

Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del río Shocol, provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas

Quality assessment of physicochemical and microbiological river Shocol, Rodríguez de Mendoza province, Amazonas

Damaris Leiva Tafur¹, Jhesibel Chávez Ortiz¹ y Fernando Corroto²

RESUMEN

El propósito de este estudio fue determinar la calidad del agua del río Shocol a través de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos basados en los procedimientos normalizados descritos en "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" y en los establecidos por la legislación peruana, además de la aplicación del índice de contaminación de materia orgánica (ICOMO). Fueron establecidos seis puntos de muestreo a lo largo del río, realizándose la colecta de muestras en el mes de junio del 2015. Los resultados microbiológicos arrojan que los puntos de muestreo ubicados en la zona de origen del río presentan mayor contaminación microbiológica, y que el punto ubicado después del tragadero presenta menor contaminación, evidenciando que este actúa como filtro de descontaminación. Al contrastar las variables en estudio con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas se obtuvo que los parámetros microbiológicos no cumplen para la categoría I, pero sí para las categorías III y IV, al contrario de los parámetros fisicoquímicos que se encontraron dentro de los niveles tolerables para las categorías analizadas. El índice ICOMO, en general reflejó un nivel bajo de contaminación para las aguas del río Shocol, siendo el punto ubicado después del tragadero el más limpio.

Palabras clave: Calidad del agua, contaminación, río Shocol.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the water quality of the river Shocol through physico-chemical and microbiological parameters based on standard procedures described in "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" and all of them set by Peruvian law, in addition to the application of the rate of contamination of organic matter (ICOMO). Six sampling points were established along the river, collecting samples carried out in June of 2015. Microbiological results show that the sampling points located in the area of origin of the river are at increased microbiological pollution, and the point located after the sink has less pollution, showing that it acts as a filter decontamination. By contrast the variables under study with Environmental Quality Standards for waters, was obtained microbiological parameters do not meet for class I, but mostly for class III and IV, contrary to the physico-chemical parameters, whose were found within tolerable levels for categories analyzed. The ICOMO index generally reflected a low level of pollution to the waters of the river Shocol, being the point located after sink the cleanest.

Keywords: Water quality, pollution, Shocol river

¹Investigadora del Proyecto Recursos Hídricos del INDES-CES de la UNTRM

²Coordinador del Proyecto Recursos Hídricos del INDES-CES de la UNTRM

I. INTRODUCCIÓN

La calidad de las aguas se deteriora, especialmente alrededor de las áreas urbanas a medida que la población se incrementa (Escobedo *et al.*, 2015). En los países en vías de desarrollo, como Perú, las tendencias en calidad de agua son difíciles de considerar por las deficiencias que conlleva la evolución de las fuentes de contaminación y el escaso monitoreo que se tiene sobre las aguas subterráneas y superficiales del territorio. Los problemas más comunes a los que se ven enfrentados los cuerpos de agua son los derivados de su contaminación por el vertimiento de contaminantes provenientes de las actividades antrópicas. Uno de los posibles efectos de mayor relevancia a causa del vertimiento de contaminantes, es el de acelerar los procesos de eutrofización, lo que puede alterar la homeostasis y simbiosis existentes en este ambiente; adicionalmente, al existir un vacío de información sobre qué tipos de contaminantes fisicoquímicos inciden en las características del agua, se imposibilita la toma de decisiones en prevención, mitigación y restauración del recurso. Esta complicada situación actual de los ríos ha aumentado el interés general por conocer los factores que influyen en su dinámica, teniendo a nivel mundial estudios que determinan la calidad de las fuentes de agua superficial, gran parte de los cuales se enfocan en el análisis cuantitativo de las muestras (Mora, 2004). En el ámbito nacional se han desarrollado investigaciones en esta línea como la de Calizaya *et al.* (2013), quien determinó que la concentración de los parámetros fisicoquímicos se va incrementando de manera directa al número de fuentes de contaminación encontradas. Estudios similares, como el de Taipe y Cabrera (2006), quienes identificaron y evaluaron las principales fuentes de contaminación del río Vilcanota en Urubamba, evidenciando el impacto de los efluentes líquidos urbanos y domésticos en la calidad fisicoquímica y microbiológica. Los estudios sobre la calidad de los ríos en el departamento Amazonas son escasos, la mayor parte de los estudios sobre los ríos realizados en la región se encuentran a nivel general, enfocándose mayormente en la cuenca del Marañón y sus principales subcuencas, como la del Utcubamba, Cenepa, Santiago, Chiriaco, Nieva y Huallaga; de manera menos general estos estudios están dedicados a los ríos originados en

