



Junio 2019 - ISSN: 2254-7630

ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA SHIMBIZA UBICADA EN EL CANTÓN MORONA, PARROQUIA SEVILLA DON BOSCO.

¹Patricio Vladimir Méndez Zambrano.

patricio.mendez@esPOCH.edu.ec

²Rogelio Estalin Ureta Valdez.

rogelio.ureta@esPOCH.edu.ec

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Patricio Vladimir Méndez Zambrano y Rogelio Estalin Ureta Valdez (2019): "Análisis del índice de calidad del agua de la microcuenca Shimbiza ubicada en el Cantón Morona, parroquia Sevilla Don Bosco", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (junio 2019). En línea

<https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/06/analisis-calidad-agua.html>

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad determinar si existe una alteración en la calidad de agua de la microcuenca Shimbiza y sus posibles causas basadas en los parámetros que modifican sus características físicas y químicas. Como objetivo principal planteamos el análisis de calidad del agua de la microcuenca shimbiza ubicado en el cantón Morona, parroquia Sevilla Don Bosco sector Santa Ana, para lo cual realizamos el monitoreo en cada uno de los tres puntos seleccionados lo cual consistió en análisis in situ y ex situ, para ello se aplicó la metodología standard methods Ed. 22, 2012 para los siguientes parámetros: potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, conductividad, coliformes fecales, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, nitratos, fosfatos, sólidos totales y turbidez. Como resultado de esta investigación se determinó que la calidad del agua de la microcuenca shimbiza tiene una clasificación de MALA basado en el software IQADATA con los pesos establecidos del NSF. Según la discusión planteada en esta investigación se pudo comparar que los parámetros correspondientes a coliformes fecales y oxígeno disuelto no concordaban con los datos recolectados de nuestra investigación. Mediante esta investigación se llegó a la conclusión que los parámetros que afectan significativamente al ICA manteniendo los pesos similares para estos dos parámetros en los cuatro meses de muestreo fueron oxígeno disuelto con 0,5963 mg/l y coliformes fecales con 0,39 NMP/100ml.

¹ Ingeniero en Biotecnología Ambiental, Magister en Gestión Ambiental. Docente ESPOCH Ext. Morona Santiago.

² Ingeniero en Industrias pecuarias, Magister en Gestión de la producción. Docente ESPOCH Ext. Morona Santiago.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine if there exists an alteration in the water quality of the Shimbiza micro-watershed, and its possible causes based on the parameters that modify its physical and chemical characteristics. The main objective was to analyze the water quality of the Shimbiza micro-watershed located in Morona county, Sevilla Don Bosco parish, Santa Ana sector, in order to carry out the monitoring in each of the three selected points, which consisted of in situ and ex situ analysis, for this the standard methods methodology Ed. 22, 2012 was applied for the following parameters: hydrogen potential, dissolved oxygen, conductivity, fecal coliforms, biochemical oxygen demand, temperature, nitrates, phosphates, total solids and turbidity. As a result of this research, it was determined that the water quality of the Shimbiza micro – watershed has a BAD classification based on the IQADATA software with the established NSF weights. According to the discussion raised in this research it was possible to compare that the parameters corresponding to fecal coliforms and dissolved oxygen did not agree with the collected data from our research. Through this research, it was concluded that the parameters that significantly affect ICA, maintaining similar weights for these two parameters in the four months of sampling were dissolved oxygen with 0.5963 mg / l and fecal coliforms with 0.39 NMP / 100ml.

1. INTRODUCCIÓN.

El cambio climático (CC) ha sido asociados a cambios globales y ha mostrado notables efectos en el ciclo hidrológico, generando en algunos casos un mayor flujo de contaminantes y sedimentos en lagos y ríos, degradación de la calidad del agua, alteración de la velocidad de los procesos biogeoquímicos y reducción de la concentración de oxígeno disuelto (García, Carvajal and Jiménez, 2007). La calidad del agua en la provincia de Morona Santiago se ha visto afectado principalmente por la falta de gestión de los municipios en desechos sólidos y manejo de aguas residuales (Chacón, 2017)

