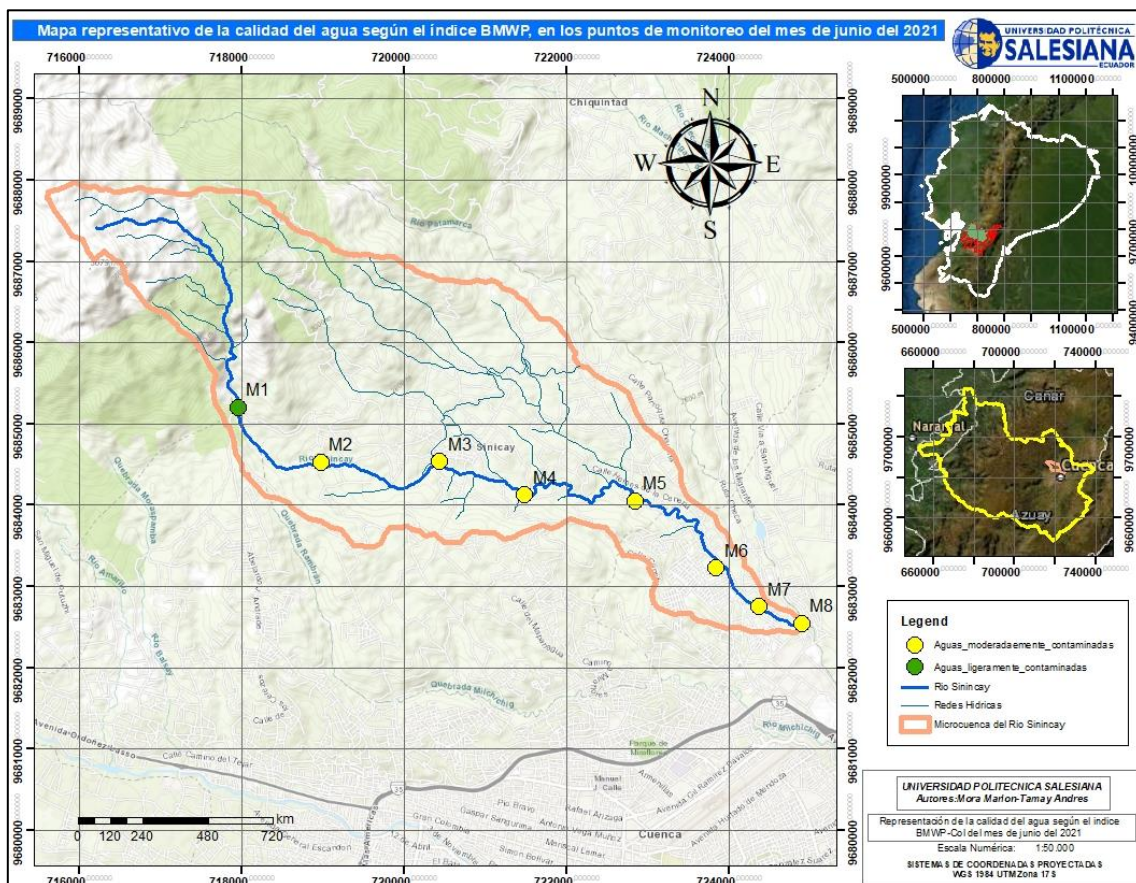
M1	Cochas	81	75	67	<b>74</b>	Buena
M2	El Chorro	64	69	64	<b>66</b>	Regular
M3	Centro parroquial	58	48	45	<b>50</b>	Mala
M4	Daniel Duran	57	55	48	<b>53</b>	Regular
M5	Chamana	69	59	52	<b>60</b>	Regular
M6	Las orquídeas	58	53	48	<b>53</b>	Regular
M7	Camino a Patamarca	58	48	47	<b>51</b>	Regular
M8	Parque Industrial	67	57	51	<b>58</b>	Regular

Fuente: Autores

#### 4.7. Índices biológicos BMWP y ASPT evaluados para los puntos de monitoreo del río Sinincay

Uno de los indicadores biológicos que son utilizados con frecuencia en los últimos años es el BMWP el cual se basa en la presencia o ausencia de organismos en el agua, la misma nos indica la calidad del agua que se tiene en el tramo de estudio (Aguirre Andrade, 2011). A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

#### -Análisis del BMWP/Col y ASTP para el mes de junio



Mapa 15: Variación del índice BMWP/Col en el mes de junio

Fuente: Autores.



Durante el monitoreo en los ocho puntos considerados, en el mes de junio se identificó 23 familias y un total de 561 individuos (Ver tabla 40). El número de individuos encontrados en comparación de los otros meses es bajo debido al aumento del caudal, provocando que los macroinvertebrados sean arrastrados por la fuerza de la corriente dificultando su captura.

Los resultados obtenidos dan a conocer que el sector con mejor calidad de agua durante los tres meses de estudio, es el punto de monitoreo M1 y corresponde a este mes, con un valor de 78 considerada una calidad aceptable clase II; es decir, el agua es considerada ligeramente contaminada y se evidencia efectos de contaminación, los puntos restantes durante este mes presentaron una calidad de agua dudosa consideradas aguas moderadamente contaminadas. El valor más bajo obtenido se registró en el punto de monitorio M7 (Camino a Patamarca) lo cual se esperaba debido a la gran intervención del hombre en esta zona (Ver mapa 15 y tabla 40).

Entre las familias encontradas que tienen un alto grado de sensibilidad a los contaminantes están: Ptilodactylidae, Dytiscidae, Hydrobiosidae, Polycentropodidae, y Hebridae, con puntuaciones de 10, 9 y 8 respectivamente localizados en la parte alta del río. Mientras que las familias moderadamente tolerantes a la contaminación del agua como el Baetidae, Hyalellidae, Scirtidae, Planariidae, Hydropsychidae, Psychodidae, Aeshnidae, Libellulidae, y Mesoveliidae presentan puntajes entre 7, 6 y 5; por otro lado, los organismos presentes en aguas muy contaminadas fueron Oligochaeta, Tipulidae, Culicidae, Chironomidae, Physidae, Hydrophilidae con puntaje de 3, 2 y 1, estos macroinvertebrados fueron encontrados en su mayoría en la parte media y baja del río.

Durante la recolección y la identificación de macroinvertebrados las mayores representatividades en cuanto al número de individuos por taxas se registraron: en un 20% correspondiente a la familia Polycentropodidae en el punto de monitoreo M1; 29,6 % de la familia Planariidae en el punto M2; 54% de la familia Chironomidae en el punto M3; 25% de la familia Baetidae en el punto M4; 28% de la familia Hyalellidae en el punto M5; 21% de la familia Hyalellidae en el punto M6; 26% de la familia Tubificidae en el punto M7 y el 28% de la familia Physidae en el punto M8.

Con respecto al “Puntaje Prometió por Taxón” conocido como ASPT, el cual da a conocer que si es que se obtiene un puntaje bajo de BMWP asociado con un valor bajo de ASPT dará a entender la existencia de condiciones graves de contaminación según (Arango et al., 2008). En los puntos de monitoreo M2, M3, M4, M5, M6 y M7 se aprecia una correlación entre los índices biológicos BMWP y ASPT los mismos que indican puntuaciones bajas y se catalogan como aguas moderadamente contaminadas en estos tramos del río; sin embargo, en el punto M1 se evidencia una tendencia de ser

aguas ligeramente contaminadas a moderadamente contaminadas; así mismo, en el punto de monitoreo M8 se registró una tendencia de agua moderadamente contaminada a muy contaminada, asociándose a las puntuaciones bajas obtenidos en los índices biológicos (Ver tabla 40).

*Tabla 40: Índices BMWP/Col y ASPT para el mes de junio.*

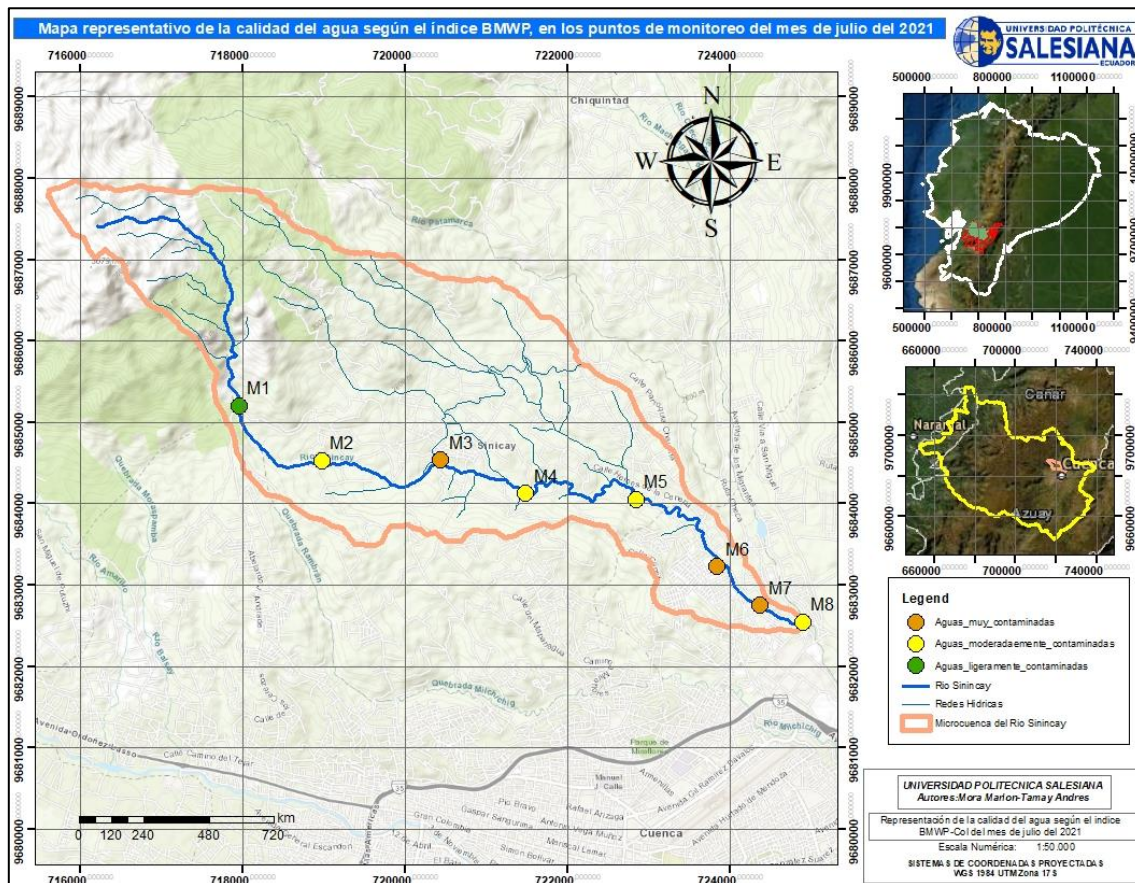
PM	Sector	Mes de Junio								
		N de familias	BMWP/Col	Clase	Calidad	Significado	ASPT	Clase	Calidad	Significado
M1	Cochas	14	78	II	Acceptable	Ligeramente contaminadas	5,57	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M2	El Chorro	8	45	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	5,63	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M3	Centro parroquial	7	38	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	5,43	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M4	Daniel Duran	12	55	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,58	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M5	Chamana	11	53	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,82	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M6	Las orquídeas	10	46	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,60	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M7	Camino a Patamarca	8	37	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,63	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M8	Parque Industrial	9	39	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,33	IV	Critica	Aguas muy contaminadas

*Fuente: Autores.*

### **Análisis del BMWP/Col y ASTP para el mes de julio**

En el mes de julio se encontró 20 familias y 889 individuos, se presentó mayor número de población de macroinvertebrados debido a que el caudal disminuyó en esta estación, facilitando a la captura de estos organismos (Ver tabla 41).





Mapa 16: Variación del índice BMWP/Col en el mes de julio.

Fuente: Autores

En el mes de julio el BMWP/Col presentó las siguientes categorías de calidad de agua: 12,5% considerada calidad de agua aceptable clase II presentando una contaminación del agua ligera que corresponde al punto de monitoreo M1; 50% considerada como calidad de agua dudosa clase III, es decir, aguas moderadamente contaminadas y; finalmente un 37,5% catalogada como calidad de agua crítica clase VI consideradas aguas muy contaminadas, con un rango que va de 24 en el punto M3 a 34 en el punto M6 (Ver mapa 15 y tabla 41).

La mayor representatividad del número de individuos por familias fue: 26% de la familia Polycentropodidae en el punto de monitoreo M1, el 37% de la familia Planariidae en el punto M2, 74% de la familia Baetidae en el punto M3, 25-22-29-42% de la familia Physidae en los puntos M4-M5-M7-M8 y el 26% de la familia Tubificidae en el punto M6.

En los puntos de monitoreo M2 y M4 se aprecia una correlación entre los resultados de los índices biológicos BMWP y ASPT catalogándolas como aguas moderadamente contaminadas; así mismo, en el punto M3 y M7 de aguas muy contaminadas. En el punto de monitoreo M1 se aprecia una tendencia de agua ligeramente contaminada a moderadamente contaminada; de igual manera, en

los puntos M5, M6 y M8 se evidencia una tendencia de aguas moderadamente contaminadas a muy contaminadas (Ver tabla 41).

