

Influencia del PH y la concentración de haloferax sp en la DQO y DBO₅ del efluente residual de la empresa Exalmar S. A. C.

Influence of the PH and concentration of haloferax sp on the COD and BOD₅ of the residual effluent of the company Exalmar S. A. C.

Hillary Atoche Gamarra¹ | Dr. José Cruz Monzón²

RESUMEN:

Esta investigación tuvo la finalidad de evaluar la influencia del pH y la concentración de Haloferax sp en la disminución de materia orgánica, a través de los parámetros DBO₅ y DQO del efluente de la planta de agua de cola de la empresa EXALMAR S.A.C., para esto se diseñó y construyó tres reactores batch para los tratamientos experimentales, las variables que se manipularon fueron el pH con valores de 7, 10 y 12; y la concentración de bacterias Haloferax sp. (3*10⁸UFC/ml, 6*10⁸ UFC/ml y 9*10⁸ UFC/ml). Se analizó los parámetros de DBO₅ y DQO en dicho efluente, antes y después del tratamiento en función de sus factores, pH y la concentración de bacterias Haloferax sp. En base a los resultados obtenidos de acuerdo a la finalidad de esta investigación, se comprobó que el agua residual del efluente de la planta de agua de cola, antes y después del tratamiento experimental, no cumple con los LMPs (DBO₅ y DQO), establecido según la Resolución Ministerial 178-2014- MINAM, sin embargo en la aplicación de la biorremediación a nivel experimental, los mejores resultados obtenidos en la disminución de DBO₅ fue de 52,66% y en DQO fue de 59,39%, con un tiempo de 72 horas y a un pH de 12.

Palabras claves: Influencia, Concentración de bacterias, pH, DBO₅ y DQO.

ABSTRACT:

This investigation had the purpose of evaluating the influence of the pH and the concentration of Haloferax sp in the decrease of organic matter, through the parameters DBO₅ and DQO of the effluent of the tail water plant of the company EXALMAR SAC, for this designed and built three batch reactors for the experimental treatments, the variables that were manipulated were the pH with values of 7, 10 and 12; and the concentration of bacteria Haloferax sp. (3 * 10⁸UFC / ml, 6 * 10⁸ UFC / ml and 9 * 10⁸ UFC / ml). The parameters of BOD₅ and DQO were analyzed in said effluent, before and after the treatment according to their factors, pH and the concentration of bacteria Haloferax sp. Based on the results obtained according to the purpose of this investigation, it was verified that the wastewater from the effluent of the tail water plant, before and after the experimental treatment, does not comply with the LMPs (DBO₅ and DQO), established according to Ministerial Resolution 178-2014-MINAM, however in the application of bioremediation at experimental level, the best results obtained in the reduction of BOD₅ was 52.66% and in COD it was 59.39%, with a time of 72 hours and a pH of 12.

Key words: Influence, Bacterial concentration, pH, DBO₅ y DQO.

¹ Universidad César Vallejo - Estudiante de Ingeniería Ambiental.
E-mail: hiyomira@gmail.com

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

1. INTRODUCCIÓN:

La moderna actividad industrial de producción de harina de pescado se ha posicionado a lo largo del litoral costero peruano, siendo así uno de los sectores de gran importancia para la generación de ingresos económicos del país, por lo que la explotación de los recursos pesqueros ha permitido al Perú ser reconocido como potencia mundial, sin embargo aún estamos precarios de políticas de gestión para un manejo adecuado de estos recursos, lo cual nos brinda un panorama lejos de alcanzar el desarrollo sostenible.

Hoy en día la producción de harina de pescado y el aceite de pescado constituyen la tercera actividad más importante del Perú, después de la minería y la agroindustria. Esta actividad es la más abundante ya que nuestro litoral peruano, cuenta con las características biológicas de la Corriente Peruana, donde existen en ciertas localidades el afloramiento de mayor intensidad como en Paita, Pimentel, Puerto Malabrigo, Chimbote y San Juan. (TALAVERA, 2013, p. 25)

El distrito de Puerto Malabrigo se está viendo perjudicada por la contaminación de su bahía, debido que en esa zona existen 8 plantas pesqueras, donde ciertos efluentes son vertidos al mar pasando los LMP, alterando así su flora y su fauna marina.