La primera metodología empleada para el cálculo del índice de calidad del agua fue desarrollada por Horton en 1965 y por Liebman en 1969. Posteriormente en 1975 la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NSF por sus siglas en inglés) realizó un estudio para evaluar el ICA en base a nueve parámetros: DBO5, Porcentaje de Saturación de Oxígeno, Coliformes Totales, Nitratos, pH, variación de Temperatura, Sólidos Totales, Fosfatos y Turbidez. Este índice se ha convertido en el más utilizado en los Estados Unidos. (Alexandra Villa Achupallas and María Dolores Galindo Riaño, 2011)

Según (Torres et al., 2015.) Los ICA más recientes, cuyo objetivo fundamental es la evaluación de la calidad del agua para consumo humano previo tratamiento, incluyen dentro de su estructura parámetros fisicoquímicos y microbiológicos directamente relacionados con el nivel de riesgo sanitario presente en el agua.

Para 1996, los problemas ocasionados por la calidad del agua que se consume son palpables: la enteritis y otras enfermedades diarreicas son las causas principales de mortalidad infantil, que ocurre a una tasa de 8.6 por cada 1000 nacidos vivos en el ámbito nacional. Pese a la presencia de contaminación industrial urbana, especialmente en los ríos que drenan grandes ciudades, la falta de caracterización de los vertidos impide el poder determinar el comportamiento de los cuerpos receptores ante dichas solicitaciones. (Galárraga-Sánchez, 2018.)

Según (Galárraga-Sánchez, 2018.) Casi todos los ríos del país cercanos a las áreas urbanas tienen altos niveles de coliformes, DBO, nitrógeno y fósforo. Si bien los estudios realizados son escasos, confirman la utilización de pesticidas en la agricultura (algunos de ellos de prohibida importación), en los suelos de las cuencas de aportación de agua potable de las ciudades, incluso sobre cotas de terrenos no aptos para uso agrícola. Desde inicios de la década de los 80's, el aumento dramático de la explotación artesanal de oro, genera problemas de contaminación de metales pesados hacia los ríos que drenan en los diferentes distritos mineros, limitando los diferentes usos y afectando a otras actividades en las partes inferiores de estos. Pero la contaminación de origen petrolero es quizá la contaminación industrial más importante en el país; sin embargo, valores a corto plazo más obvios hacen que los ecosistemas acuáticos sean sacrificados en los ríos y cuencas.

El cauce de esta microcuenca se ve afectado principalmente por la existencia de asentamientos humanos a lo largo de su recorrido, donde aguas residuales de distinta procedencia son depositadas directamente al cauce, así mismo la condición de este cuerpo de agua también se ve afectada por la localización de una lavandería comunitaria en la parte inicial de su trayecto.

Cabe resaltar la presencia de un pozo séptico comunal construido a escasos metros de la rivera del Shimbiza, el cual se presume tiene problemas en su construcción ya que los comuneros se quejan del mal olor existente en la zona, un recorrido por el lugar nos percató del olor que despierta dicha estructura.

La presencia de productores agrícolas y pecuarios a lo largo del trayecto del Shimbiza es un común denominador, dichas actividades generan una gran cantidad de contaminantes ya sean de origen antrópico por el uso de fertilizantes, herbicidas, sulfitos y compuestos organofosforados; así como productos de desecho metabólicos de distintos semovientes, porcinos y bovinos.

El caudal de este arroyo es utilizado por la gente del sector en la crianza de animales de granja con fines comerciales y domésticos, además de usarse para el riego de distintos tipos de cultivos que mantienen las familias asentadas en la rivera, las mismas que al desconocer el estado de este cuerpo hídrico se podría incurrir en problemas de salud pública por el uso de agua con una deficiente calidad.

Hoy en día existen cúmulos de información sobre monitoreos realizados a distintas fuentes hídricas en el Ecuador y en el mundo, sin embargo, esta información no refleja la realidad de nuestros recursos hídricos; la falta de academia era un limitante para la realización de investigación científica en la zona enfocada en dar solución a problemas emergentes y puntuales dentro del área de influencia del Shimbiza.

2. METODOLOGÍA

Aspectos demográficos

La parroquia Sevilla Don Bosco, al año 2015, de acuerdo con las proyecciones basadas en el censo de noviembre de 2010, tiene una población de 16008 habitantes, valor que comparado con 9700 habitantes del censo 2001, representa un incremento del 38 % en los últimos 14 años (INEC, 2010).

