

## Tratamiento de aguas eutrofizadas de la bahía interior de Puno, Perú, con el uso de dos Macrófitas

### Treatment of eutrophoted waters of the interior bay of Puno, Peru, with the use of two macrophytes

Luis Llberto Jimenez Monroy<sup>15</sup>, Faustino Adolfo Jahuirá Huarcaya<sup>25</sup> Vladimiro Ibañez Quispe<sup>45</sup>

<sup>1</sup>Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Escuela Profesional de Agroindustrias, miembro del Instituto de Investigación de Medio Ambiente, <sup>2</sup>Docente de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, <sup>3</sup>Jefe de laboratorio de inspección y control de alimentos, <sup>4</sup>Docente Investigador (CONCYTEC) - Escuela de Post Grado, <sup>5</sup>Universidad Nacional del Altiplano – Puno Perú; correspondencia e-mail: [ljimen56@gmail.com](mailto:ljimen56@gmail.com)

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo recibido 10-07-2016  
Artículo aceptado 26-11-2016  
On line: 20-12-2016

#### PALABRAS CLAVES:

Myriophyllum,  
Elodea,  
aguas  
eutrofizadas,  
fósforo total,  
nitrógeno total.

#### ARTICLE INFO

Article received 10-07-2016  
Article accepted 26-11-2016  
Online: 20-12-2016

#### KEY WORDS:

*Myriophyllum*,  
*Elodea*,  
eutrophic waters,  
total phosphorus,  
total nitrogen.

#### RESUMEN

La investigación tuvo como propósito determinar los niveles de Nitrógeno Total (NT) y Fósforo Total (PT) de las aguas contaminadas de la bahía interior de la ciudad de Puno, del sector denominado Isla Espinar, de la boca toma de muelle, sector Huaje, y evaluar la eficiencia de dos macrófitas, como el *Elodea Canadensis* Michax (llacho) y *Myriophyllum Quitensis* Kunth (hinojo) para la remoción del Nitrógeno y Fósforo. Para valorar las muestras, procedentes del sector Parinas de la Península de Chucuito, se trabajó en el Mega Laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno (UNA-Puno). Se consideraron para el estudio las aguas contaminadas de los sectores, con mezcla (agua patrón + agua del sector) y sin dilución, desde 00 a 30 días y desde 30 a 60 días. El Nitrógeno Total se determinó utilizándose el método Kjeldahl, y para la cuantificación del Fósforo Total se utilizó el método del ácido ascórbico. El diseño experimental fue de tipo factorial. Los resultados mostraron que el contenido medio de Nitrógeno Total fue de 2.21 mg NT/L; mientras que del Fósforo Total fue de 1.36 mg PT/L. Estos valores son altos respecto del nivel aceptable de las aguas de la bahía, lo que permite sostener que la bahía interior de la ciudad de Puno está eutrofizada. Por otra parte, la *Myriophyllum Quitensis*, analizados en acuarios, en aguas diluidas, es más eficiente para absorber el Nitrógeno Total (NT) hasta 35 días; mientras que la *Elodea Canadensis*, es más eficaz para remover los iones de Fósforo Total (PT) a los 29 días y, sin diluir, hasta los 37 días. Este método es una alternativa para remediar las aguas de la bahía interior de la ciudad de Puno, Perú.

