



ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA CHICAMA, PERÚ

Management and quality of Chicama drainage basin, Peru

Ana Marlene Guerrero Padilla

Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo-Perú. Av. Juan Pablo II s/n- Ciudad Universitaria. Trujillo - Perú.
Correo electrónico: mguerrero@unitru.edu.pe

RESUMEN

El trabajo tuvo como principal objetivo realizar un enfoque a largo plazo con una visión integrada del Sistema de Gestión de la Calidad de agua de la cuenca hídrica del río Chicama. Se ubicaron cuatro estaciones de muestreo, Punta Moreno, Toma Paijan, Puente Victoria y Puente Coreaga, durante los meses de julio a diciembre del 2013, evaluándose parámetros físico-químicos y bacteriológicos de acuerdo a normas APHA 2012, para uso agrícola de la cuenca del río Chicama, cuyos parámetros evaluados se encontraron dentro los estándares de calidad, excepto para coliformes totales y fecales, según ECA- D.S.002-2008-MINAM y normas internacionales (EEC). Estos resultados permitirán la toma de acciones para realizar gestión de la calidad de agua de uso agrícola, dentro del marco de la Gestión Integrada de la Ley de Recursos Hídricos; configurándose como la herramienta útil que guiará el proceso de transición desde un manejo sectorial y desarticulado del agua, dentro de un esquema de seguridad jurídica considerando al agua como un bien económico, al cual se le debe dar un aprovechamiento eficiente y sostenible.

Palabras clave: Gestión, calidad de agua, río Chicama.

ABSTRACT

This work has as main objective to carry out a long-term vision of the quality management system of water from Chicama river basin. Four sampling stations, Punta Moreno, Toma Paijan, Victoria Bridge and Coreaga Bridge were located during the months of July to December 2013, evaluating physicochemical and bacteriological parameters according to APHA standards, 2012, for agricultural use in the basin the Chicama river. These parameters were evaluated within quality standards, except for total and fecal

coliforms, as ECA-DS002-2008-MINAM and international laws (EEC). Results allow taking action to manage quality water for agricultural use, within the framework of Integrated Water Resources, configured as a useful tool to guide the transition process from a sector of water management and disjointed, within a framework of legal certainty considering water as an economic good, which should be given an efficient and sustainable use.

Key words: Management system, quality water, Chicama river.

INTRODUCCIÓN

El río Chicama, en Perú, tiene su origen en la Cordillera Occidental de los Andes a 4 300 msm. en la laguna Callacuyán y desemboca en el Océano Pacífico. En sus 160 km de recorrido es alimentado por varios afluentes, siendo la principal fuente de abastecimiento de agua superficial del valle. Su régimen de descarga es torrencioso e irregular; y generalmente en los meses de enero a marzo se producen las mayores descargas mensuales, las que representa aproximadamente el 50% de la masa total anual. Por ser una zona sobre la que no llueve de manera normal, contribuye mínimamente al escurrimiento superficial del río, por lo tanto, se caracteriza por presentar descargas muy bajas en épocas de estiaje que ocurre entre abril y diciembre (INRENA 2003).

Las redes de control de la calidad de los ríos y lagos, consisten en sistemas que vigilan la calidad de las aguas y el estado ambiental de los ríos. Con ellas se pueden detectar las perturbaciones que sufren los ecosistemas fluviales y se recoge información científica y económica sobre los recursos hídricos (Sierra 2011). Por muchas décadas se tiene conocimiento de los problemas de contaminación en lugares como la desembocadura del río Nilo o los canales de Venecia, y actualmente este problema se encuentra mucho más extendido (Thorne & Peterson 1981, Littlewood 1992, Gilpin et al. 2002, Miller et al. 2007, Rosso et al. 2013).

Estudios en el río Amajac, en México, presenta valores por encima de la norma del índice de calidad de agua, tales como sólidos solubles, sólidos totales, oxígeno disuelto y coliformes fecales y totales (Alvarez et al. 2006). Así mismo en el río Santa Cruz, en Sonora, México, en la época de estiaje se observaron las concentraciones más altas de los parámetros evaluados, excepto el pH. A excepción de los nitritos, se considera que la calidad del agua y sedimento en el río Santa Cruz, Sonora, es buena (Posada et al. 2000). En Colombia en el año 2000, se evaluó los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua de la cuenca Piedras Blancas - Antioquia. Estas variables fisicoquímicas mostraron fluctuaciones bajas a lo largo del estudio, excepto la conductividad y los sólidos totales, cuyos cambios estuvieron relacionados con la alta pluviosidad durante el período de estudio (Solis et al. 2011).

En Perú, la Estrategia Nacional para la Gestión de los Recursos Hídricos Continentales, establece la protección de la calidad de los recursos hídricos, por lo que hay la necesidad de implementar los mecanismos necesarios para la protección de las cuencas hidrográficas y acuíferos. La calidad del agua se ha visto afectada principalmente por los relaves mineros con metales pesados que son arrojados a las cuencas hidrográficas, siendo, por ejemplo, los ríos Mantaro, Rímac, Santa e Ilo, entre otros, los que presentan gran contaminación química que causan la pérdida de la biodiversidad (Guerrero 2014). En la

costa peruana la irrigación es indispensable para la agricultura, las descargas de los ríos son fluctuantes estacionalmente y generalmente insuficientes para atender las demandas de la actividad agrícola, por lo que es necesario asegurar el uso eficiente y eficaz del agua. El tipo de agua que se utilice como agua de riego tiene dos efectos importantes: a corto plazo influye en la producción calidad y tipo de cultivo y a largo plazo ciertas aguas pueden perjudicar el suelo hasta hacerlo totalmente estéril para la agricultura (Blair 1965, Pérez et al. 2013).

