

**CALIDAD DE AGUA DE USO AGRÍCOLA DEL HUMEDAL DEL PALACIO NIK-AN (EX TSHUDI), CENTRO ARQUEOLÓGICO CHAN CHAN, LA LIBERTAD, 2013.**

Quality of agricultural water at NIK- AN (ex Tshudi) wetland palace, Chan Chan archaeological site, La Libertad, 2013.

Yesenia Santa Cruz-Vásquez<sup>1</sup>, Ana Guerrero-Padilla<sup>2</sup>

Bióloga de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo – Perú.<sup>1</sup> Docente de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo - Perú.<sup>2\*</sup>

[mguerrero@unitru.edu.pe](mailto:mguerrero@unitru.edu.pe)<sup>2\*</sup>

**RESUMEN**

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la calidad de agua de uso agrícola del humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan - La Libertad, 2013. Las muestras recolectadas fueron transportadas al laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo para la evaluación de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos. Se obtuvo como resultado que los parámetros físicos; pH, temperatura (°C) a excepción de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) no superaron los límites máximos permisibles para fines agrícolas, los parámetros químicos magnesio (mg/L), calcio (mg/L) y sodio (mg/L) a excepción de sólidos totales disueltos (mg/L), oxígeno disuelto (mg/L), la demanda bioquímica de oxígeno (mg/L) no superaron los límites máximos permisibles para fines agrícolas y los parámetros microbiológico coliformes totales (NMP/100 mL) a excepción de coliformes fecales (NMP/100 mL) no superaron también los límites permisibles para fines agrícolas; así mismo el índice de RAS se encuentra satisfactoria para todo tipo de suelos. Concluyendo que la calidad de agua del humedal del palacio Nik-An no se encuentra apta para fines agrícolas según los parámetros analizados.

**Palabras clave:** *calidad de agua, uso agrícola, humedal, Chan Chan.*

**ABSTRACT**

The present research had the main objective to determine the quality of agricultural water at Nik- An (ex Tshudi) Wetland Palace, Chan Chan archaeological site - La Libertad, 2013. Collected samples were transported to the laboratory of Microbiology, Faculty of Microbiology and parasitology at the National University of Trujillo to evaluate the physical, chemical, microbiological parameters. Was obtained as a result of the physical parameters, pH, temperature (°C) except for electrical conductivity (ms/cm) were found that did not exceed the maximum permissible limits for agricultural purposes. The magnesium chemical parameters (mg/L), calcium (mg/L) and sodium (mg/L) exceeded total dissolved solids (mg/L), dissolved oxygen (mg/L), biochemical oxygen demand (mg/L) were found that did not exceed the maximum permissible limits and microbiological parameters , total coliforms (MPN/100 mL) except for fecal coliform (MPN/100 mL) were found that did not exceed the permissible limits, likewise the RAS index proved the water to be suitable for all soil types. Concluded that the water quality of the wetland Nik-An Palace is not suitable for agricultural purposes according to the parameters analyzed.

**Key words:** water quality, agricultural, wetland, Chan Chan.

**Recibido:** 11 julio de 2014

**Aceptado:** 17 marzo de 2015

## INTRODUCCION

Los humedales como recursos naturales son fuente de un ecosistema para el crecimiento y desarrollo de especies silvestres adecuadas a dicho entorno natural. La Convención RAMSAR, institución que estudia la valoración y protección de los humedales, los define como regímenes naturales o artificiales permanentes o temporales que provienen del agua subterránea que aflora de la napa freática, confiriéndole una gran variedad de extensiones y espacios<sup>1</sup>.

Los humedales proporcionan beneficios económicos: el abastecimiento de agua en una región o país, en calidad y cantidad; en el ámbito pecuario, proporciona 2/3 parte de la producción pesquera a nivel mundial; en el agrícola, mediante conductos de la conservación de la napa freática y la acumulación de nutrientes en los suelos, en la producción de madera, como la turba y materia prima proveniente de las plantas; así como en recreación, turismo e investigación<sup>2,3</sup>.

Dada la importancia de las investigaciones sobre la calidad de aguas subterráneas en los humedales, se han desarrollado estudios, como en Villaguay-España, donde se realizó la investigación para conocer si los parámetros de la calidad del agua subterránea (para usos agropecuarios) se ajustan a las normas vigentes de ese país. Para usarlos con fines de riego de cultivos así como para uso en bebida animal, se tuvieron en cuenta los análisis bacteriológicos y físico-químicos, cuyos resultados refieren valores dentro de los estándares permitidos en los distritos al oeste de Villaguay; mientras que los del este tienen relaciones de bajo índice de RAS y alta salinidad que indican moderadas restricciones en la utilización del recurso natural<sup>4</sup>.

Estudios realizados en Colombia sobre la calidad del agua del humedal de Jaboque, Bogotá, mediante análisis bacteriológicos, cuyos resultados demostraron que las aguas de dicho lugar contienen un alto número de Coliformes totales, por lo tanto, resultan ser no utilizables para fines de consumo humano y doméstico, agrícola o recreativo<sup>5</sup>.

El Ministerio de Ambiente de Perú realizó estudios de calidad de agua subterránea en una poza de la

comunidad Nativa Nuevo Mundo, Cusco, donde tomaron muestras y analizaron las condiciones físicas, químicas y microbiológicas de dicho recurso natural en el año 2010. De este modo se compararon los resultados con los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas, presentando condiciones regulares para su uso. Muchos investigadores señalan que el Perú está sobre "un colchón de agua", esto debido a que posee una gran cantidad de agua subterránea<sup>6</sup>.

