



Artículo Original

Demanda hídrica y calidad de agua de uso agrícola de la cuenca del río Jequetepeque, Perú

Water demand and water quality for agricultural use in Jequetepeque River basin, Peru

Ana M. Guerrero-Padilla

Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo-Perú

RESUMEN

Se determinó la demanda hídrica y la calidad de agua de uso agrícola en la cuenca del río Jequetepeque, Perú. La correlación de volúmenes de agua (MMC) y áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (ha) en el Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014, se observó una disminución de la productividad entre los años 2003 al 2005, luego crecimiento productivo alto en año 2012 y en 2014 bajos volúmenes de agua y en consecuencia la pérdida de la actividad agrícola y productiva. En la determinación de la calidad de agua se ubicaron cuatro estaciones de muestreo, evaluándose parámetros físico-químicos, de acuerdo a lo establecido en el Manual de Métodos Normalizados para el análisis de Agua (APHA) y contrastados con los Estándares Nacionales establecidos por el Decreto Supremo N° 002-2008 del Ministerio del Medio Ambiente, categoría 3 – Riego de vegetales y bebidas de animales y Ley de Recursos Hídricos N° 29338 y la Norma Internacional de la Unión Europea (Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Se concluye que las aguas de la cuenca del río Jequetepeque son óptimas para uso agrícola.

Palabras clave: demanda hídrica, calidad de agua, cuenca Jequetepeque

ABSTRACT

The water demand and quality of agricultural water in the Basin of Jequetepeque River, Peru was determined. The correlation of water volumes (MMC) and occupied areas by the bonds of culture (ha) in the Jequetepeque valley during the years 2001-2014, was found a productivity decrease from 2003 to 2005. In 2012 high production growth was found and in 2014 low water volumes in consequently loss of agricultural and productive activities. Four sampling stations were located, physicochemical parameters were evaluated according to the provisions of the Manual of Standard Methods for the analysis of water (APHA) and compared with the National Standards established by Supreme Decree N° 002-2008 of the Ministry of Environment, category 3 – Irrigation of plants and water resources law N° 29338 and International law of Europe Union (Directive 2008/105/CE of European Parliament and Council. It was concluded that waters of the Jequetepeque river basin are optimal for agricultural use.

Keywords: water demand, water quality, Jequetepeque river basin

INTRODUCCIÓN

Los focos más importantes de contaminación del recurso hídrico en las cuencas lo constituyen los vertimientos y relaves mineros, descarga de aguas residuales de uso doméstico e industrial sin tratar, arrojamiento de desperdicios sólidos a los cauces y contaminación difusa de origen agrícola; otro problema ambiental frecuente es la pérdida de continuidad de los ecosistemas hídricos por construcción de obras dentro del cauce, presas y bocatomas, afectando la biodiversidad acuática^{1,2}.

La Asociación Mundial del Agua³ señala que la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua, de la tierra y de los recursos relacionados, a fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de una gestión equitativa que no cause detrimento a la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

La Estrategia Nacional para la Gestión de los Recursos Hídricos Continentales del Perú establece la protección de la calidad de los recursos hídricos⁴, por lo que hay que implementar los mecanismos necesarios para la protección de las cuencas hidrográficas y acuíferos. Por ello, Dourojeanni⁵ afirma que para lograr la gestión integral de los recursos naturales y del agua en particular es necesario materializar de acciones (crecimiento económico y sustentabilidad), procesar transacciones entre actores (equidad) e integrar disciplinas⁶.

Así, por ejemplo, el río Amajac (México) presenta valores por encima de la norma del índice de calidad de agua (I.C.A), como sólidos solubles, sólidos totales, oxígeno disuelto y Coliformes fecales y totales⁷ y en el río Santa Cruz (RSC), Sonora (México), en la época de estiaje, se observaron las concentraciones más altas de los parámetros evaluados, pero, a excepción de los nitritos, se considera que la calidad del agua y sedimento, es buena⁸. En Colombia, se evaluó los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua de la cuenca Piedras Blancas (Antioquia); las 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 estudio⁹.

En la actualidad es importante conocer la calidad del agua para el consumo humano, para el riego de los cultivos y uso industrial. El concepto de Calidad de Aguas, se aplica en relación a una serie de requisitos o normas establecidas basadas en las concentraciones de diversos parámetros físicos, químicos y biológicos. Para regular la calidad del agua nace dentro del marco de ordenamiento de la gestión ambiental del país, uno de los aspectos principales es el establecimiento de Estándares de Calidad Ambiental acorde a las exigencias y orientaciones ambientales actuales, la que se sustenta en el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.¹⁰ Su uso se debe ejercerse de manera eficiente, evitando la afectación de su calidad y de las condiciones naturales de su entorno, respetándose los usos primarios y derechos de uso del agua otorgados, según el artículo 54° según la Ley de Recursos Hídricos N° 29338¹¹.

En el Perú, la calidad del agua es afectada principalmente por los relaves mineros con metales pesados que son arrojados a las cuencas hidrográficas; siendo los ríos Mantaro, Rímac, Santa e Ilo; entre otros, los que presentan gran contaminación química que causan desaparición de fauna y flora. En la Región La Libertad, las cuencas de los ríos Moche y Jequetepeque también sufren la acumulación de contaminantes minero-metalúrgicos causantes de pérdida de la biodiversidad y de la disminución de la capacidad productiva de los suelos agrícolas¹².

La cuenca del río Jequetepeque, que recorre 150 Km de Este a Oeste, desde los 4 000 m.s.n.m., colectando en su trayecto el drenaje de más de 30 ríos secundarios, riachuelos y quebradas menores, se embalsa en la Represa Gallito Ciego; cuya vida útil fue diseñada para 50 años; sin embargo, volúmenes considerables de sedimentos viene colmatándose y, con ello, reduciendo la vida útil para la que fue diseñada; ya que, desafortunadamente, no recibe mantenimiento adecuado.

Estudios realizados por el proyecto Jequetepeque-Zaña¹³ expresan la preocupación por los graves problemas de contaminación que está afrontando el río Jequetepeque al tener en cuenta que este recurso es utilizado en el consumo humano, agricultura y ganadería; además aguas abajo de la represa Gallito Ciego son usadas en actividad agrícolas y pecuarias; por lo que debe implementarse los arreglos adecuados, bajo una política del agua de gran visión; de lo que resultó el objetivo principal de este trabajo, tuvo como objetivo realizar un estudio hidrológico y determinar la calidad de agua de uso agrícola en la cuenca del río Jequetepeque (Perú), lo que permitirá realizar una gestión integrada de la cuenca.

MATERIAL Y MÉTODOS

La cuenca del río Jequetepeque ubicada en la costa Norte del Perú, entre los 7°6' y 7°30' de la L.S. y los 78° 30' y 79° 40' L.O. en la Vertiente Occidental de los Andes tienen un área total de 698 200 ha distribuida en la provincias y distritos de Pacasmayo y Chepén, Cajamarca, Contumazá, San Pablo y San Miguel (Regiones La Libertad y Cajamarca). Sus niveles altitudinales varían entre 0 y 4000 m.s.n.m. atravesando una accidentada topografía y precipitaciones de 0 a 1,100 mm anuales.