Cuando se considera la calidad del agua, el problema adquiere una dimensión espacial mayor, en la que están involucradas actividades agrícolas y no agrícolas circunscritas a un territorio, y por lo tanto, la solución ya no depende tan sólo de las prácticas intraprediales, debiéndose buscar los mecanismos de coordinación y acuerdos para preservar la calidad del agua con otros usuarios de este recurso y evitar así los problemas de contaminación puntual y difusa. Además se debe promover la conservación de los recursos naturales a través del establecimiento de sistemas productivos limpios que puedan optar a una certificación. La calidad del agua de riego depende principalmente de su contenido de limo y constituyentes salinos. Entre los factores salinos más importantes para la calidad del agua se encuentran: la concentración total de sales, la proporción de sodio a otros cationes, y la presencia de iones especialmente tóxicos, como el borato o, para algunos cultivos posiblemente el cloruro, el sodio o el bicarbonato (Arango et al. 2008).

La cuenca del río Chicama presenta altos índices de contaminación generados por las actividades humanas y de producción por parte de la población. Entre los principales problemas que afectan este sector debido a su irregularidad, dificulta el desarrollo de las actividades programadas en la administración

de recursos hídricos presentando sequías severas por no contar con riego regulado, la cuenca no dispone con diagnóstico de la infraestructura de riego y drenaje. Por otro lado, la erosión de suelos por mal manejo de aguas y la alta deforestación por los agricultores en su afán de ampliar la frontera agrícola, generan grandes problemas en el deterioro del ambiente y biodiversidad, se ha estimado 400 ha deforestadas a lo largo del río Chicama (Julca 2011).

En este contexto, este trabajo tuvo como objetivo analizar de calidad de agua de la cuenca hidrográfica Chicama en Perú, con la finalidad de realizar estudios que permitan sistemáticamente identificar, cuantificar e interpretar adecuadamente las condiciones ecológicas y socioeconómicas, especialmente la actividad agrícola que se desarrolla en el valle Chicama.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

La cuenca del río Chicama se encuentra en el norte de la Costa del Perú y forma parte de la Cordillera Negra y la vertiente Occidental de los Andes. Sus coordenadas geográficas son 7°21' y 8°01' Sur y 78° 16' y 79°28' Oeste. Geográficamente limita al norte con la cuenca del río Jequetepeque, por el este la cuenca del río Crisnejas, por el sur la cuenca del río Moche y por el oeste con el Océano Pacífico (Fig. 1). El valle Chicama, tiene una extensión de aproximadamente 2.449,34 km² que representa el 42% de la cuenca hidrográfica de Chicama. El valle cuenta con una superficie agrícola de 74.117,29 ha, de las cuales en los años hidrológicamente normales, tiene servicio de riego de aproximadamente 50.000 ha. El Subdistrito Chicama cuenta con cinco Sectores y 12 Subsectores de

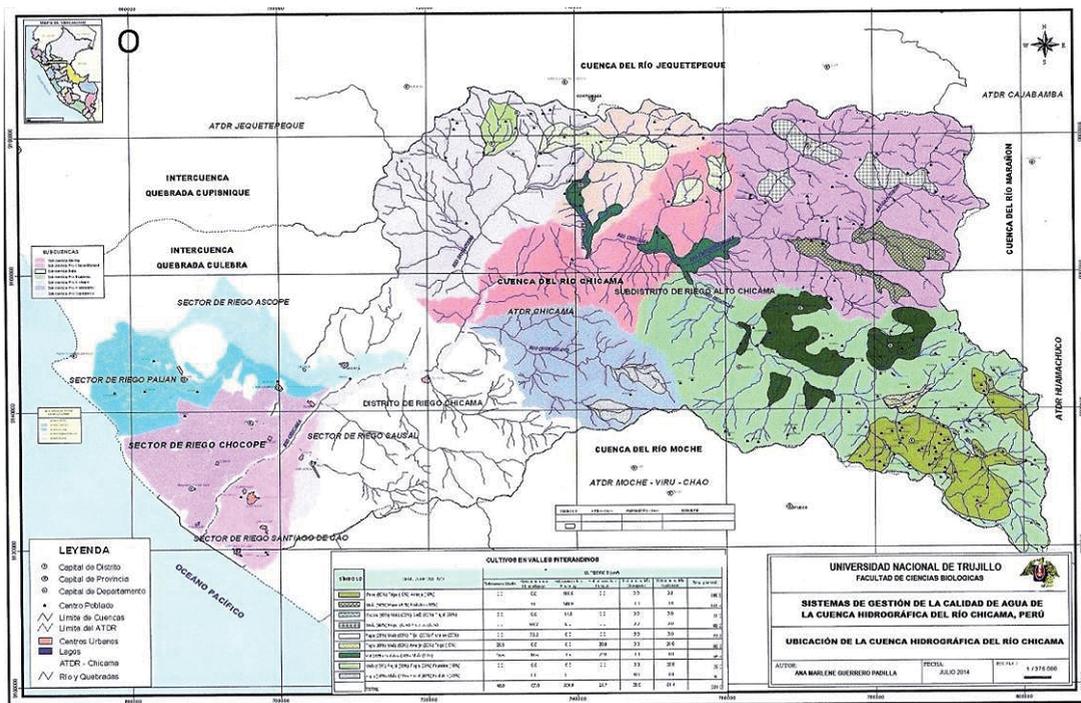


FIGURA 1. MAPA QUE MUESTRA LA UBICACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHICAMA EN PERÚ.