el flanco subandino, dentro del cual destaca el río Shocol (Maco, 2010). Este río no cuenta con un estudio exhaustivo sobre la calidad de sus aguas. El único estudio exhaustivo en la región fue el realizado en la cuenca del río Utcubamba por García *et al.* (2011), quien evaluó la calidad ecológica del río empleando distintas variables fisicoquímicas y biológicas. Es necesario contar con este tipo de información, no sólo a nivel general, es decir de las principales subcuencas de la Región Amazonas, sino también de los diferentes cuerpos de agua que son de importancia para toda la población, con la finalidad de prever o remediar posibles escenarios de contaminación, y resguardar la integridad física, química y biológica del recurso.

A partir de esta situación, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del río Shocol, empleando parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos contrastándolos con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas (ECA's) de la legislación peruana; aplicó un índice para medir el nivel de contaminación, puesto que emplear distintas herramientas metodológicas permite realizar un diagnóstico general del estado de la cuenca más fiable, y a la vez establecer juicios para el análisis de la calidad del agua (Springer, 2010).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio comprende el río Shocol, originado en el flanco subandino del Departamento de Amazonas; forma parte de la cuenca hidrológica del río Huambo, siendo uno de sus principales afluentes. Presenta un recorrido meandriforme desde la localidad del Porvenir hasta Milpuc, desapareciendo a los pies del cerro Rinconada, en un tragadero, para posteriormente emerger al sudeste de Omia (Maco, 2010).

Ubicación y selección de las estaciones de muestreo.

Se establecieron seis estaciones de muestreo en el río principal (Figura 1). La selección siguió la metodología de Freshwater Ecology and Management (Prat *et al.*, 2012) para la evaluación del estado ecológico en ríos. Estos puntos fueron situados a partir de los siguientes parámetros:

- Identificación: El punto de muestreo, fue identificado y reconocido claramente. Para la determinación de la ubicación se utilizó el Sistema de Posiciona-

miento Satelital (GPS). Este se registró en coordenadas UTM y en el sistema WGS84.

- **Accesibilidad:** Se ubicó el punto de tal manera que el acceso hacia él fuera rápido y seguro.
- **Representatividad:** La ubicación de los puntos de muestreo en el río Shocol se realizó teniendo en cuenta las características del entorno, así como la cercanía de la población al curso de agua, las actividades que se desarrollan alrededor y el comportamiento especial que presenta en su recorrido (es decir se tuvo en cuenta la presencia del tragadero, ubicando los puntos antes y después de este). Partiendo de los criterios antes detallados, las estaciones de muestreo quedaron definidas de la siguiente manera (Tabla 1):
- **EM-1, EM-2, EM-3, EM-4:** Puntos de muestreo ubicados exactamente desde donde inicia el río Shocol hasta antes del tragadero.
- **EM-5:** Punto de muestreo ubicado justo antes del tragadero a 400m.
- **EM-6:** Punto de muestreo ubicado justo después del lugar donde emerge nuevamente el río Shocol.

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo (EM) en el río Shocol

EM	Coordenadas UTM			Altitud (m)
	Zona	Este	Norte	
EM-1	18M	206867	9289049	1638
EM-2	18M	210565	9284519	1632
EM-3	18M	215985	9278636	1673
EM-4	18M	222939	9278144	1668
EM-5	18M	230787	9279903	1655
EM-6	18M	230512	9280824	1277

Toma de muestras

Para la toma de muestras se siguió el protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales, establecido por la Dirección General de Salud Ambiental del Perú (DIGESA, 2007).

Tiempo de muestreo.

El muestreo se realizó en el mes de junio del 2015.

Métodos, técnicas e instrumentos.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se determinó siguiendo el procedimiento de APHA (2005).