#### ABSTRACT

The objective of the investigation was to determine the levels of Total Nitrogen (NT) and Total Phosphorus (PT) of the contaminated waters of the inland bay of the city of Puno, of the sector called Espinar Island, And evaluate the efficiency of two macrophytes, such as *Elodea Canadensis* Michax (llacho) and *Myriophyllum Quitensis* Kunth (fennel) for the removal of nitrogen and phosphorus. To evaluate the samples, from the Parinas sector of the Chucuito Peninsula, the Mega Laboratory of the National University of the High Plateau of Puno (UNA-Puno) was worked. The contaminated waters of the sectors were considered for the study, with mixture (standard water + water of the sector) and without dilution, from 00 to 30 days and from 30 to 60 days. Total Nitrogen was determined using the Kjeldahl method and for the quantification of Total Phosphorus the ascorbic acid method was used. The experimental design was of factorial type. The results showed that the average content of Total Nitrogen was 2.21 mg NT / L; While Total Phosphorus was 1.36 mg PT / L. These values are high with respect to the acceptable level of the waters of the bay, which allows to maintain that the inner bay of the city of Puno is eutrofizado. On the other hand, *Myriophyllum Quitensis*, analyzed in aquaria, in dilute waters, is more efficient in absorbing the Total Nitrogen (NT) up to 35 days; While *Elodea Canadensis* is more effective at removing Total Phosphorus (PT) ions at 29 days and, undiluted, up to 37 days. This method is an alternative to remedy the waters of the inner bay of the city of Puno, Peru.

## INTRODUCCIÓN

Según Finlay et al. (2013), cuando las aguas albañales desembocan en el lago, aumentan el porcentaje de nitrógeno y fósforo, incrementándose la carga orgánica, lo que contamina las aguas de la bahía interior del lago. La *Elodea canadensis* Michx (llacho) y *Myriophyllum quitensis* Kunth (hinojo) son macrófitas sumergidas depuradoras de las aguas contaminadas.

La población mundial no tiene acceso al saneamiento del agua (Domínguez, 2010). El incremento constante de la densidad demográfica en las ciudades, exige que se tenga que asegurar una distribución sostenible de agua potable para todos, lo que demanda la armonía y sinergia con la planificación hidrológica (Molina y Villegas, 2015).

El agua satisface muchas necesidades básicas como para la supervivencia, la higiene, los servicios de saneamiento y para la preparación de alimentos. Una persona requiere de 50 litros por día, agregándose a esta necesidad el requerimiento de agua para el cultivo de alimentos y para la protección de los ecosistemas naturales (Peter y Gleick 2010). El crecimiento urbano de grandes ciudades, aumenta la demanda del recurso de agua, de  $78 \pm 3\%$  de fuentes superficiales. Por lo tanto, es importante para el futuro de la economía mundial (Robert et al., 2014). El consumo humano de agua es uno de los mecanismos más importantes que aumenta por si sola de  $27 (\pm 6)\%$ . (Wada et al., 2013).

El índice de nutrientes  $IN > 4$  en oligo-mesotróficas de los valores, nos indica el grado y proceso de eutrofización, en las bahías y la pobre remoción del agua contaminada (Montalvo et al., 2014). Mediante los índices de Carlson se permite clasificar a una laguna como oligotrófica y ultra oligotrófica con bajos procesos de contaminación de origen aloctóno y autóctono (López y Madroño, 2015). Los nutrientes primarios nitrógeno, fósforo y

detergentes forman aguas residuales domésticas e industriales. Estos nutrientes y minerales, originan una eutrofización secundaria en las aguas retenidas (Rivas et al., 2009). La eutrofización o hipertrofia es un proceso que en las últimas décadas avanzó considerablemente por el crecimiento de los centros urbanos. Este es el caso de la bahía interior de la ciudad de Puno que, actualmente, se viene deteriorando debido a descarga de desechos sólidos y líquidos (Autoridad Nacional del Agua, 2012).

La aparición de macrófitas está asociada con la reducción de fitoplancton y la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ). La presencia de nitrógeno total, fósforo soluble y turbidez, son indicadores del grado de eutrofización. Las actividades de la vegetación, los cambios de temperatura, las precipitaciones, la radiación descendente y las actividades antropogénicas son relevantes, y en general, la urbanización tiene impacto sobre la ecología (Wen et al., 2017).