Map showing the location of Chicama river basin in Peru.

riego: Sector Ascope con sus Subsectores de Tesoro, Ascope y Facala; Sector Paiján con sus Subsectores de Paiján y la Pampa; Sector Chocope con sus Subsectores Roma Yalpa y Magdalena de Cao; Sector Santiago de Cao con sus subsectores Chiclin, Chiquitoy y Cartavio-Pongochongo; Sector Sausal con sus Subsectores Pampas de Jaguey, Salinas - Quemazón y Chicama. Los cinco Sectores de Riego agrupan a seis Comisiones de Regantes distribuidas de la siguiente manera: En el Sector de Riego Ascope funciona la Comisión de Regantes Ascope; en el Sector de Riego Paiján funciona las Comisiones de Paiján y

la Pampa; en el Sector de Riego Chocope funciona la Comisión de Regantes Magdalena de Cao-Yalpa; en el Sector de Riego Santiago de Cao funciona la Comisión de Regantes Santiago de Cao y en el Sector de Riego Sausal la Comisión de Regantes Sausal. Se encuentra subdividido en dos Subdistritos denominados Alto Chicama y Chicama teniendo como referencia de divisoria el caserío Punta Moreno a 450 msm. El Sub Distrito de Riego Chicama está conformado por seis Comisiones de Regantes que son: Ascope, Paiján, La Pampa Magdalena de Cao y Yalpa, Santiago de Cao y Sausal.

Metodologías

Las muestras y datos de agua fueron colectadas en las estaciones de monitoreo de Punta Moreno (E1), Toma Paiján (E2), Puente Victoria (E3) y Puente Coreaga (E4), durante los meses de julio a diciembre del 2013. Estas incluyeron: conductividad eléctrica, temperatura, sólidos totales disueltos, pH, turbiedad, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, manganeso, hierro, nitratos, sulfato, fosfatos. El número más probable (NMP) de coliformes totales y fecales por el método de tubos múltiples (APHA 2012), fueron comparados con los valores de los Estándares de Calidad Ambiental ECA D.S. 002-2008 MINAM categoría 3 (MINAM, 2008) y Normas internacionales Comunidad Económica Europea (Unión Europea 2013).

Para evaluar el nivel de contaminación de las aguas de la zona de estudio, se determinaron parámetros físico-químicos, de acuerdo a la normativa vigente de acuerdo a Ley Recursos Hídricos D.L. N° 29338. Los parámetros mencionados se ejecutaron de acuerdo a lo establecido en el Manual de Métodos Normalizados para el análisis de Agua (APHA 2012). Estos parámetros fueron contrastados con los estándares nacionales establecidos por el decreto supremo N° 002-2008 del Ministerio del Ambiente, categoría 3 – Riego de vegetales y bebidas de animales, la Ley de Recursos Hídricos N° 2933811 y ECA-MINAM del año 2012 y la Directiva 2013/105/UE del Parlamento Europeo y del Consejo (Unión Europea 2013).

RESULTADOS

Los registros de los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos, en las cuatro estaciones de muestreo en la cuenca del río Chicama se muestran en la Fig. 2 a 4. Los valores de pH

fueron entre 7,17 y 7,56 (Fig. 2). Los valores promedio de temperatura de agua en todas las estaciones fueron 21°C (Fig. 2), mientras que la conductividad de la cuenca fluctuó entre 1.203,37 y 1.260,89 mS/cm (Fig. 2).

Los valores de turbidez promedio estuvieron entre 10 y 19,80 NTU (Fig. 2). Los valores promedio para sólidos totales disueltos (Fig. 2) se encontraron entre (194,38 y 305,77 mg/l. En relación a los valores promedio de oxígeno disuelto (Fig. 2) se encontraron entre 6,26 y 7,46 mg/l, los cuales superaron los Estándares de Calidad Ambiental ECA, D.S. 002-2008-MINAM. Así mismo los valores promedio de demanda bioquímica de oxígeno (Fig. 3), cuyos valores fluctuaron entre 43,19 y 89,76 mg/l, superando los Estándares de Calidad Ambiental ECA, D.S. 002-2008-MINAM. Los valores promedio para fosfatos (0,39 y 0,46 mg/l) y nitratos (0,17 y 3,65 mg/l) reportados según se indica en la Fig. 3. Asimismo, se indica los valores promedio para sulfatos, cuyos valores fluctuaron entre (78,33 y 92 mg/l), los cuales se encontraron dentro los Estándares de Calidad Ambiental ECA, D.S. 002-2008-MINAM.