Del total de la población de la parroquia el 49.85% corresponde a hombres y el 50.15% a mujeres.

Localización

La parroquia Sevilla Don Bosco, se encuentra en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago, siendo la parroquia más extensa del cantón con una superficie de 2.305.44 km². La parroquia se encuentra ubicada al margen izquierdo del río Upano, planicie denominada Valle del Río Upano, frente a la ciudad de Macas, en las coordenadas 02° 26' de latitud sur y 78° 11' de longitud oeste, se extiende desde los 400 msnm hasta los 2300 msnm. La parroquia se encuentra en la zona 6 de planificación según la SENPLADES. (Bosco, 2018.)

Tabla 1 Coordenadas de ubicación

| Código | Sistema Hídrico | Coordenadas | | M.s.n.m |
|------------|-----------------|-------------|---------|----------------|
| | | X | Y | |
| PUNTO 1 | Shimbiza | 0822916 | 9745647 | 820 M.s.n.m |
| PUNTO 2 | Shimbiza | 0822802 | 9745023 | 925 M.s.n.m |
| PUNTO 3 | Shimbiza | 0822693 | 9743826 | 924 M.s.n.m |

Elaborado por: Autores

Muestreo y diseño muestral

La recolección de las muestras se llevó a cabo en los meses de octubre, noviembre, diciembre del año 2018 y en el mes de enero del año 2019. Para la recolección de las muestras se marcaron tres puntos a lo largo del trayecto de la vertiente Shimbiza (parte inicial, pozo séptico y laguna), para la determinación del ICA, estos puntos fueron considerados esenciales por parte del equipo investigador.

Parámetros fisicoquímicos del agua

Fase de campo

Los parámetros in situ que fueron monitoreados son: temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto para los cuales fue necesario el empleo de un equipo multiparamétrico de marca HACH HQ40d, el cual es un dispositivo que se encarga proporcionar de manera analítica los resultados de cada parámetro a medirse mediante la colocación de sondas especiales inmersas directamente en la microcuenca utilizando como referente para la medición standard methods Ed 22, 2012: pH Standard methods 4500-H+ A y 4500-H+B, oxígeno disuelto Standard Methods 4500-O G, Conductividad Standard Methods 2510-B y temperatura Standard Methods 2550 B.

Fase de laboratorio

Para la realización de estos análisis se colectaron muestras de agua de cada uno de los puntos de monitoreo. Los ensayos de laboratorio se realizaron en la ciudad de Riobamba, en el laboratorio de calidad de agua de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, donde se procedió con los siguientes estudios: coliformes fecales Standard Methods 9221 B, E

y F, demanda bioquímica de oxígeno Standard Methods, 5210 B, sólidos totales Standard Methods 2540-B, Fosfatos Standard Methods 4500-P-D, Turbidez Standard Methods 2130-B y Nitratos Standard Methods 4500-NO3-E (Standar, 2018).

Evaluación de la calidad del agua.

la evaluación de la calidad del agua se realizó mediante el software IQA data, el cual es una herramienta especializada para este tipo de diagnóstico.

Tabla 2 Clasificación del ICA propuesto por BROWN

| CALIDAD DE AGUA | VALOR |
|-----------------|----------|
| EXCELENTE | 91 a 100 |
| BUENA | 71 a 90 |
| REGULAR | 51 a 70 |
| MALA | 26 a 50 |
| MUY MALA | 0 a 25 |

Fuente: (Servicio Nacional de Estudios Territoriales Índice de calidad del agua general "ICA";, 2011.)

3. RESULTADOS

En las siguientes tablas se detallan los resultados de cada uno de los parámetros por fecha y punto de muestreo.