Los problemas ambientales provocados por la operación de la industria, se halla en las fábricas de procesamiento debido a gran cantidad de agua residual que en ella se origina. Los efluentes líquidos de calderos o aguas de plantas evaporadoras de agua de cola (AC) se derivan al mar con temperaturas en promedio de 50° C, lo cual generaría trastornos locales y puntuales en el entorno del efluente. (CABRERA, 2002, p. 4)

Teniendo en cuenta la importancia económica, social de la industria; y con la problemática que

que cuentan respecto a las descargas de aguas residuales industriales pesqueras, en las que es muy difícil que sobrevivan microorganismos debido a la gran cantidad de sales que en ellas existen. Es así que actualmente se está aplicando la biotecnología, donde una de ellas es la adaptación de los microorganismos halófitas tomándolas como alternativa de biorremediación, ya que estas son capaces de sobrevivir en condiciones de alta salinidad, mejora la degradación de materia orgánica y disminuir los efectos negativos en el ecosistema marino. (MEZA, 2014, p.1)

Las halófitas son aquellos microorganismos que se adaptan a ciertas concentraciones de NaCl para que se desarrollen y crezcan. Estas se pueden obtener mediante la aislación de los hábitats que presentan alta salinidad ubicados en cualquier lugar (la mayoría se encuentra en zonas calientes y secas, lagos salinos, suelo salados y alimentos salados). Es por ello que estas bacterias están alcanzando un gran interés en la degradación de residuos tóxicos, ya que a diferencia de los tratamientos microbiológicos convencionales que generan aguas residuales hipersalinas, éstas mejoran la calidad de los efluentes de la industria pesquera. (RAMÍREZ, et al, 2006, p. 57)

Debido a que esta realidad no es ajena en Malabrigo, el presente estudio determinó la eficacia del tratamiento aplicando microorganismos halófitos en las aguas residuales industriales pesqueras de Puerto Malabrigo.

Ante lo expuesto, el presente proyecto tiene como problema de investigación ¿Cómo influye el pH y la concentración de Halóferax sp en la DQO y DBO₅ del efluente residual de la empresa EXALMAR SAC?

Como objetivo general se plantea: demostrar la influencia del pH y la concentración de Haloferax sp en la DQO Y DBO₅ del efluente residual de la empresa EXALMAR SAC.

Y como objetivos específicos:

- Identificar y cultivar las bacterias *Haloferax* sp a partir de las muestras del salar de la ciudad de Chimbote.
- Identificar las características físico-químicas (DQO y DBO₅) del efluente del agua residual pesquera en “EXALMAR SAC”.
- Analizar la concentración de DBO₅ y DQO en los efluentes de las aguas residuales pesqueros en EXALMAR SAC. cuando son expuestos a diferentes condiciones de pH y concentración de *Haloferax* sp.
- Aplicar los análisis estadísticos a los resultados utilizando el ANOVA.

El estudio realizado por VILLOTA, Tomas (2014, p. 5), en el trabajo titulado “Biorremediación de aguas residuales con alta salinidad mediante bacterias halófitas aisladas de perfiles costeros del Ecuador”, tuvo como objetivo diseñar un proceso para la biorremediación de aguas residuales con alta salinidad; donde se hizo el aislamiento mediante 2 técnicas de aislamiento de bacterias (aislamiento de bacterias en medios sólidos mediante estriado y aislamiento halófitos aplicando un diseño factorial fraccionado Plackett-Burman). Dicho experimento fue realizado a escala de laboratorio, con agua residual sintética teniendo las condiciones de salinidad (NaCl del 2%) y carga orgánica de la industria pesquera. Una las dificultades que se presento fue falta de sedimentación al final del tratamiento por la presencia de alta salinidad, que fue resuelto con un tratamiento terciario (coagulantes y floculante químico). Teniendo como resultados positivos en cuanto al mejoramiento de la calidad del agua entre el agua residual sintética antes y después del tratamiento con una remoción de DQO a un aproximado de 80% utilizando este tipo de bacterias en un reactor secuencial.