Los valores promedio para hierro (Fe) (0,15-0,19 mg/l) y manganeso (Mn) (0,14-0,15 mg/l) (Fig. 3), considerados parámetros con características organolépticas, más no como parámetros indicadores de contaminación. Los valores promedio para coliformes totales (1.070 y 1.550 NMP/100 ml) y coliformes fecales (2.030 y 2.280 NMP/100 ml) (Fig. 4), superaron en ambos parámetros los Estándares de Calidad Ambiental ECA, D.S. 002-2008-MINAM.

DISCUSIÓN

La calidad del agua en su forma natural está determinada por una mayor o menor concentración y composición de las sales

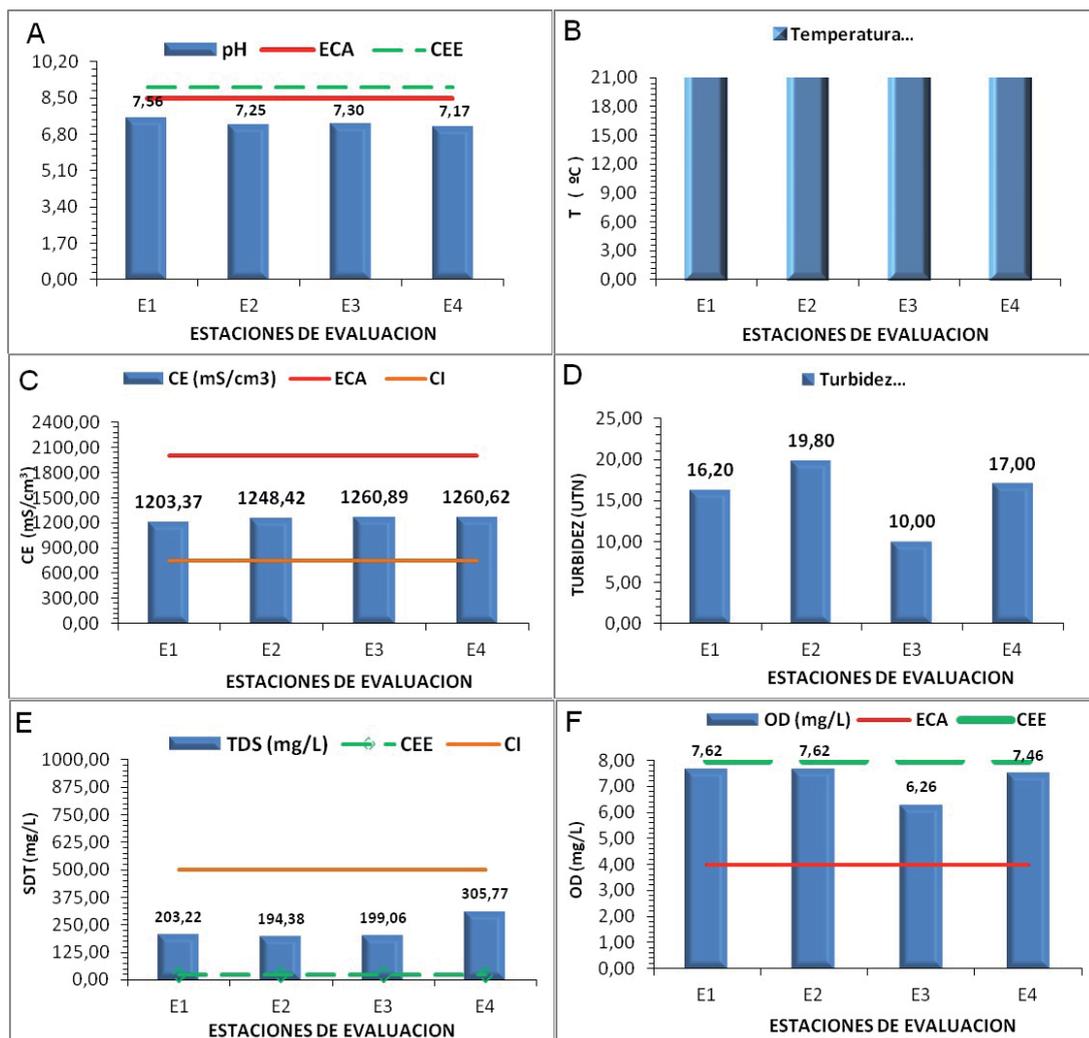


FIGURA 2. VALORES PROMEDIO DE PH (A), TEMPERATURA (°C) (B), CONDUCTIVIDAD (C), TURBIDEZ (D), SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS (E) Y OXÍGENO DISUELTO (F), EN LAS CUATRO ESTACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA, PERÚ.