Tabla 3 Resultados Punto 1 (inicio) parámetros fisicoquímicos.

| PARÁMETROS | UNIDAD | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 | MUESTRA 4 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| pH | | 6,36 | 6,13 | 6,1 | 6,46 |
| Oxígeno disuelto | mg/l | 2,32 | 1,76 | 1,62 | 2,35 |
| Conductividad | S/m | 54,7 | 73,7 | 64,6 | 59,5 |
| Temperatura | °C | 21,9 | 22,5 | 21,1 | 24,7 |
| Coliformes fecales | NMP/100ml | 2640 | 600 | 800 | 400 |
| DBO | mg/l | 1,1 | 4,1 | 6,7 | 3,4 |
| Sólidos totales | gr | 80 | 161 | 134 | 188 |
| Fosfatos | mg/l | 0,075 | 0,26 | 0,19 | 0,24 |
| Turbidez | NTU | 6 | 7,5 | 5,4 | 16 |
| Nitratos | ml/l | 1,3 | 0,4 | 1,5 | 2,1 |

Elaborado por: Autores

Tabla 4 Resultados Punto 2(poza séptico) parámetros fisicoquímicos.

| PARAMETROS | UNIDAD | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 | MUESTRA 4 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| pH | | 6,32 | 6,33 | 6,23 | 6,56 |
| Oxígeno disuelto | mg/l | 1,34 | 1,52 | 1,66 | 2,34 |
| Conductividad | S/m | 105 | 120,7 | 108,1 | 105,9 |
| Temperatura | °C | 23,3 | 23,1 | 21,7 | 24,8 |
| Coliformes fecales | NMP/100ml | 2120 | 1600 | 900 | 1540 |
| DBO | mg/l | 5,5 | 16,9 | 1,9 | 3,8 |
| Solidos totales | gr | 144 | 141 | 142 | 140 |
| Fosfatos | mg/l | 0,178 | 0,87 | 0,59 | 0,4 |
| Turbidez | NTU | 6,51 | 5,5 | 4,6 | 8,8 |
| Nitratos | ml/l | 1,1 | 1 | 1,2 | 1,7 |

Elaborado por: Autores

Tabla 5 Resultados Punto 3 (laguna) parámetros fisicoquímicos.

| PARAMETROS | UNIDAD | MUESTRA 1 | MUESTRA 2 | MUESTRA 3 | MUESTRA 4 |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| pH | | 6,39 | 6,66 | 6,5 | 6,73 |
| Oxígeno disuelto | mg/l | 1,07 | 1,44 | 1,31 | 2,6 |
| Conductividad | S/m | 61,9 | 58,5 | 62,6 | 48,2 |
| Temperatura | °C | 23,9 | 23,8 | 21,5 | 24,9 |
| Coliformes fecales | NMP/100ml | 1960 | 200 | 350 | 1200 |
| DBO | mg/l | 1 | 9,3 | 3,2 | 9,2 |
| Solidos totales | gr | 24 | 78 | 60 | 96 |
| Fosfatos | mg/l | 0,06 | 0,18 | 0,1 | 0,19 |
| Turbidez | NTU | 5,78 | 5,7 | 5,9 | 9,6 |
| Nitratos | ml/l | 1,6 | 1,5 | 1,7 | 2,2 |