La fito depuración utiliza macrófitas para la asimilación y eliminación de los compuestos orgánicos como Nitrógeno Total y Fósforo Total. El uso de macrófitas es una tecnología sustentable y se fundamenta en el uso de plantas para reducir *en situ* la concentración o peligrosidad de compuestos orgánicos e inorgánicos (Bernal et al., 2007; Salgado-Bernal et al., 2012). El objetivo del presente estudio es determinar los niveles de iones Nitrógeno Total y Fosforo Total de las aguas de la bahía interior de Puno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en el Mega Laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano de la ciudad de Puno, Perú, en el año 2015. Se utilizaron muestras de *Elodea* y *Myriophyllum*, que fueron tomadas de la península de Chucuito del sector Parina, para evaluar su eficiencia en absorber iones de Nitrógeno Total y Fosforo Total. La muestra, *Elodea* es un buen bioindicador de la calidad del agua. Elige

el pH entre 6,5 a 10 y una temperatura entre 10 a 25°C. Es una especie de luz que necesita exposiciones al sol, puede vivir a profundidades hasta 14 m (Sanz-Elorza, 2004); sin embargo, el *Myriophyllum* es originaria de Sudamérica y, por eso, es considerada como planta acuática exótica. Como bioindicadores, son sensibles a la presencia de diversos contaminantes y sustancias tóxicas. Acumulan sustancias tóxicas en sus órganos (García et al., 2009).

### EQUIPOS UTILIZADOS.

Se utilizó un tubo extractor para tomar las muestras de agua contaminada de cada sector, lo que sirvió para determinar los iones de Nitrógeno Total y Fósforo Total; equipo digestor DKZO marca VELP, equipo VELP Científica UDK 126D para NT, para fósforo total, y un Espectrofotométrico UV-VIS. Se trabajó con el programa estadístico SAS Statgraphics Centurión XVI (Statpoint Technologies, 2010). Para determinar el nitrógeno se utilizó el método Kjeldahl (Espinosa-Lloréns et al., 2013) y para determinar las especies de fósforo total, el método 365.2 U.S. La cuantificación de fósforo se realizó por el método del ácido ascórbico (APHA, 1995).

El tamaño de muestra se determinó mediante la precisión y la confiabilidad de  $N = 50$  (esquejes o trozas de tallos pequeñas) como población representativa.

$$n = \frac{Z^2_{\alpha/2} p \cdot q \cdot N}{E^2(N-1) + Z^2_{\alpha/2} pq}$$

$N$  = Población de plantas 50 unidades por acuario

$Z$  = Confiabilidad al 95%, cuyo valor es ( $Z=1.96$ )

$p \cdot q$  = Proporciones binomiales (0.5) (0.5)

$E^2$  = Error a cometer en la población (error de precisión)

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5) (0.5) 50}{0.2^2 (49) + 1.92^2 (0.5) (0.5)} = \frac{48.02}{2.9204} = 16.44 \text{ Muestra para análisis}$$

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

En las aguas residuales, tomadas como muestra, se encontraron diferencias en cuanto al contenido de iones de Nitrógeno Total (NT) y Fósforo Total (PT). Los resultados de la prueba Tukey se muestran en la Tabla 1. El contenido de iones de Nitrógeno Total es

de 2.21 mg NT/L, siendo el más contaminante de las aguas del lago, seguido del Fósforo Total (PT) que es de 1.36 mgP-PO<sub>4</sub>/L. Aquí se confirma lo que sostiene Yang et al. (2016), el mayor grado de contaminación es producido por los iones de nitrógeno total. El contenido medio de NT en las 10 cuencas fue de 1.070g / kg; mientras que el contenido medio de PT fue de 0.733g/kg. De los datos mostrados se deduce que estos nutrientes han empeorado la bahía interior de Puno, con descargas de aguas residuales domésticas e industriales, los que originan el proceso de eutrofización.

