



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON MACRÓFITAS PARA COMUNIDADES CERCANAS AL LAGO TITICACA

Marcelo Delgadillo Zurita 1
Luisa Jimena Condori Carrasco 2
Catedráticos Universidad del Valle - La Paz

RESUMEN

Las Aguas Residuales, recogidas de ciudades y pueblos, automáticamente deben ingresar a nuestro sistema de ríos, lagos, mares y tierras; por lo tanto, la incógnita es: ¿Qué elementos deben ser eliminados y a qué grado? Esto va acompañado de los alcances económicos de cada país, el conocimiento científico, la experiencia y el razonamiento técnico. En los últimos años, se ha notado una concientización y preocupación por los grados de contaminación de las aguas, con diferentes enfoques de mejoramiento.

Partiendo de esta preocupación, es que surge la necesidad de implementar plantas de tratamiento que ayuden a mejorar la calidad del Agua Residual para que no sea dañina al medio ambiente. En el presente trabajo, se realiza el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, mediante macrófitas, tomando como pautas la capacidad de adaptación y las características fenológicas, así como también el porcentaje de sobrevivencia que éstas especies presentan.

INTRODUCCIÓN

Toda comunidad genera residuos tanto sólidos como líquidos. La fracción líquida de los mismos -Agua Residual- es esencialmente el agua que se desprende de la comunidad, una vez ha sido contaminada durante los diferentes usos para los cuales ha sido empleada (1).

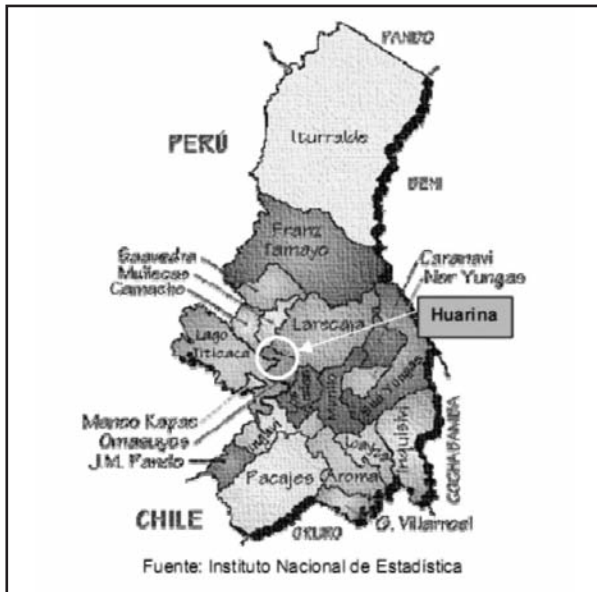
Se puede definir el Agua Residual como la combinación de los residuos líquidos o aguas portadoras de residuos, procedentes tanto de residencia como de instituciones públicas, establecimientos industriales y comerciales, a los que se puede agregar, eventualmente, aguas subterráneas, superficiales y pluviales (2).

Cualquier población, por pequeña que sea, debe contar como mínimo con los servicios de acueducto y alcantarillado, si se espera de ella un desarrollo social, económico y, ante todo, la reducción de las altas tasas de mortalidad infantil. En la actualidad, varias poblaciones de nuestro país se ven aquejadas por el manejo y la disposición de las aguas residuales, en lo que concierne a su recolección, transporte y tratamiento, no sólo por el impacto ambiental que causan sobre los cuerpos receptores. Debido a la composición de estos desechos, se requiere de distintos tipos de tratamientos para las aguas residuales. Es decir, sistemas simplificados y económicos para reducir el impacto que causan estos desechos. El tratamiento de agua residual doméstica incorpora diversos procesos que remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos, los mismos que se verán posteriormente.

El trabajo se enfocó en la localidad de Huarina del Departamento de La Paz.

1. Ingeniero Civil
2. Ingeniera Civil

FIGURA N° 1
UBICACIÓN DE HUARINA EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ



MARCO CONCEPTUAL

Para el tratamiento de las aguas residuales, se conoce como Operaciones Unitarias a aquellos métodos de tratamiento en los que predominan los fenómenos físicos, para diferenciar de aquellos métodos en los que la eliminación de los contaminantes se realiza sobre la base de procesos químicos o biológicos que se conocen como Procesos Unitarios.