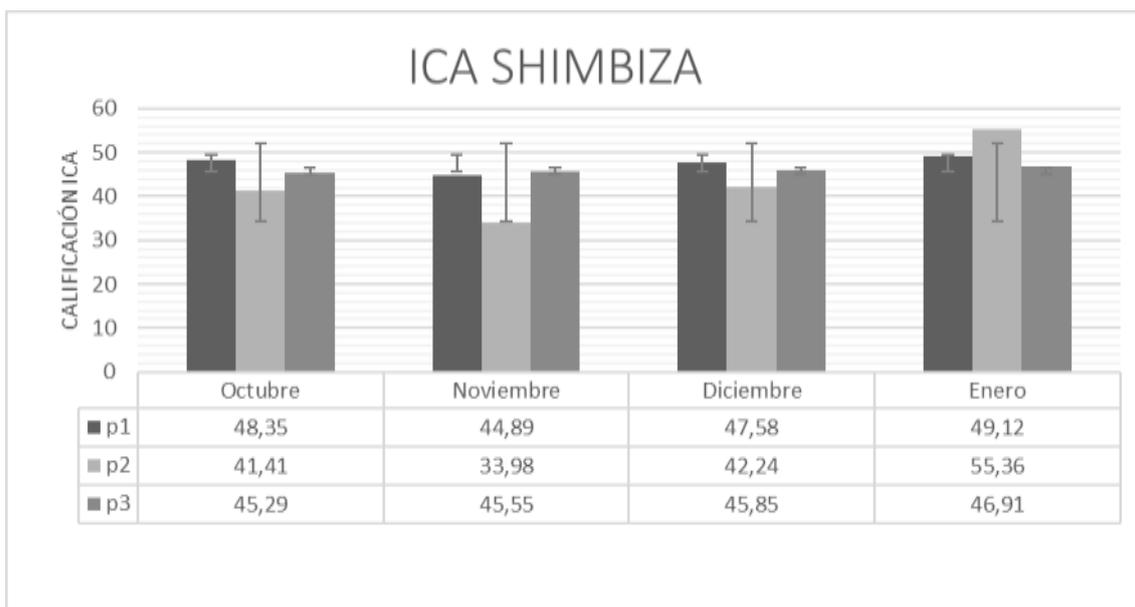
Elaborado por: Autores

Índice de la calidad de agua**Tabla 3 Resultados del Índice De Calidad Del Agua**

| | PUNTO 1 | | PUNTO 2 | | PUNTO 3 | |
|-----------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
| | ICA- NSF | CLASIFICACIÓN | ICA- NSF | CLASIFICACIÓN | ICA- NSF | CLASIFICACIÓN |
| OCTUBRE | 48,35 | MALA | 41,41 | MALA | 45,29 | MALA |
| NOVIEMBRE | 44,89 | MALA | 33,98 | MALA | 45,55 | MALA |
| DICIEMBRE | 47,58 | MALA | 42,24 | MALA | 45,85 | MALA |
| ENERO | 49,12 | MALA | 55,36 | MALA | 46,91 | MALA |

Elaborado por: Autores

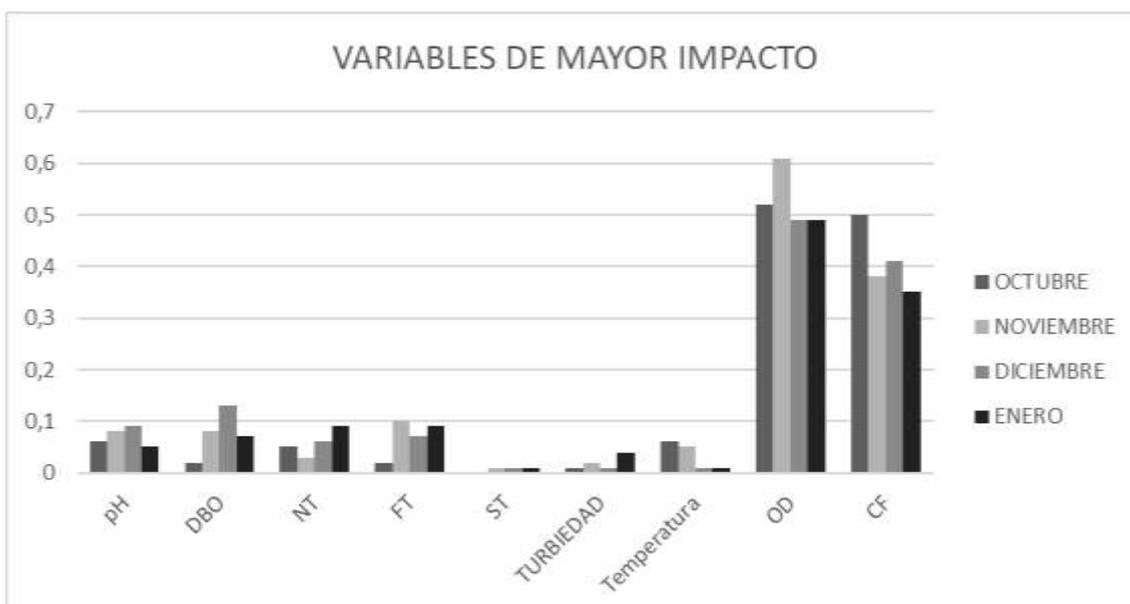
Ilustración 1 Índice de calidad de agua en los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero.



Elaborado por: Autores

En la ilustración 1 podemos observar el nivel de contaminación en cada punto siendo esta la interpretación: El punto uno todos los meses presenta una calificación Mala teniendo un comportamiento similar sus aguas a lo largo del periodo de muestreo. Al punto dos, aguas abajo, también le corresponde una calificación de Mala; teniendo este un valor de 33.98 en el mes de noviembre. A su vez el punto dos presenta el nivel más alto dentro de la calificación ICA en el mes de enero. El punto tres arroja una calificación de Mala todo esto según el programa IQA DATA usando los pesos calibrados NSF.