Referente a las tierras agrícolas prehispánicas, que se ubican en Chan Chan, La Libertad, el humedal del palacio de Nik-An, localizado en el tercer sector del centro arqueológico de Chan Chan, han sido utilizadas por los antiguos pobladores como reservorios o pozos para abastecer de agua a toda la ciudad de Chan Chan. Ésta no contaba con aguas superficiales como lagos o ríos. Allí se identificaron tres categorías de pozos: para extraer agua, fuentes de agua para usos ceremoniales y huerta hundida<sup>7</sup>. Se denominó wachaques a los pozos de agua, a las lagunas y a las zonas bajas y húmedas, los que fueron hechos rompiendo la durísima capa de caliche del suelo hasta llegar a la napa freática para obtener agua<sup>8</sup>.

El centro arqueológico de Chan Chan actualmente expele las aguas subterráneas del humedal del palacio NIK-AN mediante el DREN11. Esas aguas, son aprovechadas por los agricultores en el riego de diferentes cultivos frutales o vegetales como ají paprika, tomate, plátanos, legumbres, entre otro. Este recurso natural constituye un potencial para la producción agrícola y conforma una barrea defensiva del proceso de aridización de la costa y específicamente del valle moche<sup>9</sup>.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, los problemas más importantes asociados a la calidad del agua de riego son la salinización y sodificación del suelo. Ambos procesos son consecuencia del aporte de sales y el aumento de la concentración durante el riego del cultivo<sup>10</sup>. En tal sentido, la calidad del agua no puede ser definida hasta que su uso sea especificado.

La utilización de un recurso natural es importante para el desarrollo del país, la preocupación por el estado del medio ambiente influye en la calidad de sus aguas. Al regar una gran cantidad de cultivo vegetales o frutales que son distribuidos en micro mercados y macro mercados, no se tiene un control de las sustancias tóxicas o no tóxicas presentes o la calidad del agua con las que han sido regadas dichos cultivos<sup>10</sup>. Debe tenerse en cuenta que es de vital importancia el control y seguimiento de la calidad de agua del humedal utilizado en el riego de diferentes cultivos tanto vegetales como frutales, distribuidos ampliamente en el mercado para la alimentación.

Para determinar la calidad de las aguas de los humedales, la presente investigación presenta una

alternativa de enfoque de estudio; existiendo escasa información o investigaciones realizadas por entidades públicas o privadas en el estudio de dicho humedal, no existe una evaluación que caracterice ampliamente los parámetros físico-químicos y microbiológicos, así como la disponibilidad del agua actual y su proyección a futuro que permita establecer lineamientos a seguir para su utilización. Con la finalidad de evaluar la calidad de agua de uso agrícola del humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan, se realizó la evaluación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de coliformes totales y fecales para determinar si el agua es apta para uso agrícola en base a la normativa vigente.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### 1. Área de estudio.

El área de estudio se localizó en el palacio de Nik-An, perteneciente a centro arqueológico de Chan Chan ubicado a 5 km. de la ciudad de Trujillo entre las coordenadas 8° 6'46.22"S, 8° 6'32.63"S y 79° 4'31.09"O, 79° 4'27.73"O.

### 2. Metodología, técnica e instrumentos

#### 2.1 Determinación de las estaciones de muestreo.

Se realizaron 5 evaluaciones entre los meses julio a noviembre del 2013, se ubicaron 4 estaciones de muestreo (Fig.1). La selección de las estaciones está basada en la normatividad de GEMS, que indica las características, en cuanto a su representatividad, acceso y homogeneidad de datos a ser comparados en la evaluación de las cuencas<sup>11</sup>.

#### 1.2 Determinación de parámetros físicos y químicos.

Las muestras fueron recolectadas y almacenadas en recipientes de vidrio de 1L color ámbar, previamente rotulados donde se indicó la procedencia, número

del punto de muestreo, la fecha de recolección, midiendo los siguientes parámetros: la temperatura se midió directamente con termómetro ambiental de 0°C a 100°C, el pH se realizó la medición *in situ* con ayuda del papel indicador universal de rango 0 a 14 unidades, para los sólidos totales se utilizaron métodos gravimétricos, para la determinación de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{mhos/cm}$ ) se usó el método 2510B, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ), y oxígeno disuelto ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ ) se utilizó el método de Winkler y para los metales magnesio ( $\text{mg/L}$ ), calcio ( $\text{mg/L}$ ) y sodio ( $\text{mg/L}$ ) se utilizó el método de método 3111 B por espectrometría de absorción atómica de llama<sup>12</sup>.

#### 1.3 Determinación de Coliformes totales y fecales.

Las muestras fueron recolectadas y almacenadas en recipientes de plástico de 5 onzas de primer uso, y rotuladas con una etiqueta donde se indicó la

procedencia, número del punto de muestreo y la fecha de recolección utilizando el método de los Números más probables<sup>12</sup>.

**3. Análisis de índice de absorción de sodio (RAS)**

El índice de RAS se aplicó la ecuación<sup>13</sup>.

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Donde las concentraciones se expresan en mg/L

RAS: relación de absorción de sodio

Na<sup>1+</sup>: mg/L de sodio

Ca<sup>2+</sup>: mg/L de calcio

Mg<sup>2+</sup>: mg/L de magnesio

**4. Análisis de datos**

Los promedios obtenidos en los parámetros físico-químicos y microbiológicos fueron comparados con los límites máximos permisibles implantados en los estándares nacionales para calidad ambiental del agua (ECA) categoría 3; para uso de riego de vegetales y bebidas de animales promulgados en el Decreto Supremo N0 002-2008-MINAM, los Estándares de la Unión Europea (CEE) y la Estándares Internacionales (CI).

Se aplicó el análisis de correlación múltiple para analizar la interrelación y afinidad de las modalidades o categorías de las variables objeto de estudio, utilizando el programa SPSS VER.20.0.

**RESULTADOS**

Los valores registrados por el pH oscilan dentro de lo normal, no superó los estándares de la Unión Europea (CEE) y ni los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 (Fig. 2).