TABLA 1  
Concentraciones de iones nitrógeno total (nt) y fósforo total (pt), en las aguas de la bahía interior del lago Titicaca Puno Perú. 2016

Iones nutrientes	N	Promedio ± DS	Tukey ( p < 0.05)
Nitrógeno Total	18	2.21 ± 0.62 mg/l	a
Fósforo Total	18	1.36 ± 0.17 mg/k	b
Total	36	1.81 ± 0.64	

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Según Paz (2015), los estándares nacionales de calidad ambiental para el agua son, según las normas peruanas, parámetros permisibles, para el Nitrógeno Total (NT) de 0.315 mg/l; mientras que para el fósforo total (PT) es de 0.035 mg/k.

### VARIABLES INTERVINIENTES.

Son parámetros, de las aguas de la bahía interior de Puno, por la complejidad de este problema, podemos referirnos como paciente “lago enfermo”, que esta eutrofizado” (Klein, 2014). Tabla 2, se observa que el valor de pH de las aguas del análisis cualitativo es 9.33 en promedio, este resultado está de acuerdo con las afirmaciones de Perez (2002) quien confirma que las macrófitos de pH bajo (por debajo de 7) son ácidos, y se autodestruyen. Los macrofitas de pH 7 o neutrales, tienen las mejores oportunidades de vida. Los macrófitos que viven en medios alcalinos (de pH 7 a 8.5), tienen el mayor potencial de vida larga. En tanto conductividad eléctrica, presenta un valor medio 2.19 μS/cm de su concentración total, de su carga o valencia y de las concentraciones relativas, estos valores están de acuerdo con el autor límites permisibles para consumo de agua la Conductividad, media 25°C es 1500, uS/cm, sin embargo los límites

permisibles de acuerdo a normas peruanas publican para referencia la Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 1 000 El lagunas y lagos (Paz, 2015).

TABLA 2

Parámetros en la contaminación de las aguas residuales de la bahía interior del lago Titicaca Puno Perú. 2015

Parámetros	Elodea			Myriophyllum			Promedio de valores
	sect Isla Espinar	Set. Muelle	Sect. Huaje	Sect. Isla Espinar	Sect. Muelle	Sect. Huaje	
pH	9.72	9.80	7.64	9.78	9.52	9.52	9.33
Conduct. eléctrica	2.20 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2.04 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2.42	2.15	2.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2.32 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2.19 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Sólidos Totales disueltos	1570 ppm	1420 ppm	1680 ppm	1500 ppm	1400 ppm	1610 ppm	1530 ppm
Turbidez	6.3 NTU	5.4 NTU	5.8 NTU	5.3NTU	4.1NTU	5.2NTU	5.35 NTU.
DBO <sub>5</sub>	282	507	79	282	507	79	289.33
DQO	1423	2434	86	1423	2434	86	1314.33

Fuente propia

Los valores de Sólidos Totales disueltos son 1530 ppm, para las tres estaciones es muy variado de acuerdo a la dinámica de las aguas estos valores difieren con el autor que experimentó entre 685 y 2720 mg/l de sólidos totales, la mayor tasa de remoción alcanzó con 78,3 %. Son similares a las experiencias de Lin et al, (2003). La turbidez, este presenta un valor de 5.35 NTU (Las unidades nefelométricas de turbidez). Los límites máximos permisibles de parámetros de calidad organolépticas para la calidad de agua para consumo humano se estableció: Olor Aceptable, sabor aceptable, Color UCV escala Pt/Co 15, Turbiedad UNT 5, (DIGESA, 2011). Demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub>, presenta un valor 289.33 y para DQO 1314.33, los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental requieren ser protegidas. Suspensión de sólidos totales SST  $\leq 25$  mg/L, DBO<sub>5</sub> 5 mg/L, DQO 10 mg/L, Conductividad Eléctrica (CE) 1000  $\mu\text{S}/\text{Cm}$ , (Paz, 2015)

Absorción del ion nitrógeno total en dilución (50 %)

