

CANTUA. 2017; 16:7-25

Fecha de recepción: 24.03.2017

Fecha de aceptación: 23.10.2017

## **Eficiencia de la laguna de oxidación para el tratamiento de aguas residuales domésticas, localidad de Huaró – Cusco**

### **Efficiency of the oxidation lagoon for the treatment of domestic wastewater, locality of Huaró - Cusco**

**Isabel Rodríguez – Sánchez<sup>1,a</sup>, Violeta E. Zamalloa - Acurio<sup>1,b</sup>, Percy Taco – Palma<sup>1,c</sup>, Jhanet Calvo – Mamani<sup>1,d</sup>, María A. Aguilar – Lopez<sup>1,e</sup>**

<sup>1</sup>Escuela Profesional de Biología; Facultad de Ciencias. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Cusco, Perú.

<sup>a</sup>0000-0002-1266-6382; <sup>b</sup> 0000-0002-7130-3362; <sup>c</sup> 0000-0002-9350-0949; <sup>d</sup> 0000-0002-7251-7717; <sup>e</sup> 0000-0002-2419-8993

#### **RESUMEN**

La finalidad del estudio fue evaluar la eficiencia de la laguna de oxidación para el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la localidad de Huaró, provincia Quispicanchis, región Cusco. Se evaluó las características y riesgo sanitario, de la laguna de oxidación, se hizo un análisis físico-químico y bacteriológico de las aguas residuales del afluente, efluente, vertimiento, y agua del río Huaró (cuerpo receptor), aplicando las metodologías estandarizadas de análisis de laboratorio, propuestas por la OMS, MINSA-DIGESA y MINAM, los valores se compararon con los límites máximos permisibles (LMP) de acuerdo al D.S. 003-2010 y D.S. 015-2015 del MINAM. Se determinó que el mantenimiento y operatividad de la laguna de oxidación es deficiente, por cercanía al recurso hídrico se considera un riesgo sanitario alto, de acuerdo a los análisis físico-químicos del agua residual tanto del afluente, efluente y vertimiento los valores se encontraron por debajo de los LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua natural a excepción de los aceites y grasas se reporta 25 mg/L superando el LMP que es de 20mg/L, respecto al análisis bacteriológico todos los valores del NMP/100ml de Coliformes

Termotolerantes del afluente, efluente y vertimiento superan los LMP, siendo NO APTAS para vertidos a cuerpos de agua natural, no utilizables para riego de vegetales. De acuerdo al análisis físico-químico y bacteriológico las aguas del río Huaro arriba del punto de vertimiento, los valores se encuentran por debajo de los LMP, considerándose APTA para riego; sin embargo a partir del punto de vertimiento aguas abajo a pesar de que los valores de los parámetros fisicoquímicos están por debajo de los LMP, los valores de Coliformes Termotolerantes son  $4.5 \times 10^6$  NMP/100ml (vertimiento) y  $5.4 \times 10^4$  NMP/100ml (río Huaro), sobrepasan los LMP, siendo NO APTAS para riego de vegetales.

PALABRAS CLAVE: lagunas de oxidación, Tratamiento de aguas residuales, riesgo sanitario.

## **ABSTRACT**

The purpose of the study was to evaluate the efficiency of the oxidation lagoon for the treatment of domestic wastewater in the town of Huaro, Quispicanchis province, Cusco region. The characteristics and sanitary risk of the oxidation lagoon were evaluated, a physical-chemical and bacteriological analysis was made of the effluent, effluent and discharge wastewater, and of the water of the Huaro river (receiving body), applying the standardized methodologies of laboratory analysis, proposed by the WHO, MINSA-DIGESA and MINAM, the values were compared with the maximum permissible limits according to the DS 003-2010 and D.S. 015-2015 of MINAM. It was determined that the maintenance and operability of the oxidation lagoon is deficient, due to its proximity to the water resource it is considered a high sanitary risk, according to the physical-chemical analysis of the wastewater of both the affluent, effluent and discharge, the values were found by Below the Maximum Permissible Limits (LMP) of effluents for