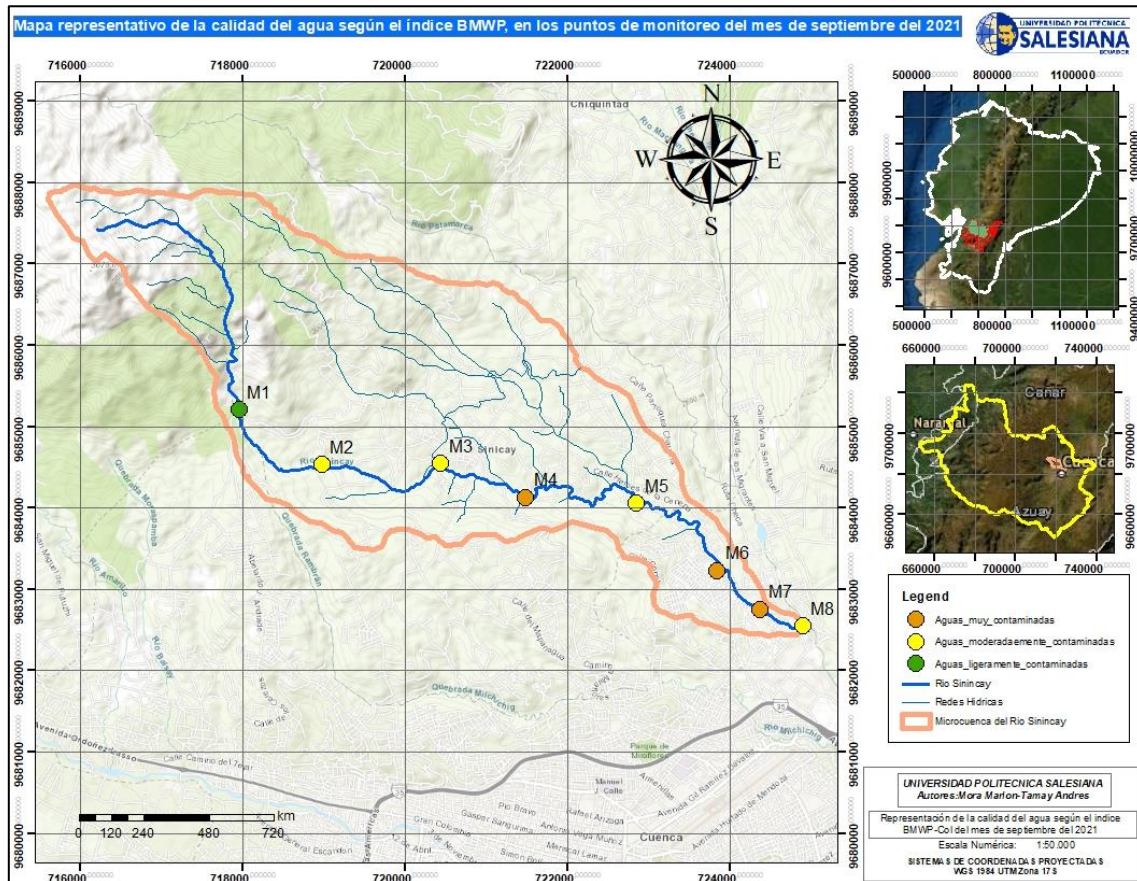
Tabla 41: Índices BMWP/Col y ASPT para el mes de julio.

PM	Sector	Mes de Julio								
		N de familias	BMWP/Col	Clase	Calidad	Significado	ASPT	Clase	Calidad	Significado
M1	Cochas	12	73	II	Aceptable	Ligeramente contaminadas	6,08	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M2	El Chorro	8	43	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	5,38	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M3	Centro parroquial	6	24	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	4,00	IV	Critica	Aguas muy contaminadas
M4	Daniel Duran	8	38	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,75	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M5	Chamana	10	42	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,20	IV	Critica	Aguas muy contaminadas
M6	Las orquídeas	7	34	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	4,86	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M7	Camino a Patamarca	7	28	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	4,00	IV	Critica	Aguas muy contaminadas
M8	Parque Industrial	9	39	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,33	IV	Critica	Aguas muy contaminadas

Fuente: Autores

### Análisis del BMWP/Col y ASTP del mes de septiembre

En el mes de septiembre considerado estación seca por su caudal se registró 24 familias y un número de 1453 individuos (Ver tabla 42), siendo la que mayor número de taxas e individuos presentó. Carrera y Fierro mencionan que “cuando los caudales de los ríos son bajos las poblaciones de los macroinvertebrados aumentan y es más fácil su captura en lugares como: hojas flotantes y sus restos, troncos caídos y en descomposición, en lodo o arena del fondo del río, sobre o debajo de las piedras y aguas estancadas” (Carrera Reyes & Fierro Peralbo, 2001). Justificando lo obtenido.



Mapa 17: Variación del índice BMWP/Col en el mes de septiembre.

Fuente: Autores.

Los índices BMWP/Col obtenidos en el presente mes fueron los siguientes: 12,5% corresponde a una calidad de agua aceptable clase II es decir ligeramente contaminada presente en el punto de monitoreo M1; 50% categorizadas como agua de calidad dudosa clase III que dan a conocer un grado de contaminación moderada en los puntos M2, M3, M5, M8; y el 37,5% calidad crítica clase VI consideradas como aguas muy contaminadas correspondiente a los puntos M4, M6, y M7. Obteniendo el índice más alto en el punto de monitoreo M1 (66) ubicado en la parte alta del río y el índice más bajo en el punto M7 (28) localizado en la parte baja del río, resultados que eran de esperarse (Ver mapa 17 y tabla 42).

La mayor representatividad de número de individuos por familias fue: 17% de la familia Ptilodactylidae en el punto de monitoreo M1, 28% de la familia Planariidae en el punto M2, 33% de la familia Baetidae en el punto M3, 21-23-25-29% de la familia Tubificidae en los puntos de monitoreo M4-M5-M6-M7 y el 36% de la familia Physidae en el punto M8.



De manera general, durante este mes de monitoreo se presenció que los puntos contaminados están dominados por familias con alta resistencia a los contaminantes como el Tubificidae, Chironomidae y Physidae.

En los puntos de monitoreo M2, M5 y M8 se aprecia una correlación entre los índices biológicos BMWP y ASPT catalogadas como aguas moderadamente contaminadas; así mismo, en los puntos M6 y M7 de aguas muy contaminadas. En el punto de monitoreo M1 se aprecia una tendencia de agua ligeramente contaminada a moderadamente contaminada; de igual manera, en los puntos M3 y M4 se evidencia una tendencia de aguas moderadamente contaminadas a muy contaminadas (Ver tabla 42).

*Tabla 42: Índices BMWP/Col y ASPT para el mes de septiembre.*

PM	Sector	Mes de Septiembre								
		N de familias	BMWP/Col	Clase	Calidad	Significado	Puntaje ASPT	Clase	Calidad	Significado
M1	Cochas	12	66	II	Aceptable	Ligeramente contaminadas	5,50	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M2	El Chorro	12	56	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,67	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M3	Centro parroquial	11	46	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,18	IV	Critica	Aguas muy contaminadas
M4	Daniel Duran	7	34	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	4,86	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M5	Chamana	11	51	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,64	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas
M6	Las orquídeas	8	33	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	4,13	IV	Critica	Aguas muy contaminadas
M7	Camino a Patamarca	7	28	IV	Critica	Aguas muy contaminadas	4,00	IV	Critica	Aguas muy contaminadas
M8	Parque Industrial	8	38	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	4,75	III	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas

*Fuente: Autores*

### **Análisis general del BMWP/Col y ASTP durante los tres meses de monitoreo**

De manera general el mes de junio (estación lluviosa) fue la que presento valores más altos del índice BMWP/Col, a excepción del punto de monitoreo M2 donde el valor del BMWP (41) es inferior

por un 36,5% en comparación con el índice BMWP (56) obtenido en el mes de septiembre (estación seca). De igual manera, en el punto de monitoreo M3 donde el valor del BMWP (38) es inferior por un 21% en comparación con el índice BMWP (46) (Ver tabla 43).

Así mismo, se puede apreciar en la tabla 43 los promedios obtenidos del BMWP/Col por cada punto de monitoreo durante el periodo establecido.

Para el punto de monitoreo M1 ubicado en la parte alta del río se registró un valor de 72,3 categorizada como calidad de agua aceptable clase II; es decir, en este tramo del río el agua se encuentra ligeramente contaminada y se evidencian efectos de contaminación; los puntos de monitoreo M2, M3, M4, M5, M6 y M8 ubicados en la parte media y baja del río presentan índices que van desde 36 en el M3 hasta 47 en el M5 catalogado como calidad de agua dudosa clase III, siendo estas aguas moderadamente contaminadas. Finalmente, en el punto de monitoreo M7 ubicada en la parte baja del río se registró una calidad de agua crítica clase VI caracterizada por ser aguas muy contaminadas.

En los puntos de monitoreo M2, M3, M4, M5 y M6 se aprecia una correlación entre los índices biológicos BMWP y ASPT los mismos que indican puntuaciones bajas y se cataloga como aguas moderadamente contaminadas; así mismo, en el punto M7 se evidencio una correlación de aguas muy contaminadas; sin embargo, en el punto M1 se evidencia una tendencia de ser aguas ligeramente contaminadas a moderadamente contaminadas, de igual manera en el punto de monitoreo M7 tienden a ser aguas moderadamente contaminadas a muy contaminadas. Estos valores se relacionan con los resultados obtenidos del ICA-NSF.

De acuerdo al índice ASPT todas las estaciones tienen una calidad de agua dudosa; es decir, aguas moderadamente contaminadas a excepción de los dos últimos puntos M7 y M8 que presentan una calidad de agua crítica siendo aguas muy contaminadas, resultado que tiene sentido porque estas estaciones reciben el agua de los otros puntos de monitoreo que son más expuestas a contaminación sobre todo de las aguas residuales de los domicilios a lo largo del río Sinincay.

*Tabla 43: Valores promedios del BMWP/Col y ASPT durante los meses de monitoreo.*

PM	Sector	Mes de junio		Mes de julio		Mes de septiembre		Promedio del BMWP/Col	Promedio del ASPT
		BMWP /Col	ASPT	BMWP /Col	ASPT	BMWP /Col	ASPT		
M1	Cochas	78	5,57	73	6,08	66	5,50	72,3	5,72
M2	El Chorro	45	5,63	43	5,38	56	4,67	48,0	5,22
M3	C. parroquial	38	5,43	24	4,00	46	4,18	36,0	4,54
M4	Daniel Duran	55	4,58	38	4,75	34	4,86	42,3	4,73
M5	Chamana	53	4,82	42	4,20	51	4,64	48,7	4,55

M6	Las orquídeas	46	4,60	34	4,86	33	4,13	37,7	4,53
M7	C. Patamarca	37	4,63	28	4,00	28	4,00	31,0	4,21
M8	P. Industrial	39	4,33	39	4,33	38	4,75	38,7	4,47
$\Sigma$		391,00	39,58	321,00	37,60	352,00	36,72	354,67	37,97
<b>Promedio</b>		48,88	4,95	40,13	4,70	44,00	4,59	-	-
<b>Máximo</b>		78,00	5,63	73,00	6,08	66,00	5,50	72,33	5,72
<b>Mínimo</b>		37,00	4,33	24,00	4,00	28,00	4,00	31,00	4,21

*Fuente: Autores*

Durante el periodo de monitoreo (junio, julio y septiembre) las familias con mayor número de individuos registrados fueron: el Tubificidae con 581 individuos que representa el 20%, el Chironomidae con 440 individuos que representa el 15,2%, el Baetidae con 449 individuos representando el 15,5%, el Physidae con 570 individuos representando el 19,6%, el Hyalellidae con 402 individuos que representa el 13,8% y el Planariidae con 220 individuos que representa el 7,6%.

#### 4.8. Coeficiente de correlación de Pearson y Spearman para los índices ICA-NSF y BMWP/Col durante el periodo de monitoreo.

##### -Prueba de normalidad mes de junio

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig (p-valor).
ICA	,259	8	,122	,827	8	,056
BMWP	,209	8	,200*	,833	8	,064

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Considerando un tamaño de la muestra de 8 se utilizará el estadístico de Shapiro-Wilk para el test de normalidad. Las dos variables a analizar tienen un p-valor mayor a 0,05; es decir, siguen una distribución normal por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna; es por ello que, el estadístico a utilizar será el coeficiente de correlación de Pearson "Paramétrica".



**Correlations**

		ICA	BMWP
ICA	Pearson Correlation	1	.756*
	Sig. (2-tailed)		.030
	N	8	8
BMWP	Pearson Correlation	.756*	1
	Sig. (2-tailed)	.030	
	N	8	8

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Se puede afirmar con un 95% de confianza que en el ámbito de análisis de la calidad del agua del río Sinincay hay una “asociación muy significativa” entre las variables ICA-NSF y BMWP/Col en el mes de junio con un valor de Significancia de (p=0,030) que se encuentra por debajo de lo requerido; así también existe un “alto grado” de correlación que se da de manera positiva-fuerte (r=0,756).

**-Prueba de normalidad mes de julio**

**Tests of Normality**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig (p-valor).
ICA	.214	8	.200*	.908	8	.337
BMWP	.298	8	.035	.833	8	.064

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Las dos variables tienen un p-valor mayor a 0,05; por lo tanto, siguen una distribución normal por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, el estadístico a utilizar será el coeficiente de correlación de Pearson “Paramétrica”.

**Correlations**

		ICA	BMWP
ICA	Pearson Correlation	1	.916**
	Sig. (2-tailed)		.001
	N	8	8
BMWP	Pearson Correlation	.916**	1
	Sig. (2-tailed)	.001	
	N	8	8

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Se puede afirmar con un 99% de confianza que en el ámbito de análisis de la calidad del agua del río Sinincay hay una “asociación muy significativa” entre las variables ICA-NSF y BMWP/Col en el mes de julio con un valor de Significancia de ( $p=0,001$ ) que se encuentra por debajo de lo requerido; así también existe un “muy alto grado” de correlación que se da de manera positiva-muy fuerte ( $r=0,916$ ).

### -Prueba de normalidad mes de septiembre

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig (p-normal).
ICA	,257	8	,130	,821	8	,048
BMWP	,177	8	,200*	,951	8	,721

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Los datos de la primera variable no siguen una distribución normal por lo que se rechaza la hipótesis nula aceptando la hipótesis alterna; por lo tanto, el estadístico a utilizar será el coeficiente de correlación de Spearman “No paramétrica”.

Correlations				ICA	BMWP
Spearman's rho	ICA	Correlation Coefficient		1,000	,762*
		Sig. (2-tailed)		.	,028
		N		8	8
	BMWP	Correlation Coefficient		,762*	1,000
		Sig. (2-tailed)		,028	.
		N		8	8

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Se puede afirmar con un 95% de confianza que en el ámbito de análisis de la calidad del agua del río Sinincay hay una “asociación significativa” entre la Variable ICA-NSF y la Variable BMWP con un valor de Significancia de ( $p=0,028$ ) que se encuentra por debajo de lo requerido; así también existe un “alto grado” de correlación que se da positivamente de manera fuerte ( $r=0,762$ ).