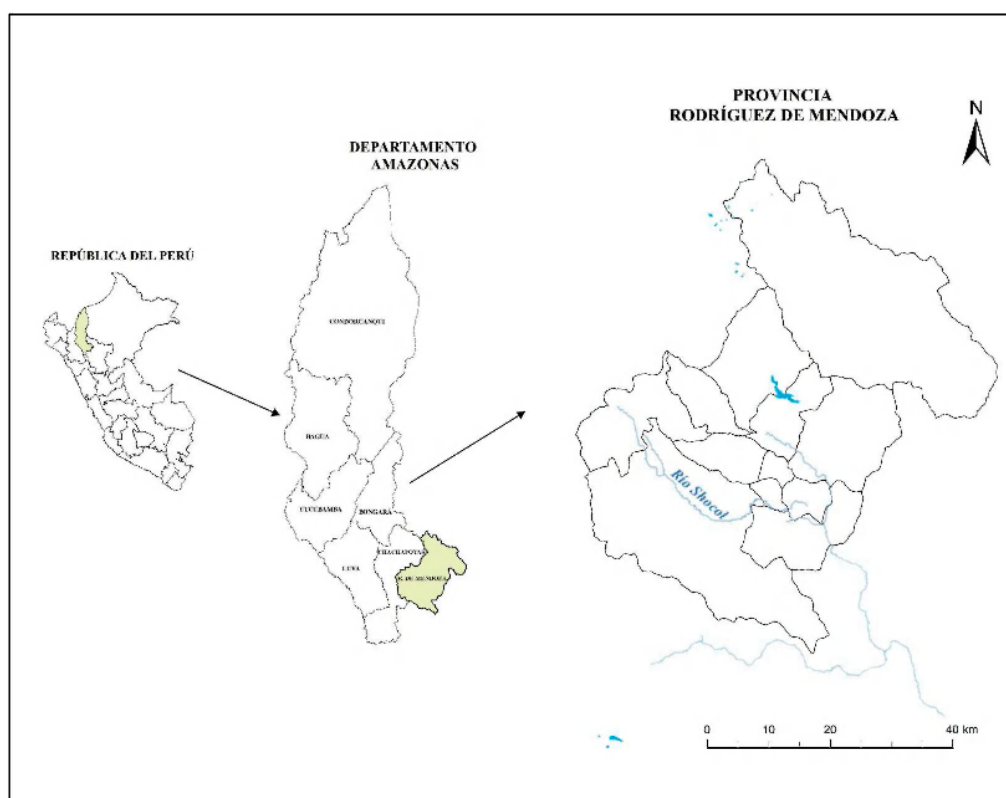


Figura 1. Mapa de ubicación del río Shocol, provincia Rodríguez de Mendoza

Se colectaron muestras de agua en frascos de plástico para el análisis de 10 variables fisicoquímicas: Alcalinidad (AL), cloruros (CL), dureza total (DT), nitratos (NO_3), fosfatos (PO_4), sulfatos (SO_4), amonio (NH_4), demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos totales en suspensión (STS). Dicho análisis se realizó en el Laboratorio de Investigación de Suelos y Aguas (LABISAG) de la

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Para dichos análisis se siguió la metodología establecida por el APHA (2005). Se registraron *in situ* la temperatura del agua (T°), conductividad eléctrica (CE), pH, turbidez (TB) y oxígeno disuelto (OD); a partir de este último se determinó el porcentaje de Saturación de oxígeno (% OD) (Tabla 2) usando un equipo multiparamétrico SIAnalytics (Figura 2).