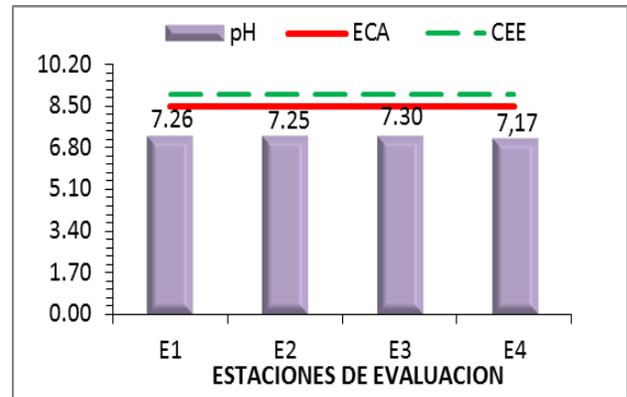


Fig. 2. Promedio de pH, de las 4 estaciones evaluadas en el humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013 comparado con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 y Estándares de la Unión Europea (CEE).

Los valores registrados por la temperatura (°C) en el humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013 (Fig. 3) se encontraron constantes de 17 a 17.42°C

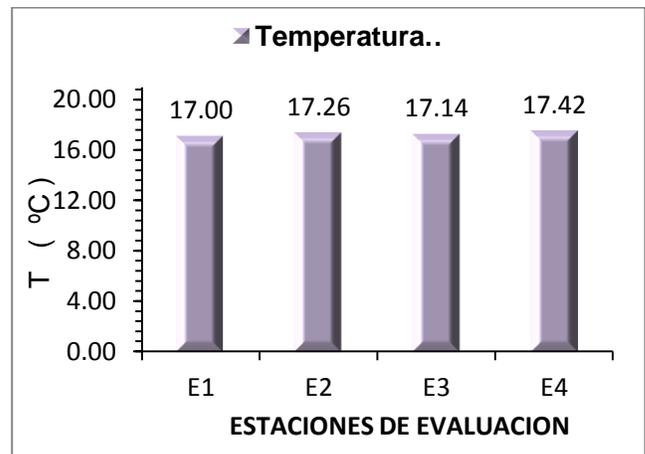


Fig. 3 Promedio de Temperatura °C, de las 4 estaciones evaluadas en el humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013.

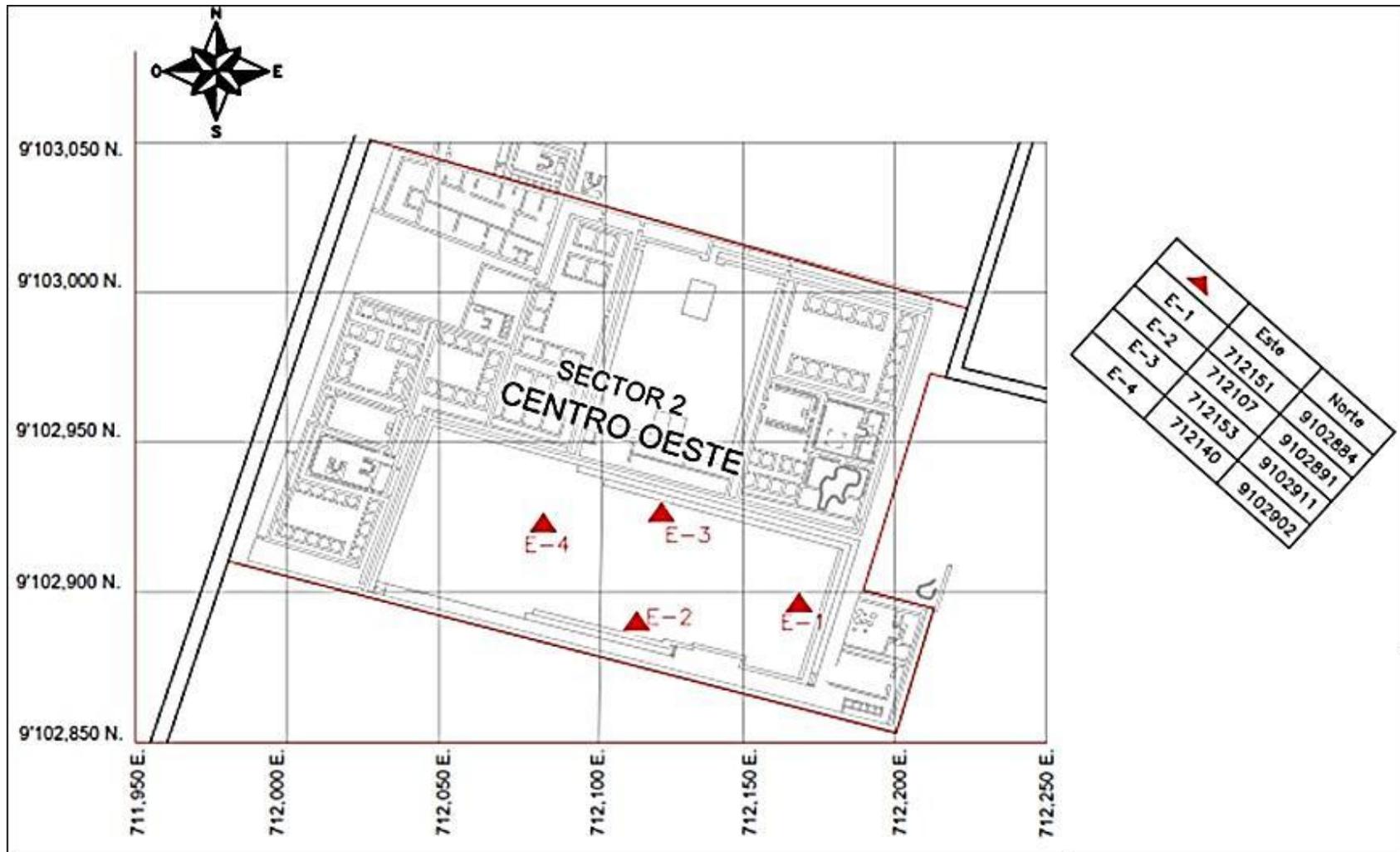


Fig.1 Ubicación de las estaciones de muestreo en el humedal del palacio de Nik-An (Ex TSHUDI), Centro Arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013

Los valores registrados para la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), superó los Estándares Internacionales (CI) y no excedieron los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 (Fig. 4).

