

## Efecto del tiempo y radiación solar sobre las macrófitas flotantes para la reducción de la DBO del agua del canal Mochica – Moche

Effect of the time and solar radiation on the floating macrophytes for the reduction of the BOD of the water of the Mochica channel – Moche

Maira Lisbeth Gamboa Florecin<sup>1</sup> | Dr. José Alfredo Cruz Monzón<sup>2</sup>

### RESUMEN:

El presente trabajo de investigación tuvo por finalidad, obtener un proceso que permita reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), del agua del canal Mochica. Una caracterización inicial permitió determinar que el agua problema poseía una DBO<sub>5</sub> promedio de 198,3 mgO<sub>2</sub>/L, razón por la cual se propuso utilizar un tratamiento de depuración con dos especies de plantas macrófitas flotantes: *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, las cuales son consideradas reductoras de altas concentraciones de materia orgánica. El diseño aplicado fue experimental factorial, siendo la muestra utilizada de 90 litros de agua del canal Mochica ubicado en Trujillo en el departamento de la Libertad en Perú. La muestra fue distribuida a recipientes con 3 L, insertando a continuación un igual número de macrófitas flotantes, para evaluar el proceso de reducción a tiempos de 5 y 15 días tanto en exposición a luz solar como en oscuridad. Los resultados obtenidos permiten afirmar que, el tiempo, radiación solar y el tipo de macrófita flotante, ejercen un efecto significativo en la reducción de la DBO del agua contaminada evaluada, mostrando además que, la presencia de luz, un mayor número de días y que la *Eichhornia crassipes* es la más efectiva, por cuanto, permitió reducir la DBO<sub>5</sub> de 198,3 mgO<sub>2</sub>/L a 16,67 mgO<sub>2</sub>/L en presencia de luz y 15 días de tratamiento, alcanzando valores muy cercanos a los establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental-Agua, categoría III, establecidos por D.S N° 004-2017-MINAM.

**Palabras claves:** Demanda bioquímica de oxígeno, Planta macrófita, Remoción.

### ABSTRACT:

The purpose of this research work was to obtain a process that allows to reduce the biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>) of the water of the Mochica channel. An initial characterization made it possible to determine that the problem water had an average BOD<sub>5</sub> of 198.3 mg O<sub>2</sub> / L, which is why it was proposed to use a purification treatment with two species of floating macrophyte plants: *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes*, which are considered reducing agents of high concentrations of organic matter. The applied design was experimental factorial, being the sample used of 90 liters of water from the Mochica channel located in Trujillo in the department of La Libertad in Peru. The sample was distributed to containers with 3 L, then inserting an equal number of floating macrophytes, to evaluate the reduction process at times of 5 and 15 days both in exposure to sunlight and darkness. The obtained results allow to affirm that, the time, solar radiation and the type of floating macrophyte, exert a significant effect in the reduction of the BOD of the polluted water evaluated, also showing that, the presence of light, a greater number of days and that *Eichhornia crassipes* is the most effective, as it allowed to reduce the BOD<sub>5</sub> from 198.3 mgO<sub>2</sub> / L to 16.67 mgO<sub>2</sub> / L in the presence of light and 15 days of treatment, reaching values very close to those established in the Standards of Environmental Quality-Water, category III, established by DS N ° 004-2017-MINAM.

**Key words:** Biochemical oxygen demand, Macrophyte plant, Removal.

<sup>1</sup> Universidad César Vallejo - Estudiante de Ingeniería Ambiental.  
E-mail: mgamboaf14@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad César Vallejo - Docente y asesor de Ingeniería Ambiental.  
E-mail: jacruz@ucvvirtual.edu.pe

## 1. INTRODUCCIÓN:

En los últimos años, la contaminación de los recursos hídricos a nivel mundial, ha ido en aumento, ya sea por causa proveniente de la naturaleza o por las actividades que el hombre realiza en su vida diaria. Según la Organización Mundial de la Salud, en uno de sus anuncios (2016), relata que: “El aumento de la carencia de agua, se debe al incremento de la población, la expansión de la urbanización y desarrollo exhaustivo del recurso para diversas actividades”. Asimismo indica que para el año 2025, parte de la ciudad a nivel mundial vivirá en lugares con carencia de este recurso, por lo tanto ya muchos países están utilizando como alternativa y solución a aquel problema; la reutilización de las aguas residuales ya sea para recuperar agua, nutrientes o energía a través de diversos tratamientos.