Absorción del ion nitrógeno total por macrófitas con mezclas (50 % control y 50% agua contaminada), en acuarios evaluadas, Tabla 3, se observa que macróphyta *Myriophyllum* es eficaz en absorber nitrógeno total 1.98 mg/l en sus órganos, seguido por *Elodea* con 1.72 mg/l, de aguas eutrofizadas, estos

resultados son similares con (Fang et al., 2008), quien menciona que las plantas de hidrófitos *Elodea muttalli* en masa de agua contaminada podría reducir de manera eficiente (nitrógeno total 1.17mg/l y fósforo total 0.1 mg/l) siendo una forma importante en la mejora de la calidad del agua.

TABLA 3

Prueba de medias de tukey para macrofitas nt (50% de agua control y+ 50% agua contaminada de la bahía interior puno 2016

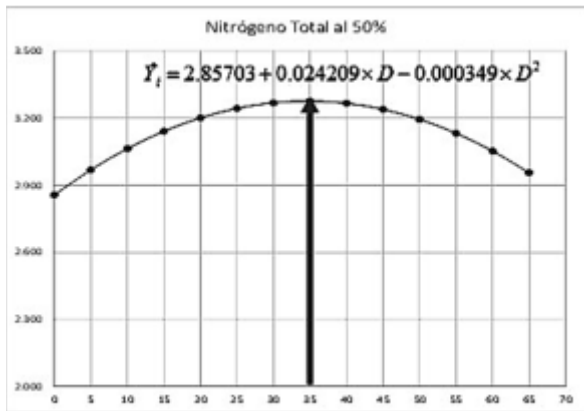
Macrofitas	n	Promedio $\pm$ DS	mg/l	Tukey ( $p < 0.05$ )
<i>Myriophyllum</i>	27	1.98 $\pm$ 0.34		a
<i>Elodea</i>	27	1.72 $\pm$ 0.36		b
Total	54	1.85 $\pm$ 0.37		

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Análisis de Varianza (ANOVA) para el efecto interacción Macrofitas presenta una diferencia altamente significativa, los autores, (Aponte y Pacherras 2013) explican que los macrofitas en concentraciones de nutrientes en las aguas servidas permitieron establecer que Durante 21 días fueron sometidas a nutrientes tuvieron un mayor crecimiento radicular que el resto de tratamientos. La tasa de crecimiento relativo fue mayor con nutrientes en las diferentes respuestas fisiológicas. Interacción Macrofitas por días, para lo cual se realizó el ajuste de la función de respuesta para la optimización del factor día (00, 30, 60) estimándose la ecuación de segundo grado, lo optimizado resulto a 35 días como óptimo en la absorción de nutrientes Figura 1. Según el autor la remoción de nitrógeno total en las aguas residuales fue de 75% (Wu et al., 2012). Por otra parte los hallazgos que, indican que los humedales con vegetación con *Myriophyllum elatinoides* puede ser un sistema óptimo para el tratamiento de aguas residuales porcina, basado en su mayor eliminación de nitrógeno y menores emisiones de NO y N<sub>2</sub>O. (Li et al., 2015) estas averiguaciones encontradas posiblemente esten relacionados al potencial de las macrofitas controladas en el medio ambiente.

FIGURA 1

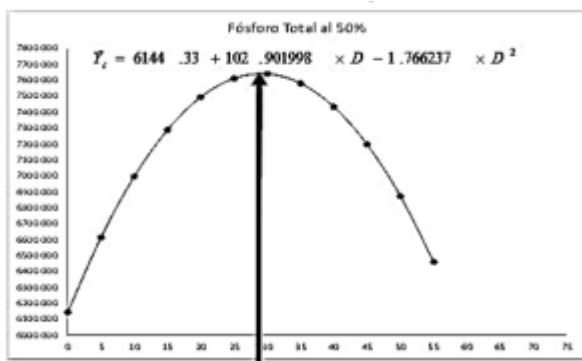
Ajuste de días cuadráticos se tiene el valor óptimo 35 días.