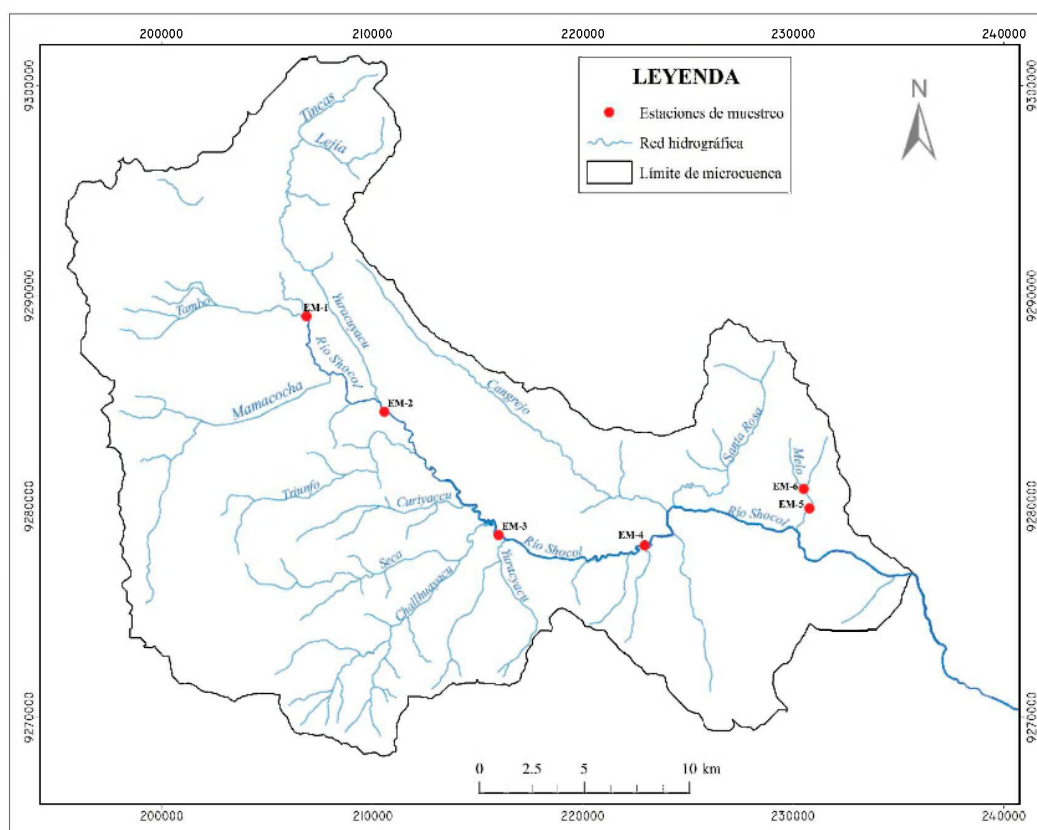


Figura 2. Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo en el río Shocol

De igual forma se tomaron muestras de agua en recipientes de vidrio estériles, y fueron transportados guardando la cadena de frío pertinente para el análisis microbiológico en laboratorio de la UNTRM.

La determinación de parámetros microbiológicos (P-MB) como coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* (EC), y enterococos fecales (EF), se realizó con la técnica del Número Más Probable (NMP); además, las bacterias cultivables se obtuvieron a través de la técnica de fermentación de tubos múltiples con 10 diluciones y cinco réplicas por cada

dilución (APHA, 2005). Para el grupo de coliformes totales se realizó la siembra en caldo Lauril Sulfato para su enriquecimiento, y la resiembra de los tubos positivos en caldo Brilla para la confirmación. Ambos fueron incubados a 37°C ($\pm 0,5$), realizando conteos a las 24 y 48 horas. Por otra parte, el grupo de coliformes fecales se determinó con la resiembra de los tubos positivos de caldo Lauril Sulfato a caldo EC, cuya incubación se realizó a $44,5^\circ\text{C}$ por 48 horas. Para la determinación e identificación de colonias de *E. coli*, fueron sembrados por estría en el agar EMB los tubos

que presentaron resultado positivo en caldo EC.

Para el grupo de enterococos fecales se realizó una prueba presuntiva en caldo ázida dextroza, incubado a 35 °C; posteriormente los tubos positivos fueron sembrados en agar KF; las colonias presuntamente positivas aparecidas en este agar fueron traspasadas a caldo HB, para su confirmación final.

Para definir la aptitud del recurso hídrico, se utilizaron los Estándares de Calidad Ambiental para aguas (ECAs) establecidos en el D.S. N°002-2008-MINAM y el D.S. N°015-2015-MINAM, que modifica dichos estándares y establece disposiciones complementarias para su aplicación. Se evaluaron las categorías I (Agua apta para consumo humano), III (Riego de vegetales y bebida de animales), y IV (Conservación de ambientes acuáticos).

Tabla 2. Métodos y parámetros fisicoquímicos utilizados para el análisis de muestras en el río Shocol

Parámetros	Unidades	Método
pH	pH	Electrométrico
Temperatura	°C	Electrométrico
Oxígeno disuelto	mg O ₂ /L	Electrométrico
% de saturación de oxígeno	% Saturación	Aplicación de fórmula
Conductividad eléctrica	µs/cm ³	Electrométrico
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	Método volumétrico
Cloruros	Mg Cl ⁻ /L	Método volumétrico
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	Método volumétrico
Nitratos	mg NO ₃ /L	Absorbancia
Fosfatos	mg PO ₄ /L	Absorbancia
Sulfatos	mg SO ₄ /L	Absorbancia
Amonio	mg NH ₄ -N/L	Absorbancia
DBO ₅	mg O ₂ /L	Dilución
DQO	mg O ₂ /L	Absorbancia
STS	mg/L	Gravimétrico

Los parámetros de oxígeno disuelto (en % de saturación de oxígeno), DBO₅ y coliformes totales, fueron la base para la elaboración del índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), cuyo valor definido en el rango de 0 a 1 refleja el grado de contaminación, y donde los valores finales próximos a cero (0) reflejan muy baja contaminación por materia orgánica, mientras que los valores cercanos a uno (1) indican lo contrario (Ramírez *et al.*, 2007).