#### **4.9. ACP de los parámetros físico-químicos, microbiológicos e índices obtenidos durante el periodo de monitoreo.**

Las matrices de correlación en los tres meses de análisis, presentan una determinante que equivale a cero obteniendo matrices no definidas positivas; es decir, existe colinealidad entre las variables a analizar, lo cual no hace necesario la comprobación de la esfericidad de las variables y el cálculo del coeficiente de Kaiser Meyer Olkin (KMO); esta interpretación concuerda con la publicación “Análisis Factorial” publicado por (Santos Ramos, 2018).

Así también, en las tablas de las comunidades de cada mes se puede observar que las variables a analizar quedan muy bien explicadas a través de los componentes extraídos ya que tienen valores cercanos a uno (Ver anexo 5).

#### **Análisis de componentes principales para el mes de junio.**

Los cuatro primeros componentes son considerados significativos para el análisis puesto que superan la unidad, dando una varianza acumulada del 93,86% (Ver tabla 48); de las cuales:

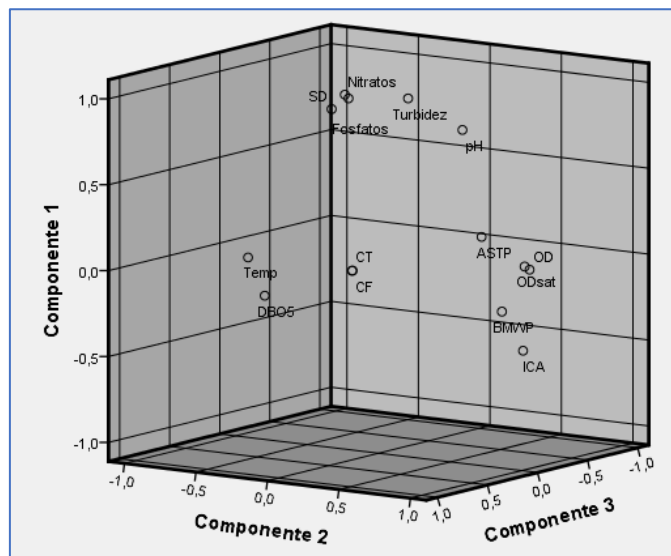
El primer componente expresa el 37,45% de la varianza total y está fuertemente representado por las siguientes variables: pH (0,802), nitratos (0,964), fosfatos (0,964), turbidez (0,921) y sólidos disueltos (0,910); las mismas que tienen una alta correlación positiva entre sí. El pH a su vez presenta una correlación moderada con el oxígeno disuelto ( $r=0,517$ ). Entre las variables ya mencionadas se evidencia una asociación directa, esto puede ser debido a las altas precipitaciones presentes en este mes, las mismas que arrastran nutrientes del suelo tales como nitrógeno y fósforo que son producto de las actividades agropecuarias y el uso de detergentes que se efectúa en los diferentes sectores de la microcuenca del río Sinincay. Así también, el arrastre de las partículas sólidas como arena, limo, arcilla, entre otros; razón por la cual se evidenció una mayor presencia de sólidos disueltos y a su vez un aumento de la turbidez evidenciando una baja transparencia del agua en este mes.

El segundo componente indica el 15,35% de la varianza total y está fuertemente representado por las variables: OD (0,984), ICA (0,772), y el BMWP (0,675); las mismas que se asocian entre sí. Esto da a conocer que el oxígeno disuelto influye en los procesos físico-químicos y biológicos de un cuerpo de agua. Así también, los índices de calidad de agua al estar correlacionados de manera directa entre sí, dan un indicio que son significativos y se deben complementar para un análisis real de calidad del agua.

El tercer componente indica el 14,93% de la varianza total y está representado por las variables DBO<sub>5</sub> (0,648) y temperatura (0,907). La temperatura tiene una correlación positiva moderada con la

DBO<sub>5</sub> ( $r=0,624$ ), ya que a mayor temperatura los procesos de oxidación de la materia orgánica se aceleran, esto coincide con el estudio realizado por (María Magdalena del Ángel Sánchez, 1994).

El cuarto componente indica el 10,55% de la varianza total y está representado por las variables DBO<sub>5</sub> (0,571), CT (0,978) y CF (0,977). Estas variables presentan una correlación directa entre sí, debido al vertimiento de las aguas residuales domésticas que tienen una concentración considerable de materia biodegradable (Ver tabla 47 y 49).



*Ilustración 60: Grafico de componentes en espacio rotado en el mes de junio.*

*Fuente: Autores.*

### **Análisis de componentes principales para el mes de julio.**

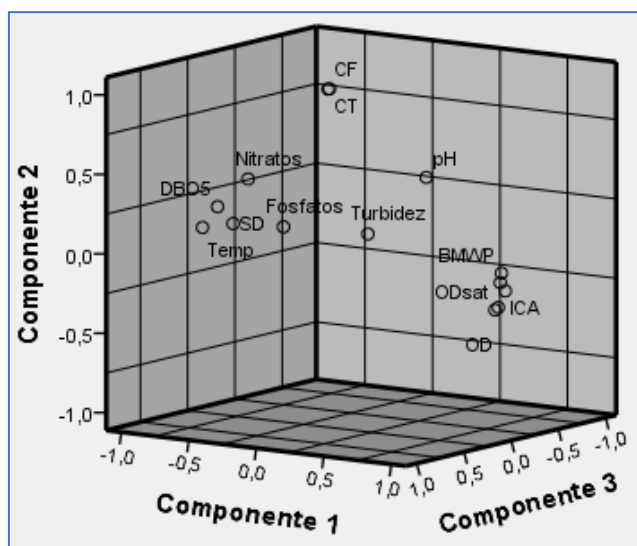
Los cuatro primeros componentes son considerados significativos para el análisis estadístico puesto que superan la unidad, dando una varianza acumulada del 95,06% (Ver tabla 51); de las cuales:

El primer componente expresa el 57,73% de la varianza total y está fuertemente representado por las siguientes variables: BMWP (0,858), ICA (0,967) y ASTP (0,845), las mismas manifiestan una correlación positiva entre sí. Los índices muestran una asociación en sus resultados obtenidos durante este mes. Así también, el oxígeno disuelto presenta una fuerte correlación con el ICA ( $r=0,992$ ), BMWP ( $r=0,869$ ) y ASTP ( $r=0,871$ ); siendo esta variable importante que influye en los resultados de los índices de calidad del agua.

El segundo componente expresa el 15,60% de la varianza total y está fuertemente representado de manera directa por los CF (0,968) y CT (0,970). Existe una fuerte correlación positiva entre estas dos variables ( $r=1$ ), siendo los CF un subgrupo de los CT.

El tercer componente expresa el 12,16% de la varianza total y está representado por las siguientes variables: temperatura (0,699), nitratos (0,709) y sólidos disueltos (0,628); las mismas que se correlacionan positivamente entre sí. La temperatura a su vez tiene una correlación fuerte positiva con la DBO<sub>5</sub> ( $r=0,811$ ); esto explica el hecho de que la temperatura tienen una alta influencia en los procesos hidrológicos, químicos y biológicos, además de tener un gran efecto en las reacciones biológicas de los seres vivos acelerando los procesos de putrefacción y por ende la DBO (Benítez, S, 2004).

El cuarto componente expresa el 9,56% de la varianza total y está representado fuertemente por la turbidez (0,992). Esta variable tiene una correlación negativa con el BMWP ( $r=-414$ ) (Ver tabla 50 y 52).



*Ilustración 61: Grafico de componentes en espacio rotado en el mes de julio.*

*Fuente: Autores.*

### **Análisis de componentes principales para el mes de septiembre**

Los tres primeros componentes son considerados significativos para el análisis puesto que superan la unidad, dando una varianza acumulada del 90,80% (Ver tabla 54); de las cuales:

El primer componente expresa el 67,81% de la varianza total y está fuertemente representado por la temperatura (0,734), pH (0,986), DBO<sub>5</sub> (0,856), nitratos (0,818), coliformes totales (0,886) y fecales (0,937); las mismas que se correlacionan de manera directa entre sí. La DBO<sub>5</sub> mencionada anteriormente también muestra una correlación con el pH que presento resultados entre 7,9 a 8,3 siendo favorable para los microorganismos que se desarrollan mejor en condiciones de pH neutro. Los sólidos disueltos pueden asimismo ser de naturaleza orgánica, presentando una correlación fuerte que se da de

manera directa con la  $DBO_5$  ( $r=0,777$ ), está variable también esta correlacionado directamente con la temperatura ( $r=0,833$ ).

El segundo componente indica el 14,63% de la varianza total y está representado por la turbidez (0,878) y los sólidos disueltos (0,846). Estas dos variables guardan una moderada correlación directa ( $r=0,579$ ); puesto que los sólidos disueltos bloquean la luz solar disminuyendo la claridad en un cuerpo de agua.

El tercer componente indica el 8,35% de la varianza total, y está fuertemente representado con los fosfatos (0,977). Los fosfatos tienen una débil correlación positiva con la variable turbidez ( $r=0,420$ ).

Existe una fuerte correlación inversa entre la variable temperatura y el OD ( $r= -0,738$ ), debido que al aumentar la temperatura del agua disminuye la concentración de OD lo que afecta al desarrollo de la vida acuática, esto se evidencia más en épocas secas. De igual manera, existe una fuerte correlación inversa entre la variable  $DBO_5$  y el OD ( $r= -0,898$ ). Esto justifica que valores elevados de DBO indican la presencia significativa de materia orgánica en el agua, pudiendo ser estos de origen vegetal, animal, o de actividades humanas; los mismos que son consumidos por las bacterias, reduciendo los niveles de oxígeno en un cuerpo de agua. Así también, se puede apreciar una fuerte correlación de manera inversa entre el ICA y las siguientes variables: temperatura ( $r= -0,791$ ), pH ( $r= -0,822$ ),  $DBO_5$  ( $r= -0,946$ ), nitratos ( $r= -0,771$ ), SD ( $r= -0,698$ ), CT ( $r= -0,834$ ) y CF ( $r= -0,772$ ); esto se puede interpretar que al aumentar las concentraciones de estas variables el índice de calidad de agua se vería reducido (Ver tabla 53 y 55).

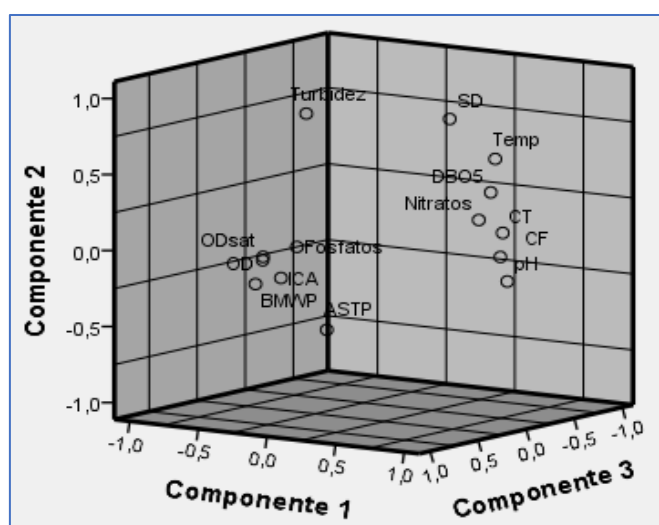


Ilustración 62: Grafico de componentes en espacio rotado en el mes de septiembre.

Fuente: Autores.



#### **4.10. Propuesta de gestión ambiental para mejorar y conservar la calidad del agua del río Sinincay**

##### **-Descripción de la problemática**

Según la visita de campo realizada y los resultados obtenidos tanto físicoquímicos, microbiológicos y biológicos para el análisis de calidad de agua del río Sinincay, se considera que la principal problemática es el vertimiento de aguas residuales provenientes en su mayoría de las viviendas ubicadas en los márgenes del recurso hídrico. A esto se suma, actividades agropecuarias, la deforestación, el turismo, el vertimiento de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, ladrilleras existentes, el lavado de ropa, la presencia de animales domésticos y la presencia de escombros. Debido a esto, se mencionan las siguientes propuestas para minimizar los impactos ambientales negativos que afectan la calidad del agua en el río Sinincay:

##### **Propuestas de acción**

Para poner en práctica las propuestas ambientales primero se debe de concientizar a las personas mediante un proceso ambiental educativo, a través de técnicos capacitados para posteriormente entrar en soluciones técnicas.

-Es por ello que es primordial fomentar la educación y concientización ambiental dando a conocer el problema que se está ocasionando por las inadecuadas actividades que se están desarrollando en la microcuenca del río Sinincay, mediante el aumento de talleres de capacitación con temas de protección, recuperación y conservación del recurso hídrico, con el fin de sensibilizar a los moradores sobre el valor estratégico y económico del agua e impulsando el cuidado del mismo. Además, de difundir y socializar la normativa ambiental vigente que resguarda los derechos del agua y dar a conocer las sanciones pertinentes.

-Promover mingas de limpieza bajo la supervisión del GAD de Sinincay a las personas que habitan cerca del río Sinincay, cada periodo de tiempo de forma permanente para así evitar tiraderos de basuras en las riberas del río y de esta forma no ocasionar un impacto ambiental.

-Fomentar la revegetación y reforestación de manera anual en las riberas del río Sinincay con especies nativas de la zona, de tal manera que actúen como biofiltros naturales a fin de evitar que se arrastren sedimentos al río.

-Implementar barreras naturales y artificiales (alambres de púas) en las riberas del río Sinincay con el fin de evitar el ingreso de forma directa de personas que puedan llegar a verter algún contaminante o de animales cuyos desechos puedan perjudicar la calidad del agua.

-Ampliar la red de alcantarillado a través de las autoridades competentes para quienes no dispongan de este servicio básico, en sectores tales como Daniel Duran y las Orquídeas donde existen mayores asentamientos humanos los mismos que están ubicados cerca de las riberas del río Sinincay según la visita de campo realizada y a la vez se presenta una mayor contaminación del agua según los resultados obtenidos. Para aquellas viviendas que sea inaccesible este servicio ya sea por la topografía del lugar se puede implementar el diseño e instalación de fosas sépticas y tanques biodigestores que son fáciles de instalar y económicos, con el fin de disminuir las descargas de aguas residuales hacia el río.