Los valores registrados por los sólidos totales disueltos ( $\text{mg}/\text{L}$ ), superó los Estándares Internacionales (CI) y los Estándares de la Unión Europea (CEE) (Fig. 5).

Los valores registrados por el oxígeno disuelto ( $\text{mg}/\text{L}$ ), no superó los estándares de la Unión Europea (CEE) y excedieron los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 (Fig. 6).

Los valores registrados por la demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{mg}/\text{L}$ ), superó 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. 7).

Los valores registrados por el Magnesio ( $\text{mg}/\text{L}$ ), no superó los límites máximos permisibles de los

Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 (Fig. 8)

Los valores registrados por el Calcio ( $\text{mg}/\text{L}$ ) y Sodio ( $\text{mg}/\text{L}$ ), no superaron los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 (Fig. 9).

El índice de RAS en el humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013. Se registró valores variables entre  $5.65$  y  $6.17^\circ\text{C}$  (Fig. 10).

Los valores registrados por coliformes Totales (NMP/100), no superó los límites máximos permisibles de los estándares de calidad de agua (ECA) categoría 3 –MINAM 002-2008 y excedieron los estándares de la Unión Europea (CEE) (Fig.11)

Coliformes fecales en el humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013) no superó los límites máximos permisibles de los estándares de calidad de agua (ECA) categoría 3 –MINAM 002-2008 (Fig. 12).

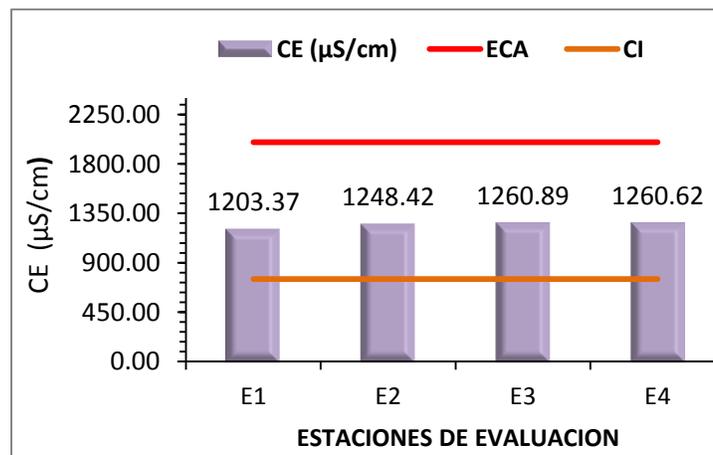


Fig. 4. Promedio de Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), de las 4 estaciones evaluadas en el humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013, comparado con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 y los Estándares Internacionales (CI).

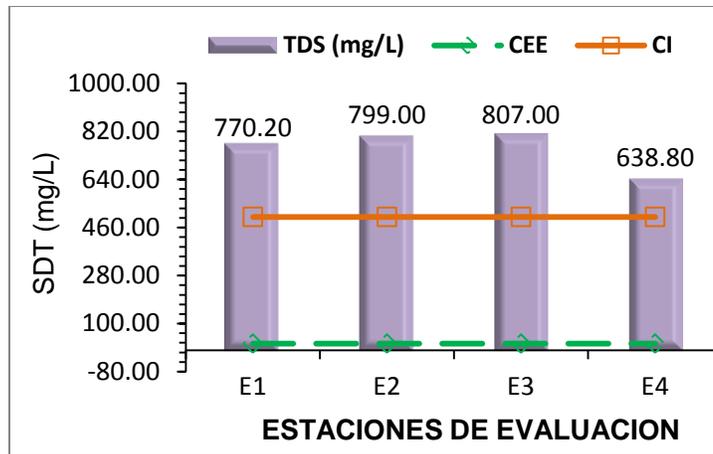


Fig. 5. Promedio de Solidos totales disueltos (mg/L), de las 4 estaciones evaluadas en el humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013, comparado Estándares Internacionales (CI) y los Estándares de la Unión Europea (CEE).

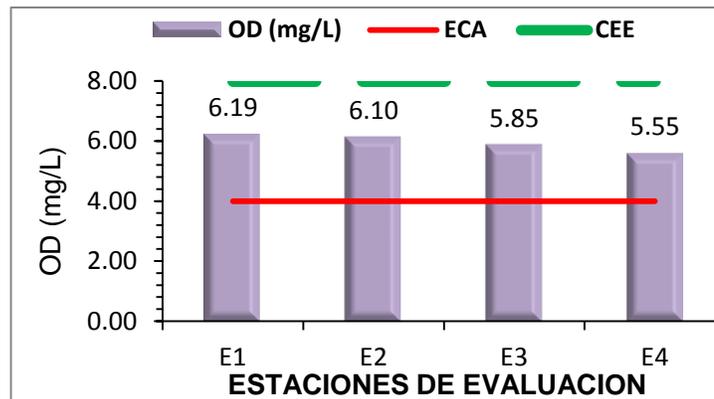


Fig. 6. Promedio de Oxígeno disuelto (mg/L), en las 4 estaciones evaluadas en el humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013 comparados con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 y Estándares de la Unión Europea (CEE).

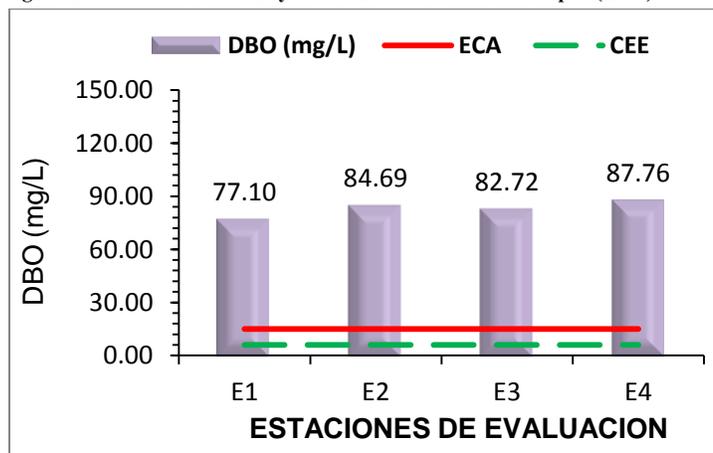


Fig. 7. Promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L), en las 4 estaciones evaluadas en el humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013 comparados con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 y los Estándares de la Unión Europea (CEE).