Comprende 4,372.5 Km², con influencia climática del Pacífico y de la vertiente Altoandina Oriental (Cuenca del Amazonas).

El presente estudio comprendió: a) Demanda hídrica de la Cuenca del río Jequetepeque, disponibilidad y uso de tierras y aguas; b) Calidad de aguas de uso agrícola.

La disponibilidad hídrica es un instrumento de planificación de las organizaciones de usuarios y entidades que tienen el rol de operadores de la infraestructura hidráulica, para lo cual la junta de usuarios del Sub Distrito de Riego Regulado Jequetepeque (JUSDRRJ) encargado de la operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica menor y distribución de agua planificó el uso de la disponibilidad hídrica para los años 2001-2014, para el uso racional y eficiente del recurso hídrico¹⁴.

En la determinación de la calidad de agua de uso agrícola; se realizó a través de la determinación de las estaciones de muestreo; las mismas que fueron localizadas en zonas, obteniendo muestras representativas, donde la mezcla del agua era homogénea. Se ubicaron en las márgenes del río en número de cuatro y aledañas a la carretera, aguas debajo de la represa Gallito Ciego (Fig. 5). El muestreo se realizó de acuerdo a la metodología de APHA¹⁵.

- Estación I (E1): correspondiente a la localidad de Pay-Pay, entre las latitudes 7° 15' 20.77'' L.S. y 79° 14' 06.24'' L.O.
- Estación II (E2): se ubicó en la localidad de Ventanillas, entre las latitudes 7° 16' 26.11'' L.S. y 79° 15' 49.62'' L.O.
- Estación III (E3): ubicada en la localidad de Huabal, entre las latitudes 7° 18' 21.35'' L.S. y 79° 19' 33.16'' L.O.
- Estación IV (E4): ubicada en el puente La Libertad (entre las localidades de San José y Ciudad de Dios), a los 7° 19' 28.46'' L.S. y 79° 28' 52.56'' L.O.

Las muestras fueron colectadas en 2 frascos de polietileno de 250 mL de capacidad previamente esterilizados para análisis físico-químicos y la frecuencia de muestreo para los análisis mencionados, se colectaron en cada una de las estaciones de muestreo, durante 12 meses consecutivos¹⁵.

Para evaluar el nivel de contaminación de las aguas de la zona de estudio, se determinaron parámetros físico-químicos, de acuerdo a la normatividad vigente de acuerdo a La Ley Recursos Hídricos D.L. N° 29338.¹¹ Los parámetros mencionados se ejecutaron de acuerdo a lo establecido en el Manual de Métodos Normalizados para el análisis de Agua.¹⁵ Estos parámetros fueron contrastados con los estándares nacionales establecidos por el decreto supremo N° 002-2008 del Ministerio del medio ambiente¹⁶, categoría 3 – Riego de vegetales y bebidas de animales, la Ley de Recursos Hídricos N° 29338¹¹ y ECA-MINAM del año 2012¹⁰ y la Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo¹⁷.

RESULTADOS

La demanda hídrica en la cuenca de río Jequetepeque es utilizada en los diferentes sectores que implican el desarrollo de las actividades humanas, siendo el uso agrícola el más importante por la principal actividad económica. Los usos se realizan a través del sistema regulado existente, que permite atender estos requerimientos. La demanda de agua programada por comisiones de usuarios según el plan de riegos para la campaña grande (2014-2015) y volúmenes de agua agosto a diciembre 2014 y de octubre 2014 a julio 2015, fue de 634 268 hm³ (Tabla 1).

La Tabla 2, contiene el balance hídrico a nivel del sector hidráulico regulado en el valle Jequetepeque año agrícola 2014-2015 la demanda de agua programada (hm³), de acuerdo a la disponibilidad hídrica total, se resume los usos actuales de agua en los diferentes sectores de riego. Según la Administración de agua de Jequetepeque y la Junta de usuarios del Sub-distrito de riego regulado Jequetepeque del año hídrico 2014-2015, tiene disponibilidad hídrica total de 631 218 hm³, mientras que la demanda de agua bruta es 686 260 hm³. El reservorio de Gallito Ciego a inicio del mes de agosto fue 261 999 hm³ y se espera que para el mes de julio sea de 189 476 hm³.

En referencia a balance de tierras en el sector hidráulico de Jequetepeque durante la campaña grande, año agrícola 2014-2015, con un área registrada bajo riego de 55693,88 ha, y con área afectada, drenaje y salinidad 12 000 ha. Es pertinente además indicar las áreas ocupadas con cultivos instalados en el sector hidráulico de Jequetepeque durante el año agrícola 2001-2014, con un crecimiento en área de cultivos para el año 2012 y decreciendo notablemente en 2014 (Fig. 2).

Los requerimientos de agua fluctuaron entre 564,06 y 850,06 millones de metros cúbicos para el riego de cédulas de cultivo del Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014. Así como también se

indica el análisis de correlación entre los volúmenes de agua (MMC) y áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (ha) en el Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014 (Fig.4).

Tabla 1: Demanda de agua programada (hm³) durante el plan de riegos campaña grande año agrícola 2014-2015, en la Cuenca Jequetepeque (Perú). Fuente: Junta de usuarios del subdistrito de riego regulado

Comisiones de usuarios	Volumen de agua (hm ³)		TOTAL
	AGO-DIC 2014	OCT 2014-JUL 2015	
	Según área instalada	Según área programada	
PAY PAY	0.554	2.630	3.185
VENTANILLAS	0.796	2.608	3.404
TOLON	9.839	26.811	36.650
HUABAL-ZAPOTAL	0.341	11.115	11.457
TALAMBO	17.048	100.514	117.562
TALAMBO-PRESURIZADO	6.645	21.558	28.204
AREAS NUEVAS	2.044	4.096	6.141
CHEPEN	1.496	45.381	46.877
GUADALUPE	0.952	52.815	53.768
PUEBLO NUEVO	2.740	66.685	69.425
PACANGA	9.120	62.060	71.180
LIMONCARRO	0.170	44.023	44.193
TECAPA	1.005	13.981	14.986
SAN PEDRO	1.923	57.552	59.475
SAN JOSE	0.849	53.496	54.345
JEQUETEPEQUE	0.972	12.445	13.417
TOTAL:	56.498	577.771	634.268