El Índice ICOMO se determinó con la siguiente fórmula:

$$ICOMO = 1/3 (I_{DBO} + I_{CT} + I_{\%OD})$$

Donde:

$$I_{DBO}: -0.05 + 0.7 \text{Log}_{10} \text{DBO (mg/L)}$$

$$\text{DBO mayores a 30 ppm tienen } I_{DBO} = 1$$

$$\text{DBO menores a 2 ppm tienen } I_{DBO} = 0$$

$$I_{CT}: -1.44 + 0.56 \text{Log}_{10} \text{CT (NMP/100ml)}$$

$$\text{CT mayores a 20000 NMP tienen } I_{CT} = 1$$

$$\text{CT menores a 500 NMP tienen } I_{CT} = 0$$

$$I_{\%OD}: 1 - 0.01 \%OD$$

$$\%OD \text{ mayores a } 100\% \text{ tienen } I_{\%OD} = 0$$

Análisis de datos

El análisis estadístico de datos involucró inicialmente la determinación de supuestos del modelo como normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov y de homogeneidad con la prueba de homogeneidad de varianzas. Las pruebas estadísticas aplicadas fueron paramétricas ya que se cumplieron con los supuestos del modelo. La prueba para una Vía de Clasificación (One Way AOV) permitió determinar la existencia de diferencias estadísticas significativas por puntos de muestreo; además se realizó una correlación de Pearson para establecer el grado de asociación entre los parámetros físico-químicos y microbiológicos. Por último se realizó el análisis de regresión lineal para obtener un modelo matemático que describa el comportamiento de las variables que intervienen en el índice aplicado (ICOMO), para lo cual se usó el paquete de Statistix versión 8.0.

III. RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos (P-FQ) en las seis estaciones de muestreo

A partir de los parámetros recolectados en campo y los análisis químicos realizados en laboratorio de las muestras de agua extraídas correspondientes a los seis puntos de muestreo ubicados en el río Shocol, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos en las seis estaciones de muestreo

P-FQ	Estaciones de muestreo		
	EM-1	EM-2	EM-3
pH	7,886	8,269	8,222
T°	18,500	16,100	17,300
C.E.	505,000	243,000	232,000
TB	1,675	4,640	4,450
OD	5,790	8,100	7,950
%OD	76,184	99,877	100,252
STD	303,000	145,800	139,200
AL	35,000	27,000	23,000
CL	10,508	8,406	5,254
DT	150,920	78,400	79,380
NO3	3,219	2,214	2,214
PO4	0,902	0,483	1,037
SO4	74,719	5,731	6,947
NH4-N	82,022	88,712	88,712
DQO	14,949	15,489	15,009
DBO	5,733	7,733	4,900
SST	0,002	0,000	0,002
P-FQ	E-M4	EM-5	EM-6
pH	8,278	8,022	7,814
T°	16,900	17,300	18,100
C.E.	228,000	229,000	236,000
TB	4,025	11,720	18,610
OD	8,800	7,300	7,390
%OD	110,971	92,055	90,675
STD	136,800	137,400	141,600
AL	24,000	24,000	25,000
CL	6,305	8,406	6,305
DT	70,560	71,540	74,480
NO3	1,476	1,812	2,013
PO4	1,030	0,671	0,791
SO4	6,339	4,819	18,799
NH4-N	77,562	56,573	38,470
DQO	15,969	15,849	15,429
DBO	6,167	9,433	3,200
SST	0,013	0,043	0,021

Parámetros microbiológicos (MB) en las seis estaciones de muestreo.

Se obtuvieron valores que van desde 500 a 22000NMP de CT/100 ml, y de 220 a 2800 NMP de CF/100 ml. Asimismo surgieron valores de 140 a 2800 NMP de EC/100, y de 7 a 170 NMP/100 de EF (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros microbiológicos en las seis estaciones de muestreo

Estaciones de muestreo	Parámetros microbiológicos			
	CT	CF	EC	EF
EM-1	9000	2800	2800	34
EM-2	9000	5000	2400	170
EM-3	22000	1700	1700	30
EM-4	900	240	130	7
EM-5	1700	260	170	50
EM-6	500	220	140	27

Análisis de datos

Del análisis para una vía de clasificación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos por punto de muestreo, se observa que existen diferencias estadísticas significativas para las variables de coliformes totales, *E. coli* y sulfatos (Tabla 5). Lo mismo ocurre con la conductividad eléctrica, dureza total y coliformes fecales, que presentan diferencias estadísticas altamente significativas, siendo el primer punto de muestreo el que presentó mayor concentración en estos parámetros, a diferencia de coliformes fecales y totales, cuyos valores más altos se registraron en el punto dos y tres, respectivamente.

