

Impacto en la calidad del agua de la quebrada “El Atajo” ocasionado por el botadero de rondón de la ciudad de Chachapoyas, Amazonas, Perú

Impact on water quality of the creek “El Atajo” caused by the dump Rondón in the city of Chachapoyas, Amazonas, Perú

^aJunior Mego¹, ^bJhoward Pilco¹, ^cJhesibel Chavez¹, ^dDamaris Leiva¹ y ^eManuel Oliva Cruz²

RESUMEN

La presente investigación buscó determinar el impacto de la inadecuada disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Chachapoyas en el sector Rondón sobre la calidad del agua de la quebrada “El Atajo”, en base a parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados obtenidos fueron comparados con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECAs). La investigación se desarrolló en épocas de avenida y en estiaje, estableciendo estaciones de muestreo en zonas estratégicas. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos *in situ* como temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica; en laboratorio se determinaron parámetros como sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, nitrógeno amoniacal y dureza total. A su vez se determinaron parámetros microbiológicos como Coliformes totales y Coliformes termotolerantes o fecales.

Los resultados de los análisis arrojaron valores de alto riesgo por la presencia de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales con niveles de concentración superiores a 1600 NMP/100 ml. Asimismo cabe destacar que la Demanda Bioquímica presentó el nivel de concentración más alto de 15,3 mg/L en época de estiaje.

Palabras clave: Calidad del agua, análisis fisicoquímico, microbiológico, residuos sólidos.

ABSTRACT

The present investigation sought to determine the impact of improper disposal of solid waste from the city of Chachapoyas at the Rondón sector on the water quality of the creek “El Atajo”, based on physico-chemical and microbiological parameters. The results were compared with the National Environmental Quality Standards for Water (ECAs). The research was conducted in times of flood and drought, setting sampling stations in strategic areas. Physicochemical parameters as temperature, pH, dissolved oxygen, and electric conductivity were evaluated *in situ*; in the laboratory it were determined parameters as total dissolved solids, total suspended solids, chemical oxygen demand, biological oxygen demand, nitrates, ammonium nitrogen and total hardness. Microbiological parameters such as total coliforms and fecal coliforms were determined too.

The results of the analysis showed high-risk securities by the presence of thermotolerant and total coliforms levels higher than 1600 MPN / 100 ml. We also note that the Biochemical Demand presented the highest level of concentration of 15,3 mg / L in the dry season.

Keywords: Water quality, physico-chemical analysis, microbiological, solid waste.

¹Ingeniero Ambiental. Investigador del INDES-CES, UNTRM.

²Ingeniero Agrónomo. Investigador del INDES-CES, UNTRM. E-mail: soliva@indes-ces.edu.pe

^ajuniormego.91@hotmail.com, ^bpilco1540@outlook.com, ^cjhesibel.chavez@untrm.edu.pe, ^ddamaris.leiva@untrm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

El agua es el elemento vital para el desarrollo de muchas actividades, y actualmente, la insuficiencia de este elemento limita el adelanto de muchos países del tercer mundo. La mayor parte de las predicciones muestran que la escasez de agua será un problema cada vez más frecuente y creciente, sobre todo en los países que se encuentran en vías de desarrollo (UNESCO, 2003). Tal es el caso de nuestro país, en el que, diariamente, las diferentes actividades humanas realizadas han generado o generan residuos sólidos; los mismos que, sin un adecuado manejo, pueden causar problemas ambientales en zonas urbanas y rurales. Especialmente si se realiza una inadecuada disposición final, ya que entonces se convierten en riesgos a la salud y al medio ambiente a corto y largo plazo.

Los problemas ambientales, que suceden en el Departamento de Amazonas, derivan de la contaminación de los ríos por el vertimiento de residuos sólidos, evacuación de aguas servidas de las principales ciudades, así como por los herbicidas y demás productos químicos que son utilizados en agricultura (Comisión Ambiental Regional, 2009). Estos problemas causan una gran alteración en la cantidad y calidad de agua de los ríos, con consecuencias en la salud, en el transporte, y demás aspectos de la vida de los pobladores.

El manejo inadecuado de los residuos sólidos genera graves problemas en la calidad de vida de los ciudadanos y en la contaminación ambiental al no contar con un adecuado método de disposición final de los mismos, donde su adecuado destino final es una responsabilidad compartida entre ciudadanos y autoridades (Chérrez, 2011). Esta contaminación de los recursos hídricos superficiales es un problema grave, debido a las descargas de residuos sólidos que incorporan sustancias peligrosas y tóxicas para la salud, como metales pesados e hidrocarburos policíclicos (Gordillo y Jimbo, 2011).