-Impulsar alianzas voluntarias entre el GAD de Sinincay y propietarios de predios dedicados a actividades agropecuarias que se encuentren asentados en las riberas del río Sinincay, apoyando con capacitaciones e insumos ecológicos para mejorar su producción a cambio de cuidar e implementar practicas amigables que no comprometan la integridad del agua y del suelo.

-Ampliar y fortalecer convenios entre el GAD de Sinincay e instituciones tanto privadas como públicas cuyo propósito sea mejorar, conservar y proteger el río Sinincay mediante planes, programas y proyectos ambientales que aportan a la investigación y al desarrollo educativo.

## **5. CONCLUSIONES**

- Durante la visita de campo, la socialización del trabajo y la georreferenciación del río Sinincay resultó en este estudio una herramienta imprescindible de información, puesto que se pudo observar que la mayor fuente de contaminación la constituye el vertimiento de aguas residuales domiciliarias, debido a que algunos sectores no cuentan con el servicio básico de alcantarillado, a esto se suma actividades pecuarias.

-El análisis morfométrico dio a conocer el comportamiento hidrológico de la microcuenca del río Sinincay, la cual presenta una forma alargada por tanto no es propensa a inundaciones, una pendiente accidentada, una densidad de drenaje alta y en cuanto a la hipsometría esta se encuentra en un estado de equilibrio.

-El caudal determinado en cada punto de monitoreo por el método del flotador durante todo el estudio, registro el valor más alto de  $1,06 \text{ m}^3/\text{s}$  en el mes de junio debido a las intensas precipitaciones que se produjeron en la microcuenca, donde gran parte del agua de lluvia es drenada hacia el río Sinincay provocando crecidas y una mayor velocidad de la corriente. Por otro lado, el mes que presentó el caudal más bajo fue en septiembre con  $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ , considerado como época seca en este estudio.

-Con respecto al ICA-NSF se puede inferir que el mes de junio presentó una mejor calidad de agua específicamente en el punto M1 que corresponde al sector “Las Cochas”; mientras que los meses de

julio y septiembre fueron los que presentaron mayor contaminación puntualmente en los sectores: Centro Parroquial de Sinincay, Camino a Patamarca, Daniel Duran y las Orquídeas.

-En la comparación de los resultados físico-químicos y microbiológicos con la normativa nacional e internacional, se observó que en los tres meses de monitoreo los resultados de los parámetros de la DBO<sub>5</sub>, OD y los CF, no cumplen con lo establecido en la EPA, particularmente en los últimos puntos de monitoreo ubicados aguas abajo, donde se registraron resultados que están muy por encima o por debajo del valor máximo permisible. Con referencia a la normativa nacional el parámetro que no cumple con el valor máximo permisible fue el OD.

-Al hacer una comparación entre los índices ICA-NSF y BMWP/Col se pudo obtener resultados similares en la mayoría de los puntos de monitoreo durante el periodo establecido, catalogando al punto M1 como agua “**ligeramente contaminada**” de clase II; los puntos de monitoreo M2, M4, M5, M6 y M8 presentaron una calidad de agua “**moderadamente contaminada**” de clase III. Mientras que, los puntos de monitoreo M3 y M7 fueron la excepción puesto que se obtuvo una calidad de agua “**moderadamente contaminada**” con tendencia a “**contaminada**” de clase IV.

-En cuanto a las comunidades de macroinvertebrados se encontraron 2903 individuos en total, de los cuales 561 corresponde al primer mes siendo este donde se recolectó un menor número; mientras que el mes de septiembre presentó una abundancia de 1453, siendo el mes donde mayor número de individuos se recolectó. De manera general, las familias de macroinvertebrados que presentaron una alta dominancia fueron: Tubificidae, Chironomidae, Baetidae, Physidae, Hyalellidae y Planaridae.

-El índice ASTP mostró complementarse de manera adecuada al índice BMWP/Col para el análisis biológico de la calidad del agua del río Sinincay, indicando que el punto M1 se presenta una calidad de agua de “**ligeramente contaminada**” con tendencia a “**moderadamente contaminada**”; en los puntos de monitoreo M2, M3, M4, M5, y M6 se presentó una similitud en su calidad de agua al ser está considerada “**moderadamente contaminada**”; de igual manera, en el punto M7 se obtuvo una calidad de agua “**muy contaminada**”. Mientras que, en el punto M8 se presentó una calidad de agua de “**moderadamente contaminada**” con tendencia a “**muy contaminada**”

-Con respecto a las correlaciones de Pearson y Spearman, se puede afirmar con un valor mayor al 90% de confianza que las variables ICA-NSF y BMWP/Col presentan una asociación significativa; es decir, estas variables se correlacionan de manera directamente fuerte; pues los valores obtenidos en los diferentes puntos de monitoreo durante el periodo de estudio, presentan una calidad de agua similar entre estos índices.

-En cuanto al Análisis de componentes principales (ACP) para el mes de junio se obtuvo cuatro componentes significativos que representan el 93,86% de la varianza total de los cuales el primer componente expresa el 37,45%, el segundo componente indica el 15,35%, el tercer componente indica el 14,93% y el cuarto componente el 10,55% de la varianza total. El ACP para el mes de junio presentó cuatro componentes significativos que representan el 95,05% de la varianza total de los cuales el primer componente expresa el 57,73%, el segundo componente expresa el 15,60%, el tercer componente expresa el 12,16% y el cuarto componente el 9,56% de la varianza total. Y finalmente, el ACP para el mes de junio presentó tres componentes significativos que representan el 90,80% de la varianza total de los cuales el primer componente expresa el 67,81%, el segundo componente indica el 14,63% y el tercer componente el 8,35% de la varianza total.

## **6. RECOMENTACIONES**

-Para el análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos en el laboratorio se debe realizar una correcta calibración de los equipos y utilizar los reactivos convenientes con la debida manipulación, así evitar datos erróneos.

-Manipular los macroinvertebrados con la debida precaución para evitar que estos se dañen ya que familias como el Tubificidae y Chironomidae son muy frágiles, además la conservación se debe realizar de manera adecuada en frascos herméticos, posterior a su identificación en el laboratorio.

-Se debe realizar monitores en puntos estratégicos de manera constante, abarcando los parámetros físico-químicos y microbiológicos más importantes a considerar del agua, con la finalidad de conocer el estado actual del recurso hídrico, mediante aquello proponer e implementar planes de gestión ambiental para la mejora y conservación del río Sinincay.

-Realizar un estudio más exhaustivo con biólogos experimentados, con el fin de obtener un manual completo de macroinvertebrados acuáticos propios de la zona, que sirva como herramienta para un análisis biológico más exacto de la calidad del agua de la microcuenca del río Sinincay.

-Si bien el GAD de Sinincay ya cuenta y está trabajando con proyectos para el manejo del recurso hídrico es necesario ampliar la gestión del mismo, enfocándose en proteger la calidad del agua e impulsar el apoyo de la comunidad.

-Realizar un análisis de calidad de agua mediante índices físico-químicos y microbiológicos complementando con índices biológicos, de las quebradas y cauces secundarios para obtener un diagnóstico más real de la calidad del agua de la microcuenca del río Sinincay

-Se debería realizar un análisis de metales pesados e hidrocarburos en el río Sinincay, puesto que una desventaja del ICA-NSF es que no incluye la estimación de estos agentes contaminantes tan importantes. Estas sustancias contaminantes mencionadas a la vez influyen en la presencia o ausencia de los macroinvertebrados acuáticos.

-Formar una comisión entre los líderes de las comunidades de la parroquia rural de Sinincay y la parroquia urbana Hermano Miguel, con el fin de dialogar los principales problemas que estén alterando la calidad de agua del río Sinincay y plantear acciones encaminadas a recuperar y conservar la calidad del recurso hídrico.

## 7. REFERENCIAS

- Abel, P. D. (1996). *Water pollution biology* (Segunda Edición).  
file:///C:/Users/DELL/Downloads/9780429178665\_previewpdf.pdf
- Aguirre Andrade, J. F. (2011). *Validación de los indicadores biológicos (Macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay* [Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1197/14/UPS-CT002208.pdf?fbclid=IwAR2Erb9kb7eWSDhPnhzOFK93PhjBY4zSP4bva-qiXuI7kKa40nOXVfJ8sMM>
- Aguirre Cordon, M. R., Vanegas Chacón, E. A., & García Álvarez, N. (2016). Aplicación del Índice de Calidad del Agua (ICA). Caso de estudio: Lago de Izabal, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(2), 39-43.
- Alvarado, E. (2017). *Manual de Medición de Caudales*. <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medicion-de-caudales-ICC.-ISBN.pdf>
- Álvarez, J. P. A., Panta, J. E. R., Ayala, C. R., & Acosta, E. H. (2008). Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. *Información tecnológica*, 19(6), 21-32.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642008000600004>
- Añazco Lavalle, J. A. (2013). *Contaminación microbiológica fecal del río Tumbes, desde Rica Playa hasta su desembocadura*. [Universidad Nacional de Trujillo Escuela de Postgrado].  
<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10316/Tesis%20Maestr%c3%adaX%20%20%20Jose%20Alfredo%20A%c3%b1azco%20Lavalle.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie* (Primera edición). LIMUSA S.A.
- Arango, M. C., Álvarez, L. F., Arango, G. A., Torres, O. E., & Asmed de Jesús Monsalve. (2008). CALIDAD DEL AGUA DE LAS QUEBRADAS LA CRISTALINA Y LA RISARALDA, SAN LUIS, ANTIOQUIA. *Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 9, 121-141.
- Argandoña, L., & Macías, R. (2013). *Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia Colón, cantón Portoviejo, Provincia de Manabí en el periodo de marzo a septiembre del 2013*. <https://docplayer.es/47952642-Universidad-tecnica-de-manabi-tesis-de-grado.html>
- Báez Muñoz, C. A. (2018). *Análisis Geomorfológico y tectónico para la determinación de los factores condicionantes en la producción de sedimentos de la Subcuenca Hidrográfica del río Salado (Cuenca hidrográfica del río Coca)* [Escuela Politécnica Nacional]. file:///C:/Users/HP/Downloads/CD-8457%20(1).pdf
- Baldeon Jara, L. (2016). *MODELAMIENTO HIDROLOGICO DE LA SUB CUENCA DEL RIO ACHAMAYO* [UNIVERSIDAD DEL CENTRO DEL PERU ESCUELA DE POST GRADO].  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4588/Baldeon%20Jara.pdf?sequence=1>



&isAllowed=y&fbclid=IwAR0HsAVt45FD2rJ9qigv8Cu8XsOv\_BrdbnzQlDxQ9SGO-CyXdPI6RfPAzcQ