Averages values of pH (A), temperture (B), conductivity (C), turbidity (D), total dissolved solids (E) and dissolved oxygen (F) in the four sampling stations of the Chicama river basin, Peru.

disueltas que ésta contenga (Sierra 2011). Para evaluar su calidad es necesario conocer a través de diversos análisis, la cantidad de aniones y cationes existentes. Los principales aniones presentes en el agua son los cloruros,

sulfatos, bicarbonatos, carbonatos y nitratos

Los principales cationes son el calcio, magnesio, sodio, potasio u otros constituyentes menores como el boro, litio, selenio, y metales pesados. El análisis de una cantidad de estos

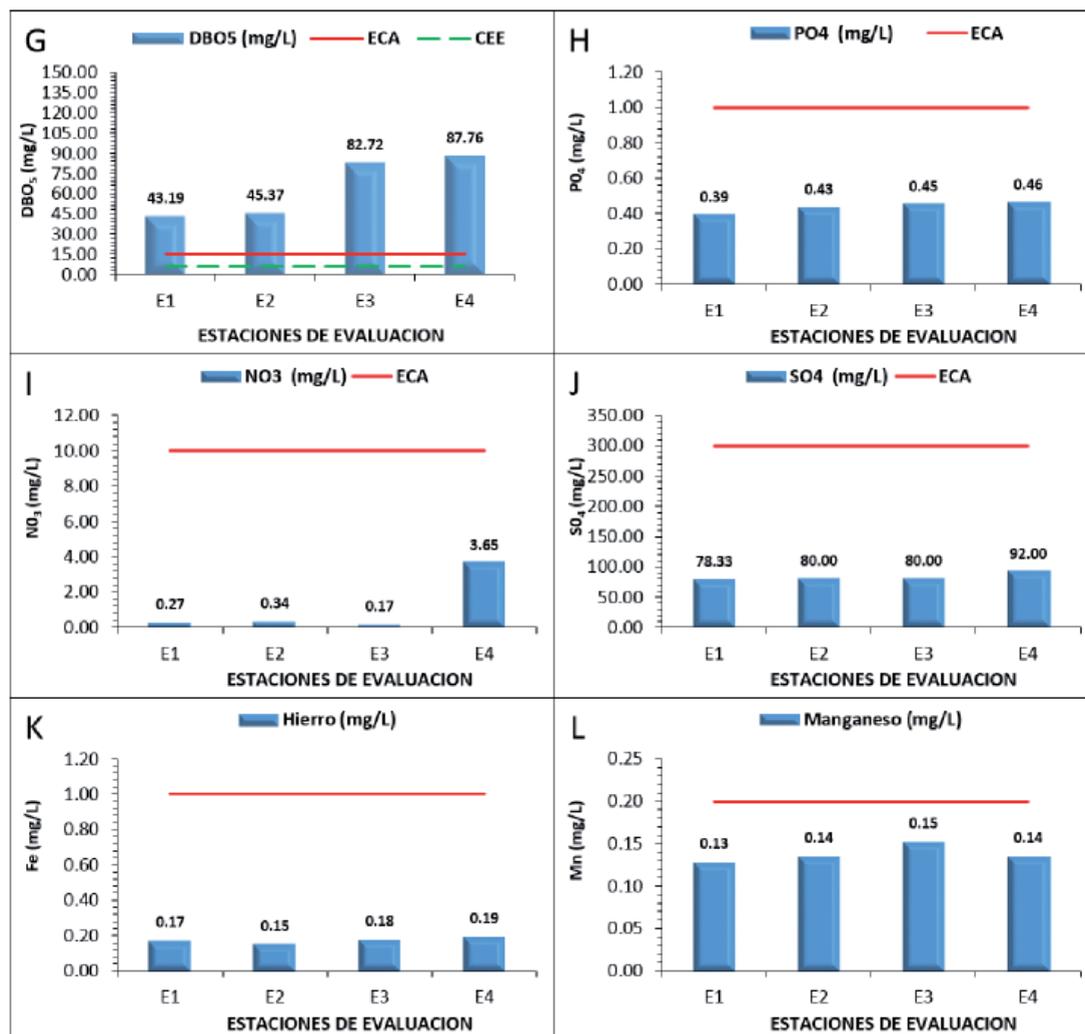


FIGURA 3. VALORES PROMEDIO DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (G), FOSFATOS (H), NITRATOS (I), SULFATOS (J), HIERRO (K) Y MANGANESO (L) EN LAS CUATRO ESTACIONES DE MUESTREO DE LA CUENCA DEL RÍO CHICAMA, PERÚ.

Averages values of biochemical oxygen demand (G), phosphates (H), nitrates (I), sulfates (J), iron (K) and manganese (L) in the four sampling stations of the Chicama river basin, Peru.

constituyentes no hace posible una adecuada evaluación para determinar el efecto que las aguas tienen sobre el suelo y sobre la planta; ya que las condiciones de solubilidad y la capacidad de producir intercambios entre ellos, hace que sus efectos sobre el suelo y su

relación con la succión de la planta (presión osmótica) varíen (Ley de Recursos Hídricos, 2009, MINAM 2012).

En la caracterización física, química y bacteriológica para uso agrícola de la cuenca baja del río Chicama, se determinó el pH

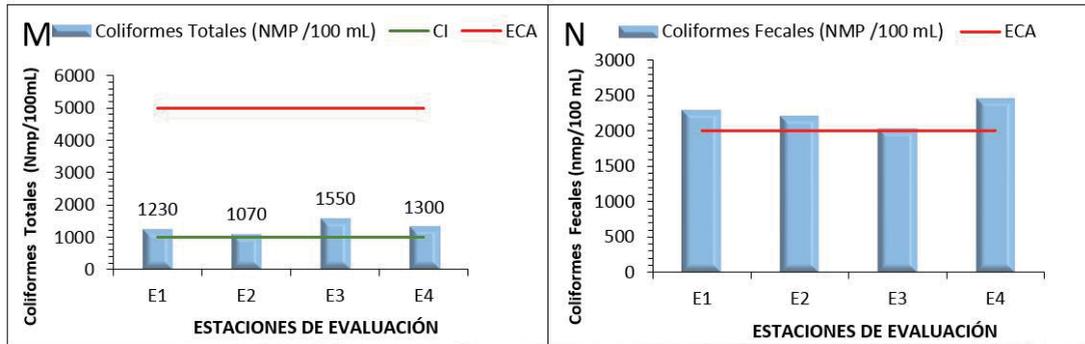


FIGURA 4. VALORES PROMEDIO DE COLIFORMES TOTALES (M) Y FECALES (NMP/100 ml) (N).