La ciudad de Chachapoyas, presenta problemas ambientales de gran importancia, debido a su crecimiento poblacional y comercial en los últimos años, el cual sigue ocasionando un acelerado incremento de los residuos sólidos, y al seguir la cadena, estos residuos sólidos son arrojados en las principales fuentes de agua de la ciudad convirtiéndose en un foco de contaminación. Esto ocurre con la quebrada “El Ata-

jo” en la que actualmente se arrojan alrededor de 17 toneladas de residuos sólidos al día y que caen directamente en la quebrada, sin contar residuos peligrosos; esto significa que al mes se arrojan 523,2 toneladas, y al cabo de un año el río Sonche (afluente de “El Atajo”) recibe aproximadamente 6365,6 toneladas de residuos sólidos (Municipalidad Provincial de Chachapoyas, 2013). Esto ha ocasionado el deterioro ambiental de la quebrada, además de que la población se encuentra expuesta al riesgo ambiental por contaminantes.

Debido a la amplia gama de contaminantes tipo papel, latas, fundas de basura, materia orgánica y microorganismos que se incorporan en el cuerpo de agua, es indispensable conocer las características físicas, químicas y biológicas del agua antes de seleccionar su utilidad en diferentes actividades humanas (Gordillo y Jimbo, 2011).

La evaluación de la calidad del agua de la quebrada “El Atajo” pretende ser de utilidad como base para la toma de decisiones por parte de las entidades competentes para un futuro cierre del actual botadero y una rápida solución al problema social y ambiental.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de influencia del presente estudio y que representa un problema social y ambiental, es el botadero de Rondón (185780 E y 93116785 S), que se encuentra ubicado a 6 Km de la ciudad de Chachapoyas, en la carretera que parte a la provincia de Rodríguez de Mendoza, a una altitud de 2184 m s. n. m, en el cerro Picushpata, sector Rondón, provincia de Chachapoyas. Dicho botadero, con más de 36 años de funcionamiento, tiene una caída de aproximadamente 200 metros desde el borde de la carretera hasta su parte más profunda, derivando sobre una quebrada denominada “El Atajo” (182107 E 9310575 S); esta quebrada pertenece a la cuenca de cuarto nivel Taquiahuayco, en la que sus aguas desembocan en el río Sonche que es afluente del río Utcubamba, principal río del departamento de Amazonas (Figura 1).

Para determinar el impacto en la calidad del agua de la quebrada “El Atajo” ocasionado por la inadecuada disposición final de los residuos sólidos municipales del botadero de Rondón, el muestreo y los análisis fisicoquímicos y microbiológicos fueron realizados en

tres fases de acuerdo a las estaciones de muestreo establecidas dentro de la quebrada “El Atajo” y del río Sonche. Estas fases se detallan a continuación:

Fase preliminar

Se inició con la revisión de la información bibliográfica, reconocimiento *in situ* del lugar, delimitación del área de estudio y ubicación de las estaciones de muestreo con el software ArcGis 10.2.

Fase de campo

El tiempo de muestreo se dividió en dos etapas estacionales, la época de avenidas y la época de estiaje (Dirección General de Salud Ambiental, 2007). En la época de avenidas, que va desde diciembre a mayo, la recolección de los datos se realizó en el mes de marzo; mientras que para la época de estiaje, que va desde junio a noviembre, la recolección de los datos se realizó en octubre. La frecuencia de muestreo fue de tres repeticiones cada 15 días en las dos épocas.

Se establecieron cinco estaciones de muestreo dentro del área de estudio tratando de que cada estación fuera representativa de la masa de agua y de las características de la zona de estudio a la que perteneciera (Tabla 1). Dentro de las cinco estaciones, tres se ubicaron en el cauce principal de la quebrada “El Atajo”, y las otras dos restantes se localizaron 50 m aguas arriba y aguas abajo desde el punto de vertimiento de la quebrada “El Atajo” en el cauce del río Sonche. Toda esta metodología se siguió de acuerdo al protocolo de la Dirección General de Salud Ambiental (2007). Las estaciones de muestreo fueron georreferenciadas según el sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) (Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas y altitud de las estaciones de muestreo

Estación de muestreo	Coordenadas UTM		Altitud m s. n. m.
	Norte	Este	
E1	9311593	186032	1986
E2	9311816	186058	1973
E3	9312335	186441	1850
E4	9312439	186530	1832
E5	9312492	186563	1830

En las estaciones de muestreo se determinaron parámetros fisicoquímicos como oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica con el apoyo del equipo multiparamétrico SI Analytics.