discharges to natural water bodies, except for oils and fats, 25 mg / L is reported, exceeding the LMP which is 20mg / L, with respect to the bacteriological analysis, all the NMP values / 100ml of Thermotolerant Coliforms of the affluent, effluent and discharge exceed the LMP, being NOT SUITABLE for discharging into natural water bodies, they cannot be used for irrigation of vegetables. According to the physical-chemical and bacteriological analysis of the waters of the Huaro river above the discharge point, the values are below the LMP, considering it SUITABLE for irrigation; However, from the point of discharge downstream even though the values of the physicochemical parameters are below the LMP, the values of Thermotolerant Coliforms are  $4.5 \times 10^6$  NMP / 100ml (discharge) and  $5.4 \times 10^4$  NMP / 100ml ( Rio Huaro), exceed the LMP, NOT SUITABLE for irrigation of vegetables.

**KEY WORDS:** Oxidation ponds, Wastewater treatment, Sanitary risk.

## **INTRODUCCION**

Las aguas residuales contienen sustancias químicas y una amplia variedad de microorganismos patógenos entre los que se encuentran bacterias, protozoos y virus, al no ser tratados adecuadamente afectan a la salud humana y el ambiente, estos residuos líquidos altamente contaminados son evacuados a cuerpos de agua como sitios de disposición de vertimientos

La laguna de oxidación o estabilización es un método de bajo costo para tratar aguas residuales provenientes de la red de alcantarillado de centros poblados pequeños en países en desarrollo, experimentando un proceso de oxidación y sedimentación, así la materia orgánica pasa por un proceso de descomposición. (Silva.2004)

Este tipo de tecnología son frecuentemente utilizados por municipios distritales con la creencia errónea, de que funcionan con poco mantenimiento, sin embargo, se requiere mano de obra intensiva, permanente control de los lodos, mantenimiento constante de la infraestructura, de las zonas aledañas, control de calidad del afluente y efluente y el vertimiento al cuerpo receptor que puede ser un río y laguna.

En la región Cusco, provincia Quispicanchis, la localidad de Huaru ha experimentado un rápido crecimiento poblacional y desarrollo socioeconómico en los últimos 10 años, ampliándose la cobertura de la red de desagüe, las aguas residuales provenientes de la zona urbana y periurbana son vertidos a las lagunas de oxidación para el tratamiento respectivo. La principal actividad de los pobladores es la agricultura especialmente el cultivo de maíz, a lo largo del río Huaru se ha observado que estas aguas son utilizadas para riego de cultivos de tallo largo, caso del maíz.

El presente trabajo de investigación se realizó con el propósito de evaluar la eficiencia de la laguna de oxidación para el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la localidad de Huaru, de esta manera contribuir a plantear alternativas de solución para mejorar el tratamiento de las aguas residuales y el uso adecuado de las aguas del cuerpo receptor caso del río Huaru, en protección de la salud pública y del ambiente.

## **METODOLOGÍA**

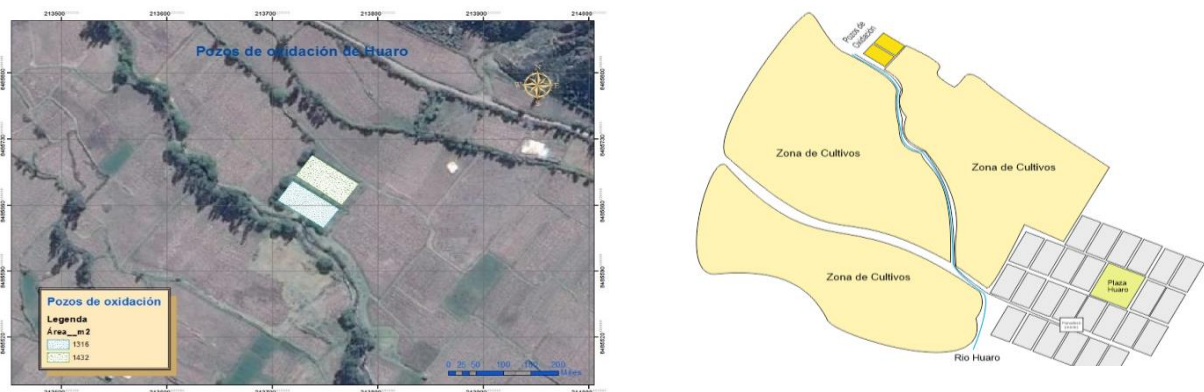
La investigación se llevó a cabo en la región Cusco, provincia de Quispicanchis, distrito de Huaru a 3,157.00 m de altitud. Localizada en la zona Sur Oriental Andina, constituyéndose en el eje principal de caminos entre el Altiplano y la Ciudad del Cusco,