- Bateman, A. (2007). *HIDROLOGIA BASICA Y APLICADA*. Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos. <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>
- Benítez, S. (2004). *Determinación de la carga orgánica impuesta al río Manzanares en el período febrero-junio 2004*. Instituto Universitario de Tecnología de Cumaná (IUTC).
- Benji O., C. A. (2013). E.A.P: Ingeniería Geológica Geomorfología fluvial. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Universidad del Perú, Decana de América*.
- Bolaños Alfaro, D., Segura Araya, G., & Cordero Castro, D. (2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)*. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Brown, RM, McClelland, NI, Deininger, RA, & Tozer, RG. (1970). *A water quality index: Do we dare? Water & Sewage Works* (Vol. 117).
- Cabrera Molina, E., Hernández Garciadiego, L., & Gómez Ruíz, H. (2003). *Determinación de nitratos y nitritos en agua. Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar*. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0583-76932003000100014](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000100014)
- Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., de Armentia, A. L., & Marco, S. G. D. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1), 25.
- Cañibano, A., Vázquez, P. S., & D'Andrea, R. (2016). Área y perímetro para la caracterización de formas. *SUMA*, 25-32.
- Cardenas Novillo, P. A. (2020). *Evaluación de la calidad de agua en la microcuenca hidrográfica del río Tutanangoza mediante análisis físicoquímicos, microbiológicos y la aplicación del ICA-Nsf* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19608/1/UPS-CT008912.pdf>
- Carrera Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (2001). *Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua* (Otto Zambrano Mendoza). EcoCiencia. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>
- Carrillo Alvarado, M. S., & Urgilés Calle, P. D. (2016). *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA-NSF DE LOS RÍOS MAZAR Y PINDILIG* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>
- Carrillo, E., & Lozano, A. (2008). *Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando Agar Chromocult*. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8205/tesis203.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: Evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 111-124. <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
- Cifuentes Osorio, G. R., Gamboa Becerra, R. A., & Rocha Gil, Z. E. (2014). *Diagnostico fisicoquímico, biológico y microbiológico de las aguas del embalse de la copa (Boyacá)* (Primera, 2014). Universidad de Boyacá.
- Cocha Pallo, J. (2009). *Estado actual de la calidad físico-química, bacteriológica y biológica del agua de la subcuenca del Río Yanuncay en dos estaciones climáticas (invierno y verano) del canton Cuenca Provincia del Azuay Ecuador* [Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/137/1/07526.pdf>
- Cotler Ávalos, H., Galindo Alcántar, A., González Mora, I. D., Pineda López, R. F., & Ríos Patrón, E. (2013). *Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y Perspectivas para su Manejo y Gestión* (Primera edición). México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Diaz Ignacio, Carolina García, Magdalena León, Felipe Ruiz, & Francisca Torres. (2014). *Guía de Asociación entre variables (Pearson y Spearman en SPSS)* [Universidad de Chile Facultad de Ciencias Sociales (FACSO) Departamento de Sociología]. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48756400/9\\_Coeficientes\\_de\\_asociaci\\_n\\_Pearson\\_y\\_Spearman\\_en\\_SPSS-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1634666160&Signature=Ugkq34kJUPrgmCfwQQkolgbVoxSKDwVOWugaAnn6C0xUf-lbowkhYwhIeb9BF6nwR7JGSSXIC6zyAUhTMqBp7FM4PIud6RcAp97qt7wMWVJrzEIMDX88IyW6bwoCHSL65yJ67Q-rD8zGQxGMTuuUI-yL309qAzHfOKHsXk0QGbfG4FaifG8RgvO7Gn80RIa-B8WlSkCdhROQc0W4TfjJRwEo8SrcQnHfhsEHUN0YJiQQ8w9Bd0D18DidfYmAK24LFQlpmVenwDleIFB1rVnSKOuVLk-G-rAKJbAUzhwyjn1jg38tTymAnpF70Y77erjogb9IVqOyfWa3UEAN2mew\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48756400/9_Coeficientes_de_asociaci_n_Pearson_y_Spearman_en_SPSS-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1634666160&Signature=Ugkq34kJUPrgmCfwQQkolgbVoxSKDwVOWugaAnn6C0xUf-lbowkhYwhIeb9BF6nwR7JGSSXIC6zyAUhTMqBp7FM4PIud6RcAp97qt7wMWVJrzEIMDX88IyW6bwoCHSL65yJ67Q-rD8zGQxGMTuuUI-yL309qAzHfOKHsXk0QGbfG4FaifG8RgvO7Gn80RIa-B8WlSkCdhROQc0W4TfjJRwEo8SrcQnHfhsEHUN0YJiQQ8w9Bd0D18DidfYmAK24LFQlpmVenwDleIFB1rVnSKOuVLk-G-rAKJbAUzhwyjn1jg38tTymAnpF70Y77erjogb9IVqOyfWa3UEAN2mew__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- Díaz Muñoz, L. A., Tarrillo Mejía, R. E., & Campos Idrogo, A. J. (2018). *Caracterización y evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas de la quebrada ColpamayoChota* [UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA]. <http://181.65.155.170/bitstream/UNACH/49/1/Colpamayo.pdf?fbclid=IwAR304UAxSuDQP3JdW7560OQtFvRZtKDNB39Db-naL9m5TbtzCTSSr7tVfbE>
- Diaz, P., Escobar, M., & Ayala, C. (2018). *Concentración de nitrato, fosfato, boro y cloruro en el agua del río Lerma*. <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v6n16/2007-901X-era-6-16-175.pdf>
- Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego. (2015). *Manual N°5 Medicion del Agua* (Segunda Edición). <https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/4291/ANA0002791.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Dolores Garay, D., & Gabriel Agüero, J. N. (2018). Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Azulón. *Investigadores del INTA EEA La Rioja*. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-\\_delimitacion\\_y\\_caracterizacion\\_de\\_la\\_cuenca\\_del\\_rio\\_anzulon\\_1.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-_delimitacion_y_caracterizacion_de_la_cuenca_del_rio_anzulon_1.pdf)
- Dunán Ávila, P. L., Riverón Zaldívar, A. B., & Fernández Rodríguez, M. (2020). Evaluación de los procesos erosivos, la materia sedimentable y el caudal en la cuenca del río Yamanigüey. *Ciencia & Futuro*, 10(2).
- ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A. (2012). *ESTUDIO DE LA CALIDAD DE FUENTES UTILIZADAS PARA CONSUMO HUMANO Y PLAN DE MITIGACIÓN POR CONTAMINACIÓN POR USO DOMÉSTICO Y AGROQUÍMICOS EN APURÍMAC Y CUSCO*. <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf?fbclid=IwAR34hEbq07bnbPxgZ4Q9LZgxu0RglS1zi5cb2geFcYkQgbcOYYKOKQu4WQ4>
- Emigdia, R. J., & María del Carmen, M. C. (1998). *EL AGUA, UNA SUSTANCIA DIFERENTE E INDISPENSABLE*. UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA.
- EPA. (2001). *Parameters of water quality. Ireland, Estados Unidos: Environmental Protection Agency*.
- Escobar, J. (2002). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. División de Recursos Naturales e Infraestructura. <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>
- Fuentes Junco, J. de J. A. (2004). *Análisis morfométrico de cuencas: Caso de estudio del parque nacional Pico de Tancítaro*. [https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2009/02/morfometria\\_pico\\_tancitaro.pdf?fbclid=IwAR3AWwgxvuupi4n-so5FqUUZAk-5C2mjfcGWV1R2SHg5oEqHLulA1UW7lis](https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2009/02/morfometria_pico_tancitaro.pdf?fbclid=IwAR3AWwgxvuupi4n-so5FqUUZAk-5C2mjfcGWV1R2SHg5oEqHLulA1UW7lis)
- García Rodríguez, J. F., Bouza Herrera, C. N., Cervantes Pérez, D., & Sautto Vallejo, J. M. (2016). *Pobreza, desigualdad y violencia en América Latina. Un enfoque metodológico mixto* (Primera edición). Corporación Universitaria Empresarial de Salamanca.
- Gil Flores, J. (2003). La estadística en la investigación educativa. *Dpto. DOE y MIDE. Universidad de Sevilla*, 21(1), 231-248.
- González, H., Crespo, E., Raúl, A., & Henrietta, H. (2019). *Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos alto andinos del cantón Cuenca*. <https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA%20MACROINVERTEBRADOS.pdf>
- González Meléndez, V., Caicedo Quintero, O., & Aguirre Ramirez, N. (2013). Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*, 16(1), 97-108.
- González Pérez, A., Rivera Bellido, A., Granada Martínez, D., Contreras Martínez, E., & Patiño Patiño, Y. (2016). *Hidrobiológicos Jurisdicción de Corantioquia*. CORANTIOQUIA. [https://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/Hidrobiologicos\\_Jurisdicci%C3%B3n\\_Corantioquia-1.pdf?fbclid=IwAR34n2hJnZU732ELIrh2OleWkK2\\_r1QrRmCc-mJCR9Rw6T7dKgaJMoiTv-0](https://www.piraguacorantioquia.com.co/wp-content/uploads/2016/11/Hidrobiologicos_Jurisdicci%C3%B3n_Corantioquia-1.pdf?fbclid=IwAR34n2hJnZU732ELIrh2OleWkK2_r1QrRmCc-mJCR9Rw6T7dKgaJMoiTv-0)

- Gracia Sánchez, J., & Maza Álvarez, J. A. (1997). *Manual de Ingeniería de Ríos, Capítulo 11*. Instituto de Ingeniería de UNAM. <http://dimsec.com/wp-content/uploads/2017/08/CAP-11-MIR-590-Morfologia-de-Rios.pdf>
- Gribbin, J. E. (2014). *Introduction to Hydraulics and Hydrology: With Applications for Stormwater Management* (Fourth Edition). Delmar, Cengage Learning.
- Gualdrón, L. (2016). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RÍOS DE COLOMBIA USANDO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS*. 20.
- Guerra, F., & González, J. (2002). Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada La Bermeja, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. *Geoenseñanza*, 7(1-2), 88-108.
- Guisande González, C., Barreiro Felpeto, A., Maneiro Estraviz, I., Riveiro Alarcón, I., Vergara Castaño, A. R., & Vaamonde Liste, A. (2006). *Tratamiento de datos* (primera edición). Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Guisande González, C., Vaamonde Liste, A., & Barreiro Felpeto, A. (2011). *Tratamiento de Datos con r Statistica y Spss* (1 edición). Diaz De Santos.
- Him F., J., Barría, G., & Serrano, C. (2019). *CALIDAD FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO SANTA MARÍA EN LOS ALREDEDORES DEL INGENIO LA VICTORIA, VERAGUAS, PANAMÁ*. 8(1), 174-194.
- Hinojosa Cabrera, J. A. (1987). *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. tecnología carreteras MOPU. <http://normativa.itafec.com/drenaje/ES.06.01.004.OT.pdf>
- Horton, R. E. (1945). EROSIONAL DEVELOPMENT OF STREAMS AND THEIR DRAINAGE BASINS; HYDROPHYSICAL APPROACH TO QUANTITATIVE MORPHOLOGY. *GSA Bulletin*, 56(3), 275-370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- Ibáñez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. I. (2011). *Morfología de las cuencas hidrográficas*. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10782/Morfologia%20cuenca.pdf?sequence=1>
- Interconsulting Bureau S.L. (2019). *Calidad de aguas. Usos y aprovechamiento*. Ediciones de la U - ICB Editores.
- J. Rueda, Hernández, R., Tapia, G., & F. Martínez. (1998). El Río Magro, Parte I: Evaluación de su Calidad Biológica Mediante la Aplicación del BMWP «y del ASPT». *ResearchGate*, 12, 135-150.
- León Vizcaíno, L. F. (2016). Indices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*.
- Lucas Vidal, L. R., & Carreño Mendoza, Á. L. (2018). Calidad de agua de consumo humano en las comunidades balsa en medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador. *Rev. del Institode InvestIgación FIGMMG-UNMSM*, 21(41), 39-46.
- Luis F Restrepo B & Julián González L. (2007). De Pearson a Sperman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias - Universidad de Antioquia*.
- Lux Cardona, B. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. <http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>

- María Magdalena del Ángel Sánchez. (1994). *Contribución al estudio de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO)* [Universidad Autónoma del Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/7204/1/1020091184.PDF>
- Martínez Ortega, R. M., Tuya Pendás, L. C., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., & Cánovas, A. M. (2009). EL COEFICIENTE DE CORRELACION DE LOS RANGOS DE SPEARMAN CARACTERIZACION. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2), 0-0.
- Membrillo Alcántara, J. L. (2015). *CARACTERIZACIÓN HIDROMORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA PUYLLUCANA • BAÑOS DEL INCA • CAJAMARCA, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE ARCGIS* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA]. [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/102/T%20551%20A347%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1kwXOEDtIhudCRHNgtR3TzgsPZvvr2FYxjqLXzd0i3wXthodi3g8u0G\\_s](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/102/T%20551%20A347%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1kwXOEDtIhudCRHNgtR3TzgsPZvvr2FYxjqLXzd0i3wXthodi3g8u0G_s)
- Monsalve Sáenz, G. (1999). *Hidrología en la Ingeniería* (Segunda Edición). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Montaluisa Balcázar, K. R., & Sánchez Cuenca, D. N. (2021). *Diagnóstico de la calidad del agua del canal internacional Zarumilla frente a actividades antrópicas mediante parámetros físicoquímicos y biológicos* [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20026/1/UPS-CT009012.pdf>
- Montoya Suárez, O. (2007). APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FACTORIAL A LA INVESTIGACIÓN DE MERCADOS. CASO DE ESTUDIO. *Universidad Tecnológica de Pereira*, 35.
- Moreno Grande, F. A., & Esquivel Jimenez, J. R. (2015). *ESTUDIO MORFOMETRICO DE LA CUENCA DEL RIO AZUL, AFLUENTE DEL RIO CALIMA, DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA* [Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/2126/MorenoGrandeFreddyAlberto20%2015.pdf?sequence=1>
- Mosquera, D. (2006). *MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO CALI, MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI (COLOMBIA)*. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/6002/T04003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- OMS, O. M. de la S., US. (2006). *Agua, saneamiento y salud: Enfermedades relacionadas con el agua*. [\\_http://ho.int/wáter\\_sanitation\\_health/diseases/diseasefac/es/index.html](http://ho.int/wáter_sanitation_health/diseases/diseasefac/es/index.html).
- Organización Meteorológica Mundial. (1994). *Guía de Prácticas Hidrológicas OMM N° 168* (Quinta Edición).
- Orozco, C., Perez, A., González, M., & Alfayate, M. (2005). *Contaminación Ambiental. Una visión desde la química* (3ra ed.). Paraninfo. <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788497321785/contaminacion-ambiental--una-vision-desde-la-quimica>
- Palacios Ruiz, E. J. (2016). Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN - Managua*, 6.

- Parra, O. (2009). *Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas*. Centro de Ciencias Ambientales, Universidad de Concepción, Chile. <https://www.yumpu.com/es/document/read/30435389/cuencas-hidrografica-dr-parra-eula>
- PDOT Sinincay. (2020). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Snincay*. file:///C:/Users/DELL/Desktop/SININCAY/ACTUALIZACION\_PDOT\_2021/TOMO%201\_CONSO LIDADO.pdf
- Peñañiel Romero, A. G. (2014). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TOMBAMBA MEDIANTE EL ÍNDICE ICA DEL INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA [UNIVERSIDAD DE CUENCA]*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20919/1/tesis.pdf>
- Pizarro-Tapia, R., Balocchi-Contreras, F., Andrade-Vilaró, F., Sangüesa-Pool, C., Vargas-Baecheler, J., Morales-Calderón, C., Vera-Camiroaga, M., Valdés-Pineda, R., Vallejos-Carrera, C., Mendoza-Mendoza, R., Olivares-Santelices, C., Abarza-Martínez, A., & Fuentes-Lagos, R. (2014). Análisis comparativo de tres hidrogramas unitarios sintéticos en dos cuencas mediterráneas de Chile, región del Maule. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(1), 05-20. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.09.054>
- Pontón Valarezo, M. R. (2018). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PIÑAS MEDIANTE LOS ÍNDICES ICA Y BMWP*. [UNIVERSIDAD DE CUENCA]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28920/1/Trabajodetitulaci%C3%B3n.pdf>
- Quiroz Fernández, L. S., Izquierdo Kulich, E., & Menéndez Gutiérrez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 38(3), 41-51.
- Ramírez, A. (2010). Capítulo 2: Métodos de recolección. *Revista de Biología Tropical*, 58, 41-50.
- Roldán, A. (2003). *Bioindicación de la calidad de agua en Colombia*. 52.
- Roldán Pérez, G. (2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). file:///C:/Users/HP/Downloads/roldan.pdf
- Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: Cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Samanez Valer, I., Rimarachín Ching, V., Palma Gonzales, C., Arana Maestre, J., Ortega Torres, H., Correa Roldán, V., & Hidalgo Del Águila, M. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: Plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú* (Primera Edición). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>
- Santos Ramos, A. (2018). *ANÁLISIS FACTORIAL*. DOCPLAYER. <https://docplayer.es/73799132-Analisis-factorial-analisis-factorial-1.html>