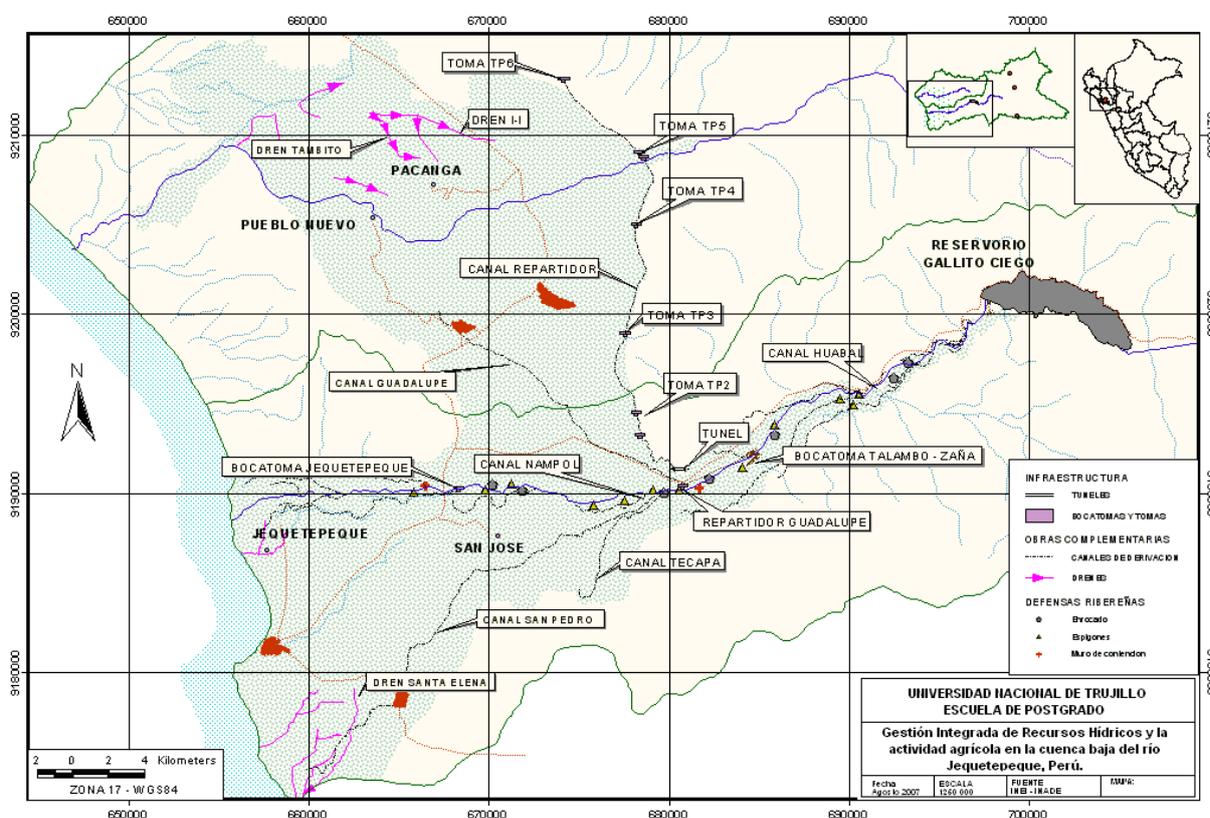


Fig.1. Ubicación de la infraestructura canales de riego regulado, cuenca baja del río Jequetepeque, Perú.¹⁸

Tabla 2: Balance hídrico a nivel del sector hidráulico regulado en el valle Jequetepeque año agrícola 2014-2015

DESCRIPCION	MASA DE AGUA MENSUALIZADA EN (hm ³)												TOTAL
	2014					2015							
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
DISPONIBILIDAD HIDRICA TOTAL	8.544	6.905	14.957	21.760	31.707	57.443	89.881	170.584	135.306	48.762	27.260	18.110	631.218
RIO JEQUETEPEQUE AL 75 % PERSISTENCIA	4.980	4.025	11.597	17.478	25.920	46.780	77.770	157.580	124.350	42.125	21.650	14.325	548.580
AGUA DE RECUPERACION DE RIO	1.650	1.140	1.480	2.250	3.470	6.100	6.200	7.300	5.800	3.430	3.330	1.750	43.900
AGUA DE RECUPERACION DE CANALES	1.914	1.740	1.880	2.033	2.317	4.563	5.911	5.704	5.156	3.207	2.280	2.035	38.738
DEMANDA DE AGUA BRUTA	25.863	19.042	14.534	29.007	81.401	126.958	129.720	114.052	77.484	33.112	17.629	17.458	686.260
USO AGRARIO	21.979	15.284	10.651	24.730	76.178	121.735	125.002	108.829	73.207	29.228	13.870	13.574	634.269
CAMPAÑA ANTERIOR	21.979	15.284	9.431	5.006	4.798	-	-	-	-	-	-	-	56.498
CAMPAÑA GRANDE ACTUAL	-	-	1.220	19.724	71.380	121.735	125.002	108.829	73.207	29.228	13.870	13.574	577.771
USO POBLACIONAL	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	0.536	0.484	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	6.307
USO PRIMARIO	0.670	0.648	0.670	0.648	0.670	0.670	0.605	0.670	0.648	0.670	0.648	0.670	7.884
USO MOTOBOMBAS(FORMALES E INFORMALES)	2.678	2.592	2.678	3.110	4.018	4.018	3.629	4.018	3.110	2.678	2.592	2.678	37.800
PERDIDAS TOTALES	1.753	1.534	1.666	1.934	1.724	1.786	1.340	1.062	1.019	1.374	1.637	1.556	18.385
EVAPORACION DEL RESERVORIO	1.753	1.534	1.666	1.934	1.724	1.786	1.340	1.062	1.019	1.374	1.637	1.556	18.385
BALANCE SIN RESERVORIO	-19.07	-13.67	-1.24	-9.18	-51.42	-71.30	-41.18	55.47	56.80	14.28	7.99	-0.90	-73.427
RESERVORIO A INICIO DE MES	261.999	242.927	229.255	228.013	218.832	167.414	96.113	54.934	110.404	167.206	181.482	189.476	
BALANCE FIN DE MES	242.927	229.255	228.013	218.832	167.414	96.113	54.934	110.404	167.206	181.482	189.476	188.572	
RESERVORIO FIN DE MES	242.927	229.255	228.013	218.832	167.414	96.113	54.934	110.404	167.206	181.482	189.476	188.572	