se encuentra a  $13^{\circ} 41' 01''$  de Latitud Sur y a  $71^{\circ} 38' 22''$  Longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich; abarca una extensión superficial de 106.28 Km<sup>2</sup> y representa el 1,4% de la superficie de la provincia (figura 1).



**Figura 1.** Mapa de ubicación del distrito de Huaró

Se determinó las características y riesgo sanitario, por proximidad a la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Huaró, utilizando el método de inspección sanitaria, verificación in situ, observación directa, entrevistas al personal de OMSABA de la municipalidad distrital de Huaró, aplicando fichas de inspección pre-elaboradas (figura 2).



**Figura 2.** Ubicación de la zona de tratamiento de aguas residuales del distrito de Huaró

## **Evaluación de las características físico-químicas y bacteriológicas de las aguas residuales del afluente, efluente y vertimiento**

Determinación del caudal de las aguas residuales, previamente se procedió a utilizar las medidas de bioseguridad para coleccionar las aguas residuales para fines de estimar el caudal de un ambiente lenticó caso de las lagunas de oxidación para el tratamiento de aguas residuales, se aplicó el método volumétrico, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Para el afluente, ubicar el punto de entrada del agua residual a la laguna de oxidación, utilizando un recipiente de capacidad conocida coleccionar el agua, tomar el tiempo en el cual se llena el recipiente, repetir 03 veces para sacar un promedio.
- Para el efluente, ubicar el punto de salida del agua residual de la laguna de oxidación, utilizando un recipiente de capacidad conocida coleccionar el agua, tomar el tiempo en el cual se llena el recipiente, repetir 03 veces para sacar un promedio.
- Para el vertimiento, ubicar el punto donde se vierte el agua residual al cuerpo receptor que en este caso es el río Huaro. De igual manera se utiliza un recipiente de capacidad conocida coleccionar el agua, tomar el tiempo en el cual se llena el recipiente, repetir 03 veces para sacar un promedio.
- Se estimó el caudal analizando el resultado con una regla de tres simple de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Q = V/t \text{ ( l/seg)}$$

Dónde:

Q= caudal

V= velocidad

T= tiempo

*Análisis fisicoquímico de las aguas residuales:* Se tomaron muestras de agua residuales procedentes de la laguna de oxidación 01 muestra del afluente, efluente y vertimiento haciendo un total de 03 muestras. Se utilizó el método estandarizado de laboratorio para análisis fisicoquímico del agua.

- Se realizó el muestro del agua en frascos o botellas de plástico con capacidad de 1lt. previamente lavados y rotulados.
- Se tomó en consideración evitar que entren piezas grades en la muestra, tales como hojas, y residuos.
- Antes de tomar la muestra, se enjuagó los frascos tres veces con la misma agua que se utilizó.
- Se Evitó llenar el frasco totalmente, siempre dejando un espacio de aire para que la muestra se pueda mezclar bien antes de examinarla.
- El intervalo de tiempo entre la recolección y el análisis fué lo más corto posible para que los resultados sean confiables.
- Los cambios causados por el crecimiento de microorganismos pueden retardarse si se mantiene la muestra en oscuridad y a bajas temperaturas (< 4°C),

La metodología para determinar los Parámetros físico-químico de acuerdo al D.S. 003-2010-MINAM se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.**

Parámetros y métodos para el análisis físico-químico de las aguas residuales

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
Aceites y Grasas	mg/L	Método Gravimétrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	Método Multiparametro
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	Método Multiparametro
PH	Unidad	Método Potenciómetro
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	Método Gravimétrico
Temperatura	°C	Método Termómetro Ambiental

Fuente: D.S. 003-2010-MINAM

*Parámetros Bacteriológico de las aguas residuales:* Se tomaron muestras de agua residual procedentes de la laguna de oxidación, 01 muestra del afluente, efluente y vertimiento haciendo un total de 03 muestras; tomando en consideración el Decreto supremo No 003 - 2010 del MINAM, exige determinar la presencia de bacterias coliformes termotolerantes, aplicando los métodos de análisis y técnicas propuestas por American Water World. Association Wáter Pollution Control Federation 20th edition 1998 (APHA – AWWA - WPCF). Metodologías recomendadas por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS). Utilizando la técnica de tubos múltiples reportando los resultados en NMP/100 ml (Número Más Probable).