- Sellers, C., Buján, S., Corbelle, E., & Miranda, D. (2016). Morfología interpretativa de alta resolución usando datos LiDAR en la cuenca hidrográfica del río Paute en Ecuador. *Servicio de Publicación e Intercambio Científico Campus Vida*. file:///C:/Users/HP/AppData/Local/Temp/11\_Sellers.pdf
- Seóanez, C. (1999). *Aguas residuales urbanas. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento* (2da ed.). Ed. Mundi-Prensa.
- Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico* (Primera Edición). Ediciones de la U - Universidad de Medellín.
- Soledad, C., & Urgilés, P. (2016). “DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA ICA-NSF DE LOS RÍOS MAZAR Y PINDILIG”. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf>
- Strahler, A. (1957). *Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology* (Vol. 38). Transactions. American Geophysical Union. <https://pdodds.w3.uvm.edu/teaching/courses/2009-08UVM-300/docs/others/1957/strahler1957a.pdf>
- Suárez, O. M. (2007). APLICACIÓN DEL ANÁLISIS FACTORIAL A LA INVESTIGACIÓN DE MERCADOS. CASO DE ESTUDIO. *Scientia et Technica*, 1(35), Article 35. <https://doi.org/10.22517/23447214.5443>
- TEVES AGUIRRE, B. M. (2016). *ESTUDIO FÍSICOQUÍMICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CACRA, REGIÓN LIMA* [PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ]. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6797/TEVES\\_AGUIRRE\\_BETT\\_Y\\_ESTUDIO\\_FISICOQUIMICO\\_AGUA\\_RIO\\_CACRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6797/TEVES_AGUIRRE_BETT_Y_ESTUDIO_FISICOQUIMICO_AGUA_RIO_CACRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Toasa, T. (2012). *VALIDACION DE LOS METODOS DE ENSAYO PARA FENOLES, TENSOACTIVOS, SOLIDOS SUSPENDIDOS Y TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS (TDS)*. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/894/1/T-UCE-0017-19.pdf>
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2009). ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79-94.
- Tulsma. (2015). *Norma de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Anexo 2, Libro VI*. (387.<sup>a</sup> ed.). Minsiterio del Ambiente. [http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/Documentos/calidad\\_ambiental/normativas/acuerdo\\_ministerial\\_97a.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/acuerdo_ministerial_97a.pdf)
- UICN. (2018). *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Obtenido de Guía de monitoreo participativo de la calidad del agua*. <https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/guia-monitoreo-participativo-calidad-agua-digital.pdf>
- Ulises Barroso, F., Reyes Trujillo, A., & Carvajal Escobar, Y. (2010). *Guía básica para la caracterización morfológica de cuencas hidrográficas*. Universidad del Valle. [https://books.google.com.ec/books?id=LLNJDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=gu%C3%ADa+b%C3%A1sica+para+la+caracterizaci%C3%B3n+morfom%C3%A9trica+de+cuencas+hidrogr%C3%](https://books.google.com.ec/books?id=LLNJDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=gu%C3%ADa+b%C3%A1sica+para+la+caracterizaci%C3%B3n+morfom%C3%A9trica+de+cuencas+hidrogr%C3%AD)

A1ficas&hl=es&sa=X&redir\_esc=y#v=onepage&q=gu%C3%ADa%20b%C3%A1sica%20para%20la%20caracterizaci%C3%B3n%20morfom%C3%A9trica%20de%20cuencas%20hidrogr%C3%A1ficas&f=false

Valiente Barderas, A., & Noriega Bernechea, J. (1993). *Manual del Ingeniero químico*. LIMUSA, S.A. de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES.

Ven Te Chow, David R. Maidment, & Larry W. Mays. (1998). *Hidrología Aplicada*. McGraw-Hill.

## 8. ANEXOS

ANEXO 1: Resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos obtenidos en el laboratorio.

Parámetros físico-químicos del río Sinincay (junio)									
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Unidad
Temperatura del agua	10,6	11,5	12,3	13,6	14	14,1	14,4	14,8	°C
Temperatura ambiente	14	14	14	14	14	14	14	14	
Ph	8,2	8,3	8,1	8,3	8,1	8,1	8,2	8,2	mg/l
DBO5	0,3	0,9	2,6	3,5	2,62	9	10	6	
Nitratos	0,4	3,8	2,2	4,4	1,5	1,8	1,7	1,7	
Fosfatos	0,07	0,61	0,23	0,7	0,22	0,36	0,39	0,23	
Turbidez	7	182	37	112	36	30	37,5	28	FTU/NTU
Sólidos Disueltos Totales	29,45	163	105,4	266,5	74,95	114,8	98,9	91,9	mg/l
Oxígeno disuelto	7,83	6,5	2,63	5,6	6,01	4,15	4,92	6,3	
Parámetros microbiológicos del Río Sinincay (junio)									
Coliformes Totales	1,00E+02	2,00E+03	1,10E+04	1,10E+04	1,40E+04	1,25E+04	5,40E+05	1,25E+04	NMP/100 ml
Coliformes fecales	1,00E+02	1,40E+03	9,00E+03	1,10E+04	1,00E+04	1,05E+04	2,80E+05	1,25E+04	

Parámetros físico-químicos del río Sinincay (julio)									
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Unidad
Temperatura del agua	11	12,4	13,4	14	14,5	14,7	15	15,4	°C
Temperatura ambiente	19	19	19	19	19	19	19	19	
Ph	8,2	8,1	8,3	8,1	7,9	8	8,2	7,9	mg/l
DBO5	0,3	0,4	7	10	5	10	10	8	
Nitratos	0,3	1,2	0,8	0,9	1,3	1,9	2,4	2,3	
Fosfatos	0,03	0,07	0,77	0,15	0,16	0,36	0,36	0,17	
Turbidez	14	50	37	18	20	25	30	16	FTU/NTU
Sólidos Disueltos Totales	19,0	75,2	59,8	81,1	67,2	86,4	84	62,0	mg/l
Oxígeno disuelto	6,76	6,29	2,62	3,75	4,38	3,39	2,18	4,16	
Parámetros microbiológicos del río Sinincay									
Coliformes Totales	1,10E+02	5,40E+03	1,60E+04	1,60E+04	1,60E+04	1,60E+04	1,60E+06	1,60E+04	NMP/100 ml
Coliformes fecales	1,10E+02	2,40E+03	1,60E+04	1,60E+04	1,60E+04	1,60E+04	9,20E+05	1,60E+04	

Parámetros físico-químicos del río Sinincay (septiembre)									
Parámetros	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Unidad
Temperatura del agua	11,8	13,5	14	14,5	14,8	15	15,5	16	°C
Temperatura ambiente	21	21	21	21	21	21	21	21	
Ph	8,2	8,1	8,3	8,4	8,3	8,3	8,4	8,3	mg/l
DBO5	2,25	4,5	11	12	11	12	11	12	
Nitratos	0,3	0,9	1,8	2,4	1,1	1,7	3	2,8	
Fosfatos	0,21	0,14	0,63	0,16	0,01	0,29	0,24	0,26	

Turbidez	2,5	30	26,5	11	11,5	19,5	12	20	FTU/NTU
Sólidos Disueltos Totales	8,7	63,2	62,8	67,3	68,4	83,0	60,1	62,0	mg/l
Oxígeno disuelto	6,2	6	2,5	2,12	3,43	2,37	2	4	
<b>Parámetros microbiológicos del río Sinincay</b>									
Coliformes Totales	2,20E+04	1,10E+04	1,60E+06	1,60E+06	2,20E+06	1,30E+06	2,20E+06	1,10+06	NMP/100 ml
Coliformes fecales	2,20E+04	1,10E+04	9,20E+05	1,60E+06	7,00E+05	7,90E+05	2,20E+06	1,10+06	

ANEXO 2: Resultados de la DBO<sub>5</sub> y CF otorgados por ETAPA E.P.

LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 2
--	--	---

FECHA: 25/06/2021

INFORME N°: 228/08/21

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE**

NOMBRE TAMAY HERAS ANDRES ALBERTO  
SOLICITADO POR: SR. ANDRES TAMAY HERAS  
DIRECCIÓN: SIN CALLE ISAURO RODRIGUEZ

MUESTRA  
CÓDIGO: 228/01-08/21  
DESCRIPCIÓN (Fuente): AGUA DE RIO  
PROCEDENCIA (Lugar): SININCA Y  
FECHA DE RECEPCIÓN: 18/06/2021  
ENTREGADAS EN EL LABORATORIO POR: SR. ANDRES TAMAY

**RESULTADOS**


PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M1 228/01/21
* DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	18/06/2021 23/06/2021	mg/l	0.3
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M2 228/02/21
* DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	18/06/2021 23/06/2021	mg/l	0.9
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M3 228/03/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	18/06/2021 23/06/2021	mg/l	2.6
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M4 228/04/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	18/06/2021 23/06/2021	mg/l	3.5
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M5 228/05/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	18/06/2021 23/06/2021	mg/l	2.62
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M6 228/06/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	18/06/2021 23/06/2021	mg/l	9
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M7 228/07/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	18/06/2021 23/06/2021	mg/l	10
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M8 228/08/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	18/06/2021 23/06/2021	mg/l	6

Parámetros DBO  
Incertidumbre 30.15% 95% k=1.96

MC0406-15

LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 2 de 2
--	--	---

Atentamente,

  
BQF. María José Chérrez T.  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- **"Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE"**
- **El laboratorio se descarga de responsabilidad debido a que la información del objeto de ensayo es proporcionada íntegramente por el cliente.**
- **La Declaración de conformidad queda excluida del informe de resultados.**
- **El Laboratorio es responsable de la gestión de toda la información obtenida por el cliente y será tratada como estrictamente confidencial.**

MC0406-15



LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 1 de 2
--	--	---

FECHA: 30/07/2021

INFORME N°: 278/08/21

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE**

NOMBRE: TAMAY HERAS ANDRES ALBERTO  
SOLICITADO POR: SR. ANDRES TAMAY HERAS  
DIRECCIÓN: SIN CALLE ISAURO RODRIGUEZ

MUESTRA  
CÓDIGO: 278/01-08/21  
DESCRIPCIÓN (Fuente): AGUA DE RIO  
PROCEDENCIA (Lugar): SININCA Y  
FECHA DE RECEPCIÓN: 23/07/2021  
ENTREGADAS EN EL LABORATORIO POR: SR. ANDRES TAMAY

**RESULTADOS**

PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M1 278/01/21
* DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	23/07/2021	mg/l	0.3
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	28/07/2021 23/07/2021	NMP/100ml	1,1E+02
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	25/07/2021 24/07/2021 26/07/2021	NMP/100ml	1,1E+02
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M2 278/02/21
* DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	23/07/2021	mg/l	0.4
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	28/07/2021 23/07/2021	NMP/100ml	5,4E+03
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	25/07/2021 24/07/2021 26/07/2021	NMP/100ml	2,4E+03
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M3 278/03/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	23/07/2021	mg/l	7
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	28/07/2021 23/07/2021	NMP/100ml	>1.6E+04
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	25/07/2021 24/07/2021 26/07/2021	NMP/100ml	>1.6E+04
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M4 278/04/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	23/07/2021	mg/l	10
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	28/07/2021 23/07/2021	NMP/100ml	>1.6E+04
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	25/07/2021 24/07/2021 26/07/2021	NMP/100ml	>1.6E+04
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M5 278/05/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	23/07/2021	mg/l	5
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	28/07/2021 23/07/2021	NMP/100ml	>1.6E+04
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	25/07/2021 24/07/2021 26/07/2021	NMP/100ml	>1.6E+04
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M6 278/06/21

MC0406-15

LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 2 de 2
--	--	---

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	23/07/2021 28/07/2021	mg/l	10
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	23/07/2021 25/07/2021	NMP/100ml	>1.6E+04
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	24/07/2021 26/07/2021	NMP/100ml	>1.6E+04

PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M7 278/07/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	23/07/2021 28/07/2021	mg/l	10
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	23/07/2021 25/07/2021	NMP/100ml	1,6E+06
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	24/07/2021 26/07/2021	NMP/100ml	9,2E+05

PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M8 278/08/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	23/07/2021 28/07/2021	mg/l	7
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	23/07/2021 25/07/2021	NMP/100ml	>1.6E+04
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	24/07/2021 26/07/2021	NMP/100ml	>1.6E+04

Parámetros DBO  
Incertidumbre 30.15% 95% k=1.96

Atentamente,

  
BQF. María José Chérrez T.  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO



- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- **Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE\***
- El laboratorio se descarga de responsabilidad debido a que la información del objeto de ensayo es proporcionada íntegramente por el cliente.
- La Declaración de conformidad queda excluida del informe de resultados.
- El Laboratorio es responsable de la gestión de toda la información obtenida por el cliente y será tratada como estrictamente confidencial.