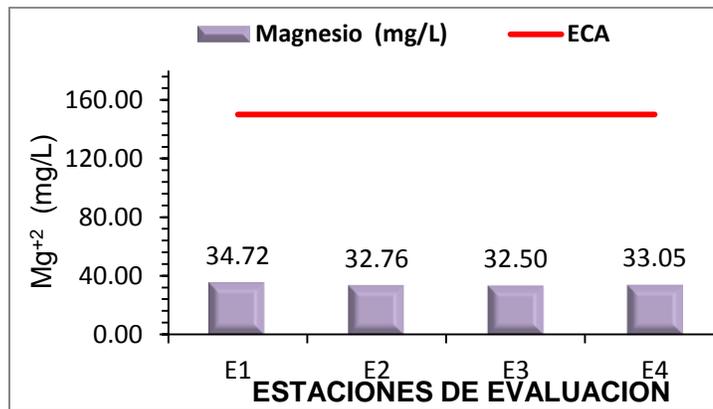


Fig. 8. Promedio de Magnesio (mg/L), de las 4 estaciones evaluadas en el humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013 comparados con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008.



Fig. 9. Promedio de Calcio (mg/L) y Sodio (mg/L), en las 4 estaciones evaluadas del humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013, comparados con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008.

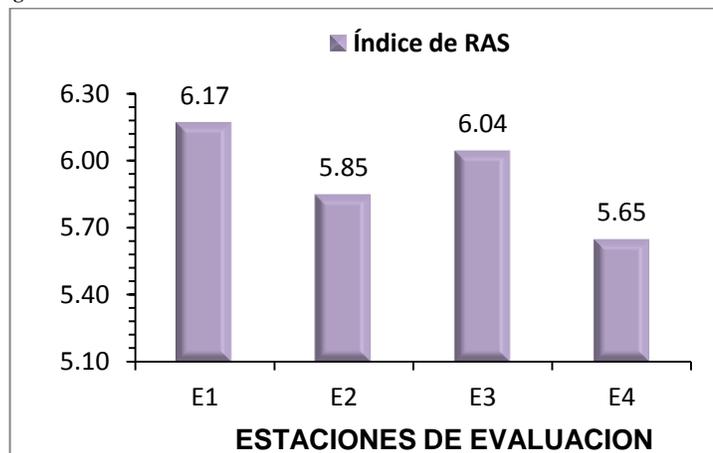


Fig. 10. Promedio de índice de RAS en las 4 estaciones evaluadas del humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013.

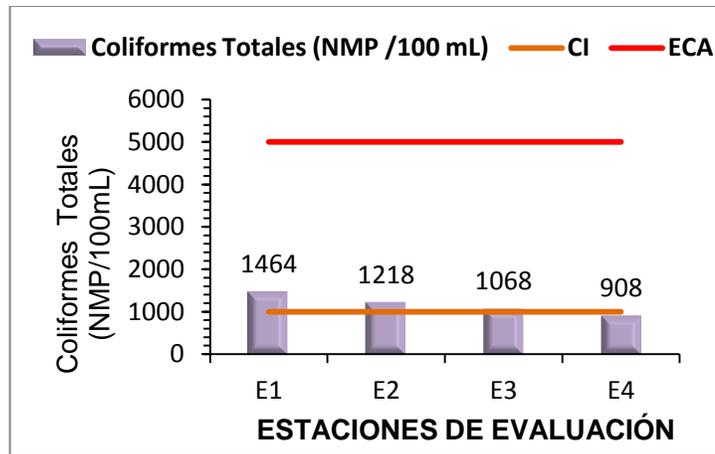


Fig. 11. Promedio de coliformes Totales en las 4 estaciones evaluadas del humedal del humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013, comparados con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 y los Estándares de la Unión Europea (CEE).

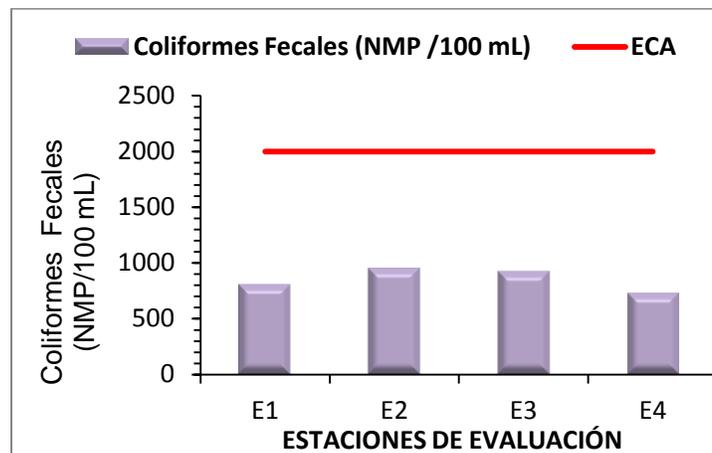


Fig. 12. Promedio de coliformes fecales en las 4 estaciones evaluadas del humedal del humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013, comparados con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008.

Tabla 1: Correlación entre los parámetros químicos del humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013.