El agua del río Moche, discurre por diferentes canales; uno de ellos es el canal Mochica, la cual se caracteriza por ser el más representativo de la provincia de Trujillo, pues atraviesa por muchos sectores de nuestra provincia, sin embargo, éste se encuentra alterado por las diversas actividades de los pobladores que vierten sus residuos sólidos y descargas de aguas servidas al interior, este hecho se aprecia principalmente en el Sector Los Patos; la falta de conciencia por parte de los pobladores genera embalses constantes en la zona.

De lo expuesto, se presume que el canal Mochica en el Sector Los Patos es un foco infeccioso generado por la población, más aun tomando en cuenta que los cultivos son regados por las aguas de dicho canal. Ante esta problemática existió el interés de realizar la investigación que permita conocer el efecto del tiempo, radiación solar y las macrófitas flotantes en la reducción de la DBO del agua del canal Mochica, Moche. La demanda bioquímica de oxígeno, es aquel parámetro que expresa la cantidad

de oxígeno consumido por los microorganismos en la materia orgánica en descomposición. Para ello se fija ciertas condiciones de tiempo y temperatura, es decir en 5 días y a 20 °C (SANCHEZ, M. 1994).

En el artículo 31° de la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no represente riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente; estos a su vez son de cumplimiento obligatorio de conformidad con lo dispuesto en la Ley, la cual indica que (D.S N° 004-2017-MINAM), la cual indica en la categoría III, riego de vegetales y bebida de animales, que la concentración de DBO es de 15 mg/L.

Las macrófitas flotantes, son plantas acondicionadas a medios húmedos o acuáticos, básicamente tienen los mismos requerimientos nutricionales de las plantas terrestres. Desde años atrás las macrófitas flotantes han sido utilizadas en sistemas de tratamiento de aguas residuales, las macrófitas más comunes como objeto de estudio son: En los flotantes se encuentra el Jacinto de agua, las lentejas de agua y plantas emergentes entre las cuales se encuentra el tule o junco usados en pantanos. Se ha confirmado que el uso de estas macrófitas constituye una alternativa para la remoción de contaminantes, ya que las ramificaciones facilita los procesos de sedimentación de sólidos, así como un área importante para la fijación de grupos de microorganismos asociados capaces de degradar materia orgánica en suspensión (ZETINA, M; et al, 2000). Entre las más estudiadas y utilizadas para la reducción de concentración de contaminantes, son: *Pistia stratiotes*, que pertenece a la familia de las *Draceae* (CHUPAN, J. 2014), y la *Eichhornia crassipes*, familia *Pontederiaceae* (LACUESTA, C.; CRISTÓBAL, M., 2013).

El presente proyecto de investigación se justificó en la necesidad de obtener una alternativa ambiental para la reducción de DBO en el agua, a través de macrófitas flotantes, este método se caracteriza por ser rentable, viable, económico y que puede ser utilizado por empresas para el tratamiento de sus aguas residuales con parámetros altamente tóxicos, antes de ser dispuestas a un cuerpo receptor proponiendo en tal sentido implementar una planta de tratamiento con biotecnología, para ello se planteó como objetivos, evaluar el efecto del tiempo, radiación solar y las macrófitas flotantes *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la reducción de la DBO del agua del canal Mochica-Moche en el año 2017, asimismo comparar la eficiencia de las macrófitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en función del tiempo y la presencia y ausencia de luz solar.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS:

### 2.1. Tipo de investigación:

La presente investigación fue de tipo aplicada, cuantitativa, longitudinal y experimental.

### 2.2. Diseño de investigación:

Se utilizó un diseño experimental factorial  $2^3$ ; la cual indica tres factores o variables independientes (tiempo, radiación solar y tipo de planta) y dos niveles por cada uno de los factores; que equivale a 8 tratamientos, por triplicado para mayor confiabilidad del proyecto, resulta 24 tratamientos más los 4 de control. Teniendo como variables:

#### Variable independiente:

- Tiempo (5, 15 días)
- Radiación Solar (Luz solar y oscuridad)
- Tipo de macrófitas flotante (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*)

**Variable dependiente:** Reducción de DBO (mg/L).

### 2.3. Población y muestra:

- Población: Agua del Canal Mochica, sector Los Patos-Moche
- Muestra: 90 litros de agua del Canal Mochica-Moche
- Unidad de Análisis: 3 litros de muestra para cada recipiente.

### 2.4. Procedimiento

Para la toma y recolección de muestra se realizó teniendo en cuenta el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad de Agua establecido por la ANA, 2016.