## **Evaluación de las características físico-químicas y bacteriológicas de las aguas del río Huaro (cuerpo receptor)**

*Determinación del caudal del río Huaro:* Se aplicó el método del flotador, se eligió puntos de muestreo a lo largo del río cuyas características sean de preferencia lineales; En cada punto de muestreo se mide con la wincha una longitud de 10 metros de largo, paralelo al curso de agua.

- Realizar 3 mediciones en 3 puntos diferentes registrando el ancho y profundidad
- En el caso de la profundidad se tiene que tomar el promedio de 03 mediciones (al borde y al centro)
- En los extremos de la longitud (10 m) de la muestra se evaluará el tiempo de recorrido de la boya, repitiendo la evaluación tres veces para verificar el tiempo exacto
- Luego con los datos obtenidos se halla la velocidad de la boya empleando la fórmula:

$$V = e/t \text{ (m/seg)}$$

Dónde:

V= Velocidad

e= espacio (largo de 10 m)

t= tiempo

$$Q = A \times V \text{ (m}^3\text{/seg)} \times Fc$$

Dónde:

Q= caudal

A= área

V= velocidad

Fc= Factor de corrección: Se tomó como valor del Fc = 0.85; Por las características del río.

**Análisis físico-químico del agua del río Huaro**, se determino 01 punto de muestreo a 30 metros aguas arriba del punto de vertimiento. Los parámetros a determinar son los exigidos para aguas naturales utilizados para riego, se utilizó los métodos estandarizados de laboratorio para análisis fisicoquímico del agua, tabla 2.

**Tabla 1.**

Parámetros para el análisis físico-químico del agua del río Huaro

Parámetros	Unidad	Valores Normales para Riego
Ph	Unidades de pH	6.5 – 8.5
Calcio	mg/L	200
Magnesio	mg/L	150
Sodio	mg/L	200
Cloruros	mg/L	100 – 700
Conductividad	us/cm	<2000
Sulfatos	mg/L	300
Bicarbonatos	mg/L	370
Hierro	mg/L	1.0
Boro	mg/L	0.5 – 6.0
Dureza total CaCO <sub>3</sub>	mg/L	500
Total de Solidos Disueltos	mg/L	2000

**Análisis bacteriológico** del agua del río Huaro, se tomó 02 puntos de muestreo: 30 metros aguas arriba y 30 metros aguas abajo del punto de vertimiento, los parámetros a determinar son los exigidos para aguas naturales utilizados para riego.

Se aplicó los métodos de análisis y técnicas empleadas por American Water World. Association Water Pollution Control Federation 20th edition 1998 (APHA – AWWA - WPCF). Metodologías recomendadas por el Centro Panamericano de Ingeniería

Sanitaria y Ciencia del Ambiente (CEPIS). Utilizando la técnica de tubos múltiples reportando los resultados en NMP/100 ml (Número Más Probable)

## RESULTADOS

*Características y riesgo sanitario por proximidad a la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Huaró:* Las lagunas de oxidación no tienen la ubicación adecuada, existen terrenos de cultivo adyacentes en riesgo de contaminación y el fluente se descarga directamente al río Huaró (figuras 1, 2 y 3).