MC0406-15

<b>LABORATORIO DE SANEAMIENTO</b> Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 06-004	<b>INFORME DE RESULTADOS</b> Página 1 de 2
---	--	---

FECHA: 16/09/2021

INFORME N°: 336/08/21

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE**

NOMBRE: TAMAY HERAS ANDRES ALBERTO  
 SOLICITADO POR: SR. ANDRES TAMAY HERAS  
 DIRECCIÓN: SIN CALLE ISAURO RODRIGUEZ

MUESTRA  
 CÓDIGO: 336/01-08/21  
 DESCRIPCIÓN (Fuente): AGUA DE RIO  
 PROCEDENCIA (Lugar): SININCAY  
 FECHA DE RECEPCIÓN: 09/09/2021  
 ENTREGADAS EN EL LABORATORIO POR: SR. ANDRES TAMAY

**RESULTADOS**

PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M1 336/01/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	09/09/2021	mg/l	2.25
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	14/09/2021 09/09/2021	NMP/100ml	2.2E+04
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	11/09/2021 10/09/2021 12/09/2021	NMP/100ml	2.2E+04
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M2 336/02/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	09/09/2021	mg/l	4.5
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	14/09/2021 09/09/2021	NMP/100ml	1.1E+04
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	11/09/2021 10/09/2021 12/09/2021	NMP/100ml	1.1E+04
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M3 336/03/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	09/09/2021	mg/l	11
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	14/09/2021 09/09/2021	NMP/100ml	1.6E+06
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	11/09/2021 10/09/2021 12/09/2021	NMP/100ml	9.2E+05
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M4 336/04/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	09/09/2021	mg/l	12
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	14/09/2021 09/09/2021	NMP/100ml	>1.6E+06
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	11/09/2021 10/09/2021 12/09/2021	NMP/100ml	>1.6E+06
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M5 336/05/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	09/09/2021	mg/l	11
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	14/09/2021 09/09/2021	NMP/100ml	2.2E+06
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	11/09/2021 10/09/2021 12/09/2021	NMP/100ml	7.0E+05
PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M6 336/06/21

MC0406-15

LABORATORIO DE SANEAMIENTO Panamericana Norte Km. 5 y 1/2. - Cuenca Telf : 4175568	Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 06-004	INFORME DE RESULTADOS Página 2 de 2
--	--	---

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	09/09/2021 14/09/2021	mg/l	12
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	09/09/2021 11/09/2021	NMP/100ml	1.3E+06
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	10/09/2021 12/09/2021	NMP/100ml	7.9E+05

PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M7 336/07/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	09/09/2021 14/09/2021	mg/l	11
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	09/09/2021 11/09/2021	NMP/100ml	2.2E+06
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	10/09/2021 12/09/2021	NMP/100ml	2.2E+06

PARÁMETRO	MÉTODO	FECHA REALIZACIÓN	UNIDAD	M8 336/08/21
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	PEE/LS/FQ/01	09/09/2021 14/09/2021	mg/l	12
* COLIFORMES TOTALES	SM 9221 E	09/09/2021 11/09/2021	NMP/100ml	1.1E+06
* COLIFORMES TERMOTOLERANTES	SM 9221 E	10/09/2021 12/09/2021	NMP/100ml	1.1E+06

Parámetros DBO  
Incertidumbre 30.15% 95% k=1.96

Atentamente,

BQ.F. María José Chérrez T.  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO

ETAPA EP  
Laboratorio de Saneamiento  
Panamericana Norte Km 5,5 Ucubamba  
Teléfono: 4175568

- Los resultados contenidos en el presente informe solo afectan a los objetos sometidos al ensayo.
- Este informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio.
- **"Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de acreditación del SAE"**
- **El laboratorio se descarga de responsabilidad debido a que la información del objeto de ensayo es proporcionada íntegramente por el cliente.**
- **La Declaración de conformidad queda excluida del informe de resultados.**
- **El Laboratorio es responsable de la gestión de toda la información obtenida por el cliente y será tratada como estrictamente confidencial.**

MC0406-15

ANEXO 3: Número y tasas de macroinvertebrados encontrados en el mes de junio, julio y septiembre

Tabla 44: Número y tasas de macroinvertebrados presentes en el mes de junio.

Número y tasas de macroinvertebrados encontrados											
Macroinvertebrados			# de individuos por cada punto de monitoreo								SUMA TOTAL
Clase	Orden	Familia	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Oligochaeta	Haplotaxida	No definido	2		1	3	2	3	1	2	14
		Tubificidae	3	3		12	3	9	24	23	77
Insecta	Díptera	Tipulidae	2								2
		Culicidae	3								3
		Dolichopodidae	2			1	1			2	6
		Chironomidae	4	4	30	4	6	11	9	10	78
		Tabanidae									0
		Syrphidae									0
		Psychodidae		1		1		1		2	5
	Ephemeroptera	Baetidae	2	7	20	15	25	16	5	9	99
	Trichoptera	Polycentropodidae	7								7
		Hydropsychidae			1						1
		Hydrobiosidae	2				1	6	1		10
	Coleóptera	Ptilodactylidae	3	1							4
		Scirtidae		2		5	2				9
		Hydrophilidae						2			2
		Hydraenidae		1		1					2
		Dytiscidae	1		1						2
	Odonata	Aeshnidae	2								2
		Libellulidae						1			1
	Hemiptera	Mesoveliidae				2	1				3
		Hebridae	1		1						2
Gastropoda	Basommatophora	Physidae				8	18	14	23	32	95
Crustacea	Grammaridea	Hyalellidae	1			3	27	17	19	25	92
Turbellaria	Tricladida	Planariidae		8	2	4	12		11	8	45
<b>SUMA TOTAL</b>			<b>35</b>	<b>27</b>	<b>56</b>	<b>59</b>	<b>98</b>	<b>80</b>	<b>93</b>	<b>113</b>	<b>561</b>

Tabla 45: Número y tasas de macroinvertebrados presentes en el mes de julio.

Número y tasas de macroinvertebrados encontrados											
Macroinvertebrados			# de individuos por cada punto de monitoreo								SUMA TOTAL
Clase	Orden	Familia	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Oligochaeta	Haplotaxida	No definido					3		2	1	6
		Tubificidae		7	6	22	24	44	39	37	179

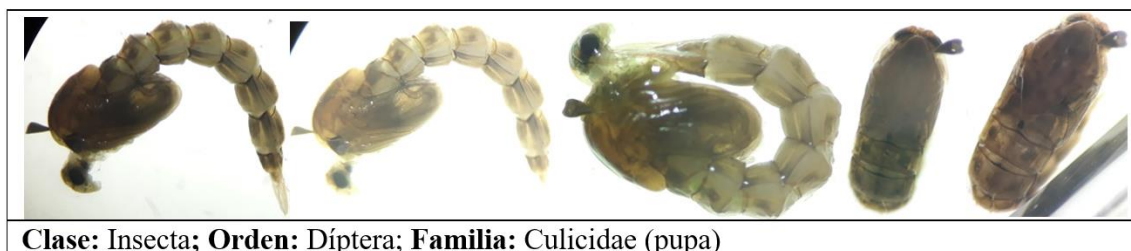
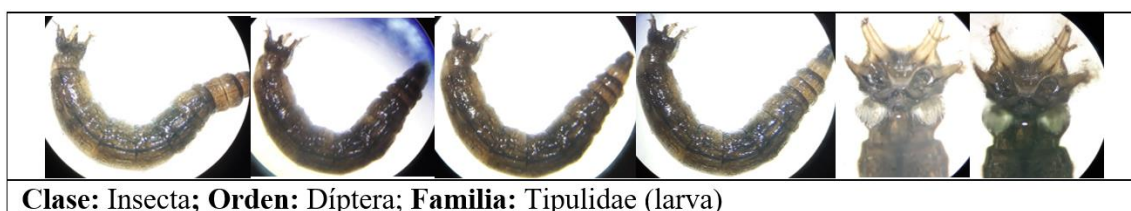
Insecta	Díptera	Tipulidae	1		1		2			4		
		Culicidae	2							2		
		Dolichopodidae	4		1	1				2	8	
		Chironomidae	8	9	9	21	12	34	30	14	137	
		Tabanidae									0	
		Syrphidae									0	
		Psychodidae							2	2	4	
	Ephemeroptera	Baetidae	5	6	62	10	30	12	9		134	
	Trichoptera	Polycentropodidae	12								12	
		Hydropsychidae						1			1	
		Hydrobiosidae	5								5	
	Coleóptera	Ptilodactylidae	3	1							4	
		Scirtidae		1		4	1			1	7	
		Hydrophilidae		1							1	
		Hydraenidae					1				1	
	Dytiscidae										0	
											0	
	Odonata	Aeshnidae	1	1							2	
		Libellulidae									0	
Hemiptera	Mesoveliidae	1								1		
	Hebridae									0		
Gastropoda	Basommatophora				23	33	24	43	65	188		
Crustacea	Grammaridea				2	28	19	26	28	106		
Turbellaria	Tricladida				1	15	5	8	17	37	4	87
<b>SUMA TOTAL</b>			46	41	84	91	151	171	151	154	<b>889</b>	

Tabla 46: Número y taxas de macroinvertebrados presentes en el mes de septiembre.

Número y taxas de macroinvertebrados encontrados											
Macroinvertebrados			# de individuos por cada punto de monitoreo								SUMA TOTAL
Clase	Orden	Familia	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Oligochaeta	Haplotaxida	No definido	5	2	2				4		13
		Tubificidae	6	14	42	41	64	48	70	40	325
Insecta	Díptera	Tipulidae	1				1				2
		Culicidae	1		4						5
		Dolichopodidae			4		1	1		3	9
		Chironomidae	6	13	39	31	42	25	40	28	225
		Tabanidae		1	1						2
		Syrphidae						4			4
		Psychodidae					5		2	5	12
	Ephemeroptera	Baetidae	3	8	71	38	41	33	11	11	216
	Trichoptera	Polycentropodidae	7								6
		Hydropsychidae					1				1
Hydrobiosidae		3								3	

		Ptilodactylidae	8							8	
		Scirtidae		3	4	20				27	
		Hydrophilidae		5			2			7	
		Hydraenidae		1						1	
		Dytiscidae	2							2	
		Aeshnidae	3	1						4	
		Libellulidae								0	
		Mesoveliidae		1						1	
		Hebridae		1						1	
Gastropoda	Basommatophora	Physidae			20	37	60	26	64	80	287
Crustacea	Grammaridea	Hyaellidae			15	13	48	37	49	42	204
Turbellaria	Tricladida	Planariidae	1	19	14	12	14	17		11	88
<b>SUMA TOTAL</b>			46	69	216	192	279	191	240	220	<b>1453</b>

ANEXO 4: Macroinvertebrados identificados por Clase-Orden y Familia (fotos)







**Clase:** Insecta; **Orden:** Díptera; **Familia:** Culicidae (larva)



**Clase:** Insecta; **Orden:** Díptera; **Familia:** Dolichopodidae (larva)



**Clase:** Insecta; **Orden:** Díptera; **Familia:** Chironomidae (larva)



**Clase:** Insecta; **Orden:** Díptera; **Familia:** Chironomidae (pupa)



**Clase:** Insecta; **Orden:** Ephemeroptera; **Familia:** Baetidae



**Clase:** Insecta; **Orden:** Trichoptera; **Familia:** Polycentropodidae



**Clase:** Insecta; **Orden:** Trichoptera; **Familia:** Hydropsychidae (larva)



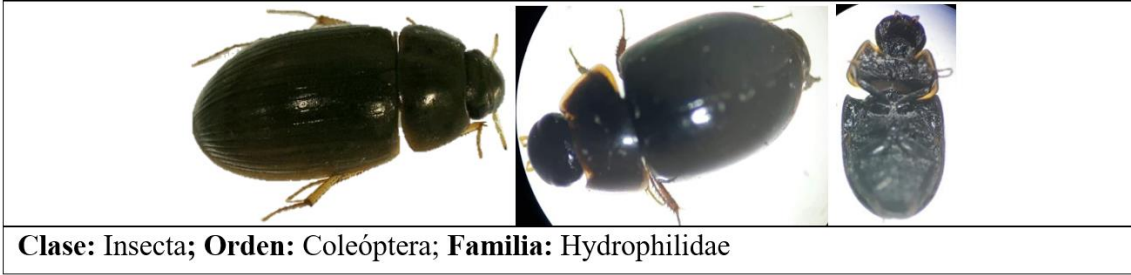
**Clase:** Insecta; **Orden:** Trichoptera; **Familia:** Hydrobiosidae



**Clase:** Insecta; **Orden:** Coleóptera; **Familia:** Ptilodactylidae (larva)



**Clase:** Insecta; **Orden:** Coleóptera; **Familia:** Scirtidae



**Clase:** Insecta; **Orden:** Coleóptera; **Familia:** Hydrophilidae



**Clase:** Insecta; **Orden:** Coleóptera; **Familia:** Dytiscidae



**Clase:** Insecta; **Orden:** Coleóptera; **Familia:** Hydrophilidae (larva)



**Clase:** Insecta; **Orden:** Coleóptera; **Familia:** Hydraenidae

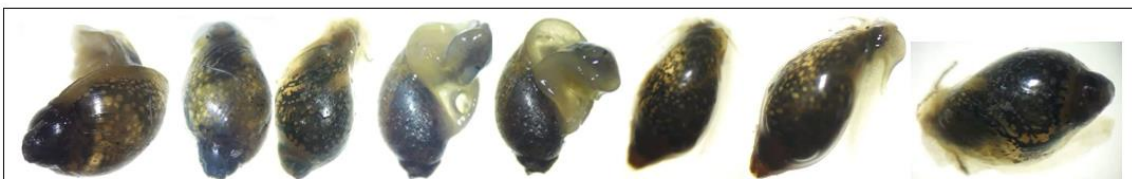


**Clase:** Insecta; **Orden:** Odonata; **Familia:** Libellulidae

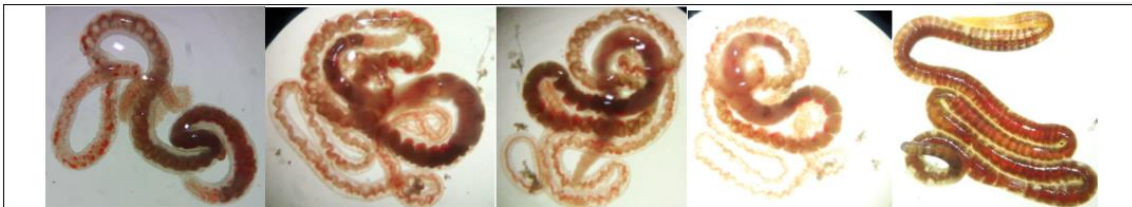




**Clase:** No definido; **Orden:** Hemiptera; **Familia:** Mesoveliidae



**Clase:** Gastropoda; **Orden:** Basommatophora; **Familia:** Physidae



**Clase:** Oligochaeta; **Orden:** Haplotaxida; **Familia:** Tubificidae



**Clase:** Crustacea; **Orden:** Grammaridea; **Familia:** Hyalellidae



**Clase:** Turbellaria; **Orden:** Tricladida; **Familia:** Planariidae



**Clase:** Insecta; **Orden:** Odonata; **Familia:** Aeshnidae (larva)



**Clase:** Insecta; **Orden:** Díptera; **Familia:** Psychodidae (Pupa)



**Clase:** Insecta; **Orden:** Díptera; **Familia:** Psychodidae (larva)



**Clase:** Insecta; **Orden:** Hemiptera; **Familia:** Hebridae



**Clase:** Insecta; **Orden:** Díptera; **Familia:** Syrphidae (larva)



**Clase:** Insecta; **Orden:** Díptera; **Familia:** Tabanidae



ANEXO 4: Análisis de componentes principales de los tres meses de monitoreo (junio, julio y septiembre)

Tabla 47: Matriz de correlaciones del mes de junio.