#### Método de análisis de datos:

El método de ensayo utilizados para analizar los parámetros ya especificados, fue SMEWW APHA AWWA WEF, Part 5210B. 22nd Edition. 2012. Biochemical oxygen demand (BOD): Método de incubación de 5 días.

Con los resultados del parámetro obtenidos en el laboratorio, se procedió a elaborar una base de datos para el respectivo análisis estadístico, con el fin de determinar la efectividad del tiempo, la condición (con luz solar y oscuridad) y el tipo de macrófita flotantes (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*) en la reducción de la DBO del agua del canal Mochica-Moche, para ello se utilizó la prueba estadística ANOVA.

Asimismo se comparó la eficiencia de ambas plantas macrófitas, por lo tanto se utilizó la técnica estadística de t-Student.

Para ello, para ambas pruebas estadísticas se utilizó el programa SPSS, asimismo se comprobó estadísticamente que los datos sigan una distribución normal, por la cual se empleó la prueba Shapiro-Wilk.

### 3. RESULTADOS:

#### Prueba INICIAL de DBO:

Tabla 1: Resultado de la Prueba Inicial de DBO del agua del Canal Mochica-Moche

PRUEBA INICIAL DE DBO			
Código de la Muestra	PI1	PI2	PI3
Fecha de Muestreo	20/09/2017	20/09/2017	20/09/2017
Hora de Muestreo	13:50	14:00	14:05
Resultado (mg/l)	200	197	198
Promedio (mg/l)	198.3		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados de los análisis de DBO<sub>5</sub>, los niveles se encuentran por encima de los que el ECA establece (15 mg/l) para riego de vegetales y bebida de animales, esto se debe a que la acumulación de residuos sólidos, específicamente materia orgánica, es excesiva, asimismo la cantidad de restaurantes que hay en esa zona y la falta de reparación del sistema de alcantarillado.

#### Pruebas finales y remoción de la DBO:

Tabla 2: Remoción de la DBO del agua del canal Mochica, utilizando tratamiento.

Tiempo (días)	Tipo de macrófita flotante	Condición	Concentración inicial de DBO (mg/L)	Concentración final de DBO (mg/L)				ECA-agua: Categoría III	Remoción de DBO (%)
				1 rep.	2 rep.	3 rep.	$\bar{x}$		
5 días	Pistia Stratiotes	Con Luz	198,3	115	120	117	117,3	15 mg/L	40,8
		Oscuridad		148	145	150	147,7		25,5
	Eichhornia crassipes	Con Luz		95	97	94	95,3		51,9
		Oscuridad		135	140	138	137,7		30,6
15 días	Pistia Stratiotes	Con Luz		25	23	27	25,0		87,4
		Oscuridad		28	25	30	27,7		86,0
	Eichhornia crassipes	Con Luz		18	15	17	16,7		91,6
		Oscuridad		21	22	25	22,7		88,6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Remoción de DBO del agua del canal Mochica, en la prueba control

Tiempo (días)	Tipo de macrófita flotante	Condición	Concentración Inicial de DBO (mg/L)	Concentración final de DBO (mg/L)	ECA-agua: Categoría III	Remoción de DBO (%)
15	Pistia Stratiotes	Con Luz	198.3	115	15 mg/L	42,01
		Oscuridad		135		31,92
	Eichhornia crassipes	Con Luz		90		54,61
		Oscuridad		120		39,49

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2 y 3, muestran los resultados de los análisis realizados a los 5 y 15 días de tratamiento, en la que se determina que:

- La macrófita *Pistia stratiotes* en condición de presencia de luz, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo la DBO en un 40.8%, a los 15 días en un 87.4%, mientras que en condiciones de oscuridad, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo en un 25.5%, a los 15 días en un 86%.
- La macrófita *Eichhornia crassipes* en condición de presencia de luz, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo la DBO en un 51.9%, a los 15 días en un 91.6%, mientras que en condiciones de oscuridad, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo en un 30.6%, a los 15 días en un 88.6%.

#### Efecto de la eichhornia crassipes:

Para determinar estadísticamente si existe diferencias significativas en la macrófita *Eichhornia crassipes*, el tiempo de tratamiento, y la presencia o ausencia de luz, se aplicó la prueba estadístico ANOVA.