Ilustración 2 Variables con mayor impacto en el Punto 1 (inicio del sistema) durante los meses de octubre, noviembre, diciembre del 2018 y enero del 2019.



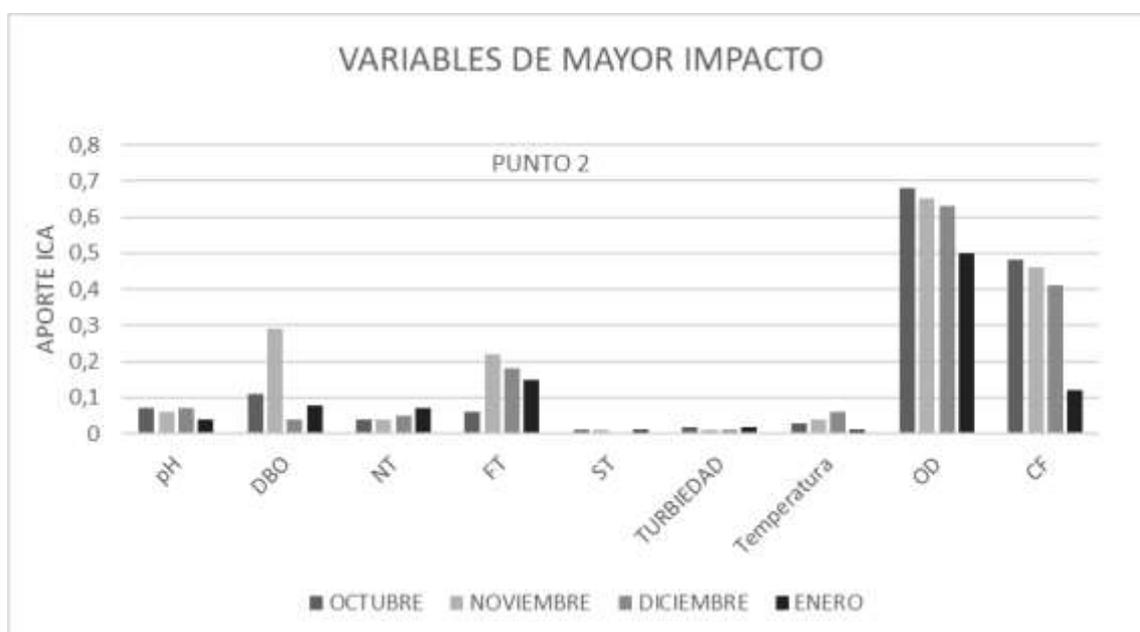
Elaborado por: Autores

En la ilustración 2 podemos observar que en el mes de octubre el Punto 1(inicio de la microcuenca), el oxígeno disuelto alcanzo un valor de 0.52 mg/l el cual representa un 41,93% de la deficiencia al ICA; con un valor de 0.50 NMP/100ml los Coliformes fecales aportan un 40.32% al total del Índice de Calidad de Agua.

En el mes de noviembre el oxígeno disuelto arrojó un valor de 0.61 mg/l siendo un 44.85% del total del ICA. Los Coliformes fecales presentan un valor de 0.38 NMP/100ml el cual representa el 27.94 % del ICA.

En los meses de diciembre y enero el oxígeno disuelto tiene un valor de 0.49 mg/l el cual corresponde al 40.83% de afectación al Índice de Calidad de Agua. Otra disminución significativa al estado hídrico del Shimbiza en los meses de diciembre-2018 y enero-2019 lo realiza un alto índice de coliformes fecales con un valor de 0.41 NMP/100ml y 0.35 NMP/100ml el cual corresponde al 32.03% y 29.16% respectivamente.

Ilustración 3 Variables con mayor impacto en el Punto 2(sector pozo séptico) durante los meses de octubre, noviembre, diciembre del 2018 y enero del 2019.