La recolección de muestras para su posterior análisis fisicoquímico en laboratorio se realizó en recipientes de

un litro, mientras que para los parámetros como DBO5 estas colectas de aguase realizaron en recipientes oscuros y evitando el ingreso de oxígeno. La recolección de muestra para análisis microbiológico se realizó en recipientes estériles de un litro. Estas muestras recolectadas se transportaron guardando la pertinente cadena de frío para su análisis dentro de las 24 horas correspondientes, según establece la Dirección General de Salud Ambiental (2007).

Fase de laboratorio

La concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se determinó siguiendo el procedimiento de APHA (2005). Complementariamente, la determinación de parámetros microbiológicos (P-MB) como coliformes totales (CT) y coliformes fecales (CF), se realizó con la técnica del número más probable (NMP); así, las bacterias cultivables se obtuvieron a través de la técnica de fermentación de tubos múltiples con 10 diluciones y cinco réplicas por cada dilución, siguiendo el procedimiento de APHA (2005). Para el grupo de coliformes totales se realizó la siembra en caldo lauril sulfato para el enriquecimiento, y la resiembra de los tubos positivos en caldo Brilla para su confirmación. Ambos fueron incubados a 37 °C (± 0.5), realizando conteos a las 24 y 48 horas. 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°C por 48 horas.

Los parámetros fisicoquímicos como dureza total (DT) se realizaron por el método volumétrico. Por absorbancia se determinaron parámetros como concentración de amonio, nitratos y demanda química de oxígeno (DQO); los sólidos totales en suspensión (STS) se realizaron por filtración al vacío, mientras que la DBO5 se realizó por diluciones.

Procesamiento de la información

Una vez obtenidos los resultados del laboratorio, se realizó el análisis e interpretación de cada uno de los parámetros evaluados. Asimismo se realizó la comparación con los valores establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua de la Categoría 4 (Conservación del ambiente acuático).

Para todo este proceso se hizo uso de la estadística descriptiva, a través de la cual se facilitó la comparación respectiva utilizando el Software Microsoft Office Excel 2013 para la elaboración de los gráficos estadísticos pertinentes.

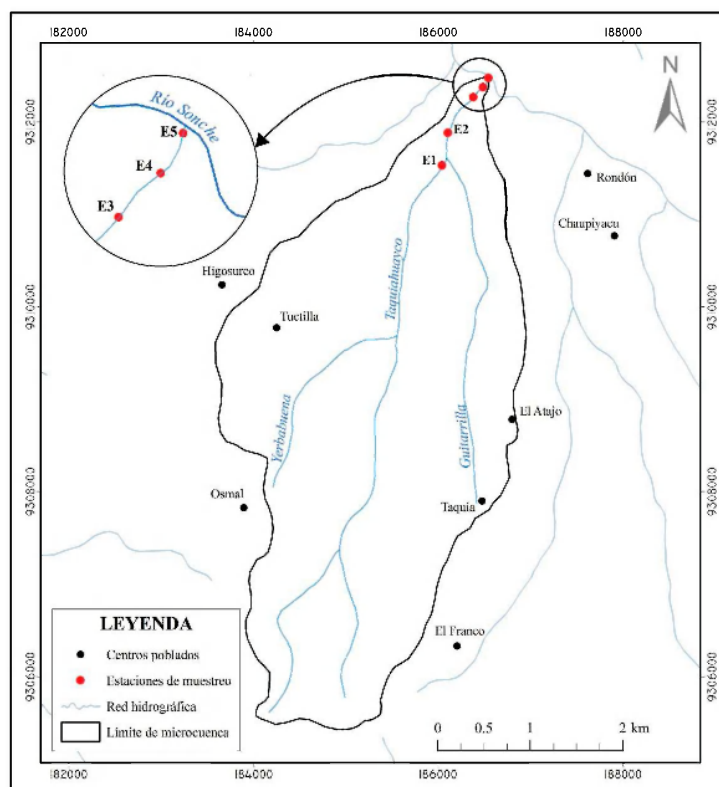


Figura 1. Mapa de ubicación de las estaciones de muestreo en la quebrada "El Atajo" y río Sonche