Tabla 4: Análisis de Varianza-ANOVA para la macrófita *Eichhornia crassipes* con presencia y ausencia de luz (oscuridad)

		MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	F	SIG.
Presencia de luz	PRIMERO	198,33	1,528	10671,476	0,000
	SEGUNDO	95,33	1,528		
	TERCERO	16,67	1,528		
Oscuridad	PRIMERO	198,33	1,528	5511,256	0,000
	SEGUNDO	137,67	2,517		
	TERCERO	22,67	2,082		

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que  $p < 0.05$ , por lo tanto se rechaza  $H_0$  y se afirma que existe diferencias significativas entre los grupos experimentales.

### Efecto de la *Pistia Stratiotes*:

Para determinar estadísticamente si existe diferencias significativas en la macrofita *Pistia stratiotes*, el tiempo de tratamiento, y la presencia o ausencia de luz, se aplicó la prueba estadístico ANOVA.

Tabla 5: Análisis de Varianza-ANOVA para la macrofita *Pistia stratiotes* con presencia de luz y ausencia de luz (oscuridad).

		MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	F	SIG.
Presencia de luz	PRIMERO	198,33	1,528	5344,447	0,000
	SEGUNDO	117,33	2,517		
	TERCERO	25,00	2,000		
Oscuridad	PRIMERO	198,33	1,528	513,422	0,000
	SEGUNDO	147,67	2,517		
	TERCERO	147,67	2,517		

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que  $p < 0.05$ , por lo tanto se rechaza  $H_0$  y se afirma que existe diferencias significativas entre los grupos experimentales. Por lo tanto para la tabla 4 y 5, se debió contrastar que medias difieren, utilizando la prueba posteriori (Tukey); esto demuestra que existen diferencias significativas 2 a 2, es decir que existe una diferencia entre los grupos experimentales, excepto en el segundo y tercer grupo, es decir que a los 5 y 15 días de tratamiento no hay diferencia significativa en condiciones de oscuridad utilizando la macrofita flotante *Pistia stratiotes*.

### Comparación de eficiencia entre las macrofitas flotantes

Para comparar ambas macrofitas flotantes (*Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*) y determinar la eficiencia entre una y otra, se aplicó la prueba estadística de T-Student, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 6: Diferencias entre ambas macrofitas flotantes en presencia y ausencia de luz (oscuridad) a los 5 días de tratamiento.

	FACTOR1	Media	Desviación estándar	t	Sig. (bilateral)
Presencia de Luz	G1	95,33	1,528	-12,944	0,000
	G2	117,33	2,517		
Oscuridad	G1	137,67	2,517	-4,867	0,008
	G2	147,67	2,517		

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 6 muestra que existe diferencia muy significativa entre la macrofita *Eichhornia crassipes* y la *Pistia stratiotes* a los 5 días de tratamiento en presencia y ausencia de luz, asimismo se identifica que la de mayor efecto es la *Eichhornia crassipes* (G1) ya que difiere de la otra macrofita en 22 mg/L en presencia y 10 mg/L en ausencia de luz.

Tabla 7: Diferencias entre ambas macrofitas flotantes en presencia y ausencia de luz (oscuridad) a los 15 días de tratamiento.

	FACTOR1	Media	Desviación estándar	t	Sig. (bilateral)
Presencia de Luz	G1	16,67	1,528	-5,735	0,000
	G2	25,00	2,000		
Oscuridad	G1	22,67	2,082	-6,291	0,000
	G2	27,67	2,517		

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 7 muestra que existe diferencia muy significativa entre la macrofita *Eichhornia crassipes* y la *Pistia stratiotes* a los 15 días de tratamiento en presencia y ausencia de luz, asimismo se identifica

que la de mayor efecto es la *Eichhornia crassipes* (G1) ya que difiere de la otra macrófita en 8.33 mg/L en presencia y 5 mg/L en ausencia de luz.

#### 4. DISCUSIÓN:

En el tabla 1 se muestran los resultados por triplicado de la DBO<sub>5</sub>, obteniendo un promedio de 198.3 mg/L; los niveles se encuentran por encima de los que el ECA establece (15 mg/L) para riego de vegetales y bebida de animales, tal como se indica en el D.S. N°004-2017-MINAM; esto se debe a la acumulación excesiva de materia orgánica en los alrededores y en el interior del canal Mochica tramo Los Patos, la cual es considerada como punto crítico del distrito de Moche alterando así la calidad del agua, tal y como se refiere (Lacuesta, C., Cristóbal, M. 2013) en su investigación, en la que muestra la problemática del arroyo Miguelete-Uruguay, éste es un arroyo urbano que recibe mucha presión antropogénica, en su cuenca se encuentran variados problemas de contaminación pero el de mayor preocupación es el vertimiento de los residuos sólidos en los márgenes y el cauce, elevando los niveles de nitrógeno, fósforo y materia orgánica, estos problemas afectan la calidad del agua del arroyo, y son una amenaza para los seres vivos que conforman el ecosistema.