		Sólidos totales disueltos (mg/L)	Oxígeno disueltos (mg/L)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Calcio (mg/L)	Sodio (mg/L)
Sólidos totales disueltos (mg/L)	Correlación de Pearson	100.00%	-29.45%	42.02%	-27.99%	21.16%	-36.85%
	Sig. (bilateral)		20.75%	6.51%	23.20%	37.05%	10.99%
	N	20	20	20	20	20	20
Oxígeno disuelto (mg/L)	Correlación de Pearson	-29.45%	100.00%	-80.93%	23.78%	4.19%	78.48%
	Sig. (bilateral)	20.75%		0.00%	31.27%	86.06%	0.00%
	N	20	20	20	20	20	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Correlación de Pearson	42.02%	-80.93%	100.00%	-32.35%	26.37%	-61.21%
	Sig. (bilateral)	6.51%	0.00%		16.41%	26.13%	0.41%
	N	20	20	20	20	20	20
Magnesio (mg/L)	Correlación de Pearson	-27.99%	23.78%	-32.35%	100.00%	-33.48%	33.23%
	Sig. (bilateral)	23.20%	31.27%	16.41%		14.91%	15.23%
	N	20	20	20	20	20	20
Calcio (mg/L)	Correlación de Pearson	21.16%	4.19%	26.37%	-33.48%	100.00%	28.20%
	Sig. (bilateral)	37.05%	86.06%	26.13%	14.91%		22.83%
	N	20	20	20	20	20	20
Sodio (mg/L)	Correlación de Pearson	-36.85%	78.48%	-61.21%	33.23%	28.20%	100.00%
	Sig. (bilateral)	10.99%	0.00%	0.41%	15.23%	22.83%	
	N	20	20	20	20	20	20

Fuente:Elaboración propia

Tabla 2: Correlación entre los parámetros químicos y físicos del humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013.

		pH	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)
Sólidos totales disueltos (mg/L)	Correlación de Pearson	-.502	.260	.526
	Sig. (bilateral)	2.41%	26.82%	1.72%
	N	20	20	20
Oxígeno disuelto (mg/L)	Correlación de Pearson	.817	-.206	-.513
	Sig. (bilateral)	0.00%	38.45%	2.08%
	N	20	20	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Correlación de Pearson	-.942	.388	.790
	Sig. (bilateral)	0.00%	9.09%	0.00%
	N	20	20	20
Magnesio (mg/L)	Correlación de Pearson	.348	-.182	-.258
	Sig. (bilateral)	13.30%	44.13%	27.16%
	N	20	20	20
Calcio (mg/L)	Correlación de Pearson	-.122	-.126	.125
	Sig. (bilateral)	60.93%	59.68%	60.00%
	N	20	20	20
Sodio (mg/L)	Correlación de Pearson	.734	-.614	-.653
	Sig. (bilateral)	0.02%	0.40%	0.18%
	N	20	20	20

Tabla 3: Correlación entre los parámetros físicos del humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan – La Libertad, 2013.

		pH	Temperatura (°C)	Conductividad (μS/cm)
pH	Correlación de Pearson	1	-.503	-.836
	Sig. (bilateral)		2.37%	0.00%
	N	20	20	20
Temperatura °C	Correlación de Pearson	-.503	1	.787
	Sig. (bilateral)	2.37%		0.00%
	N	20	20	20
Conductividad (μS/cm)	Correlación de Pearson	-.836	.787	1
	Sig. (bilateral)	0.00%	0.00%	
	N	20	20	20

Tabla N° 4: La clase de agua para riego según los promedio de conductividad eléctrica (μS/cm) y promedio de los índices de RAS de las estaciones de muestreo del humedal del Palacio Nik-An (ex Tshudi) del centro arqueológico Chan – Chan, La libertad, 2013. (Romero, 2009).

Estaciones de muestreo	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Índice de RAS	Clase de agua para riego
E1	1203.37	6.17	C <sub>3</sub> – S <sub>1</sub>
E2	1248.42	5.85	C <sub>3</sub> – S <sub>1</sub>
E3	1260.89	6.04	C <sub>3</sub> – S <sub>1</sub>
E4	1260.89	5.65	C <sub>3</sub> – S <sub>1</sub>

## DISCUSION

La Fig. 2 indica que los promedios de pH no superaron los estándares de la Unión Europea los cuales se encuentra entre 6 a 9; ni los límites máximos permisibles establecidos por los estándares de Calidad Ambiental para aguas, según el Ministerio del Ambiente que ha determinado que el límites sea encuentre entre 6.5 a 8.5 demostrando así que el pH es uno de los parámetros más importantes de la calidad del agua, siendo su valor óptimo generalmente de 6.5 a 9.5<sup>15</sup>.

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, primordial para el crecimiento de seres vivos<sup>16,17</sup>. Los promedios de las temperaturas de cada estación de muestreo del humedal (Fig. 3) presentaron como resultado una temperatura constante, el cual indica que no se encuentra una variación dispersa debido a la ubicación geográfica y la estación del año influye, como las regiones subtropicales donde las variaciones de temperatura son más estrechas<sup>18</sup>.

La evaluación de la conductividad eléctrica en el humedal registro valores promedios entre 1203.37 a 1260.89  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como mínimo y máximo respectivamente (Fig. 4), encontrándose no superó los límites máximos permisibles de los estándares de calidad ambiental del agua y superó los estándares internacionales. Así mismo la conductividad es una medida indirecta de la cantidad de sales o sólidos disueltos, los cuales se encuentra presentes en un cuerpo de agua. De tal manera cuanto mayor sea la conductividad del agua, mayor es la cantidad de sales o sólidos disueltos presentes. Si bien la conductividad eléctrica del agua está en función del tipo y cantidad de sustancias disueltas en ella no existe una relación universal entre los sólidos disueltos totales y la conductividad<sup>19</sup>.

La determinación de los sólidos totales disueltos en el humedal (Fig. 5), registro los promedios entre 638.80 a 807.00 mg/L respectivamente, superó los estándares de la Unión Europea que establecen como límites máximos permisibles para sólidos totales disueltos (TDS) el valor de  $\leq$

25 mg/L y los estándares internacionales el valor de 500 mg/L. Esto puede considerarse como inadecuado para su uso, debido a que los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas y ocasionar daños a una población o un sector<sup>19</sup>.