Matriz de correlaciones <sup>a, b</sup>														
	Temp	pH	DBO5	Nitratos	Fosfatos	Turbidez	SD	OD	OD%sat	CT	CF	ICA	BMWP	ASTP
Temp	<b>1,000</b>	-,171	<b>,624</b>	,235	,275	-,089	,347	-,353	-,295	,222	,230	-,578	-,540	-,897
pH	-,171	<b>1,000</b>	-,258	<b>,645</b>	<b>,686</b>	<b>,732</b>	<b>,611</b>	,517	,527	,052	,052	,005	,092	,104
DBO5	<b>,624</b>	-,258	<b>1,000</b>	-,134	,084	-,330	,004	-,424	-,408	<b>,642</b>	<b>,644</b>	-,558	-,519	-,744
Nitratos	,235	,645	-,134	<b>1,000</b>	<b>,942</b>	<b>,868</b>	<b>,953</b>	-,159	-,129	-,149	-,148	-,608	-,339	-,031
Fosfatos	,275	<b>,686</b>	,084	<b>,942</b>	<b>1,000</b>	<b>,843</b>	<b>,931</b>	-,090	-,060	,076	,076	-,635	-,322	-,144
Turbidez	-,089	<b>,732</b>	-,330	,868	<b>,843</b>	<b>1,000</b>	<b>,712</b>	,132	,146	-,151	-,153	-,308	-,243	,286
SD	,347	,611	,004	<b>,953</b>	<b>,931</b>	<b>,712</b>	<b>1,000</b>	-,175	-,139	-,105	-,103	-,641	-,230	-,221
OD	-,353	,517	-,424	-,159	-,090	,132	-,175	<b>1,000</b>	,998	-,158	-,157	<b>,790</b>	<b>,630</b>	,143
OD%sat	-,295	,527	-,408	-,129	-,060	,146	-,139	,998	<b>1,000</b>	-,158	-,157	,765	,610	,094
CT	,222	,052	<b>,642</b>	-,149	,076	-,151	-,105	-,158	-,158	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	-,297	-,344	-,269
CF	,230	,052	<b>,644</b>	-,148	,076	-,153	-,103	-,157	-,157	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	-,298	-,345	-,276
ICA	-,578	,005	-,558	-,608	-,635	-,308	-,641	<b>,790</b>	<b>,765</b>	-,297	-,298	<b>1,000</b>	<b>,744</b>	,387
BMWP	-,540	,092	-,519	-,339	-,322	-,243	-,230	<b>,630</b>	,610	-,344	-,345	<b>,744</b>	<b>1,000</b>	,319
ASTP	-,897	,104	-,744	-,031	-,144	,286	-,221	,143	,094	-,269	-,276	,387	,319	<b>1,000</b>

a. Determinante = ,000

b. Esta matriz no es definida positiva.

Tabla 48: Varianza explicada de los componentes en el mes de junio.

Varianza total explicada									
Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	5,244	37,459	37,459	5,244	37,459	37,459	4,526	32,325	32,325
2	4,270	30,499	67,957	4,270	30,499	67,957	3,529	25,208	57,533
3	2,150	15,354	83,311	2,150	15,354	83,311	2,606	18,611	76,144
4	1,478	10,558	93,869	1,478	10,558	93,869	2,481	17,725	93,869
5	,500	3,571	97,440						
6	,218	1,555	98,994						
7	,141	1,006	100,000						
8	5,809E-16	4,149E-15	100,000						
9	2,836E-16	2,025E-15	100,000						
10	2,254E-16	1,610E-15	100,000						
11	-1,532E-17	-1,094E-16	100,000						
12	-5,298E-17	-3,785E-16	100,000						
13	-3,910E-16	-2,793E-15	100,000						
14	-7,094E-16	-5,067E-15	100,000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.



Tabla 49: Matriz de componentes rotados del mes de junio

Matriz de componentes rotados <sup>a</sup>				
	Componente			
	1	2	3	4
Temp	,131	-,278	<b>,907</b>	,071
pH	<b>,802</b>	,496	-,127	,163
DBO5	-,135	-,343	<b>,648</b>	<b>,571</b>
Nitratos	<b>,964</b>	-,197	,057	-,149
Fosfatos	<b>,964</b>	-,111	,143	,087
Turbidez	<b>,921</b>	,028	-,254	-,066
SD	<b>,910</b>	-,162	,239	-,137
OD	,042	<b>,984</b>	-,102	-,038
OD_PORC	,068	<b>,985</b>	-,050	-,046
CT	-,040	-,098	,122	<b>,978</b>
CF	-,040	-,096	,129	<b>,977</b>
ICA	-,486	<b>,772</b>	-,339	-,203
BMWP	-,257	<b>,675</b>	-,266	-,304
ASTP	,009	,030	-,985	-,152

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

Tabla 50: Matriz de correlaciones del mes de julio.

Matriz de correlaciones <sup>a,b</sup>														
	Temp	pH	DBO5	Nitratos	Fosfatos	Turbidez	SD	OD	OD%sat	CT	CF	BMWP	ICA	ASTP
Temp	<b>1,000</b>	-,435	<b>,811</b>	,795	,330	,078	,874	-,763	-,736	,318	,325	-,843	-,800	-,806
pH	-,435	<b>1,000</b>	-,129	-,446	,480	,377	-,249	-,127	-,147	,308	,304	-,045	-,078	,115
DBO5	,811	-,129	<b>1,000</b>	,594	,464	-,255	<b>,663</b>	-,889	-,885	,371	,380	-,719	-,886	-,695
Nitratos	<b>,795</b>	-,446	<b>,594</b>	<b>1,000</b>	,095	,014	<b>,619</b>	-,534	-,519	<b>,551</b>	<b>,555</b>	-,544	-,525	-,563
Fosfatos	,330	,480	,464	,095	<b>1,000</b>	,316	,229	-,753	-,759	,177	,182	-,726	-,767	-,637
Turbidez	,078	,377	-,255	,014	,316	<b>1,000</b>	,363	-,016	,011	,122	,118	-,414	-,059	-,076
SD	<b>,874</b>	-,249	,663	<b>,619</b>	,229	,363	<b>1,000</b>	-,610	-,575	,326	,330	-,791	-,651	-,558
OD	-,763	-,127	-,889	-,534	-,753	-,016	-,610	<b>1,000</b>	,999	-,510	-,518	,869	,992	,871
OD%sat	-,736	-,147	-,885	-,519	-,759	,011	-,575	<b>,999</b>	<b>1,000</b>	-,518	-,526	,847	,987	,861
CT	,318	,308	,371	,551	,177	,122	,326	-,510	-,518	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	-,339	-,421	-,395
CF	,325	,304	,380	,555	,182	,118	,330	-,518	-,526	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	-,345	-,430	-,403
BMWP	-,843	-,045	-,719	-,544	-,726	<b>-,414</b>	-,791	<b>,869</b>	<b>,847</b>	-,339	-,345	<b>1,000</b>	<b>,910</b>	<b>,861</b>
ICA	-,800	-,078	-,886	-,525	-,767	-,059	-,651	<b>,992</b>	<b>,987</b>	-,421	-,430	<b>,910</b>	<b>1,000</b>	<b>,888</b>
ASTP	<b>-,806</b>	,115	-,695	-,563	-,637	-,076	-,558	<b>,871</b>	<b>,861</b>	-,395	-,403	<b>,861</b>	<b>,888</b>	<b>1,000</b>

a. Determinante = ,000

b. Esta matriz no es definida positiva.

Tabla 51: Varianza total explicada de los componentes en el mes de julio.

Varianza total explicada									
Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	8,083	57,736	57,736	8,083	57,736	57,736	6,545	46,753	46,753
2	2,184	15,600	73,337	2,184	15,600	73,337	2,593	18,519	65,272
3	1,703	12,166	85,502	1,703	12,166	85,502	2,591	18,509	83,781
4	1,339	9,567	95,069	1,339	9,567	95,069	1,580	11,288	95,069
5	,434	3,100	98,169						
6	,211	1,507	99,676						
7	,045	,324	100,000						
8	3,760E-16	2,686E-15	100,000						
9	3,726E-16	2,661E-15	100,000						
10	2,332E-16	1,666E-15	100,000						
11	-1,018E-16	-7,272E-16	100,000						
12	-1,779E-16	-1,271E-15	100,000						
13	-1,966E-16	-1,404E-15	100,000						
14	-7,843E-16	-5,602E-15	100,000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla 52: Matriz de componentes rotados del mes de julio.

Matriz de componentes rotados <sup>a</sup>				
	Componente			
	1	2	3	4
Temp	-,687	,149	<b>,699</b>	,125
pH	-,130	,293	-,874	,289
DBO5	-,828	,214	,339	-,238
Nitratos	-,342	,491	<b>,709</b>	,022
Fosfatos	-,846	-,020	-,386	,258
Turbidez	-,014	,062	-,090	<b>,992</b>
SD	-,510	,181	<b>,628</b>	,425
OD	<b>,946</b>	-,305	-,099	,005
OD%sat	<b>,945</b>	-,316	-,066	,037
CT	-,224	<b>,970</b>	,016	,061
CF	-,233	<b>,968</b>	,020	,058
BMWP	<b>,858</b>	-,120	-,258	-,421
ICA	<b>,967</b>	-,205	-,143	-,048
ASTP	<b>,845</b>	-,183	-,264	-,067

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 7 iteraciones.

Tabla 53: Matriz de correlaciones del mes de septiembre.

Matriz de correlaciones <sup>a,b</sup>														
	Temp	pH	DBO5	Nitratos	Fosfatos	Turbidez	SD	OD	OD%sat	CT	CF	ICA	BMWP	ASTP
Temp	<b>1,000</b>	<b>,624</b>	<b>,902</b>	<b>,794</b>	-,020	,267	,833	<b>-,738</b>	-,725	<b>,746</b>	<b>,691</b>	<b>-,791</b>	-,852	-,719
pH	<b>,624</b>	<b>1,000</b>	<b>,797</b>	<b>,765</b>	,123	-,364	,343	-,892	-,897	<b>,845</b>	<b>,911</b>	<b>-,822</b>	-,795	-,410
DBO5	<b>,902</b>	<b>,797</b>	<b>1,000</b>	<b>,777</b>	,194	,153	,777	<b>-,898</b>	-,891	<b>,832</b>	<b>,728</b>	<b>-,946</b>	-,848	-,649
Nitratos	<b>,794</b>	<b>,765</b>	<b>,777</b>	<b>1,000</b>	,221	,114	,498	-,728	-,722	<b>,612</b>	<b>,904</b>	<b>-,771</b>	-,906	-,557
Fosfatos	-,020	,123	,194	,221	<b>1,000</b>	<b>,420</b>	,037	-,301	-,306	,047	,120	-,439	-,156	-,402
Turbidez	,267	-,364	,153	,114	<b>,420</b>	<b>1,000</b>	<b>,569</b>	-,010	,009	-,136	-,167	-,188	-,106	-,507
SD	<b>,833</b>	,343	<b>,777</b>	,498	,037	<b>,569</b>	<b>1,000</b>	-,654	-,636	,550	,389	-,698	-,687	-,751
OD	<b>-,738</b>	-,892	<b>-,898</b>	-,728	-,301	-,010	-,654	<b>1,000</b>	1,000	-,873	-,830	,961	,864	,721
OD%sat	-,725	-,897	-,891	-,722	-,306	,009	-,636	1,000	<b>1,000</b>	-,872	-,830	,957	,858	,711
CT	<b>,746</b>	<b>,845</b>	<b>,832</b>	<b>,612</b>	,047	-,136	,550	-,873	-,872	<b>1,000</b>	<b>,777</b>	<b>-,834</b>	-,677	-,626
CF	<b>,691</b>	<b>,911</b>	<b>,728</b>	<b>,904</b>	,120	-,167	,389	-,830	-,830	<b>,777</b>	<b>1,000</b>	<b>-,772</b>	-,874	-,547
ICA	-,791	-,822	-,946	-,771	-,439	-,188	-,698	,961	,957	<b>-,834</b>	-,772	<b>1,000</b>	,842	,749
BMWP	<b>-,852</b>	-,795	-,848	-,906	-,156	-,106	-,687	,864	,858	-,677	-,874	,842	<b>1,000</b>	,704
ASTP	-,719	-,410	-,649	-,557	-,402	-,507	-,751	,721	,711	-,626	-,547	,749	,704	<b>1,000</b>

a. Determinante = ,000

b. Esta matriz no es definida positiva.

Tabla 54: Varianza total explicada de los componentes en el mes de septiembre.

Varianza total explicada									
Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	9,494	67,812	67,812	9,494	67,812	67,812	8,404	60,025	60,025
2	2,049	14,633	82,445	2,049	14,633	82,445	2,936	20,974	80,999
3	1,170	8,357	90,802	1,170	8,357	90,802	1,373	9,804	90,802
4	,649	4,633	95,436						
5	,323	2,307	97,743						
6	,211	1,511	99,253						
7	,105	,747	100,000						
8	1,188E-15	8,488E-15	100,000						
9	3,943E-16	2,816E-15	100,000						
10	2,289E-16	1,635E-15	100,000						
11	-2,576E-17	-1,840E-16	100,000						
12	-6,874E-17	-4,910E-16	100,000						
13	-3,106E-16	-2,218E-15	100,000						
14	-4,741E-16	-3,386E-15	100,000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla 55: Matriz de componentes rotados del mes de septiembre.

<b>Matriz de componentes rotados<sup>a</sup></b>			
	Componente		
	1	2	3
Temp	<b>,734</b>	,597	-,216
pH	<b>,986</b>	-,149	,018
DBO5	<b>,856</b>	,421	,005
Nitratos	<b>,818</b>	,246	,074
Fosfatos	,124	,129	<b>,977</b>
Turbidez	-,247	<b>,878</b>	,348
SD	,465	<b>,846</b>	-,127
OD	-,930	-,231	-,173
OD%sat	-,932	-,210	-,180
CT	<b>,886</b>	,146	-,077
CF	<b>,937</b>	,007	,020
ICA	-,873	-,358	-,282
BMWP	-,865	-,357	-,005
ASTP	-,541	-,665	-,283

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.