Averages values of total (M) and fecal coliforms (N).

(Fig. 2), encontrándose valores favorables para el desarrollo de la biota acuática y no siendo limitantes para ningún uso. Los valores promedio de temperatura en la cuenca del río Chicama fue aproximadamente 21°C (Fig. 2). La temperatura es un factor que permitió el desarrollo de los organismos acuáticos y no es considerado limitante. Se encontró dentro de los valores normales de acuerdo a las estaciones evaluadas.

La conductividad con valores promedio entre 1.203,7-1.260,89 mS/cm (Fig. 2), indica que se trata de aguas blandas y no presentarían restricciones de uso porque tiene baja conductividad. Así mismo los valores promedios de turbidez fluctuaron entre 10 y 10,8 NTU (Fig. 2), y los sólidos totales disueltos reportaron valores promedio 194,38 y 305,77 mg/l (Fig. 2), los cuales se encontrarían dentro los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) D.S. 002-2008 MINAM y estándares internacionales de la Unión Europea (Unión Europea 2013). Así mismo existe similitud con los estudios realizados en la Quebrada Cristalina y Risaralda (Antioquía) reportado por Arango et al. (2008).

La concentración de oxígeno disuelto (Fig. 2) fueron superiores a 4 mg/l, valores que se encuentran dentro de los Estándares de Calidad de agua para uso agrícola categoría 3. Esto es debido a que el lecho del cuerpo de agua constituido por canto rodado permite la formación de turbulencia de agua y por consiguiente en el incremento de la concentración de oxígeno, factor importante para la recuperación de la calidad del agua, porque se incrementa la capacidad oxidante de las aguas de la cuenca y lograr la mineralización de los aportes de materia orgánica que llegan al cauce.

Los valores de demanda bioquímica de oxígeno (Fig. 3) superaron los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) D.S. 002-2008 MINAM y estándares internacionales de la Unión Europea, debido a la presencia de materia orgánica de la actividad humana. En equidad a lo acontecido en la cuenca del río Santa, en la época de estiaje la concentración de DBO5 osciló entre 1,4 mg O₂/l y 5,5 mg O₂/l. En 2003 estudios de la calidad de agua en la cuenca baja del Río Santa presentó valores de 2,85 mg O₂/l y 5,8 mg O₂/l estos

valores están relacionados al año hídrico, los cuales fueron evaluados en la época de estiaje (Comisión Técnica Multisectorial 2004).

Los valores promedios de fosfatos se encontraron entre 0,39 y 0,46 mg/l, nitratos (0,27 y 3,65 mg/l) y sulfatos (78,33-92 mg/l), se indican en la Fig. 3. Estos valores se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) D.S. 002-2008 MINAM y estándares internacionales de Unión Europea. El fósforo es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en las aguas superficiales ocurren nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés en limitar la cantidad de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales y por escorrentía (Sierra 2011).

La presencia de nitratos en el agua del río Chicama se debe al uso de fertilizantes inorgánicos, sobre todo nitrógeno y fósforo. El nitrato es la forma más oxidada que se puede encontrar en el agua del nitrógeno. Se forman en la descomposición de las sustancias orgánicas nitrogenadas, principalmente proteínas. Es importante considerar los nitratos en el tratamiento del agua porque en concentraciones mayores de 10 mg/l como N (45 mg/l como NO_3), se ha comprobado que producen la enfermedad metahemoglobinemia en niños. Las concentraciones de nitrato en efluentes de aguas residuales pueden variar entre 0 y 20 mg/l (INRENA 2003, 2007, Sierra 2011).

Los valores promedio para sulfatos, hierro y manganeso (Fig. 3), parámetros evaluados que se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) D.S. 002-2008 MINAM y estándares internacionales de Unión Europea, lo que indicaría que no es limitante para el uso agrícola. El hierro y el manganeso en la naturaleza siempre se encuentran juntos, estos compuestos son básicamente importantes

en las aguas subterráneas. La presencia de hierro y manganeso en las aguas superficiales se debe al poder disolvente que tiene el CO_2 sobre los estratos del suelo reduciendo los compuestos férricos a hierro soluble (Sierra 2011).

Todas las estaciones evaluadas presentaron contaminación fecal (Fig. 4), presentaron valores superiores a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) D.S. 002-2008 MINAM y estándares internacionales de Unión Europea. Así, estas aguas tendrían restricciones para ser usadas para riego de plantas de tallo corto y bebida de animales. Las estaciones en evaluación están afectadas principalmente por contaminación orgánica, residuos sólidos y por escorrentía de cultivos, esto es, por la proximidad a actividad antropogénica.