III. RESULTADOS

3.1. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la quebrada "El Atajo":

Los parámetros que no cumplieron los ECAs, para la categoría 4, fueron: Oxígeno disuelto, con valores de 4,88 y 3,79 mg/L en las estaciones E2 y E3, respectivamente; demanda bioquímica de oxígeno, con un valor

de 15,3 mg/L en la estación E3; coliformes totales y termotolerantes, con valores superiores a 1600 NMP/100ml en las estaciones E2, E3 y E5; todos estos parámetros fueron determinados en la época de estiaje. Por otra parte, los Sólidos suspendidos totales, con un valor de 125 mg/L en la estación E2, no cumplieron con los estándares para la época de avenidas (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que no cumplieron con los ECAs, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático)

Estación de Muestreo	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos				
	Oxígeno disuelto (mg/L)	SST mg/L	DBO ₅ mg/L	Coliformes totales (NMP/100mL)	Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)
Época de avenida					
E1	8,17	77	2,44	-	-
E2	6,82	125	4,54	-	-
E3	6,50	82	3,31	-	-
E4	8,79	62	2,91	-	-
E5	8,78	67	2,72	-	-
Época de estiaje					
E1	7,64	34	7,48	900	500
E2	4,88	68	9,7	≥1600	≥1600
E3	3,79	53	15,3	≥1600	≥1600
E4	8,56	44	4,4	500	500
E5	8,54	46	4,6	≥1600	≥1600
Categoría 4 (ECA)	≥5	<25 - 100	<10	3000	2000

Los parámetros que cumplieron con los ECAs, en la categoría 4 de Conservación del ambiente acuático fueron: Temperatura, pH, Sólidos disueltos totales,

Nitratos y Nitrógeno amoniacal, en todas las estaciones y durante las dos épocas de muestreo (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que cumplieron con los ECAs, categoría 4 (Conservación del ambiente acuático)

Estación de Muestreo	Parámetros fisicoquímicos				
	Temperatura °C	pH (Unid. pH)	SDT mg/L	Nitratos (N-NO ₃) mg/L	Nitrógeno amoniacal mg/L
Época de avenida					
E1	15,23	8,32	142,20	4,25	0,008
E2	16,23	8,23	185,40	5,45	0,019
E3	14,20	8,34	154,00	3,91	0,014
E4	14,47	8,25	115,68	7,42	0,012
E5	13,87	8,28	115,56	7,54	0,013
Época de estiaje					
E1	18,37	8,39	117,30	1,02	0,002
E2	18,5	8,00	133,40	1,84	0,008
E3	18,20	8,32	131,20	0,85	0,006
E4	16,60	8,03	83,08	5,83	0,004
E5	16,00	7,96	83,06	5,80	0,004
Categoría 4 (ECA)	---	6,5 – 8,5	500	10	0,02

1.1. Comparación de los parámetros de calidad del agua de la quebrada “ElAtajo” y el río Sonche, con los ECAs para agua (Categoría 4)

Los parámetros comparados con el ECA (categoría 4), que no estaban acordes con los valores fueron los siguientes:

Oxígeno disuelto (OD)

Las concentraciones de oxígeno disuelto de las estaciones E2 (4,88 mg/l) y E3 (3,79 mg/l), en época de estiaje, estuvieron por debajo del rango permisible establecido en los ECAs para agua (≥ 5 mg/l). En el Gráfico 1 se puede observar la tendencia del oxígeno disuelto medido en cada una de las cinco estaciones por épocas de muestreo.

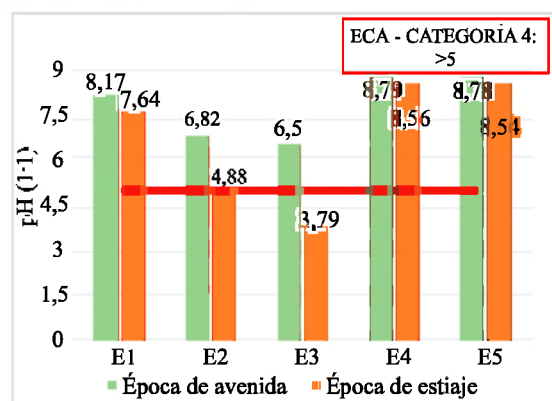


Figura 2. Concentración de oxígeno disuelto y Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua.