ARIAS y MENDEZ. (2014, p. 115), en el trabajo titulado como “Remoción de sólidos en aguas residuales de la industria de pescado empleando biopolímero”, tuvo como objetivo evaluar la remoción de materia orgánica en la fase de pretratamiento de dichas aguas residuales; mediante pruebas de coagulación, floculación y sedimentación, utilizando polímeros orgánicos naturales e inocuos; quitosan como coagulante primario, y alginato de sodio y ácido tánico como ayudantes de coagulación aniónico. Teniendo como resultado que en la mezcla de 300 mg/l de quitosán con 20 mg/l de alginato de sodio la remoción del 91.84% de sólidos suspendidos totales (SST) y 90.83% de sólidos suspendidos volátiles (SSV); y con la mezcla de 200 mg/l de quitosán con 20 mg/l de ácido tánico se obtuvieron remociones del 97.78% de SST y 97.79% de SSV. Llegando a la conclusión que la remoción de (precipitado sedimentado) con biopolímeros no es tóxico y por lo tanto lo pueden llevar a escala industrial para poder reducir el impacto ambiental que ocasiona la descarga con alta carga orgánica.

PAREDES, Víctor (2005, p. 2), en el trabajo titulado como “Impactos ambientales y económicos generados por la planta de tratamiento de agua de cola de las fábricas de harina y aceite de pescado del Perú en el ambiente: Años 1950-2002”, tuvo como objetivo determinar lo impactos positivos y negativos generados por las acciones de vertimiento de agua de cola, utilizaron la guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental para la Industria de harina y aceite de pescado de la Dirección Nacional de Medio Ambiente de Pesquería y la normativa peruano en el periodo 1950-2002, como producto de la actividad pesquera, se han convertido en receptáculos de desechos industriales deteriorando el medio ambiente y constituyendo un riesgo a la salud humana, aun cuando existen regulaciones y leyes ambientales vigentes en la actualidad. En la presente

investigación se propuso la aplicación de las *Haloferax sp* para disminuir el contenido de materia orgánica presente en los efluentes de las aguas residuales de industrias pesqueras, como alternativa orientada a mejorar la calidad del agua del efluente pesquero. En esta investigación el principal beneficiado es el ecosistema marino, ya que no se verá afectado su ecosistema de manera significativa; así mismo las empresas pesqueras que apliquen esta biotecnología, tendrán más posibilidades de que la empresa obtenga una certificación ambiental como reconocimiento a las buenas prácticas ambientales establecidas en la empresa. Finalmente se abordó la aplicación de las bacterias halófilas para disminuir la materia orgánica presente en los efluentes. Dicha experiencia piloto, representa una novedad que ayudará a revisar y adaptar el protocolo del aislamiento y cultivo de diferentes bacterias que tengan esas características de remediadoras y lo puedan aplicar a otro tipo de efluentes que hagan vulnerables a los ecosistemas tanto marino, terrestre como aéreo.

2. MATERIAL Y MÉTODO:

2.1. Tipo de Investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada.

2.2. Diseño de Investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, experimental con pre-post prueba y grupo control.

Variable Independiente:

- Eficiencia de Actinomycetos

Variable Dependiente:

- Remoción de metales pesados (mg/kg)

2.3. Población y Muestra

- **Población:** Efluente de la planta de agua de cola de la empresa EXALMAR S.A.C.

- **Muestra:** 5 L del efluente de la planta de agua de cola de la empresa EXALMAR S.A.C.

- **Unidad de análisis:** 250 ml de la muestra para cada bioreactor.

3. METODOLOGÍA:

Muestreo de suelo salino del salar Chimbote-Perú para el aislamiento de *Haloferax sp*.

Se obtuvo las muestras de suelo y agua de un salar ubicado a las costas de Chimbote – Perú. Estas muestras fueron obtenidas de manera estéril.

Aislamiento y cultivo de la *Haloferax sp*.

Para el aislamiento del microorganismo se llevará a cabo mediante dos metodologías.

Primero se realizó una siembra directa, donde se toma la muestra del salitral de Chimbote en los cultivos; en la segunda parte del aislamiento se lleva a cabo por la técnica de estriado para la obtención de un cultivo puro.

Recolección de la muestra de estudio.

Esta se obtuvo de la columna barométrica de la planta evaporadora de agua de cola, de la empresa EXALMAR S.A.C.- Puerto Malabrigo, durante el período de pesca; donde se recolectó en envases de plásticos de 500 ml para que posteriormente sean analizados y sean aplicados al tratamiento, en primer lugar las muestras fueron almacenadas y conservadas de acuerdo a la norma, los recipientes que se utilizaron fueron etiquetados, esterilizados y enjuagados como específica el “Protocolo de Monitoreo de Efluentes de los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Directo e Indirecto” aprobado con R.M. N° 061-2016-PRODUCE, el cual debe cumplir los Límite Máximos Permisibles establecidos en la Resolución Ministerial N° 178-2014- MINAM.