La calidad del agua de riego es muy importante para disminuir el problema de la concentración total de sales solubles presentes en el agua, a mayor cantidad de sales menor calidad del agua (Guerrero 2015). La presencia de determinados elementos tóxicos a los cultivos o que dificultan la absorción de otros elementos necesarios para el desarrollo de los mismos. A mayor presencia de estos elementos menor calidad de agua. La presencia de algunos elementos que producen modificaciones en las propiedades físicas del suelo y, por tanto, la infiltración de agua. A mayor presencia de estos elementos menor infiltración de agua (Serrato 1998).

Las actividades antrópicas anteriormente descritas están impactando negativamente sobre el recurso hídrico y los otros factores ambientales directos como son las aguas subterráneas, aspectos sociales, económicos, culturales y estéticos de las diferentes cuencas hidrográficas (INRENA 2007). Como consecuencia de la alteración de la calidad del agua se encostran los suelos, varía el pH y disminuye la velocidad de infiltración y oxigenación de la capa arable. Más aún si

el uso de biocidas para el control de plagas contribuyen a la fijación en el suelo de contaminantes (INRENA 2007).

La agricultura no solamente es el mayor consumidor de los recursos hídricos sino que debido a las ineficiencias en su distribución y aplicación sus efluentes que retornan a los cursos de aguas superficiales o subterráneas contienen grandes cantidades de sales, nutrientes y productos agro-químicos, lo que también constituye al deterioro de su calidad (Sagardoy 1992). El incremento en el uso de insumos agrícolas en muchos países desarrollados y en algunos países en desarrollo también ha originado descargas de productos químicos sin precedentes en las masas de agua, que impiden su reutilización. Se están llevando adelante investigaciones e iniciativas tendientes a disminuir el uso de productos químicos en la agricultura manteniendo, a la vez, buenos índices de producción. Si bien ésta parece ser una de las vías de solución que hay que explorar, todavía estamos muy lejos de una solución satisfactoria. Nos resta el problema de cómo conservar la calidad del agua de un modo sostenible, sin afectar adversamente la producción agrícola (Sarabia et al. 2011).

Un sistema de gestión ambiental es, entre otros aspectos, aquel por el cual se detectan y controlan las actividades, los productos y los procesos que causan, o podrían causar impactos ambientales para minimizar sus efectos (Robinson & Uehlinger 2003, Global Water Partnership 2002, GWP-SAMTAC-Uruguay 2002). Son mecanismos que proporcionan un proceso sistemático y cíclico de mejora continua. El manejo de los recursos hídricos implica dos temas estrechamente relacionados que son el mantenimiento y desarrollo de la cantidad y calidad adecuada del agua (Helmer & Hespanhol 1997, Van Hofwengen & Jaspers 2000). Por consiguiente si no se presta debida atención a los aspectos de calidad el manejo de los recursos hídricos no se puede llevar a cabo

adecuadamente. Van Hofwengen & Jaspers (2000) señalaron que el manejo integrado de recursos hídricos comprende el manejo de las aguas de superficie y subterráneas en un sentido cualitativo, cuantitativo y ecológico desde una perspectiva multidisciplinaria y centrada en las necesidades y requerimientos de la sociedad en materia de agua.

CONCLUSIONES

Las conclusiones son: (a) los parámetros pH, temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, sulfatos, hierro y manganeso se encontraron dentro de los Estándares de Calidad Ambiental ECA D.S. 002-2008 MINAM categoría 3 y Normas internacionales Comunidad Económica Europea. (b) La conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos superaron los valores estándares de calidad de las normas internacionales de la Unión Europea, no siendo así para Estándares de Calidad Ambiental ECA D.S. 002-2008 MINAM categoría 3. (c) La demanda bioquímica de oxígeno, coliformes totales y fecales superaron los Estándares de Calidad Ambiental ECA D.S. 002-2008 MINAM categoría 3 y las normas internacionales de la Unión Europea. (d) El marco normativo estatal referido a la calidad del agua existente es de aplicación casi exclusiva del Ministerio de Salud y ahora a cargo de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), muy pocas entidades conocen y manejan esta normatividad oficial, en la cuenca hidrográfica del río Chicama.

LITERATURA CITADA

ÁLVAREZ J, RUBIÑOS E, GAVI F, ALARCÓN J, HERNÁNDEZ E, RAMÍREZ C, MEJÍA E, PEDRERO F, NICOLÁS E & SALAZAR (2006) Índice de calidad del agua en la cuenca del Río Amajac, Hidalgo, México. Revista