En la actualidad, las Operaciones y Procesos Unitarios se agrupan entre sí para constituir los así llamados Tratamiento Primario, Secundario y Terciario (Avanzado) (1):

- Tratamiento Primario (Asentamiento de sólidos)
- Tratamiento Secundario (Tratamiento biológico de sólidos flotantes y asentados)
- Tratamiento Terciario (Pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección).

AGUAS RESIDUALES

Las Aguas Residuales, llamadas también Aguas Negras y Aguas Servidas, definen un tipo de agua que está contaminado con sustancias fecales y orina, procedentes de vertederos orgánicos humanos o animales. Son negras por el color que habitualmente tienen, por ser transportadas mediante alcantarillas. Algunos autores hacen una diferencia entre Aguas Servidas y Aguas Residuales en el sentido de que las primeras sólo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales.

El análisis del Agua Residual doméstica varía desde determinaciones precisas químicas cuantitativas hasta determinaciones cualitativas biológicas y físicas. Existen

parámetros que afectan entre sí, como la temperatura que afecta la actividad biológica o la cantidad de gases, los cuales pueden ser los siguientes:

- Físicos: sólidos, temperatura, color y olor.
- Químicos: proteínas, carbohidratos, grasas de animales, aceites, cloruros, nitrógeno, fósforo, azufre, oxígeno, sulfuro de hidrógeno y metano por la descomposición de las aguas domésticas
- Biológicos: protistas por residuos domésticos, virus.

TABLA N° 1
COMPOSICIÓN TÍPICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICA

CONTAMINANTES	mg/l	CONCENTRACIÓN		
		FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Sólidos, en total	mg/l	1200	700	350
Disueltos, en total	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Suspendidos, en total	mg/l	350	200	100
Fijos	mg/l	75	50	30
Volátiles	mg/l	275	150	70
Sólidos sedimentables (ml/l)	mg/l	20	10	50
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días 20°C	mg/l	300	200	100
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	300	200	100
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno (total como N)	mg/l	85	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Amoníaco libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total P)	mg/l	20	10	6
Orgánico	mg/l	5	3	2
Inorgánico	mg/l	15	7	4
Cloruros	mg/l	100	50	30
Alcalinidad CaCO ₃ *	mg/l	200	100	50
Grasa	mg/l	150	100	50

Fuente: (Metcalf - Eddy, 1977)

TABLA N° 2
COMPONENTE SÓLIDOS TOTALES

COMPONENTE	PESO SECO GRAMOS/HABITANTE DIA
Agua de suministro, que se supone tiene dureza	12.7
Heces (sólidos 23%)	20.5
Orina (sólidos 3.7%)	43.3
Inodoros (incluyendo papel)	20
Pilas, baños, lavaderos y otras fuentes de lavado	88.5
Basura de suelo	30
Ablandadores de agua	213

Fuente: (Metcalf - Eddy, 1977)

FUENTES PRIMARIAS

Observación: Se recoge información descriptiva –de primera mano– acerca de los factores que inciden en la elaboración de indicadores naturales.

FUENTES SECUNDARIAS

Textos impresos y virtuales.

PROBLEMA

Estudiar la manera de no contaminar el lago utilizando plantas de tratamiento con plantas nativas del lugar, como la totora.

OBJETIVOS

Objetivo General: Mostrar los pasos necesarios para realizar una planta de tratamiento de agua, con la utilización de las macrófitas.

Objetivos Específicos:

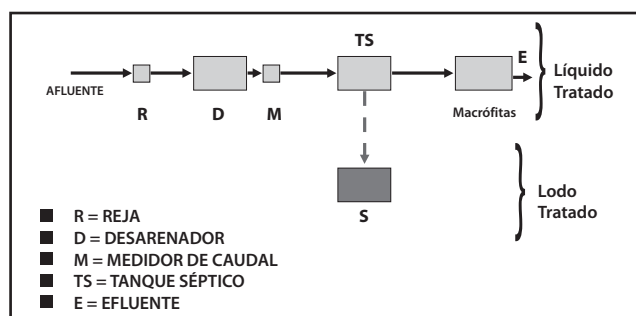
- Realizar el estudio de las características físicas, geológicas, climatológicas.
- Obtener datos promedio de los aspectos socio-económicos del proyecto
- Determinar las proyecciones poblacionales y dotacionales.
- Determinar los caudales de diseño.
- Determinar calidad del Agua Residual.
- Calcular la planta de tratamiento.
- Cumplir con la Ley 1333 (Medio Ambiente)