**Figura 1.** Laguna de oxidación activa



**Figura 2.** Laguna de oxidación inactiva



**Figura 3.** Efluente al río Huaró

La laguna de oxidación para el tratamiento de aguas residuales de la localidad de Huaró, están administradas por la Municipalidad distrital de Huaró, cuenta con dos lagunas de

oxidación: la primera con 50 m largo y 26 m ancho, la segunda 50 m largo 29 m de ancho, ambas ocupan un área total de 2 750 m<sup>2</sup> , teniendo 1.50 m de profundidad, el volumen es de 4125 m<sup>3</sup> . Cuenta con escaso apoyo logístico, esporádicamente se designa 02 personas para la limpieza, por lo tanto, es deficiente; la infraestructura cuenta con dos lagunas de oxidación que funcionan alternadamente tiene una antigüedad de 30 años, en el perímetro de las lagunas de oxidación se encuentran los cultivos de maíz, la última vivienda se ubica a una distancia de 50 m. El mantenimiento es deficiente, se observa crecimiento de vegetación al interior de las lagunas de oxidación, se observa la presencia de animales domésticos caso de perros, ovinos y ganado vacuno, no cuenta con cerco de protección, los lodos se extraen y se deposita alrededor de las lagunas de oxidación, cuando se encuentran secos los agricultores trasladan a sus terrenos de cultivo ( tabla 3).

**Tabla 2.**

Características de la situación actual de lagunas de oxidación de distrito de Huaró.

N°	CARACTERÍSTICA	ESTADO
1	Asentamiento	Nucleado
2	N° de viviendas	399
3	% Cobertura del Servicio de desagüe	92,42%
4	Administración	Municipio distrital de Huaró
5	Seguridad y vigilancia	No cuenta
6	Equipo de bioseguridad del personal obrero	Deficiente
7	Disposición final de las aguas residuales	Red alcantarillado
8	Funcionamiento de las lagunas de oxidación	Continuo
9	Mantenimiento	Esporádico
10	Operatividad de las lagunas de oxidación	Alternante
11	Cerco perimétrico	Ausente
12	Antigüedad	30 años
13	Tipo Disposición Final	Laguna de oxidación
14	Estado Infraestructura	Regular
15	Volumen.(m <sup>3</sup> )	4 125
16	Área (m <sup>2</sup> )	2 750
17	Animales domésticos y ganado	Presentes
18	Tratamiento de lodos	No
19	Vegetación al interior de los lagunas de oxidación	Abundante

Por el deficiente mantenimiento de las lagunas de oxidación, cercanía a los terrenos de cultivo y pastoreo, distancia a las viviendas y zona urbana y el vertimiento al río Huaro, se considera de riesgo sanitario MEDIO (tabla 4).

**Tabla 4.**

Riesgo sanitario por la proximidad a las lagunas de oxidación para el tratamiento de aguas residuales de la localidad de Huaro.

<b>RIESGO POR PROXIMIDAD A LA LAGUNA DE OXIDACION</b>					
<b>VERTIMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES</b>	<b>ZONA URBANA</b>	<b>RECURSO HIDRICO</b>	<b>CULTIVO S/PASTOREO</b>	<b>DISTANCIA A VIVIENDAS (30 m)</b>	<b>RIESGO SANITARIO</b>
RIO HUARO	MEDIO	ALTO	MEDIO	MEDIO	MEDIO

De acuerdo a los datos de caudales de las aguas residuales los valores son mayores en el efluente disminuyendo en el afluente de las lagunas de oxidación, siendo ligeramente menor el caudal en el punto de vertimiento, en ambos muestreos, esta disminución se debe a que las aguas se quedan estancadas en las lagunas de oxidación. Así mismo en el mes de diciembre de 2016 fecha de la primera medición el caudal es mayor en los tres puntos en comparación al mes de agosto fecha de la segunda medición, se debe a que la primera fecha fue en época de lluvias y la segunda fecha en época de secas, disminuye aproximadamente al 50% (tabla 5).

**Tabla 5.**

Evaluación de caudales de las aguas residuales

<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>CAUDAL AFLUENTE litros / seg</b>	<b>CAUDAL EFLUENTE litros / seg</b>	<b>CAUDAL VERTIMIENTO litros / seg</b>
17-12-2015	4.71	3.95	3.50
24-08-2016	3.20	2.50	2.15

Los valores de los parámetros físico-químicos analizados en su mayoría se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua natural, analizando el punto de vertimiento, el cual desemboca directamente al río Huaro a través de una tubería, se aprecia que los valores para aceites y grasas es de 25 mg/L que supera LMP que es de 20mg/L. los demás parámetros se encuentran por debajo de lo permisible, por lo que estas aguas tratadas en las lagunas de oxidación no cumplen con el D.S. 003-2010- MINAN para vertidos a aguas naturales (tabla 6).