Tabla 5. Diferencia estadística significativa de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos por puntos de muestreo

Parámetros	EM	
	F	P
pH	1,33	0,5655
T°	11,2	0,2203
C.E.	30765	0,0043** (1)
TB	1,48	0,5429
OD	0,91	0,6468
AL	0,73	0,4365
CL	1,86	0,4965
DT	2541	0,0149** (1)
NO ₃	7,45	0,2674
PO ₄	0,66	0,7143
SO ₄	819	0,0262* (1)
NH ₄	2,08	0,4738
DQO	30,2	1356
DBO	0,86	0,6581
SST	0,51	0,7648

Continuación de la tabla 5

MB	CT	266	0.046* (3)
	CF	23119	0.0049**(2)
	EC	2367	0.0154 *(1)
	EF	4.45	0.3398

*Significativo, **Altamente significativo;

(1) (2) (3): Estaciones de muestreo

Los valores dentro del paréntesis expresan las mayores concentraciones de dichos parámetros.

Según la prueba de Pearson, la correlación entre todos los parámetros analizados no fue significativa.

En tanto, el índice de contaminación por materia orgánica aplicado (ICOMO), muestra valores que van desde 0,1561 hasta 0,4978, siendo el punto de muestreo con menor valor el seis, ubicado específicamente después del tragadero (Tabla 6).

Tabla 6. Índice de Contaminación por materia orgánica (ICOMO)

PM	I % OD	I DBO	I CT	ICOMO
1	0,2382	0,4809	0,7744	0,4978
2	0,0012	0,5719	0,7744	0,4492
3	0	0,4331	1,0000	0,4777
4	0	0,5030	0,2144	0,2391
5	0,0794	0,6323	0,3691	0,3603
6	0,0933	0,3036	0,0714	0,1561

De acuerdo al análisis de regresión lineal aplicado, la variable que presenta mayor influencia sobre el índice, y por tanto la que mejor describe su comportamiento, es la de coliformes totales (Tabla 7).

Tabla 7. Análisis de regresión lineal

$ICOMO = 0,2731 + 1,256E-05CT$	
$F = 4,98$	$p = 0,0096^{**}$

**altamente significativo

IV. DISCUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos son usados como indicadores para determinar la calidad del agua (Rivera *et al.*, 2010), razón por la cual estos parámetros fueron medidos en las seis estaciones de muestreo ubicadas en el río Shocol.

Se obtuvieron concentraciones más altas de bacterias y parámetros fisicoquímicos en las tres primeras estaciones de muestreo, esto debido a las actividades de agricultura y ganadería que se desarrollan en los alrededores, las cuales aportan muchos contaminantes al

agua; sin embargo, en ese caso no fueron preocupantes, debido a que esas actividades no se realizan en gran magnitud, ya que el nivel de desequilibrio que puede sufrir el ecosistema depende de la cantidad y calidad de desecho que se introduzca (Arce y Leiva, 2009; Calizaya *et al.*, 2013). Estos parámetros analizados fueron disminuyendo a medida que se descendía en el río, lo que indica que el río presenta buena capacidad de autodepuración; esto se debe a que, según Yzocupe (2005), la condición casi estática, es decir, de flujo lento por la que se caracteriza el río Shocol (por no presentar un lecho rocoso, con baja corriente, pendiente moderada y presentar condiciones de estancamiento en algunos sectores de su recorrido) influye en la baja dispersión de contaminantes, concentrándolos a estos en el lugar donde se da la contaminación y próximos a esta. De igual manera se observa, especialmente después del tragadero, donde el río Shocol vuelve a emerger, en que los parámetros bacteriológicos conjuntamente con los fisicoquímicos son los más bajos respecto a los primeros puntos de muestreo (exceptuando a la estación cinco, a la cual supera sólo en parámetros como CE, turbidez y sulfatos), evidenciando que esta formación actúa como un filtro que ayuda a la disminución de agentes contaminantes, especialmente los bacteriológicos. Se trata de una situación similar a la que ocurre con las aguas subterráneas que afloran en ciertos puntos, donde los parámetros bacteriológicos contaminantes son casi nulos o nulos, si es que no hay contaminación de este tipo alrededor de la naciente (SGL, 2011).