**Absorción de ion fósforo total con dilución de agua contaminada**, en mega laboratorio se realizó evaluaciones de ion Fosforo Total, macrófitas en acuarios, para lo cual se realizó el ajuste de la función de respuesta para la optimización del factor día (00, 30, 60) estimándose la ecuación de segundo grado, se observó en la absorción de fósforo total hasta 29 días como óptimo, para remover el ion fósforo total con una media de 4450.44, mg/Kg.

FIGURA 2

Ajuste de curva con respecto a días, el valor óptimo de 29 días



Las tratadas con *Myriophyllum elatinoides* en aguas residuales, para eliminar fósforo (P). durante 30 días (un mes). El autor observó y sugirieron que el *Myriophyllum elatinoides* podría contribuir a la eliminación de cantidades significativas de las

aguas residuales porcina. (Li X *et al.*, 2015). Por otra parte iones de fósforo total sin mezcla en agua contamina en acuarios en mega laboratorio. En la Tabla 4, se observa, que la *elodea* es más eficaz de absorber iones fósforo total (PT) 3828.19, debido a que genéticamente esta especie es diferente al género *Myriophyllum*.

TABLA 4:

Prueba de medias de tukey, absorción de fósforo total sin dilucion, por macrófitos, puno peru 2016.

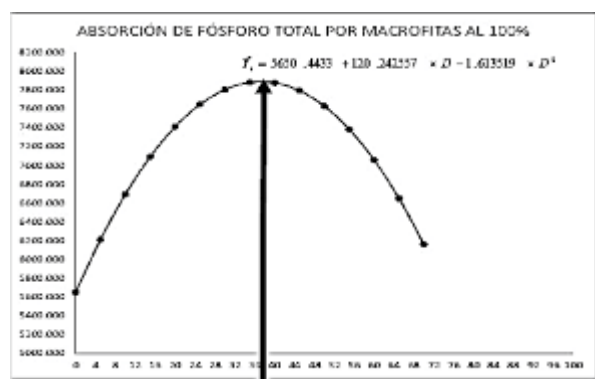
Macrófitas	N	Promedio ± D:S.mg/Kg	Tukey (p < 0.05)
<i>Elodea</i>	27	3828.19 ± 703.48	a
<i>Myriophyllum</i>	27	3009.26 ± 503.27	b
703.48Total	54	3418.72 ± 733.38	

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Estas observaciones están de acuerdo con (Huotari y Korpelainen 2012) que reveló, *Elodea nuttallii* son invasores altamente competitivos por sedimento de nutrientes. La interacción macrófita por días, la función de respuesta para la optimización del factor día (00, 30, 60) estimándose la ecuación de segundo grado, lo optimizado resultó en absorber nutrientes (fósforo total) hasta 37 días como óptimo por macrófitas en aguas no diluidas.

FIGURA 3

Ajuste de curva para días, se tiene el valor óptimo a 37 días



Sin embargo, las aguas residuales municipales contienen altas concentraciones de materia orgánica, a su vez se evaluó la eficiencia de remoción de, orto fosfatos y nitritos por *Myriophyllum aquaticum*, estos macrófitas son eficaces para remover nutrientes del agua eutrofizada por crecimiento acelerado de los

núcleos urbanos, que han puesto la necesidad de generar tecnologías para mitigar. Según el autor Los nutrientes primarios fósforo total causan eutrofización secundaria, el promedio de fósforo totales fue de  $0,84\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , contribuyendo significativamente con el proceso de eutrofización (Rivas et al., 2009)