En cuanto al oxígeno disuelto se determinó valores constantes (Fig. 6), encontrándose por debajo de los estándares de la Unión Europea que puede considerarse favorables para la actividad biológica<sup>17, 20</sup>, y superó los límites máximos permisibles ( $\geq 4$ ) de los estándares de calidad ambiental del agua dispuestos por el decreto supremo N° 002-2008- MINAM, se concluye que es apta y suficiente para la actividad biológica realizada por los seres vivos<sup>21</sup>. Por esta razón la cantidad de oxígeno disuelto es vital para la mayoría de las principales características para definir la salud del medio ambiente<sup>22</sup>.

Los promedio de demanda bioquímica de oxígeno (Fig. 7), superaron los estándares establecidos por la Unión Europea y los límites máximos permisibles de los estándares de calidad ambiental del agua, y que está relacionado con el oxígeno disuelto, a niveles altos de DBO<sub>5</sub>, los niveles de oxígeno disueltos serán bajos, ya que las bacterias están consumiendo el oxígeno en gran cantidad. Así mismo la demanda bioquímica de oxígeno, representa, una medida indirecta de la concentración de materia orgánica e inorgánica biológicamente transformable. Se utiliza para determinar la polución de aguas<sup>23</sup>.

Para los valores promedios de magnesio (Fig. 8), calcio y sodio (Fig. 9) se observó que no superaron los límites máximos permisibles de los estándares de calidad ambiental del agua establecidos por el decreto supremo N° 002-2008-MINAM, el análisis de estos parámetros influyen en el cálculo del índice de RAS; es la relación de adsorción de sodio que se emplea para predecir problemas de permeabilidad del agua. Si el contenido de sodio presente en el agua para fines agrícolas es alto, comparado con los contenidos de calcio y magnesio, el sodio es absorbido por el suelo reemplazando al calcio y magnesio. Por esta razón el suelo se vuelve más sódico y ocasiona condiciones perjudiciales para el crecimiento y

desarrollo de las plantas<sup>13</sup>. Los valores de promedio de índice de RAS (Fig. 10) fluctúan constantes en los cuatro puntos de muestreo encontrándose dentro de las aguas satisfactorias para casi todos los cultivos  $C_3 - S_1$  (Tabla 4), sin embargo algunos cultivos sensibles, como los frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio, ocasionando pérdidas en la producción<sup>13</sup>.

La presencia de coliformes totales indica que el cuerpo de agua está contaminado con materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos o animales<sup>16</sup>, este cuerpo de agua, la presencia de este grupo de bacterias podrían relacionarse con la población de aves (patos silvestres) y otras especies de animales que se encuentran en varios sitios del Humedal<sup>5</sup>. La evaluación microbiológica de coliformes totales realizada en el humedal del palacio Nik-An (ex Tshudi), centro arqueológico Chan Chan (Fig. 11), no superó los límites máximos permisibles establecidos por los estándares de calidad Ambiental para aguas categoría 3 para riego de cultivos y bebida de animales, el cual establece 5000 NMP/100 mL para coliformes totales, y superó los estándares internacionales. Se ha demostrado mediante estudios que la presencia de animales puede afectar la calidad microbiológica de las recursos hídricos<sup>24</sup>.

Los estándares nacionales de calidad ambiental para aguas establecen límites poco rigurosos en los coliformes fecales presentes en recursos hídricos, y son muy deficientes en contraste con el departamento de medio ambiente de Canadá<sup>19</sup>. El análisis de coliformes fecales, es un indicador del riesgo de polución con bacterias o virus de carácter patógeno, por lo tanto es la principal causa para ser considerados como alto riesgo para la salud. Los estándares de nacionales de calidad ambiental para aguas establecen límites máximos permisibles de coliformes fecales para fines agrícolas categoría 3, teniendo como un valor 1000 NMP/100 ml para el riego de vegetales de tallo bajo y consumo de animales y 2000 NMP/ml para riego de vegetales de tallo alto. La determinación microbiológica en cuenta a los promedio de coliformes fecales en las estaciones

de muestreo del humedal (Fig. 12) superó los límites de riego para vegetales de tallo corto. Sin embargo no superó los 2000 NMP/ml para riego de vegetales de tallo alto. Dependiendo principalmente del tipo de cultivos que se siembren en las zonas irrigadas por dicho recurso. De la misma manera se correlacionó los parámetros químicos (Tabla 1), obteniendo como resultado que todas las variables no son significativas ( $\geq 5\%$ ), exceptuando las siguientes que son altamente significativas ( $\leq 1\%$ ) como; DBO<sub>5</sub> (mg/L) y oxígeno disuelto (mg/L) a 0.00%, sodio (mg/L) y oxígeno disuelto (mg/L) a 0.00%; y por ultimo DBO<sub>5</sub> (mg/L) y sodio (mg/L) a 0.41%.

Para la correlación de Person de los parámetros químicos y físicos (Tabla 2), se obtuvo 24 correlaciones obteniendo como resultado 8 correlaciones a un nivel altamente significativas ( $\leq 1\%$ ) de las cuales 5 son directamente proporcionales como; pH y Oxígeno disuelto (mg/L) a 0.00%, pH y Sodio (mg/L) a 0.02%, Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y DBO<sub>5</sub> (mg/L) a 0.00%, a diferencia de pH y DBO<sub>5</sub> (mg/L) a 0.00%, Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y Sodio (mg/L) a 0.40%, Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y Sodio (mg/L) a 0.18%, que son inversamente proporcional; a medida que una variable aumenta las demás disminuyen.

De acuerdo a las correlaciones de Person para los parámetros físicos (Tabla 3), estos se correlacionan a un nivel altamente significativos ( $\leq 1\%$ ), no obstante únicamente la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) con el pH se correlacionan a un nivel significativo de 2.37%, cabe mencionar que todas las correlaciones son inversamente proporcionales; a medida que una variable aumenta las demás disminuyen, a diferencia de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) que son directamente proporcional; las dos variables aumentan paulatinamente, esto demuestra que la conductividad del agua depende de la temperatura a la cual se haga la determinación de dicho parámetro<sup>13</sup>.