Fuente: Junta de usuarios del subdistrito de riego regulado Jequetepeque

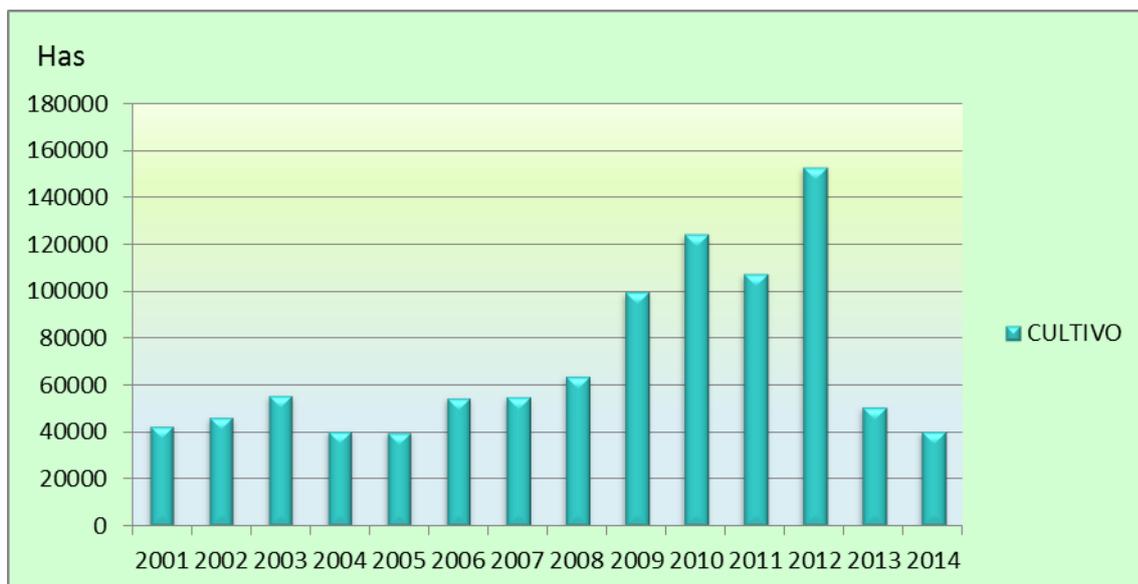


Fig. 2. Cédulas de cultivo por campañas agrícolas 2001-2014 en el Valle Jequetepeque. Perú

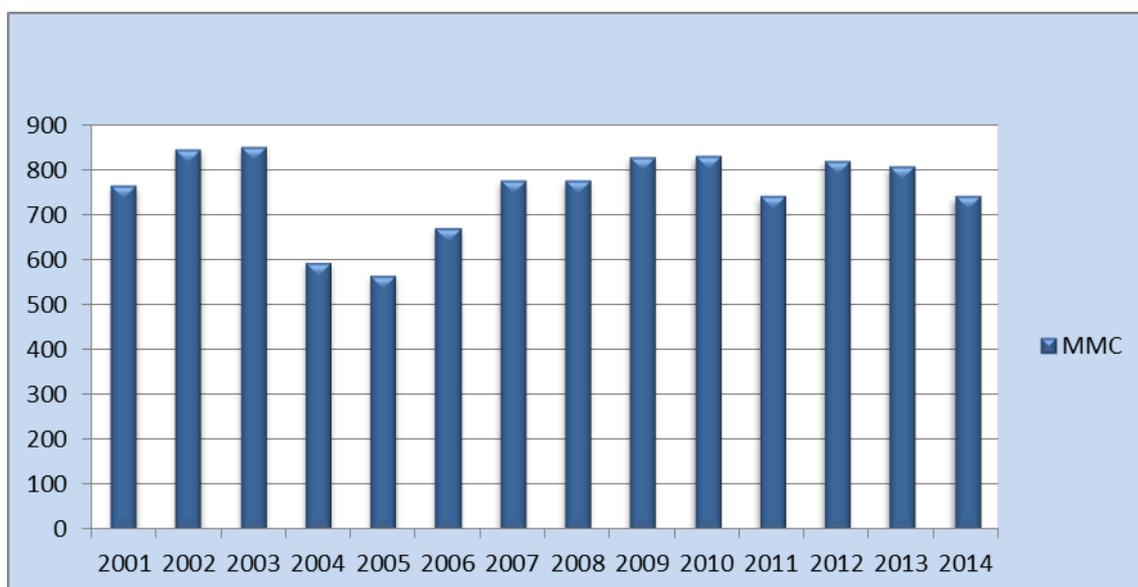


Fig. 3. Requerimientos de agua en millones de metros cúbicos de la cuenca del río Jequetepeque para el riego de cédulas de cultivo del Valle Jequetepeque, Perú, durante los años 2001-2014.

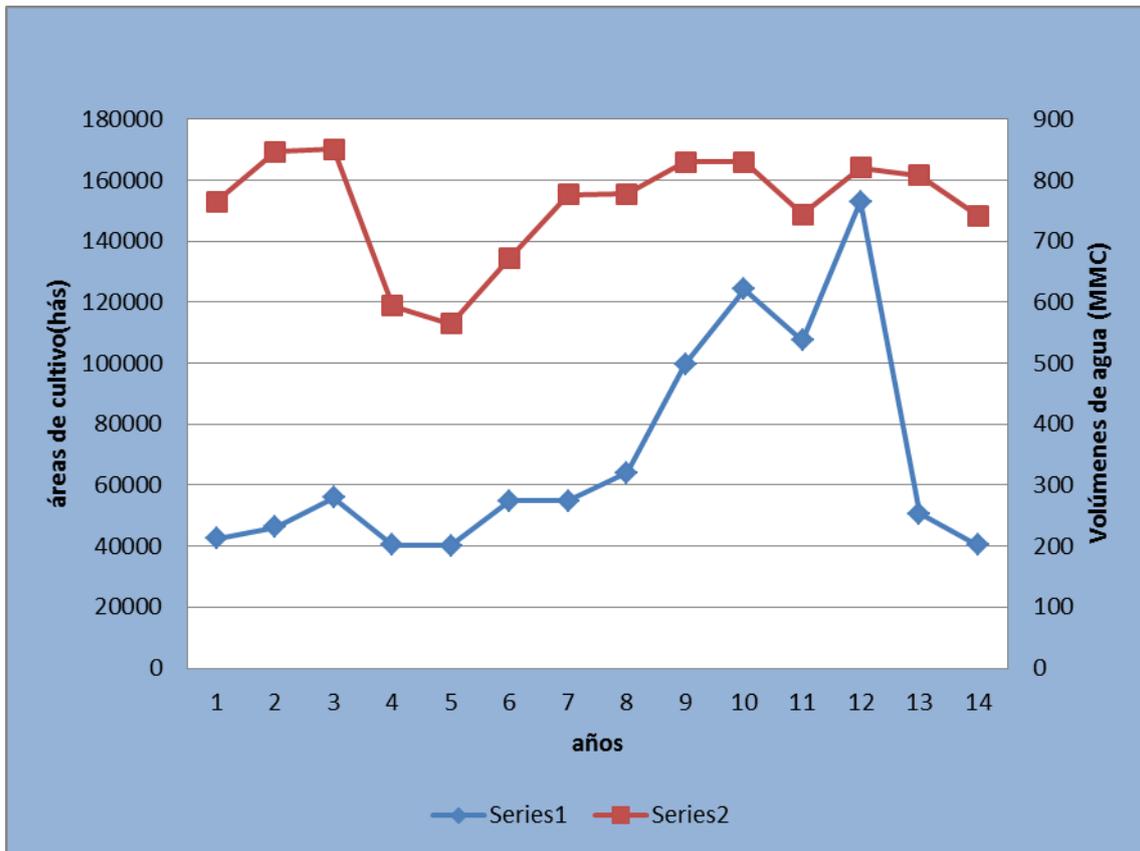


Fig.4. Correlación de volúmenes de agua (MMC) y áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (ha) en el Valle Jequetepeque (Perú) durante los años 2001-2014.