Por otro lado, para explicar por qué las concentraciones de CE, sulfatos y turbidez en la estación de muestreo seis (después del tragadero) resultaron ligeramente superiores respecto al punto cinco, se podría decir que en esa zona donde se sitúa el tragadero, posiblemente el suelo presente concentraciones mayores de sales, que, al interactuar con el agua, aportan un leve incremento en la conductividad eléctrica. Esto se explica en que los valores de las variables microbiológicas y fisicoquímicas encontradas fueron similares a los determinados por Custodio y Pantoja (2012) en el río Cunas Junín, el cual se sitúa cerca de este tipo de afloramientos de sal.

Si bien estos valores son bajos respecto a la normativa peruana, la sola presencia del grupo de coliformes y enterococos fecales en el agua, es un indicador cualitativo de contaminación, por lo que las aguas con niveles bajos de ellas también son consideradas contaminadas; sin embargo, a mayores concentraciones de estos, aumenta la probabilidad de que contengan otros microorganismos patógenos (Herrera, 2000; Claret *et al.*, 2005). De la comparación de los parámetros analizados con los ECAs, únicamente las tres estaciones de muestreo del río Shocol, resultaron ser aptas desde el punto de vista bacteriológico para las categorías III (riego de vegetales y bebida de animales) y IV (conservación de ambientes acuáticos). De esta manera, ninguna estación de muestreo resultó ser apta para la categoría I (agua destinada para consumo humano) ya que los valores de CT, CF, EC Y EF, fueron superiores a los niveles permitidos por esta.

Desde el punto de vista fisicoquímico todos los parámetros analizados se encuentran dentro de los rangos permitidos por los ECAs en sus diferentes categorías, como se demuestra con el registro de la conductividad eléctrica, cuyos valores se encuentran dentro de los niveles tolerados en la categoría I de los ECAs, lo cual refleja que el contenido de sales estaría dentro de los valores normales para esta categoría de agua, así como para otros usos (Carbajal, 2009).

De igual forma ocurre con el oxígeno disuelto, teniendo en cuenta que es uno de los gases disueltos más importantes que se encuentra en las aguas naturales, y es que este define en gran parte la biodiversidad y la supervivencia de la comunidad biótica (Martínez y Pujante, 2008). Su medición refleja niveles relativamente buenos en las seis estaciones de muestreo, lo que marca la capacidad del agua para llevar a cabo procesos de auto purificación (Calla, 2010).

En cuanto al Índice de Contaminación Mineralógica (ICOMO), determinado a partir del oxígeno disuelto, DBO₅ y coliformes totales, cabe destacar que la elección de estos parámetros en el desarrollo de este índice es debido a la importancia ecológica que desempeñan y porque en conjunto recogen efectos distintos de la contaminación orgánica (Ramírez *et al.*, 2007); en este sentido, se puede explicar que los puntos de muestreos establecidos en el río Shocol exhiben valores cercanos

a cero reflejando bajo nivel de contaminación por materia orgánica. Esto puede ser debido a que las fuentes de contaminación que intervienen para obtener un valor alto de ICOMO no existen en grandes cantidades capaces de alterar considerablemente los componentes naturales del agua.

Del análisis de regresión lineal, a partir de la fórmula que describe el comportamiento del índice, son los coliformes totales los que influyen en mayor magnitud sobre este, siendo esta asociación altamente significativa y directamente proporcional, lo que quiere decir que un incremento en los niveles de concentración de coliformes totales deriva en un incremento de los valores del índice ICOMO (Ramírez *et al.*, 2007).

Es así que los resultados obtenidos en este estudio resaltan la necesidad de dar continuidad a este tipo de estudios, específicamente en el río Shocol, con análisis complementarios para poder realizar comparaciones históricas y de esta forma facilitar la búsqueda de posibles alteraciones, teniendo la base para encontrar soluciones.

V. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos analizados, y apoyados estos con los del índice ICOMO, las reflexiones dictan que el río Shocol se encuentra en un nivel bajo de contaminación.

De acuerdo a los ECA's, algunas de las estaciones de muestreo fueron aptas para las categorías III y IV, pero no resultó así para consumo humano desde el punto de vista bacteriológico.