Para (Zarela, M. y García, T., 2012), considera que las macrófitas flotantes han logrado proporcionar un tratamiento integral en donde no solamente se remueven eficientemente material orgánico y sólidos suspendidos sino que también se logran reducir nutrientes, sales disueltas, metales pesados y patógenos. Es por ello que en la presente investigación se trabajó con macrófitas flotantes para el tratamiento de agua residual, tomando en cuenta las más estudiadas que son: *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*, esto se debe a que estas plantas acuáticas

proporcionan densas raíces que son sitios propicios para la adhesión de los microorganismos degradadores de materia orgánicas.

Las tablas 2 y 3, muestran los resultados de los análisis realizados a los 5 y 15 días de tratamiento, es decir luego de haber introducido las macrófita *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*, en condiciones donde la luz solar fue de manera directa y otra en condiciones de oscuridad hacia los recipientes del agua con alta concentración de DBO, procedente del Canal Mochica; tal y como muestra (Zimmels, Y., et al, 2006) en su investigación que el tiempo y la presencia de luz son variables que influyen directamente en la reducción de la DBO, es por ellos en el proceso experimental se tomaron en cuenta estas dos.

Usando la macrófita *Pistia stratiotes* en condición de presencia de luz, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo la DBO en un 40.8%, a los 15 días en un 87.4%, mientras que en condiciones de oscuridad, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo en un 25.5%, a los 15 días en un 86%. Según la investigación de (Zimmels, Y., et al, 2006), nos indica que usando esta macrófita, redujo un 50% a los 5 días con presencia de luz y a los 11 días en un 90%.

La macrófita *Eichhornia crassipes* en condición de presencia de luz, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo la DBO en un 51.9%, a los 15 días en un 91.6%, mientras que en condiciones de oscuridad, a los 5 días de haber aplicado el tratamiento redujo en un 30.6%, a los 15 días en un 88.6%. Según la investigación de (Zimmels, Y., et al, 2006), nos indica que usando esta macrófita, redujo un 60% a los 5 días con presencia de luz y a los 11 días en un 95%. Estas diferencias o variaciones se deben a que en aquellos días la temperatura en la ciudad de Trujillo era baja.

Estadísticamente se comprobó que sí existe diferencias muy significativas entre grupos; es por ello que se procedió a realizar un prueba estadística que es Tukey, con la finalidad de mostrar que grupos difieren, obteniendo que existe diferencia entre dos grupos; en el primer análisis, segundo y el final que se le realizó a los tratamientos; tal como lo indican (Zimmels, Y., et al, 2006) en su investigación, en la que demuestran que las macrófitas *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* y el tiempo (Desde el día 0 hasta el día 11) tienen un efecto muy significativo en la reducción de la DBO, debido a que estas plantas acuáticas poseen raíces densas y actúan como filtros de material particulado.

Para comparar la eficiencia de ambas plantas macrófitas (*Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*) se aplicó la prueba estadística t-Student, estadísticamente se comprobó que la *Eichhornia crassipes* es más efectiva que la *Pistia stratiotes* en cuanto a reducción de la DBO del agua del Canal Mochica, siendo el tratamiento en presencia o en ausencia de luz, en ambas condiciones aquella macrófita resultó ser más eficiente, ya que redujo de 198.33 mg/L a 16mg/L en 15 días, un valor muy cerca a lo el ECA agua establece según el D.S N° D.S. N°004-2017-MINAM. Esto confirma la teoría que plantea (Lacuesta, C., Cristóbal, M. 2013) que afirma que la *Eichhornia crassipes* es más eficiente que la *Pistia stratiotes* en la reducción de la materia orgánica.

## 5. CONCLUSIONES:

- Se determinó que el tiempo, presencia de luz y el tipo de macrófita flotante tienen un efecto muy significativo en la reducción de la DBO del agua del canal Mochica-Moche.
- Se identificó la concentración inicial de la DBO del agua del canal Mochica, análisis realizados en el

laboratorio acreditado NKAP, un promedio de 198.3 mg/L; los niveles se encuentran por encima de los que el ECA establece (15 mg/L) para riego de vegetales y bebida de animales.