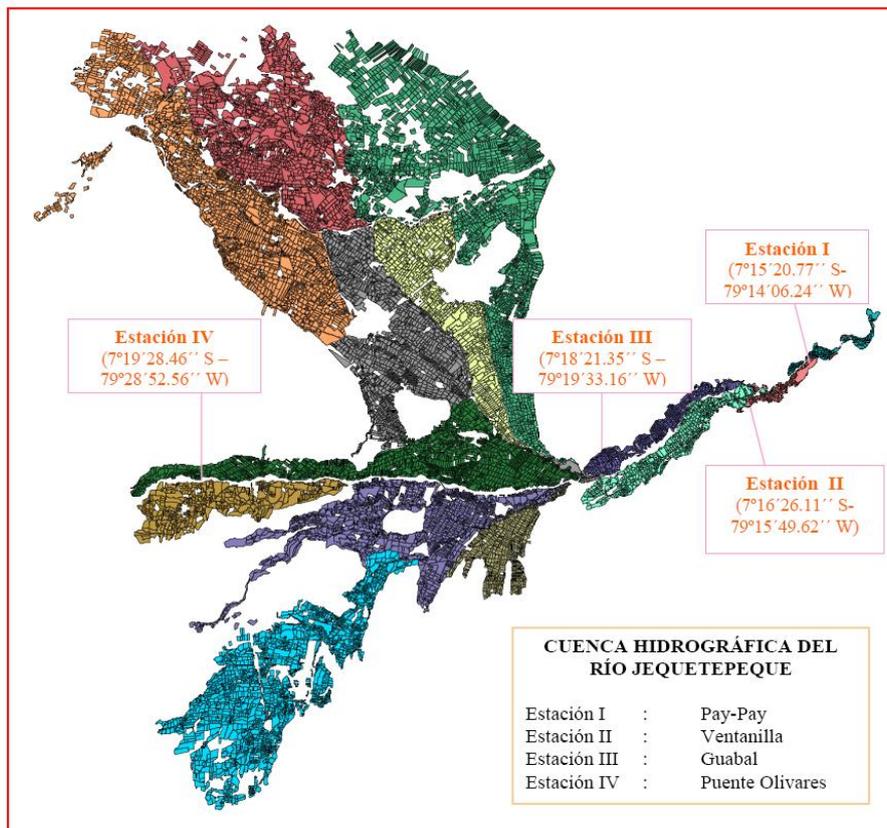


Fig. 5: Ubicación de estaciones de muestreo en la cuenca baja del río Jequetepeque- Perú.

Los valores registrados por el pH oscilaron dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE) y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008¹⁶ (Fig. 6).

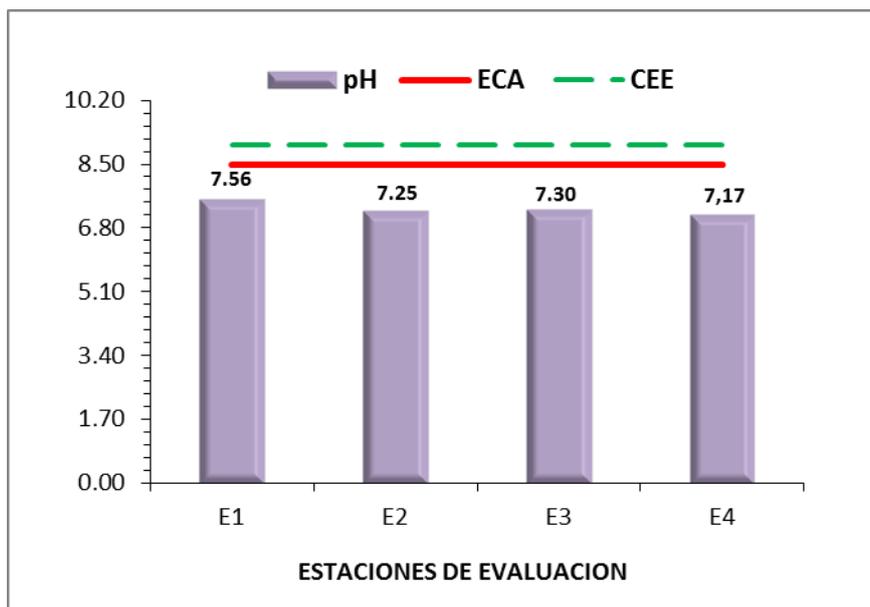


Fig. 6. Promedio de pH, de cuatro estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque, comparado con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 y Estándares de la Unión Europea (CEE).

La temperatura (°C) en las 4 estaciones de muestreo de la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú (Fig. 7).

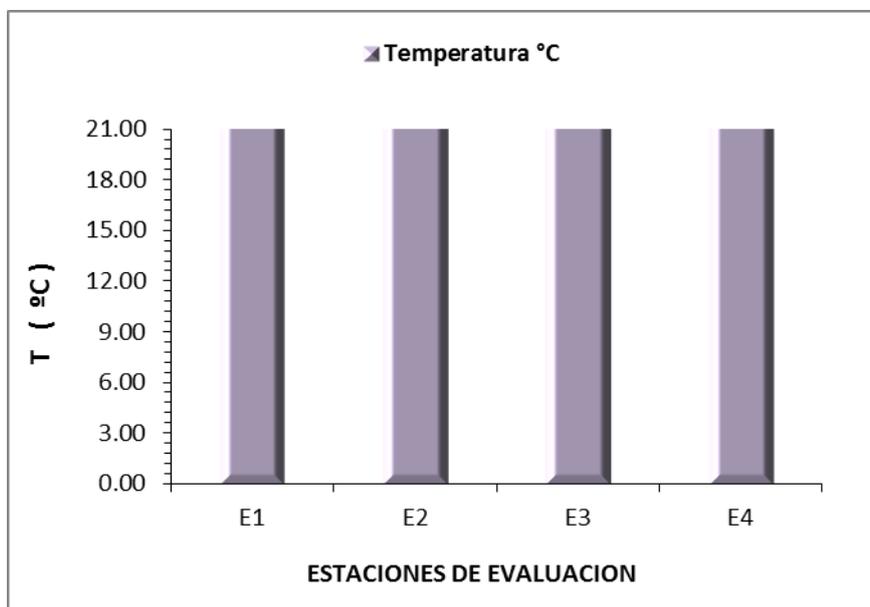


Fig. 7. Promedio de valores de temperatura °C de cuatro estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú.