## CONCLUSIONES

Las aguas residuales de la bahía de Puno, presentan valores de  $2.21\text{mgNT/l}$  y Fósforo Total de  $1.36\text{mgP-PO}_4/\text{L}$ . Estos valores se confirman cuando, evaluados los parámetros (pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, DBO5 y DQO), nos indican que sobre pasan los límites permisibles, por tanto la bahía se encuentra en proceso de eutrofización. Por otro lado, la eficiencia de macrófitas en acuarios con aguas diluidas (50% control + 50% del sector) y sin dilución (100% de aguas puras de cada sector) en acuarios, la *Myriophyllum* tiene mayor capacidad de absorción del Nitrógeno Total, en un 1.98% hasta 35 días. En cuanto al estudio de iones de Fosforo Total, en aguas residuales en acuarios agua contaminada con mezcla, la *Elodea* resulta más eficaz removiendo a los 29 días, y sin diluir hasta los 37 días ( $3902.8\text{mg/Kg}$ ).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA (1995) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18a ed. American Public Health Association. Washington, DC, EEUU.
- APONTE, H. Y PACHERRES, C. 2013. CRECIMIENTO Y PROPAGACIÓN DE *LIMNOBIUM LAEVIGATUM* (HYDROCHARITACEAE) BAJO DIFERENTES CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES The Biologist (Lima). Vol. 11, N°1,
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA, 2012. "Recursos Hídricos del Perú", viceministerio de gestión ambiental. Dirección general de calidad ambiental línea base de fuentes de contaminación en la cuenca del lago Titicaca –Lima Perú.
- BERNAL, D.P.; CARDONA, D.A.; GALVIS, A. Y PEÑA, M.R. 2007. Guía de Selección de Tecnología para el tratamiento de Aguas Residuales Domésticas por Métodos Naturales. Seminario internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales. Instituto Cinara, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- DIGESA, (2011). Dirección General de Salud Ambiental, Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano 2011: D.S. N° 031-2010-SA / Ministerio de Salud.– Lima: Ministerio de Salud; 44 p.
- DOMÍNGUEZ, J. 2010. El acceso al agua y saneamiento: Un problema de capacidad institucional local. Análisis en el estado de Veracruz D.F. Mexico. Gestión y Política Pública, vol. XIX, núm. 2,
- ESPINOSA-LLORENS, M. C.; LEÓN-HERNÁNDEZ, Y.; RODRÍGUEZ-PETIT, 2013. Xiomara Problemática de la determinación de especies nitrogenadas (nitrógeno total y amoniacal) en aguas residuales Revista CENIC. Ciencias Químicas, vol. 44, 2013, pp.
- FINLAY, J. C. SMALL, G. E. STERNER, R. W. 2013. Human influences on nitrogen removal in lakes Journal Science, vol 342, Issue 6155 pag 247–250
- GARCIA, P. Y BENZAL A. 2009. Florula y Vegetación de "ELS ULLALS DE NAMOLINS" (La albufera, Valencia) Referencia de una Estado de intermedia de restauración de humedales Flora montiverica 42:31-40 ISSN 1138-595
- HUOTARI, T. KORPELAINEN. H. 2012. Complete chloroplast genome sequence of *Elodea canadensis* and comparative analyses with other monocot plastid genomes Volume 508, Issue 1, Pages 96–105