3. RESULTADOS:

Tabla 1 Porcentaje de disminución de DBO₅

% de disminución de DBO ₅			
UFC/ml	pH 7	pH 10	pH 12
3x10 ⁸	5,28	26,16	27,29
6x10 ⁸	18,77	46,78	52,63
9x10 ⁸	39,09	50,52	52,66

Tabla 2 Porcentaje de biodegradación de DQO

% de biodegradación en DQO			
UFC/ml	pH 7	pH 10	pH 12
3x10 ⁸	7,63	42,1367868	40,8251605
6x10 ⁸	14,3222157	49,7997483	49,148985
9x10 ⁸	37,8549585	56,6877821	59,3902006

4. DISCUSIONES:

En el presente trabajo vemos que la mayor remoción en cuanto a DBO₅, está dada por una condición a pH 12 (condición alcalina), que nos da a entender que estos microorganismos aplicados son más efectivos en estas condiciones y que si se hacen estudios a posteriori en cuanto a un mayor pH y quizá a la misma concentración se pueda obtener resultados más eficientes. En cuanto a la mayor remoción generada por esta condición de pH 12 y a una concentración de 6x10⁸ UFC/ ml vemos que hay una mayor remoción a diferencia de los otros tratamientos con una remoción de 52.63% en cuanto a DBO₅, lo cual coincide con el objeto de trabajo de Pizarro, et al. (2007, p. 47), en donde se aplica microorganismos como *Lactobacillus acidophilus* y el *Lactobacillus bulgaricus*; que si bien es cierto no son halófilas, pero estas presentan al igual que las estudiadas en el presente trabajo tienen potencial en cuanto a la reducción de DBO₅ en efluentes pesqueros, donde tuvieron como resultado que el DBO₅ se reduce a un 47% en muestra cruda; y que con los resultados obtenidos en la presente investigación

con las bacterias halófilas aplicadas al efluente de agua de cola vemos que estas bacterias que se adaptan a medios salinos se obtienen mayor porcentaje de disminución de DBO₅.

El ensayo del tratamiento de biorremediación del agua residual a pH 7 y a una concentración de 6*10⁸ UFC, se evaluaron las condiciones del agua residual provenientes del efluente de la planta de agua de cola, el cual se describen en la Tabla 1 y Tabla 2, estas condiciones se compararon con Resolución Ministerial N° 178-2014-MINAM, LMP para Efluentes de la Industria Pesquera de Consumo Humano Directo. Las aguas residuales de las industrias de procesamiento de pescado, se caracterizan por un alto contenido de materia orgánica, expresada como demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Los valores de DQO observados en este tipo de aguas residuales en la presente investigación se encontró entre 40 000 y 47 000 mg/l, éstos resultaron mucho mayores que en las investigaciones de Abou-Elela (2010) que fluctuaba entre los valores de 3 400 mg/l y 8 160 mg/l. Aun así, estos valores son mucho más altos que los valores de DQO de las aguas residuales municipales no tratadas con un valor de 500 mg/l. Consiguientemente, se ha logrado tener una biodegradación de DQO al 59 % en un pH 9 en agitación por 3 días, sin embargo, aún es una eficiencia baja. Estos problemas podrían superarse mediante el uso de cultivos puros y consorcios aislados de ambientes hipersalinos; más del 95% de la DQO del agua residual de procesamiento de industrias pesqueras puede eliminarse mediante la bioaumentación con *Halobacter halobium*; esto demuestra en como la eficacia de la eliminación de DQO disminuye al aumentar la DQO de la alimentación, la velocidad de carga DQO y la concentración de sal; a diferencia de la presenta investigación que solo se realizó en biorreactores de Bath discontinuo (Oren, 2002).