Sólidos suspendidos totales (SST)

En época de avenidas, la concentración de SST en la estación E2 sobrepasó los niveles establecidos en el ECA para agua (≤ 25 –100 mg/L) para la categoría 4, reportando un valor de 125 mg/L en la quebrada “El Atajo”. En la Figura 2 se puede observar la tendencia de los SST medidos en cada una de las cinco estaciones por épocas de muestreo.

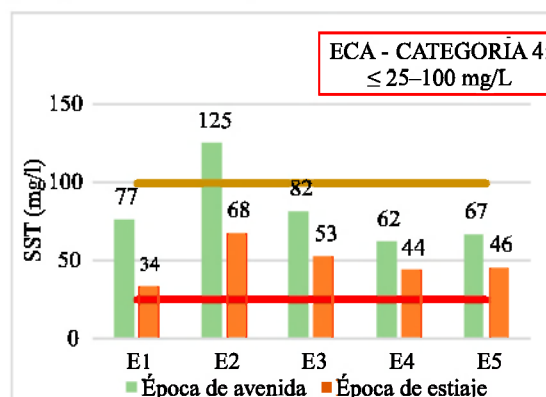


Figura 3. Sólidos suspendidos totales (SST) y Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

En época de estiaje, la concentración de la DBO₅ se incrementó, siendo el valor más elevado 15,3 mg/l, correspondiente a la estación E3, y sobrepasando los niveles permisibles establecidos (< 10 mg/l). En la

Figura 4 se puede observar la tendencia de la DBO, medida en cada una de las cinco estaciones por épocas de muestreo.

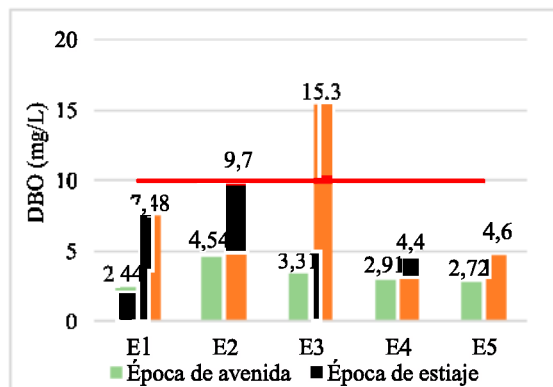


Figura 4. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua

Coliformes totales (CT) y termotolerantes (CF)

En la época de estiaje las estaciones de muestreo E2, E3 y E4, presentaron concentraciones de Coliformes totales y termotolerantes que excedieron los niveles permisibles establecidos, con 2,000 NMP/100 mL, y 3,000 NMP/100 mL, respectivamente. Asimismo, en el Figura 5 se puede observar la tendencia de estos dos parámetros medidos en cada una de las cinco estaciones en la época de estiaje.

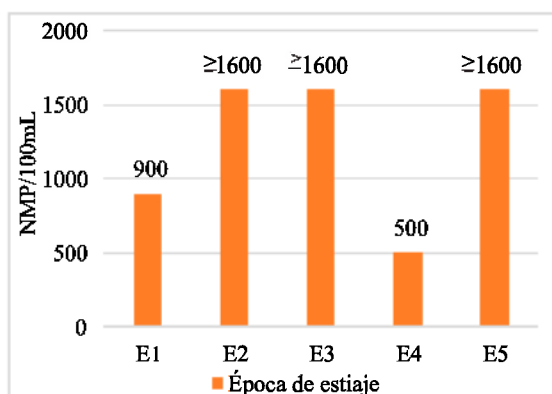


Figura 5. Coliformes totales y termotolerantes y Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua

IV. DISCUSIÓN

Los parámetros que se vieron influenciados por la inadecuada disposición final de los residuos sólidos fueron: oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sólidos totales suspendidos, coliformes totales y termotolerantes. Estos resultados son similares a los obtenidos en el trabajo de investigación de Lara (2007), quien obtuvo valores bajos de oxígeno disuel-