- KLEIN, A. (2014). El concepto de cura en la perspectiva freudiana. Un análisis crítico de algunas variables intervinientes Tesis Psicológica, vol. 9, núm. 2, julio-diciembre, pp.282-298
- LÓPEZ M. L., Y MADROÑERO S. M. 2015. Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de la Cocha Cienc. Ing. Neogranad. vol.25 no.2 Bogotá. Print version ISSN 0124-8170
- LI X, ZHANG M, LIU F, LI Y, HE Y, ZHANG S, WU J. 2015. The Significance of *Myriophyllum elatinoides* for Swine Wastewater Treatment: Abundance and Community Structure of Ammonia-Oxidizing Microorganisms in Sediments. 10(10):e0139778. doi: 10.1371/journal.pone.0139778.
- MOLINA, L. F. Y VILLEGAS E. 2015. Ciudades sensibles al agua: paradigma contemporáneo para gestionar aguas urbanas Revista de Tecnología | Journal of Technology | Volumen 14 | Número 1 | Págs. 53-64
- MONTALVO J., GARCÍA-RAMIL I., RODRÍGUEZ M., BETANZOS A., GARCÍA N., 2014. Modelación de la eutrofización e índice de calidad del agua en algunas bahías del archipiélago Sabana Camagüey versión On-line ISSN 2224-6185 RTQ vol.34 no.3 Santiago de Cuba
- MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2011. Calidad ambiental COMPENDIO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL PERUANA VOLUMEN V Actualizado al 31 de mayo Copyright Ministerio del Ambiente -MINAM Avenida Javier Prado Oeste N° 1440, San Isidro, Lima 27 – Perú (51 – 1) 611 6000
- PAZ, F. (2015). Estándares Nacionales de Calidad Ambiental normas legales para lagunas y lago categoría 4 El Peruano / Sábado 19 de diciembre dado en la casa del gobierno Lima Perú.
- PETER H. y GLEICK. 2010. Basic water requirements for human activities: meeting basic needs. Environment: Science And Policy For Sustainable Development Published Online: Jul Volume: 21, Issue: 2, Publisher: Taylor & Francis Group, Pages: 83–92.
- RIVAS, Z.; SÁNCHEZ, J.; TRONCOTE, F.; MÁRQUEZ, R.; LEDO DE MEDINA, H.; COLINA, M.; GUTIÉRREZ, E. 2009. Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al sistema lago de maracaibo, venezuela. Interciencia, vol. 34, núm. 5, pp. 308-314
- ROBERT I., DONALD M., WEBER K., PADOWSKI J, FLÖRKE M., SCHNEIDER CH. GLEESON G, ECKMANS., LEHNER B., BALK D., BOUCHER T., GRILL G., MONTGOMERY M. 2014. Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. Search Science D global Environmental Change v27, pages 96-105
- SALGADO-BERNAL, I.; DURÁN-DOMÍNGUEZ, C.; CRUZ-ARIAS, M.; CARBALLO-VALDÉS, M. E.; Y MARTÍNEZ-SARDIÑAS, A. 2012. Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, vol. 28, núm. 1, 2012, pp. 17-26
- STAT POINT TECHNOLOGIES, 2010 stat graphics centurion xvi manual de usuario. Inc. STATGRAPHICS.
- UTRIA, E.; REYNALDO, INÉS; CABRERA, A.; MORALES, D.; MORÚA, A; ÁLVAREZ, N. 2006. Caracterización de los biosólidos de aguas residuales de la estación
- Wada Y., P H van Beek L., Wanders N. and F P Bierkens M. 2013. Human water consumption intensifies hydrological drought worldwide IOP Publishing Ltd Environ. Res. Lett. 8034036 (14pp)

- Wen, Z. Wu, S. Chen, J. Lü, M. 2017. NDVI indicated long-term interannual changes in vegetation activities and their responses to climatic and anthropogenic factors in the Three Gorges Reservoir Region, China Science of The Total Environment Volume 574, 1, Pages 947–959
- WU H. , SHAO L, WANG, YU KF, HE PM Y WEN WK 2012. Bioremediation of river water quality by consecutively adjustable submerged vegetation net Ing Yong Sheng Tai Xue Bao. 23(9):2580-6
- YANG W., LI Y., SUN G. 2014. Effects of two submerged macrophytes on dissolved inorganic nitrogen in overlying water and interstitial water Huan Jung ke xue ;35 (6):2156-63.
- YANG Y, GAO B, HAO H, ZHOU H, LU J. 2016. Nitrogen and phosphorus in sediments in China: A national-scale Sci Total Environ assessment and review. 6; 576:840-849. doi:0.1016/j.scitotenv.10.136