Además, Kapdan registró una bacteria tolerante a la sal anaeróbica, *H. lacusrosei*, se usó como cultivo microbiano dominante en el proceso, el porcentaje de eliminación de DQO alcanzó hasta el 94% para la concentración inicial de DQO de 1 900 mg/l, a las 19 h de tiempo de retención hidráulica y 3 % de concentración de sal (Fikret Kargi & Dinçer, 1998). En el presente trabajo se aplicó las bacterias *Haloferax sp.* Las cuales fueron aisladas del salar de Chimbote, las cuales fueron aisladas en medio sólido mediante estriado para la obtención de cultivo puro y poder llevarlo al tratamiento, que se obtuvo por resultado que si hay un potencial biotecnológico. Esta metodología aplicada en el trabajo es similar a la metodología aplicada en el trabajo del autor de Castro; et al. (2011, p.33), en las cuales se estudiaron 8 muestras diferentes del suelo del Valle de Cuatro Ciénegas, se utilizaron los medios de cultivo con concentraciones altas de sales así como la determinación de las características bioquímicas y potencial biotecnológico; así mismo el trabajo de Castillo, et al (2011, p. 45); que también realizó diversos estudios de aplicación biotecnológica, aisladas de diferentes salinas entre ellos la salina de Maras de la provincia de Urubamba, Cusco (Perú), en este caso se aplicaron microorganismos halófilos capaces de degradar compuestos halogenados y que pueden ser empleados como catalizadores en procesos que requieran condiciones extremas para poder recuperar eficientemente un ambiente contaminado; que coincide con lo obtenido en el trabajo presente en cuanto al potencial biotecnológico.

5. CONCLUSIONES:

La concentración de las bacterias *Haloferax sp* y las diferentes niveles de pH tienen un efecto positivo en cuanto a la disminución de DBO₅ y DQO en el efluente pesquero de la empresa EXALMAR S.A.C., a través de una aireación constante durante

72 horas, a temperatura ambiente. El efecto de las concentraciones de las bacterias *Haloferax sp* y el pH influenciaron en la remoción de materia orgánica (DBO₅ y DQO) en el efluente pesquero de la planta de agua de cola de la empresa pesquera EXALMAR S.A.C., en el cual se determinó que a una concentración de 9×10^8 y a un pH 10, se logró un remoción de 52,63% en cuanto al DBO₅, una disminución de DQO en un 56,68%; el cual se mantuvo en aireación constante durante 72 horas; los cuales dichos resultados sobrepasan los LMP establecidos por la Resolución Ministerial N° 178-2014- MINAM.

El pH tiene un efecto en la remoción de la DBO₅ y DQO del efluente pesquero de la planta de agua de cola en la empresa EXALMAR S.A.C, alcanzando valores de remoción de 27,29% en DBO₅ y de 42,13% en DQO a un pH 12 y a una concentración de 3×10^8 ; así mismo se alcanzó valores de 52,63% en DBO₅ y 49,8% en DQO a una concentración de 6×10^8 UFC/ml y a 9×10^8 UFC/ml obtenemos resultados de 52,66% en DBO₅ y 59,39% en DQO.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] ARCE, L. Urbanizaciones sostenibles: Descentralización del tratamiento de aguas residuales residenciales. Tesis (Optar el título de Ingeniero Civil) Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2013. 90 pp.
- [2] ARIAS, María y MÉNDEZ, Evaristo. Remoción de sólidos en aguas residuales de la industria harinera de pescado empleando biopolímeros. Revista Tecnología y ciencias del agua. [En línea]. Vol 10. Núm 3. 2014. [Fecha de consulta: 14 de setiembre del 2017]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222014000300008 / ISSN 2007-2422