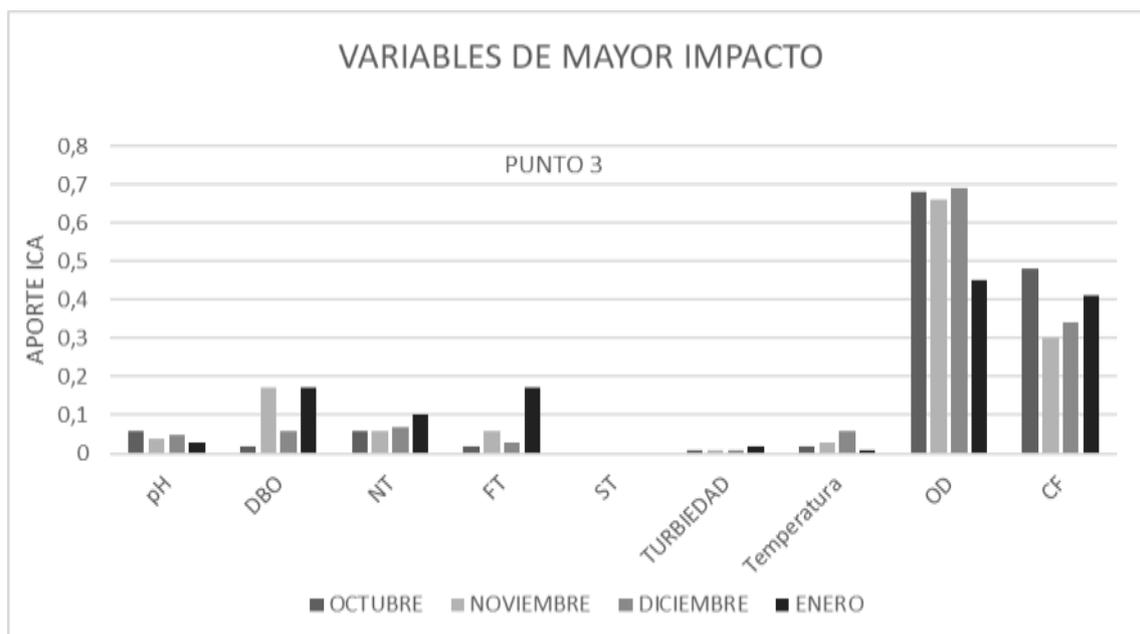
Elaborado por: Autores

La ilustración 3 muestra los valores obtenidos en el Punto 2(poza séptico) durante el periodo de muestreo: en el mes de octubre el oxígeno disuelto presenta un valor de 0.68 mg/l el cual representa un 45.33% del ICA, el parámetro Coliformes fecales tiene un valor de 0.48 NMP/100ml y representa el 32 % del ICA.

En el mes de noviembre el oxígeno disuelto arrojó un valor de 0.65mg/l y representa el 36.51% del ICA total. Los coliformes fecales tienen un valor de 0.46 NMP/100ml ocupando un 25.84% del ICA. La Demanda Biológica de Oxigeno presenta un valor de 0.29 mg/l el cual representa un 16.29% del total del ICA

En el mes de diciembre el oxígeno disuelto tiene un valor de 0.63mg/l representando un 43.44% del ICA. El parámetro Coliformes fecales arrojó un valor de 0.41 NMP/100ml el cual representa el 28.27% del ICA. Los fosfatos arrojaron un valor de 0.18 mg/l el cual tiene un 12.41% de representatividad dentro del ICA.

Ilustración 4 Variables de mayor impacto Punto 3(laguna) durante los meses de octubre, noviembre, diciembre del 2018 y enero del 2019.



En el mes de enero el sistema arroja un valor de 0.50 mg/l para el oxígeno disuelto el cual corresponde al 50% del ICA. Los Coliformes fecales arrojan un valor de 0.12 NMP/100ml correspondiendo al 12% del ICA. Los fosfatos tienen un valor de 0.15 mg/l el cual representa un 15% del ICA.

La ilustración 4 resalta los valores obtenidos en el Punto 3(laguna) a lo largo del tiempo de muestreo dando como resultado: en el mes de octubre el oxígeno disuelto alcanza un valor de 0.68 mg/l el cual representa un 50.37% del total del ICA. Los coliformes fecales acompañan este parámetro con un valor de 0.48 NMP/100ml con una representatividad del 35.55% del total de la muestra.