- Se determinó que la macrófita *Pistia stratiotes* en condición de presencia de luz, a los 5 días redujo la DBO en un 40.8%, a los 15 días en un 87.4%, en condiciones de oscuridad, 25.5% y 86% respectivamente.
- Se determinó que la macrófita *Eichhornia crassipes* en condición de presencia de luz, a los 5 días redujo la DBO en un 51.9%, a los 15 días en un 91.6%, en condiciones de oscuridad, 30.6% y 88.6% respectivamente.
- Se comparó estadísticamente que la *Eichhornia crassipes* es más efectiva que la *Pistia stratiotes* en cuanto a reducción de la DBO del agua del Canal Mochica, siendo el tratamiento en presencia o en ausencia de luz, en ambas condiciones aquella macrófita resultó ser más eficiente, ya que redujo de 198.33 mg/L a 16mg/L en 15 días la DBO.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] ANA. 2016. R.J 010-2016-ANA: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Perú
- [2] CARRASCO, L. 2009. Efecto de la radiación ultravioleta-b en plantas. Idesia [online] Chile, 27 (3), pp.59-76. ISSN 0718-3429.
- [3] CHUPAN, J. 2014. Eficiencia de la lechuga de agua “*Pistia Stratiotes*” en la remoción de nutrientes de agua residual doméstica, Urbanización La Gloria, Ate-Lima. Grin Verlag, Perú. p. 84. ISBN 9783668033436
- [4] HIDALGO, J., [et al.]. 2005. Recent applications

- applications of waste water by means of aquatic plants. Chile, 14 (1), pp.17-25. ISSN 0717-196X
- [5] LACUESTA, C., CRISTÓBAL, M. 2013. Eficiencia de tres macrófitas en la remediación e las aguas del Arroyo Miguelete. Club de Ciencia: Bénticos. Montevideo-Uruguay, p. 34
- [6] LA REPUBLICA. 2017. Edición Impresa del 26 de enero de 2017. Diez sectores de Moche están en litigio con MPT. pp. 17-18. [Consultado 25 de mayo, 2017]. Disponible en: <http://larepublica.pe/impresa/sociedad/843123-diez-sectores-de-moche-estan-en-litigio-con-mpt>
- [7] MARTELO, J., LARA, J. 2012. Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte. Universidad EAFIT. Colombia, 8 (15), pp. 221-243. ISSN 1794-9165
- [8] MINISTERIO del Ambiente, 2017. D.S N°004-2017-MINAM: Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. Perú
- [9] OMS. 2016. Datos: Agua. [Consultado el 22 de mayo, 2017]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/es/>
- [10] RÁEZ, E., DOUROJEANNI, M. 2016. Informe: Los principales problemas ambientales políticamente relevantes en el Perú. [Consultado el 22 de mayo, 2017]. Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/principales-problemas-ambientales-politicamente-relevantes-peru>
- [11] SANCHEZ, M. 1994. Contribución al Estudio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Universidad Autónoma Nuevo León, Monterrey, p. 88. ISBN 1020091184
- [12] SANCHEZ, R. 2015. T-Student: Usos y abusos. Revista Mexicana de Cardiología, México. 26 (1), pp. 59-61. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/revmexcardiol>
- [13] SAYAGO, U. 2016. Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*. Revista Colombiana de Biotecnología, Colombia. 18 (2), pp.73-80. Disponible en: DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.52271
- [14] VERGARA, A. 1994. Remociones de contaminantes de aguas residuales con macrófitas acuáticas. Revista Dugandia, Colombia. 5(1), p.32.
- [15] VILLARROEL, J. 2012. Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales en la comunidad de Rumichaca. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú, p. 37
- [16] YBÁÑEZ, I. 2013. Edición Impresa del 17 de Abril de 2013. La mayor parte de lagunas y ríos de La Libertad ha sido contaminada por la minería. Diario La República. [Consultado el 24 de mayo, 2017]. Disponible en: <http://larepublica.pe/17-04-2013/la-mayor-parte-de-lagunas-y-rios-de-la-libertad-ha-sido-contaminada-por-la-mineria>
- [17] ZARELA, M. GARCÍA, T. 2012. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima- Perú, p.272

[18] ZETINA, M., [et al]. 2009. Estudio sobre el uso de macrófitas sumergidas para el tratamiento de agua. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. FEMISCA, México, FEMISCA, pp.1-16

[19] ZIMMELS, Y., [et al]. 2006. Application of *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes* for treatment of urban sewage in Israel. *Journal of Environmental Management* 81, pp. 420–428. Disponible en: DOI: 10.1016/j.jenvman.2005.11.014