**Tabla 6.**

Análisis fisicoquímico de las aguas residuales de la localidad de Huaro

Parámetro	Unidad	Afluente	Efluente	Vertimiento	LMP D.S.003- 2010- MINAM
Aceites y Grasas	mg/L	30	25	25	20
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	95	80	70	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	230	210	180	200
PH	Unidad	6.8	6.9	7.1	6.5 – 8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	60	50	60	150
Temperatura	°C	18.4	17.5	18.3	<35

Los resultados obtenidos del análisis bacteriológico de las aguas residuales provenientes de las lagunas de oxidación, tanto del afluente, efluente y vertimiento, todos los valores del NMP/100ml de bacterias coliformes termotolerantes superan los LMP de acuerdo al D.S. 003. 2010. MINAM.

Bacteriológicamente estas aguas del afluente, efluente e incluso del punto de vertimiento son consideradas NO APTA para vertidos a cuerpos de agua natural en este caso al río Huaro y no pueden ser utilizadas para fines de riego de vegetales, son altamente contaminantes.

Sin embargo, en el mes de agosto, setiembre, octubre antes de la siembra por la escasez de lluvias estas aguas residuales del afluente son utilizadas para riego de los terrenos de cultivo de maíz, siendo un riesgo, para los agricultores al manipular estas aguas, riesgo de contaminación de los suelos de cultivo y el agua del río Huaro (tabla 7).

**Tabla 7.**

Análisis bacteriológico de las aguas residuales de la localidad de Huaro

<b>MUESTREO</b>	<b>COLIFORMES TERMOTOLERANTES</b>	<b>LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES</b>
	<b>NMP/100 ML</b>	<b>NMP/100 ML</b>
AFLUENTE - LAGUNA DE OXIDACION	$28 \times 10^8$	1000
EFLUENTE - LAGUNA DE OXIDACION	$8 \times 10^7$	(uso para riego) 10 000
VERTIMIENTO DE AGUA RESIDUAL AL RIO HUARO	$9 \times 10^7$	(para vertidos a cuerpos de agua) D.S.003-2010- MINAM

Los valores del caudal del cuerpo receptor (río Huaro) varían en los meses de diciembre que coincide con la época de lluvia, los caudales se incrementan en comparación al mes de setiembre que es época de secas en el cual se reduce a la tercera parte. Tomando como referencia el punto de vertimiento de aguas residuales al río Huaro, el caudal 30m aguas arriba es menor, 30m aguas abajo se incrementa porque el río Huaro recibe el vertimiento de aguas residuales procedente del efluente de las lagunas de oxidación, significa que las aguas residuales incrementan el volumen del río (tabla 8).

**Tabla 8.**

Evaluación de caudales del agua del cuerpo receptor-rio Huaro

<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>CAUDAL DEL RIO 30 m aguas arriba del vertimiento litros / seg</b>	<b>CAUDAL DEL RIO 30 m aguas abajo de vertimiento litros / seg</b>
17-12-2015	85	92
24-08-2016	30	56
18-12-2016	91	115

Respecto al análisis físico-químico del agua del río Huaro, cuyo punto de muestreo fue 30m aguas arriba antes del punto de vertimiento de aguas residuales, los valores de todos los parámetros analizados se encuentran por debajo de los valores normales, por lo tanto es APTO para ser utilizado para riego de vegetales de acuerdo al D.S.015-2015-MINAM (tabla 9).