Los valores registrados por el oxígeno disuelto (mg/L), no excedieron los estándares de la Unión Europea (CEE), superando los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 (Fig. 8)

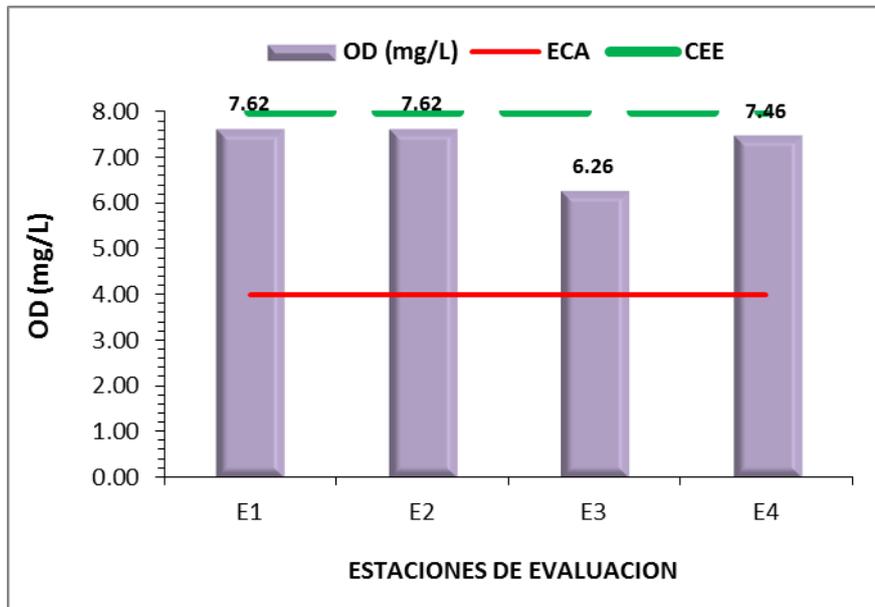


Fig. 8. Promedio de oxígeno disuelto (mg/L), en las cuatro estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú, comparados con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 y Estándares de la Unión Europea (CEE).

Los valores registrados por la Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L), excedieron los estándares de la Unión Europea (CEE) y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 (Fig. 9).

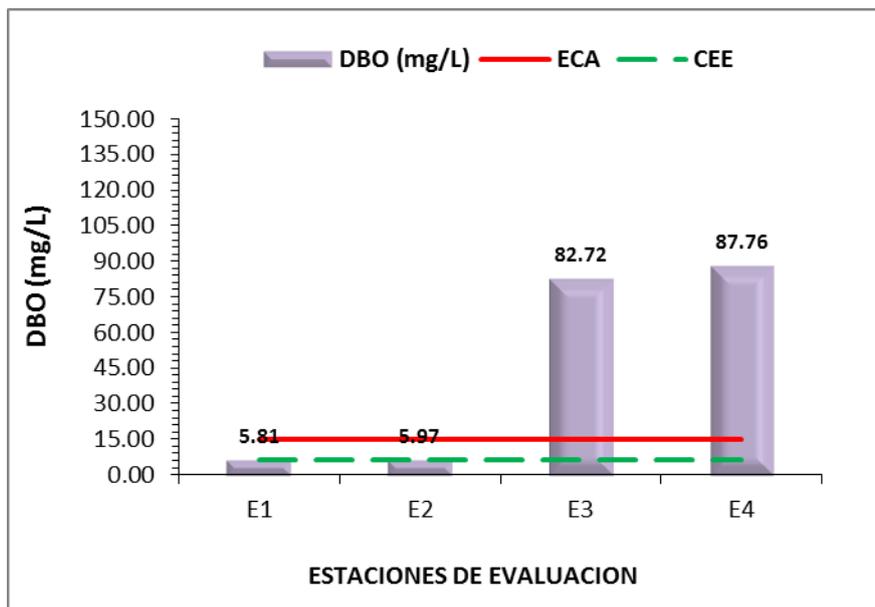


Fig. 9. Promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L), en las cuatro estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú, comparados con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 y los Estándares de la Unión Europea (CEE).

Los valores registrados por los Solidos Disueltos Totales (mg/L), excedieron los Estándares Internacionales (CI) y los Estándares de la Unión Europea (CEE) (Fig.10).

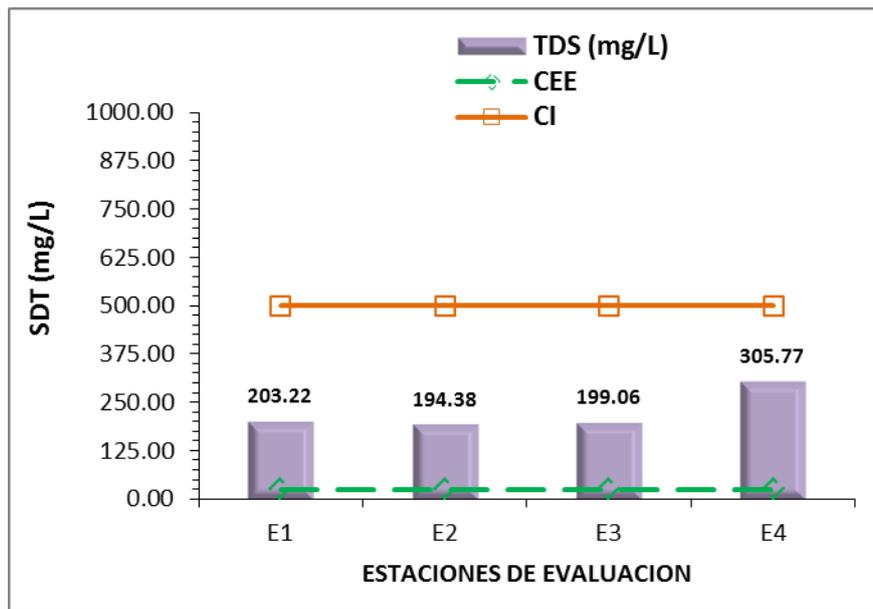


Fig. 10. Promedio de Solidos totales disueltos (mg/L), de cuatro estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú, comparado Estándares Internacionales (CI) y los Estándares de la Unión Europea (CEE).

El índice de RAS de las estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú, se registró valores variables entre 5.65 y 6.17°C (Fig. 11).

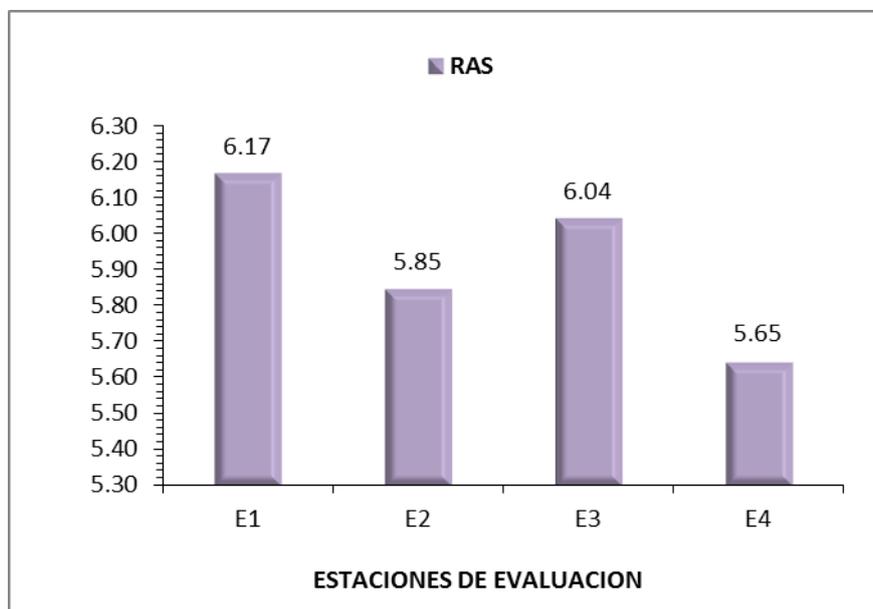


Fig. 11. Promedio de índice de RAS en cuatro estaciones evaluadas de la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú.