## CONCLUSIONES

La calidad de agua del humedal del palacio Nik-An no se encuentra apta para fines agrícolas según los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Los parámetros físicos; pH, temperatura (°C) a excepción de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) analizados en la calidad del humedal del palacio Nik-An en el Centro arqueológico Chan-Chan, La Libertad se encontraron que no superaron los límites máximos permisibles para fines agrícolas.

Los parámetros químicos magnesio (mg/L), calcio (mg/L) y sodio (mg/L) a excepción de sólidos

totales disueltos (mg/L), oxígeno disuelto (mg/L), Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) se encontraron que no superaron los límites máximos permisibles para fines agrícolas.

Los parámetros microbiológico coliformes totales (NMP/100 mL) a excepción de coliformes fecales (NMP/100 mL se encontraron que no superaron los límites permisibles para fines agrícolas.

En la determinación del índice de RAS este se encuentra satisfactoria para todo tipo de suelos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Andrade M, Gratti P. Humedales y desarrollo sostenible: reconsideración de la interpretación ambiental en el estudio de los humedales. IX Jornadas de investigación del centro de investigaciones geográficas - departamento de geografía. Universidad Nacional de la Plata. Argentina. 2007. 3p.
2. Barzev, R. Valoración Económica Integral de los Bienes y Servicios Ambientales de la Reserva del Hombre y la Biósfera de Río Plátano. Proyecto Manejo Reserva del Hombre y la Biósfera de Río Plátano, Honduras, Corredor Biológico Mesoamericano (CBM). Tegucigalpa, Honduras. 2002. 52p.
3. Barbier B., Acreman C. y Knowler D. Valoración económica de los humedales – Guía para decisores y planificadores. Oficina de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza. 1997.
4. Vivot E., Rugna C., Giéco A., Sánchez C., Ormaechea M. y Sequin C. Calidad del Agua Subterránea para usos Agropecuarios en el Departamento de Villaguay. España. Asociación de Universidades Grupo Montevideo Augmdomus. 2010. 2: 1852-2181.
5. Ávila S. Calidad bacteriológica del agua del humedal de Jaboque, Bogotá, Colombia. Revista Caldasia 2006. 28(1):67-78.
6. Mamani, E. Propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Subterránea. Ministerio del Ambiente. Viceministerio de Gestión Ambiental. Dirección General de Calidad Ambiental. Lima. 2012. 25-28 p.
7. Rojas M. El rol de las chacras hundidas en relación al asentamiento de Chan Chan. Tesis para obtener el título de licenciada en Arqueología. Universidad Nacional de Trujillo. 2007. 19-35p.
8. Gutiérrez R. Arquitectura e implicancias sociales del palacio "TSchudi". Actas del III congreso Peruano del Hombre y La cultura Andina. Universidad Nacional de Trujillo. Perú. 1996. 95-101 p.
9. Cornejo, G. La conservación de las chacras húmedas en Chan Chan. Revista del museo de arqueología antropología e historia .Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. 1995. 317- 323 p.

10. Usón A., Boixadera J., Bosch A. y Enrique A. Tecnología de suelos: estudio de casos. Colección textos docentes. Prensas Universitarias de Zaragoza y Universitat de Lleida. España. 2010. 513 p.
11. GEMS AGUA. Sistema Global de Monitoreo Ambiental. Guía Operativa. Programa sobre Monitoreo y Evaluación Global de la Calidad del Agua. 3° edición. 1993. 57 pp
12. APHA-AWWA-WEF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, 22nd Edition Díaz Santos. 2012. 1-132 p.
13. Romero J. Calidad del agua. 3th Ed. Escuela colombiana de ingeniería. Bogotá, Colombia. 2009. 337 – 420 p.
14. Decreto Supremo N° 022-2008-MINAM. Decreto supremo que aprueba los estándares nacionales de calidad de ambiental para agua. El peruano. Perú. 377225 p.
15. OMS. Guías de la OMS para la calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud (OMS). 2003.
16. Sierra C. Calidad del agua. 3th Ed. Universidad de Medellín. Bogotá, Colombia. 2011. 47-85 p.
17. Seoáñez C. y Manual M. 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. 555p.
18. Contreras F. La clorofila a, como base para un índice trófico en lagunas costeras. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 1994. 21(1-2): 55-66.
19. Johnson J. Evaluación fisicoquímica y bacteriológica del agua en la cuenca del río Porcon y río Grande, Cajamarca – Perú, entre noviembre del 2011 y Febrero del 2012. Tesis para optar el título de biólogo – microbiólogo. Facultad de ciencias biológicas. Escuela académico profesional de microbiología y parasitología. Universidad Nacional de Trujillo. 2012. 12-42 p.
20. Evangelista, B. Impacto de los vertimientos industriales y domésticos en la calidad de las aguas del puerto de Huacho. Tesis para optar el grado de maestría en ciencias con mención en Gestión Ambiental. Univ. Nacional de Trujillo. 2002. 61 p.
21. Cabrera, C. Evaluación ambiental de la bahía de Paita. Revista del instituto de investigación FIGMMG. Vol. 8, N° 15, 14 – 18. Universidad nacional Mayor de San Marcos. 2000. 26 p.
22. APHA-AWWA-WEF. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, 17th. Edit. Díaz Santos. 1992. 1-132 pp.
23. Comisión Nacional del agua (CNA). 2th Ed. Estadísticas del agua. Gerencia de Saneamiento y Calidad del agua. México. 2004. 44 – 46 p.
24. Namihira, P., Barrera G. y Márquez A. Contaminación por bacterias fecales en el Lago Huayamilpas, México D.F. Hidrobiológica 2002. 12(2): 129-136.