Es la condición especial que presenta el río, es decir la de infiltración de corriente superficial que experimenta después de la estación de muestreo cinco, la que resulta más favorable en su autodepuración, ya que ayuda a su filtración natural; esto quedó evidenciado al observar la disminución en las concentraciones de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos analizados.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Work Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation). "Standard methods for examination water and wastewater". Washington: APHA, 2005.

- Arce, F. y A. Leiva. "Determinación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas de acción para su recuperación y manejo". Tesis para optar el título de ingeniero en gestión ambiental, Universidad técnica particular de Loja, 2009.
- Calla, L. "Calidad del agua en la cuenca del río Rimac-sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras". Tesis para optar el grado académico de magister en ciencias ambientales, Universidad Mayor de San Marcos, 2010.
- Calizaya, J., M. Avedaño y I. Delgado. "Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (Bacillariophyceae), una experiencia en Tacna, Perú". *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, Vol. 30 (2013): 58-63.
- Carbajal, F. "Impacto ambiental y social del vertimiento de residuos sólidos y escombros sobre la calidad del río Medellín y de alguno de sus efluentes". *Rev. Ago. Usb.*, Vol. 9 (2009): 225-265.
- Claret, M., C. Pérez, R. Urrutia y M. Palacios. "Estudio espacio temporal de la contaminación por coliformes fecales en agua de pozos noria del secano interfor, VII Región Chile". VII Región, Quilamapu: INIA, 2005.
- Custodio, M. y R. Pantoja. "Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas". *Apunt. cienc. Soc.*, Vol.2 (2012): 130-137.
- DIGESA. "Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales". Lima: DIGESA, 2007.
- Escobedo, M. T., J. A. Plata, y G. E. Muñoz. "Evaluación de los procesos de purificación de una despachadora de agua potable en Ciudad Juárez". *CULCyT*. Vol. 13 (2015).
- García, F., J. Torres, y S. Edilberto. "Calidad ecológica del agua del río Utcubamba en relación a parámetros fisicoquímicos y biológicos, Amazonas, Perú". *Sciéndo*, Vol.14 (2011): 7-18.
- Herrera, L. "Fundamentos Microbiológicos de la ingeniería ambiental". Santiago: Universidad de Chile, 2000.
- Maco, J. "Hidrografía: informe temático del Proyecto Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Amazonas". Iquitos: convenio entre el IIAP y el Gobierno Regional de Amazonas, 2010.
- Martínez, L. y M. Pujante. "Estudio de la fauna de invertebrados en el río Cabriel y manantiales asociados en la provincia de Albacete". La Mancha: Centro de estudios de Castilla, 2008.
- MINAM. "D.S N° 002-2008-MINAM. Estándares de calidad ambiental para aguas". Lima, Perú: MINAM, 2008.
- MINAM. "D.S N° 015-2015-MINAM. Modificación de los Estándares de calidad ambiental para aguas y establecimiento de disposiciones complementarias para su aplicación". Lima, Perú: MINAM, 2015.
- Mora, D. "Calidad microbiológica de las aguas superficiales en Costa Rica". *Revista Costarricense de Salud Pública*, Vol. 1 (2004): 24-37.
- Prat, N., M. Rieradevall y P. Fortuño. "Metodología F.E.M. para la evaluación del estado ecológico de los ríos mediterráneos". Barcelona: Universidad de Barcelona, 2012.
- Ramírez, A., R. Restrepo y G. Viña. "Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación". *Ciencia, tecnología Y futuro*, Vol. 1 (2007): 135-153. Rivera, N. R., F. Encina, R. Palma y P. Mejías. "La calidad de las aguas en el curso superior y medio del río Traiguén. IX Región-Chile". *Información tecnológica*, Vol. 20 (2010): 75-84.
- SGL (Sociedad Geográfica de Lima). "Aguas subterráneas- auíferos: Foro peruano para el agua". Lima: SGL, 2011.
- Springer, M. "Biomonitoreo acuático". *Revista de Biología Tropical*, Vol. 58 (2010) : 53-59.
- Taipe, M. y C. Cabrera. "Identificación y evaluación de las principales fuentes de contaminación del río Vilcanota en el sector Calca Urcubamba". *Revista del instituto de investigaciones FIGMMG*, Vol. 9 (2006): 97-106.
- Yzocupe, V. "Modelo de dispersión de contaminantes en aguas rasas". *Revista de investigación de física*. Vol. 8 (2005): 46-53.