Tabla 3: La clase de agua para riego según los promedio de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$) y promedio de los índices de RAS de las estaciones de muestreo de la cuenca del río Jequetepeque-Perú.

Estaciones de muestreo	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$)	Índice de RAS	Clase de agua para riego
E1	1203.37	6.17	C ₃ – S ₁
E2	1248.42	5.85	C ₃ – S ₁
E3	1260.89	6.04	C ₃ – S ₁
E4	1260.89	5.65	C ₃ – S ₁

DISCUSIÓN

De acuerdo con los antecedentes, el área de servicio del Proyecto comprendida en el cuenca baja del Jequetepeque (valle Jequetepeque-Chamán), sujeto al suministro de agua para el riego del embalse Gallito Ciego comprende en total 42 000 ha de tierras agrícolas; 36 000 ha instaladas del valle interior, que cuentan con la agricultura bajo riego; en general consisten en minifundios y 6 000 ha de tierras en las Pampas de Cerro Colorado, que serán incorporadas al riego y puestos a la producción.

Las áreas agrícolas bajo riego en uso para las cédulas de cultivo del valle Jequetepeque fueron entre 40086,04 a 63969,34 ha durante los años 2001-2008; entre los años 2009 a 2012 hubo un incremento en las áreas de cultivo mejorando considerablemente la actividad agrícola, lamentablemente en los últimos años 2013 y 2014 se ha reducido en un tercio de las áreas agrícolas antes usadas, alcanzando entre 40269,84 y 50698,04 ha (Fig. 2).

Las descargas del río Jequetepeque, cuya serie histórica (1943/44 a 1998/1999) de caudales en m³/s y volúmenes en MMC, presentan una marcada estacionalidad en sus ocurrencias; las mismas que en un 65% se producen de Febrero a Abril. El promedio anual de los volúmenes descargados por el río Jequetepeque es de 816,49 MMC.¹⁴

Las descargas del río Jequetepeque cuya serie histórica (2001-2014) fluctuaron entre 564,06 a 850,06 MMC, cuyos volúmenes más bajos fueron registradas para los años 2004 y 2005 (Fig. 3)

La correlación de volúmenes de agua (MMC) y áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (ha) en el Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014, se observó una disminución de la productividad entre los años 2003 al 2005, luego se observa una recuperación de la misma y el incremento de volúmenes de agua para la actividad agrícola, sólo hubo un pico en cuanto a crecimiento productivo en la actividad agrícola en el año 2012 (Fig.4). Sin embargo en los años 2013 y 2014, decrecieron los volúmenes de agua y en consecuencia la pérdida de la actividad agrícola, esto es realmente preocupante, ya de los agricultores y las poblaciones de las regiones del norte peruano, se abastecen de los productos cultivados en la zona en estudio.

Es evidente resaltar existe una gran variación de los requerimientos de agua en MMC para riego de cédulas de cultivo en el Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014 (Fig. 4), debido a las variaciones climáticas, como en años secos, la disponibilidad de agua para el riego en el Valle Jequetepeque es mayor que la demanda de riego durante la temporada húmeda de enero a Mayo y siempre es menor durante el estiaje de junio a diciembre. Se afirma que la productividad agrícola está influenciada por varios factores ambientales dentro de los cuales se puede señalar el tipo de suelo, disponibilidad del recurso hídrico, nivel tecnológico en el manejo y la capacidad financiera del productor para afrontar costos de producción.

El exceso de sales en los suelos ocasiona retraso en crecimiento de los cultivos, así como el rendimiento de los mismos. El grado de afectación sobre los cultivos depende del nivel de concentración de sales.^{19,20}

La presencia excesiva de sales impide el crecimiento de los cultivos al disminuir la cantidad de agua disponible para ser absorbida por las plantas. Esto se debe a que las sales en exceso incrementan la presión osmótica de la solución del suelo, disminuyendo la capacidad de las plantas para absorber agua. Por otro lado, aguas sales en exceso pueden ser tóxicas para las plantas o inhibir la absorción de nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos.¹⁹

En la determinación de la calidad de agua de uso agrícola en la estaciones ubicadas (Fig. 5) en la cuenca del río Jequetepeque; en referencia a los valores de pH oscilaron entre 7,17 como valor mínimo

y 7,56 valor máximo (Fig. 6), los cuales se encuentran dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE)¹⁷ y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 – MINAM 002-2008¹⁶, lo que es contrastable con valores semejantes encontrados en el canal de riego del distrito Valsequillo-Mexico.²¹

Los valores de temperatura (Fig. 7) no presentaron variaciones considerables, los que se encuentran dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE)¹⁷ y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008.¹⁶ Las variaciones de temperatura en el agua generan un cambio en el ambiente de desarrollo de la fauna y flora alterando el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua, las cuales originarían la disminución del oxígeno disuelto.^{22,23}

La concentración de oxígeno disuelto fluctuaron entre 6,26 y 7,62 mg/L (Fig. 8), encontrándose dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE)¹⁷ y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008¹⁶, considerándose un factor favorable para la actividad biológica y consideración óptimas para uso agrícola.²⁴

El parámetro evaluado Demanda Bioquímica de Oxígeno fluctuó para las E1 y E2 entre 5,81 y 5,97 mg/L (Fig. 9), indicando que se encontraron dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE)¹⁷ y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008¹⁶; no siendo así para las E3 y E4 (82,72 y 87,76 mg/L), cuyos valores superaron ampliamente los valores límites permisibles para uso agrícola; estos valores refieren a que se encuentran en relación inversa a la concentración de oxígeno disuelto, lo cual representa una medida indirecta de la concentración de la materia orgánica e inorgánica biológicamente transformable.^{8,25}

Los valores promedio de las concentraciones de sólidos totales disueltos fueron entre 194,38 y 305,77 mg/L (Fig. 10), encontrándose dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE)¹⁷ y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 – MINAM 002-2008¹⁶, indicando así que el uso del agua es óptimo para uso agrícola.