- Internacional de Botánica experimental 75: 71-83.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2012) Standard methods for examination of water and wastewater. APHA (American Public Health Association), WWA (American Water Works Association), WEF (Water Environment Federation), Washington D.C., EUA. 1.100 pp.
- ARANGO M, ÁLVAREZ L, ARANGO G, TORRES O & A MONSALVE (2008) Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquía. Colombia. Revista EIA 9: 121-141.
- BLAIR E (1965) Manual de Riesgos y avenamientos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Zona Andina, Proyecto 39. Programa de cooperación técnica. Lima- Perú. 544 pp.
- COMISIÓN TÉCNICA MULTISECTORIAL (2004) Estrategia Nacional para la gestión de los Recursos Hídricos continentales del Perú. Ministerios de Agricultura; Defensa; Economía y Finanzas; Energía y Minas; Vivienda, Construcción y Saneamiento; Salud y Producción. Perú. 27 pp.
- GILPIN BJ, JE GREGOR & MG SAVILL (2002) Identification of the source of faecal pollution in contaminated rivers. Water science and technology 46(3): 9-15.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP (2002) Una gobernabilidad eficaz para el agua. Documento base para el Diálogo. Documento escrito por Alan Hall, de la GWP Wallingford, con la colaboración de Laura Píriz y Nighisty Ghezae, de la Secretaría de la GWP. 20 pp.
- GUERRERO A (2014) Gestión Integrada de Recursos Hídricos de la Cuenca del río Jequetepeque, Perú. *Sciend* 17(2): 92-117.
- GUERRERO A (2015) Demanda hídrica y calidad de agua de uso agrícola de la cuenca del río Jequetepeque, Perú. *Reviol* 35(2): 5-18.
- GWP-SAMTAC-URUGUAY (2002) Diálogo regional sobre la gobernabilidad de los recursos hídricos. Visión final por ejes temáticos. Relatoría de los diferentes Talleres. GWP-SAMTAC: Uruguay. GWP-SAMTAC-Uruguay. 15 pp.
- HELMER R & I HESPANHOL (1997) Water pollution control-A guide to the use of water quality management principles. Published on behalf of United Nations Environment Programme, Water Supply & Sanitation Collaborative Council, World Health Organization. E & FN Spon an imprint of Thomson Professional London. Weinheim. New York. Tokyo. Melbourne. Madras. 459 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES (2003) Evaluación y ordenamiento de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Chicama-Hidrología. Estudio Hidrológico. Ministerio de Agricultura. INRENA. Perú. 119 pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RECURSOS NATURALES (2007) Evaluación de los recursos Hídricos de la cuenca del río Mala. Estudio Hidrológico. Ministerio de Agricultura, INRENA, Perú. 256 pp.
- JULCA H (2011) Consejo interregional de recursos hídricos de la cuenca del río Chicama. Gobierno Regional La Libertad. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión Ambiental. Informe final de Autoridad Local del Agua (ALA), Perú. 17-24 pp.
- LEY DE RECURSOS HÍDRICOS (2009) Ley N° 29338, Título I: Disposiciones Generales, artículo 2°, Título III: Uso de los Recursos Hídricos, artículo 54°. 2 – 19 pp.
- LITTLEWOOD IG (1992) Estimating contaminant loads in rivers: a review. Institute of Hydrology.
- MILLER JR, & SMO MILLER (2007) Contaminated rivers: a geomorphological-geochemical approach to site assessment and remediation. Springer Science & Business Media.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (2008) Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP). MINAM Resolución Ministerial N° 002-2008. Normas Legales. Diario El Peruano 31 de Julio 2008. Perú. 377.222-377.227.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2012) Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP). MINAM Resolución Ministerial N° 225-2012, para el periodo 2012-2013. Perú. 6 pp.

- PEREZ M, ROJAS J & R GALVIS (2013) Sociedad y servicios ecosistémicos. Perspectivas desde la minería, los megaproyectos y la educación ambiental. Programa Editorial. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 568 pp.
- POSADA J, ROLDÁN G & J RAMÍREZ (2000) Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedra Blancas, Antioquia. Colombia. *Revista de Biología Tropical* 48(1): 59-70.
- ROBINSON T & U UEHLINGER (2003) Using artificial floods for restoring river integrity. *Aquatic Science* 65:181-182.
- ROSSO JJ., NF SCHENONE, AP CARRERA & AF CIRELLI (2013) Concentration of arsenic in water, sediments and fish species from naturally contaminated rivers. *Environmental geochemistry and health* 35(2): 201-214.
- SAGARDOY J (1992) Una visión global de la contaminación del agua por la agricultura. Prevención de la Contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. 19-26 pp.
- SARABIA I, CISNEROS R, ACEVES DE ALBA J, DURÁN H & J CASTRO (2011) Calidad de agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del valle de San Luis Potosí, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 27(2):103-113.
- SERRATO A (1998) Relación Agua Suelo planta, UNA, Edit. Publidrat, Lima, Perú. 200 pp.
- SIERRA C (2011) Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. Digiprint Editores E.U. Bogotá. Colombia. 457 pp.
- SOLÍS G, ISRAEL A, NUBES G, CASTILLO J & F MERAZ (2011) Fisicoquímica del agua superficial y sedimento en el río Santa Cruz, Sonora. México. *Revista Biotecnia* 13(1): 3-9.
- THORNE D & H PETERSON (1981) Técnica de Riego. Editorial Continental. México. 163 pp.
- UNIÓN EUROPEA (2013) Normas de Calidad ambiental aplicables a las Aguas superficiales (UE). Directiva 2013/39/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de agosto de 2013 (citada 31 de diciembre del 2016). Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:226:0001:001>
- 7:ES:PDF
- VAN HOFWEGEN P & F JASPERS (2000) Marco analítico para el manejo integrado de recursos hídricos. Lineamientos para la evaluación de marcos institucionales. Banco Interamericano de Desarrollo: Washington D.C. U.S.A. 92 pp.

Recibido 23/12/2014; aceptado 3/11/2016