to (5,6 mg/L) y valores altos de la demanda bioquímica de oxígeno (13 mg/L) en los puntos de muestreo aguas abajo del botadero de basura "El Angel", en Ecuador, lo que indica mayor grado de contaminación. Respecto a los sólidos totales suspendidos se obtuvieron valores muy altos, de 154 mg/L, debido en parte a la época lluviosa, y es que existe un mayor arrastre de suelo. En cuanto a los coliformes totales y termotolerantes, los datos obtenidos en el presente estudio se desvían de los obtenidos en el de Lara (2007), en el cual se presentan valores de coliformes totales de 240 NMP/ml, y de 75 NMP/ml para coliformes termotolerantes, mientras que los encontrados en este estudio superan los 1600 NMP/ml para ambos parámetros microbiológicos. Asimismo, Aliaga (2010), en su investigación obtuvo valores altos de coliformes totales (5000 NMP/ml) y coliformes termotolerantes (1000 NMP/ml) en el río Chillón (Perú), debido al vertimiento de aguas residuales y la presencia de un botadero cercano al río, lo que influye también en los valores bajos de oxígeno disuelto (3,7 mg/L) y los altos valores de la demanda bioquímica de oxígeno (14 mg/L).

Al centrarnos en los datos obtenidos de oxígeno disuelto se observa que los valores son bajos en las estaciones de muestreo E2 (4,88 mg/L) y E3 (3,79 mg/L) para la época de estiaje; esto puede deberse a la baja cantidad de agua, poco flujo y a la presencia de carga orgánica en descomposición proveniente de los residuos sólidos, la cual consume el oxígeno disuelto (Gonzales, 2011). Estos niveles bajos de oxígeno encontrados son acordes a los que aparecen en Manahan (2007), donde ocurre que el oxígeno disuelto se consume durante la degradación de la materia orgánica en el agua; además, en estudios anteriores como el de Zúñiga (1999), se ha determinado que a medida que aumentan los desechos orgánicos, disminuye el oxígeno disuelto. Igualmente, Montalvo (2000), concluye que el déficit de oxígeno disuelto está relacionado con la elevada proporción de materia orgánica existente en el agua; es así que, Melrose *et al.* (2007) relacionan la producción de materia orgánica por procesos fotosintéticos en una zona enriquecida por nutrientes de origen antrópico, con un gran consumo de oxígeno disuelto aeróbicamente, que induce a una reducción en su concentración, produciéndose procesos de hipoxia en el agua.

En cuanto a los resultados obtenidos de STS (25–100 mg/L) y DBO (<10 mg/l), estos, en la época de avenidas, en la estación de muestreo E2 (125 mg/L), no se encontraban dentro de los estándares, debido a que en esta época hay incremento de caudal; de igual manera ocurrió en la estación de muestreo E1 (77 mg/l), donde los valores son regularmente altos pero no sobrepasan los estándares. Sin embargo, durante el recorrido por la E2 (125 mg/L) ya se ve influenciado por el arrastre de materiales sólidos y del fondo que se incorporan a la masa de agua y permanecen suspendidos, sumándose a esto las partículas que son lixiviadas del botadero de Rondón que a su vez pueden ayudar a la adhesión de metales pesados y muchos otros compuestos orgánicos tóxicos y pesticidas (Miranda, 2009). Sin embargo, los SST disminuyen en época seca, y esto sucede por la disminución del flujo de agua ante la escasa precipitación.

En relación al DBO se encontró que en la E3 (15,3 mg/L) sobrepasó los niveles establecidos por los ECA, coincidiendo con los valores saturados de OD en la misma estación y época de muestreo; según Lansing (1994), en un estudio realizado en el Mississippi, la demanda bioquímica de oxígeno es un indicador de la proporción de materia orgánica de naturaleza fácilmente biodegradable. Así pues, la mayor tasa de degradación ocurre en verano como consecuencia de un incremento de la actividad microbiológica al aumentar la temperatura, principalmente en lugares donde hay fuerte estacionalidad.

Los resultados referidos a los parámetros microbiológicos de coliformes totales y coliformes termotolerantes presentan elevadas concentraciones que no cumplen con los ECA. Según Mitchell *et al.* (1991), la presencia de coliformes en aguas superficiales indica contaminación procedente de residuos humanos y animales. Las bacterias coliformes están adaptadas para vivir en el tracto gastrointestinal, considerado como su hábitat primario, aunque pueden sobrevivir en el agua residual y cuerpos acuáticos receptores, que son considerados hábitats secundarios (Gordon *et al.*, 2002). También Obiri-Danso y Jones (2000), indican que la presencia de las bacterias coliformes en agua se interpreta como contaminación reciente, debido a que el tiempo de supervivencia de las bacterias es menor, mientras que en el sedimento puede indicar una contaminación pre-