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Los sistemas de tratamiento están conformados y convenientemente dispuestos, mediante las cuales se pretende eliminar el residuo sólido, la materia orgánica, los microorganismos patógenos y, a veces, otros elementos contenidos en un agua residual. De esta manera, se quiere suplir la falta de capacidad autodepuradora del medio ambiente debido al exceso de carga de los afluentes. Los métodos de tratamiento en los que predomina la aplicación de fuerzas físicas son conocidos como Operaciones Unitarias. Aquellos en los que la eliminación de contaminantes se consigue mediante reacciones químicas o biológicas se conocen como Procesos Unitarios. Las Operaciones o Procesos Unitarios se agrupan para constituir lo que se conoce como Tratamiento Preliminar o Primario, Secundario y Terciario (3).

FIGURA N° 2

ESQUEMA DE TRATAMIENTO PRELIMINAR Y TRATAMIENTO PRIMARIO



Fuente: Elaboración propia, 2009

TRATAMIENTO PRELIMINAR

Los objetivos del tratamiento preliminar son:

- Acondicionar el Agua Residual para ser tratada en las siguientes etapas de proceso de tratamiento
- Remover materiales que pueden interferir con los equipos y procesos de tratamiento de aguas abajo
- Reducir la acumulación de materiales en los procesos ubicados aguas abajo del Tratamiento Preliminar

TRATAMIENTO PRIMARIO

El Tratamiento Primario es de tipo físico y está destinado a remover los sólidos de menor tamaño que los que se retienen en el Tratamiento Preliminar utilizando la sedimentación. El objetivo es mejorar el tratamiento de las unidades subsecuentes. El Tratamiento Primario permite eliminar en un agua residual urbana aproximadamente el 90% de los sólidos sedimentables y el 65% de los sólidos en suspensión. Se consigue también una disminución de la DBO alrededor del 35%.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Dentro del Tratamiento Secundario de aguas residuales existen dos tipos: las que realizan un Tratamiento Aerobio y las que realizan un Tratamiento Anaerobios.

TRATAMIENTO TERCIARIO

En el tratamiento terciario, se pretende que sean lo más puras posible antes de ser descargadas al medio ambiente. El objetivo de este tratamiento es eliminar cualquier constituyente del agua que no haya sido eliminado anteriormente.

Entre los procesos que se utilizan en el Tratamiento Terciario de aguas contaminadas están: Microfiltración; Adsorción de carbón activado; Intercambio iónico; Ósmosis inversa; Electrodialisis; Remoción de nutrientes cloración; Ozonización

SISTEMAS NATURALES

En el medio natural cuando interactúan el agua, el suelo, las plantas, los microorganismos y la atmósfera, se producen procesos físicos, químicos y biológicos.

TABLA N° 3. PROCESOS NATURALES

Procesos naturales en las piscinas con macrófitas	
Fase	Proceso
Acción bacteriana	Conversión y transformación de contaminantes. En la transformación aerobia de los residuos orgánicos se consume oxígeno. Se realizan también transformaciones de productos orgánicos tóxicos. Siempre se reduce DBO.
Absorción de oxígeno	Si la lámina líquida del humedal no está en saturación de oxígeno disuelto, lo toma de la atmósfera, en una aireación natural
Desorción de oxígeno	Es la situación contraria
Sedimentación	Se debe al movimiento lento del líquido, que hace que los sólidos en suspensión se depositen en el fondo. En ciertos casos se produce en floculación en otros se producen turbulencias (en la entrada) que hacen que estos sólidos se distribuyan uniformemente por toda la piscina.
Degradación natural	La supervivencia de muchos organismos tienen un plazo limitado, por lo que gran parte de ellos muere pasado un periodo de tiempo. Por otra parte la acción fotoquímica provoca la oxidación de muchos componentes orgánicos.
Adsorción	Muchos contaminantes químicos tienden a unirse por adsorción con diversos sólidos, lo que dependerá, en gran parte de la cantidad y composición de éstos presentes en la fase líquida en forma de suspensión. Esta adsorción se complementa después casi siempre con la posterior sedimentación.
Volatilización	Los contaminantes volátiles presentes en el líquido se transfieren a la atmósfera
Reacciones químicas	A parte de las reacciones fotoquímicas que ya se han indicado en la degradación natural, en el humedal existen fenómenos de hidrólisis, oxidaciones diversa, reducciones, etc.
Evaporación	A parte de la volatilización y de la desorción de oxígeno, muchos gases que se pueden aportar con el afluente se pueden evaporar, y lo mismo ocurre con la parte de la masa, que puede ver reducido su volumen