Para el mes de noviembre los parámetros representativos son el oxígeno disuelto con un valor de 0.66 mg/l y un 49.62% y los coliformes fecales tienen un valor de 0.34 NMP/100ml con un alcance de 25.95% dentro del ICA.

En el mes de diciembre el oxígeno disuelto presenta un valor de 0.69 mg/l con un 52.67% y los coliformes fecales presentan un valor de 0.34 NMP/100ml y una representatividad del 25.95% dentro del ICA.

Para el mes de enero los valores de muestreo para el oxígeno disuelto arrojan un valor de 0.45 mg/l y un 33.08% de afectación al ICA. Los coliformes fecales presentan un valor de 0.41 NMP/100ml lo que corresponde al 30.14% del ICA. Los fosfatos tienen un alcance del 12.5% del ICA con un valor de 0.17 mg/l.

2.3.2 PARAMETROS FISICO-QUIMICOS

Los datos de las tablas 123 fueron ingresados en el programa IQA Data para la obtención del índice de calidad de agua con las equivalencias NSF.

4. CONCLUSIONES

- El índice de calidad de agua en cada uno de los puntos tiene un balance negativo, siendo la calidad en el Punto 1 (inicio) de MALA (47.48 según ICA NSF), el Punto 2 (pozo séptico) presenta una calidad MALA (43.24 según ICA NSF), en el Punto 3 (laguna) las aguas del estero presentan una calidad MALA (45.9 según ICA NSF).
- Los parámetros que causan mayor alteración a la condición de este sistema provienen del oxígeno disuelto con 0,5963 mg/l y coliformes fecales con 0,39 NMP/100ml
- Desde los resultados obtenidos podemos determinar que durante los cuatro meses de muestreo de octubre 2018 a enero 2019 la calidad de agua se ha mantenido en un índice malo en los tres puntos seleccionados a lo largo de su trayectoria.
- Según el monitoreo de agua de la microcuenca shimbiza realizado por el GAD Provincial de Morona Santiago, los resultados obtenidos en el segundo punto (pozo séptico) no concuerdan con los análisis realizados en este estudio debido a que los parámetros que alteran en gran medida la calidad del agua son oxígeno disuelto 1,715 mg/l y coliformes fecales 1540 NMP/100 ml, mientras que en el monitoreo de agua realizado por el laboratorio ALS según el TULSMA mediante la tabla 2 basada en el acuerdo ministerial NO 097 indicaba que las coliformes fecales eran de 49.0 NMP/100ml y el oxígeno disuelto
- En base a los análisis realizados determinamos que en el transcurso de la microcuenca los valores correspondientes a coliformes fecales se han mantenido constantes en los tres puntos de muestreo, por tal motivo podemos deducir que existen actividades que causan una alteración de la calidad del agua desde el primer punto de muestreo, debido a que existe actividad ganadera en el nacimiento de la microcuenca, en el segundo punto existe contaminación por el mal uso de un pozo séptico en la rivera de la microcuenca y en el tercer punto el agua atraviesa una granja en la que se realizan actividades agropecuarias como crianza de ganado, cerdos y piscicultura, lo cual explica el motivo de por el cual no existe gran variabilidad de éste parámetro, siendo que ocurren problemas similares en cada uno de los puntos de estudio.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Alexandra Villa Achupallas, M. and María Dolores Galindo Riaño, D. (2011) DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA.
- Bosco, G. P. S. D. (2017) 'PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2014-2019', p. 190.
- Chacón, K. (2017) "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO COPUENO, TRAMO PACCHA- JARDIN DEL UPANO, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS". Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Galárraga-Sánchez, R. H. (2018) Informe Nacional sobre la gestión del agua en el.
- García, M., Carvajal, Y. and Jiménez, H. (2007) 'La gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático', Ingeniería y Competitividad, 9. doi: 10.25100/iyc.v9i1.2492.
- INEC (2010) Instituto Nacional De Estadística y Censo. Available at: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/home/>.
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL "ICA" (no date).
- Standar, M. (2018) SMWW: Métodos estándar para el examen de agua y aguas residuales. Available at: <https://www.standardmethods.org/> (Accessed: 21 February 2019).
- Torres, P. et al. (2016) WATER QUALITY INDEX IN SURFACE SOURCES USED IN WATER PRODUCTION FOR HUMAN CONSUMPTION. A CRITICAL REVIEW.