via, validando dicho enunciado debido a los resultados obtenidos de los flujos de agua de la quebrada “El Atajo”; y es que en este caso se observaron residuos humanos y animales en estado de putrefacción causantes de la elevada concentración de estos parámetros.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a través de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, tanto *in situ* como en laboratorio, demuestran que la disposición inadecuada de los residuos sólidos de la ciudad de Chachapoyas impacta considerablemente en la calidad del agua de la quebrada “El Atajo” durante las dos épocas de estudio, viéndose reflejado en las bajas concentraciones de oxígeno disuelto y altas concentraciones de sólidos suspendidos totales, elevada demanda bioquímica de oxígeno, y valores altos de coliformes totales y fecales. La quebrada “El Atajo” no tiene aptitud de uso para conservación de ambientes acuáticos debido a que presenta valores que superan el estándar de calidad ambiental en los parámetros de oxígeno disuelto, en las estaciones E2 y E3, de sólidos suspendidos totales, en la E2, de demanda bioquímica de oxígeno, en la estación E3, y de coliformes totales y termotolerantes, en las estaciones E2, E3 y E5.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, M. “Situación ambiental del recurso hídrico en la cuenca baja del río Chillón y su factibilidad de recuperación para el desarrollo sostenible”. Lima, Perú. 2010.
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Work Association) and WPCF (Water Pollution Control Federation). “Standard methods for examination water and wastewater”. Washington: APHA. 2005
- Gonzales C. “Monitoreo de la Calidad del Agua”. Puerto Rico: Colegio de Ciencias Agrícolas, 2011.
- Comisión Ambiental Regional. “Plan estratégico regional de los recursos hídricos de Amazonas”. Amazonas - Perú. 2009.
- Chérrez, D. “Los desechos sólidos y su incidencia en el medio ambiente del cantón Cevallos provincia de Tungurahua”. Ambato—Ecuador. 2011.

- Gordillo, D. y T. Jimbo. "Determinación de presencia de metales pesados e hidrocarburos aromáticos en los ríos Zamora Huayco y Jipiro, y su incidencia en la salud de los moradores del sector Sauces Norte". Loja – Ecuador. 2011.
- Gordon, D., S. Bauer y R. Johnson. "The genetic structure of *Escherichia coli* populations in primary and secondary habitats". *Microbiology*, Vol. 148 (2002): 1513-1522.
- Dirección General de Salud Ambiental. "Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales". Lima - Perú. 2007.
- Lansing, M. "Mineralization of organic material and bacterial dynamic in Mississippi River plume water". *Estuaries*, Vol. 17 (1994): 816-828.
- Lara, D. "Estudio de impacto ambiental ex – post y formulación de un plan de manejo ambiental para el botadero de basura de El Ángel". Carchi - Ecuador. 2007.
- Manahan, S. "Introducción a la química ambiental". Primera edición. México DF. Editorial Reverte UNAM. 2007.
- Melrose, D., C. Ovita y M. Berman. "Hypoxic events in Narragansett Bay, Rhode Island, during the summers of 2001". *Estuaries and Coasts*. Vol. 70 (2007): 47-53
- Miranda, M. "Calidad de Aguas. Tesis para obtener el grado de ingeniero químico, Universidad de Mayaguez, Puerto Rico". 2009.
- Mitchell, M., W. Stapp y K. Bixby. "Manual de campo de proyecto del río. Una guía para monitorear la calidad del agua en el río Bravo". Segunda edición. México. 1991.
- Montalvo, J. "Calidad químico ambiental en las lagunas costeras Viaducto y Laguna Grande. Tesis presentada en opción del título de maestro en Química Analítica". 2000.
- Municipalidad Provincial de Chachapoyas (MPCH). "Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos (PIGARS)". Chachapoyas – Perú. 2013.
- Obiri-Danso, K. y K. Jones. "Intertidal sediments as reservoirs for hippurate negative *Campylobacters*, *Salmonellae* and faecal indicators in three EU recognized bathing waters in North West England". *Water Research*. Vol. 34 (2000): 519-527.
- UNESCO. "Agua para todos, agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo". París, Francia, 2003.
- Zúñiga, M. "Participación comunitaria en evaluación de la calidad en corrientes superficiales del valle del Cauca". *Revista Ainsa*. Colombia. Vol. 13 (1999): 66-91.