VENTAJAS DE LAS MACRÓFITAS

- Mantienen la capacidad hidráulica del suelo; su actividad mecánica permite desplazar el suelo y romper las capas colmatantes. La muerte de raíces favorece el desarrollo de túneles que facilitan el flujo a largo plazo (4).
- Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos. El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- Retienen y procesan los nutrientes y numerosos productos que puede incorporar a sus ciclos metabólicos.
- Los sistemas de raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos: En climas fríos, la acumulación de detritos vegetales sobre el lecho de grava.
- Proporciona un aislamiento térmico que es útil durante los meses de invierno.
- Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
 - El tallo de los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos (5).

Estas plantas tienen la capacidad de purificar el agua mediante la asimilación directa de nutrientes, especialmente el nitrógeno y el fósforo, que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal, siendo éstos también, los principales contaminantes de la eutrofización de los cuerpos de agua. Las macrófitas son capaces de transportar oxígeno en grandes cantidades desde los tallos hacia sus raíces y rizomas, donde es utilizado por los microorganismos heterótrofos que crecen sobre ellos, en forma de una biopelícula, los que también contribuyen a la reducción de la contaminación a través de procesos aeróbicos de degradación.

TABLA N° 4
PLANTAS EMERGENTES USADAS EN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Nombre		
Familia	Común	Científico
Ciperáceas	Totora, junco,	Scirpus sp.
	junco de laguna	Scirpus
	Juncias	Lacustris
Tifáceas	Espadañas,	Typha sp.
	quenilla, eneas, aneas	
Gramíneas	Caña, carrizo	Phragmites Australis
Juncáceas	Juncos	Juncus sp.
Iridáceas	Lirio amarillo, espadaña fina	Iris Pseudacorus L.

Fuente: Lara, 1999

CONCLUSIONES

Es importante mencionar que estudiar a la totora, como una especie que crece naturalmente en el lago, es de una prioridad número uno, ya que puede servir como una fuente para futuras investigaciones que quieran mejorar el diseño de tratamiento de aguas no sólo de tipo residual sino industrial, minero, etc.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) METCALF & EDDY (1995), Ingeniería de Aguas Residuales Tratamiento. Vertido y reutilización. Tercera edición Volumen I y II, Madrid. España
- (2) CAPRA, G (1988). Ingeniería Sanitaria, Alcantarillado Sanitario Y Pluvial. La Paz - Bolivia: Imprenta de La Universidad Mayor de San Andrés.
- (3) MUJERIEGO (1990), Generalidades sobre el proceso de filtración, en filtro de arena.
- (4) OMS, 1999
- (5) EPA, 2000

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ANSOLA, G & D. ; 1994; Concentración de nutrientes en helófitos acuáticos utilizados en depuración de agua residual- Limnetica – 10(1):33-36pp
- CRITES, R., Tchobanoglous, G. (2000). Tratamiento de Aguas Residuales en pequeñas poblaciones. Mc Graw Hill. Bogota, Colombia.
- HUMEREZ, S (2007) Tratamiento de aguas residuales, Apuntes Cátedra. Universidad del Valle.
- LÓPEZ, R (1999), Diseño de acueductos y alcantarillado. Alfaomega. México D.F.
- RIVERA, G. (2006) Plantas de tratamiento de aguas negras, Apuntes de Cátedra. Universidad Mayor de San Andrés. Instituto de Ingeniería Sanitaria.
- SAENZ, R. (1985), Lagunas de estabilización y otros sistemas simplificados para el tratamiento de aguas residuales. CEPIS. Lima, Perú.