- [3] BELLIDO, Alberto. Costo pesquero (Parte I) Caso: Fabricación de harina y aceite de pescado. Actualidad Empresarial [En línea]. N° 2. Octubre 2001. [Fecha de consulta: 17 de setiembre del 2017]. Disponible en: http://aempresarial.com/servicios/revista/2_7_EEDTQZUAYILTC-QWIGGWBFYWCXZIKRVKWZNQQNKQLSCFVSBHEYHB.pdf
- [4] CABRERA, Carlos. Estudio de la contaminación de las aguas costeras en la bahía de Chancay: Propuesta de recuperación. Tesis (Optar grado académico de magister en Geografía) Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas; 2002. 177 pp.
- [5] CABRERA, Carlos. Compatibilidad ambiental de la industria de harina de pescado en Paracas-Pisco. Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO). FIGMMG-UNMSM. [En línea]. Vol. 2, N°03. 1999. [Fecha de consulta: 13 de setiembre del 2017]. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/issue/archive>
- [6] CASTILLO, Laura. Aplicaciones biotecnológicas de microorganismos halófilos. Revista Sistema Ambientales. [En línea]. Vol. 4, N° 2, 2011, p. 45-54. [Fecha de consulta: 13 de setiembre del 2017]. Disponible en: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:O2-QS6i9yUZUJ:https://documentslide.org/aplicaciones-biotecnologicas-de-microorganismos-halofilos+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=pe>
- [7] CASTRO, Liliana; et al. Aislamiento y caracterización de microorganismos halófilos de suelos salinos de cuatro Ciénegas Coahuila, México. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila [en línea]. Vol. 3, N° 5. 2011. [Fecha de consulta: 08 de Setiembre del 2017]. Disponible en: <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/Documentos/AQM/AQM5/aislamiento.pdf> ISSN: 1682-3087
- [8] CSIRKE, Jorge. El Jurel *Trachurus* Murphy en el Perú. Revista Peruana de Biología [En línea]. Vol. 20, Núm. 1, 2013. [Fecha de consulta: 10 de Setiembre del 2017]. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/2613/2286>
- [9] D' ALESSANDRI, Mariana. Caracterización y tratamiento de agua residual proveniente de las plantas de producción. Tesis (Para optar el título de Ingeniero Químico) Sartenejas, Venezuela: Universidad Simón Bolívar, 2012. 98 pp.
- [10] GARCIA, C.O; et al. Impacto del agua de cola de la industria pesquera: tratamiento y usos. CyTA- Journal of Food. [En línea]. Vol. 7, N° 1, May 2009, p 67-77. [Fecha de consulta: 15 de setiembre del 2017]. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/11358120902850412> ISSN: 1947-6337
- [11] GONZALES, Rosa. Diagnóstico ambiental y propuesta de sistema de gestión municipal para el Puerto Malabrigo- Distrito de Razuri-Provincia de Ascope- Departamento La Libertad, 2005. Tesis (Para optar el grado académico de maestro en ciencias con mención en Gestión Ambiental) Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 2012. 95 pp.
- [12] GONZÁLES, Carlos y HERNÁNDEZ, Antonio. Estrategias de adaptación los microorganismos halófilos y *Debaryomyces hansenii* (Levadura halófila). Revista Latinoamericana de Microbiología [en línea]. Vol. 44, No. 3-4. 2002
- [13] HERNÁNDEZ, Roberto; et al. Metodología de la investigación. 5ta ed. México: McGRAW-HI-

- HILL, 2010. 656 pp. ISBN: 978-607-15-0291.
- [14] MARTÍNEZ, Rosa. Fisiología de la asimilación de nitrógeno en “*Haloferax mediterranei*”. Purificación y caracterización de Nitrato y Nitrito reductasas asimilativas. Tesis (Tesis de doctorado) San Vicente del Raspeig, España: Universidad de Alicante, 2003. 181 pp. [Fecha de consulta: 09 de abril del 2017]. Disponible en: http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/-mi-2002/mi02-3_4g.pdf
- [15] NÚÑEZ, Claudia. Recuperación de sólidos del agua de cola por coagulación-floculación y cuantificación de histamina. Tesis (Tesis de Grado) Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2014.
- [16] OEFA, Fiscalización ambiental en aguas residuales [en línea]. Lima: abril de 2014 [fecha de consulta: 12 de setiembre de 2017]. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827 ISSN: 700
- [17] PIZARRO, Raúl; et al. Efecto de la adición de microorganismos en el tratamiento de efluentes líquidos de la industria de harina de pescado. Revista Peruana De Química e Ingeniería Química [en línea]. Vol. 10, Núm. 2. 2007. [Fecha de consulta: 13 de setiembre del 2017]. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4226>. ISSN: 1609-7599
- [18] RAMIREZ, Ninfa; et al. Microorganismos extremófilos. Actinomicetos halófilos en México. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. [En línea]. Vol. 37. N° 3, julio-setiembre 2006. [Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/579/57937307.pdf> / ISSN: 1870-0195
- [19] SOLÍS, Germán. El IMARPE y el número especial Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus Murphyi*) en el Perú. Revista Peruana de Biología. [En línea]. Vol. 20, N° 1, Setiembre 2013. [Fecha de consulta: 15 de setiembre del 2017]. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/2612/2285> / ISSN: 1561.0837
- [20] VARAS, Lupo. Impacto de la emisión de efluentes líquidos de la industria pesquera en el mar de puerto Malabrigo, distrito de Rázuri, Ascope – 2015. Propuesta de mitigación de impacto ambiental. Tesis (Para optar el grado académico de doctor en ciencias ambientales). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2016. 67 pp.