En la Fig. 11, los promedios del Índice de Absorción de Sodio (RAS) osciló entre 5,65 y 6,17, valores que no superaron según la norma. Estudios realizados en el río Tulancingo, México los valores oscilaron entre 2,154 y 0,036.²⁶ En el diagrama del Laboratorio de Salinidad, según la norma de Riverside, los valores RAS²⁷ y la conductividad eléctrica resultó para la cuenca del río Jequetepeque como tipo C₃S₁ (Tabla 3), lo cual indica que son aguas aptas para uso agrícola con restricciones como suelos de drenaje adecuado, control continuo de los niveles de salinidad y cultivos resistentes a la salinidad. Sin embargo, es necesario precisar que los análisis realizados son solamente referenciales; un monitoreo sistemático podrá determinar con mayor propiedad la calidad del agua para riego.²⁸

Si bien La Ley General del Ambiente D.L. N° 28611 ha introducido el pago de servicios ambientales sobre recursos hídricos, aún está pendiente su reglamentación para poder ser utilizada, por lo que resulta prematuro el análisis de su aplicación al tema de los recursos hídricos. La incipiente aplicación del pago por servicios ambientales en industrias extractivas en el Perú no permite concluir sobre los impactos de su aplicación práctica, sin embargo teniendo a mano la experiencia andada en el caso de bosques^{29,30}; así como la realidad del impacto ambiental y dimensiones de las actividades mineras creemos que podría abusarse del concepto de pago por servicios ambientales en este sector extractivo, sino se toma este instrumento como parte de los otros instrumentos de gestión ambiental.

En conclusión: la correlación de volúmenes de agua (MMC) y áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (ha) en el Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014, existió una disminución de la productividad entre los años 2003 al 2005; en 2012 hubo un alto crecimiento productivo y en 2014 bajos volúmenes de agua y en consecuencia la pérdida de la actividad agrícola y productiva; los parámetros de oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, pH, sólidos totales disueltos, temperatura se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008, indicando así que el uso del agua es óptimo para uso agrícola. Asimismo se encuentran valores considerados dentro de la Norma Internacional de la Unión Europea (Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo) y se obtuvieron bajos niveles de sodicidad y altos niveles de salinidad C₃S₁, dichas aguas son aptas para el uso agrícola con suelos de buen drenaje y cultivos resistentes a la salinidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrobiología. Monitoreo de Calidad de Aguas de los Ríos en el Perú. 2007; pp.2- 9
2. Johnson L. Evaluación Físicoquímica y bacteriológica del agua en las cuencas del Río Porcón y Río Grande, Cajamarca – Perú, Tesis Título de Microbiólogo. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 2012.
3. Global Water Partnership. Introducing Effective Water Governance, mimeo, April, 2002.
4. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Plan de Operación, Mantenimiento y Desarrollo de infraestructura Hidráulica menor 2013, propuesta del valor de la tarifa. Resolución Jefatural. 2003. N° 478 – 2012
5. Dourojeanni A. Marco analítico para el manejo integrado de recursos hídricos. Lineamientos para la evaluación de marcos institucionales. Banco Interamericano de Desarrollo. 2003. <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV%2DPVAnHofwegens.pdf>
6. Ministerio de Agricultura (MINAG). Informe Nacional del Perú sobre gestión de Recursos Hídricos. MINAG. Lima- Perú. 2004.
7. Álvarez J, Rubiños E, Gavi F, Alarcón J, Hernández E, et al. Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México. *Rev Inter Bot Experim* 2006; 75: 71-83
8. Posada J, Roldán G, Ramírez, J. Caracterización físicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedra Blancas, Antioquia, Colombia. *Rev Biol trop*. 2000; 48(1) 7734-7744
9. Solís G, Israel A, Nubes G, Castillo J, Meraz F. Físicoquímica del agua superficial y sedimento en el río Santa Cruz, Sonora, México. *Rev Biotecnia* 2011; 28: 1665-1456
10. Ministerio del Ambiente (MINAM). Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Resolución Ministerial N° 225-2012, Perú.
11. Ley de Recursos Hídricos N° 29338. Título I: Disposiciones Generales, artículo 2°, Título III: Uso de los Recursos Hídricos. 2010. artículo 54°, 2–19 p.
12. Juárez H. Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima metropolitana. Universidad Agraria La Molina. Lima-Perú. 2006.
13. Proyecto Especial Jequetepeque_Zaña (PEJEZA). Plan de ordenamiento ambiental de la Cuenca del Río Jequetepeque para la protección del Reservorio Gallito Ciego y del Valle Agrícola. Lima-Perú. 1998.
14. Girón E. Andes Basin Profile: Jequetepeque river basin. First Draft to be translated. CONDESAN. 2003.
15. APHA. 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. 2012. 1100 p
16. Ministerio del Ambiente (MINAM). Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP). MINAM Resolución Ministerial N° 002-2008, Perú. 2008.
17. Diario Oficial de la Unión Europea. DIRECTIVA 2008/105/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE. 2008. 13 p.
18. Guerrero A, Florián J. Demanda y uso de agua en los sectores de riego de la cuenca baja del río Jequetepeque (La Libertad, Perú). *REBIOL* 2013; 33(1): 1-17
19. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Salt affected soil and their management. Roma: FAO. <http://www.fao.org/docrep/x5871e/x5871e00.htm#Contents>
20. Instituto Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (INRENA). "Las Aguas Subterráneas en el Perú"-Valle Jequetepeque. Ed. INRENA, Lima. 2004.
21. Bonilla M, Vásquez L, Silva S, Cabrera C. Estudio físicoquímico de la calidad del agua para riego del canal principal que abastece al distrito de riego 030 "Valsequillo". 2° Congreso Virtual sobre Tecnología, Educación y Sociedad, Puebla, México. 2013; pp.3-15
22. Sierra C. Calidad del agua. 3th Ed. Universidad de Medellín. Bogotá, Colombia. 2011. 47-85 p.
23. Seoáñez C. Manual de contaminación marina y restauración del litoral. Contaminación, accidentes y catástrofes, agresiones a las costas y soluciones. El turismo de costa, la pesca, la ordenación y la gestión del litoral. Edit. Mundi-Prensa. Madrid-España. 2000.
24. Sánchez O, Herzog M, Peter R, Márquez R, Zambrano L. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología. México. 2007; pp.126-128
25. Guerrero M. Bioindicadores en la determinación de la calidad del agua. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile. 1993; pp.159-173
26. Rodríguez M, D'Urso C, Rodríguez G, Sales A. Evaluación de la calidad de aguas para riego de la cuenca del río Calera, Tucumán, Argentina. *Rev Ciencia Argentina* 2008; 3(7):15-20.

27. Balairon L. Gestión de Recursos Hídricos. Universidad Politécnica de Catalunya, España. 2002.
28. Atkins D, Calderón C, Montoya E, Morales E. Evaluación de la calidad del agua en Cajamarca, Perú. Informe Anual de monitoreo, 2004-2005. Preparado para Compliance Advisor/Ombudsman (CAO) 2121. Pennsylvania Ave., NW Washington, DC 20433, USA y la Mesa de diálogo y consenso CAO-Cajamarca, Perú. 2005.
29. Balvín D. Agua, Minería Contaminación, Cusco, agosto de 2004, Seminario de Gestión de Cuencas, GSAAC Convenio IICA-Perú. 2004.
30. Boelens R. Las múltiples dimensiones de la valorización del agua en la Región Andina. Agua y Servicios Ambientales: Visiones críticas desde los andes. Universidad de Wageningen. The Netherlands. 2006; pp.27-61

Correspondencia:
Ana Marlene Guerrero Padilla
mguerrero@unitru.edu.pe