**Tabla 9.**

Análisis fisicoquímico del agua del cuerpo receptor - río Huaro

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>	<b>Valores Normales (agua de riego)</b>
pH	Und. de pH	6.4	6.5 – 8.5
Calcio	mg/L	21.6	200
Magnesio	mg/L	10.08	150
Sodio	mg/L	110.0	200
Cloruros	mg/L	39.7	100 – 700
Conductividad	us/cm	280.0	<2000
Sulfatos	mg/L	121.5	300
Bicarbonatos	mg/L	95.0	370
Hierro	mg/L	0.18	1.0
Boro	mg/L	0.54	0.5 – 6.0
Turbiedad	UNT	14.0	
Dureza total CaCO <sub>3</sub>	mg/L	96.0	500
Total de Solidos Disueltos	mg/L	199.0	2000



De acuerdo al análisis bacteriológico del agua del río Huaro como cuerpo receptor de las aguas residuales provenientes de las lagunas de oxidación, en el punto de muestreo 30 m aguas arriba antes del vertimiento, los valores de coliformes termotolerante son de 45 NMP/100ml, valor por debajo de los LMP de acuerdo al D.S. 003.2010.MINAM, por lo tanto, se consideran APTAS para ser utilizadas para riego de vegetales; sin embargo, a partir del punto de vertimiento 30 m aguas abajo, los valores de coliformes termotolerantes son  $5.4 \times 10^4$  de NMP/100m que supera los LMP, por lo que estas aguas no son aptas para riego de vegetales, significando un alto riesgo de contaminación a partir del punto de vertimiento aguas abajo (tabla 10).

**Tabla 10.**

Análisis bacteriológico del agua del cuerpo receptor - río Huaro

<b>PUNTOS DE MUESTREO</b>	<b>Coliformes Totales NMP/100 mL</b>	<b>Coliformes Termotolerantes NMP/100 mL</b>	<b>LMP DS. 003-2010 MINAM</b>
30 m hacia arriba del Vertimiento	75	45	
Lugar de Vertimiento de agua residual al río Huaro	$1.6 \times 10^7$	$4.5 \times 10^6$	10 000 NMP/100 mL
30 m hacia abajo del vertimiento	$9.2 \times 10^4$	$5.4 \times 10^4$	.

## CONCLUSIONES

La laguna de oxidación que trata las aguas residuales de la localidad de Huaro administrado por la Municipalidad, tiene un mantenimiento y operatividad deficiente, con un riesgo sanitario alto. Los parámetros físico-químicos analizados de las aguas residuales del afluente, efluente y punto de vertimiento al río Huaro, se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles de efluentes para vertidos a cuerpos de agua natural, a excepción de aceites y grasas (25 mg/L) supera el LMP. Todos los valores del

NMP/100ml de bacterias Coliformes Termotolerantes del afluente ( $28 \times 10^8$ ), efluente ( $8 \times 10^7$ ), vertimiento ( $9 \times 10^7$ ) superan los LMP de acuerdo al D.S. 003. 2010.MINAM, presentando un riesgo sanitario alto.

El caudal del río Huaro (cuerpo receptor) de las aguas residuales tratadas por la laguna de oxidación presenta un caudal que disminuye a la tercera parte en la época de secas a diferencia de la época de lluvias. Respecto al análisis físico-químico del agua del río Huaro, cuyo punto de muestreo fue 30 m aguas arriba, antes del punto de vertimiento de aguas residuales, los valores de todos los parámetros analizados se encuentran dentro de los LMP, por lo tanto es APTO para riego de vegetales, después del punto de vertimiento 30 m aguas abajo a pesar de que los valores de los parámetros físicoquímicos están por debajo de los LMP, los valores de Coliformes Termotolerantes sobrepasan los LMP, y no NO APTAS para fines de riego de vegetales.

**Autor corresponsal:**

Isabel Rodríguez – Sánchez

Correo electrónico: rod\_isabel@yahoo.es

**BIBLIOGRAFIA**

CEPIS. (2009). Inventario de la situación actual de las aguas residuales domesticas en Guatemala CEPIS, OMS-OPS-IDRC

MINAM. (2010). D.S.003-2010-MINAM. Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas. Lima. Perú. MINAM

MINAM (2015). D.S. N° 015-2015-MINAM. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias. Lima. Perú.

MINAM

Silva, J.A (2004). Evaluación y rediseño del sistema de lagunas de estabilización de la Universidad de Piura. [Tesis de la Facultad de Ingeniería]. Repositorio institucional PIRHUA. [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1189/ICI\\_119.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1189/ICI_119.pdf)

Zamalloa, V.E. (2012). Diagnóstico de la situación de las aguas residuales del distrito de Machupicchu. Municipalidad Distrital de Machupicchu.