Horizonte Académico
Revista Multidisciplinaria
Recibido:12/10/2024 Aprobado:20/11/2024

DOI: https://doi.org/10.70208/3007.8245.v4.n2.32

Potabilización Ecológica de Aguas para Consumo Humano Mediante el Uso De Mucilago de Puscaillo, Carbón de Madera y Paja Brava

Nayra Abad Villazón Paniagua
nayravillazon419@gmail.com
https://orcid.org/0009-0006-1267-2279
Universidad Técnica de Oruro – Facultad Técnica

Karla Jimena Gomez Huarachi
https://orcid.org/0009-0006-5503-9115
Gomezhuarachikarlajimena@gmail.com
Universidad Técnica de Oruro – Facultad Técnica

Jessica Jomayra Aruquipa Correa
jessijomayraaruquipacorrea@gmail.com
https://orcid.org/0009-0003-6992-1262
Universidad Técnica de Oruro – Facultad Técnica

RESUMEN

Existen Métodos caseros y sencillos y prácticos para mejorar las condiciones físicas del agua, que reducen o eliminan su turbiedad cuando no se ha realizado ningún tratamiento. Por lo general las aguas superficiales se encuentran contaminadas, por tal razón se recomienda realizar un tratamiento al agua comenzando por clarificarla si esta se encuentra turbia, luego filtrarla y o desinfectarla para mejorar sus condiciones fisicoquímicas y biológicas, obteniendo de esta forma agua apta para consumo.

***Palabras clave**:* turbiedad, contaminadas, desinfectarla, fisicoquímicas

Ecological Purification Of Water For Human Consumption Through The Use Of Puscaillo Mucilago, Wood Charcoal And Paja Brava

ABSTRACT

There are simple and practical homemade methods to improve the physical conditions of the water, which reduce or eliminate its turbidity when no treatment has been carried out. Generally, surface waters are contaminated, for this reason it is recommended to treat the water, starting by clarifying it if it is cloudy, then filtering it and or disinfecting it to improve its physicochemical and biological conditions, thus obtaining water suitable for consumption.

Keywords: turbidity, contaminated, disinfect it, physicochemical

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar Todo el contenido de Horizonte Académico- Revista Científica, publicado en este sitio están disponibles bajo Licencia Creative Commons

INTRODUCCIÓN

Considerando el cuidado del medio ambiente y el desarrollo sostenible este trabajo de investigación en el tratamiento para la potabilización, de dichas aguas toma como materiales alternativos a recursos naturales como ser la Achacana, Carbón de madera y paja brava, que existen en nuestra región y esté al alcance de las posibilidades de la gente que radica en las zonas donde no existen procesos sofisticados para el tratamiento adecuado de aguas para consumo humano.

Las dos terceras partes de la tierra están cubiertas de agua y el resto es tierra; aunque mayormente esta es agua de los océanos, es decir, agua salada e icebergs, pero también tenemos el agua de ríos, agua subterránea y lagos. El agua es crucial para el mantenimiento de los ecosistemas, vivir saludablemente y el éxito de las actividades industriales y comerciales; el agua es una sustancia incolora, inodora e insípida en su forma pura. El agua ha sido fundamental en la adaptación y desarrollo de los seres vivos, incluso el hombre está formado en más de un 60% por agua, de ahí que cuando las personas pierden grandes cantidades de líquido.

En referencia del agua de consumo en nuestra ciudad, el Servicio Local de Acueductos y Alcantarillado SeLA-Oruro, trabaja desde 1964 suministrando agua potable a toda la ciudad de Oruro; y durante todos estos años se consolido como una institución líder en el rubro a nivel nacional, que actualmente es, además, la única Entidad Presentadora del Servicio de Agua Potable en Oruro.

El tanque principal ubicado en el centro de la planta de SeLA, tiene una capacidad de 1500 m3, el cual es alimentado con aguas de los pozos de Cala Caja, Challapampita, Santa Rosa y la vertiente de Cala-cala. El agua antes de ingresar pasa por la cámara de cloración al vacío a alta presión. Luego de llenarse al tanque principal, el agua clorada es bombeada a los tanques de las zonas altas de manera sucesiva se va realizando la distribución del agua.

El caudal 2073600 litro/día y el consumo per cápita 70 litros/hab/día. SeLA-ORURO, dispone de 17 fuentes de captación de las cuales una es superficial y el resto es subterráneo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los procesos que involucran dicho tratamiento consta de las siguientes operaciones básicas

Floculación

Al adicionar sustancias químicas o naturales al agua turbia se logra que algunas partículas suspendidas se precipiten al fondo del recipiente dejando una capa de agua más clara arriba y una capa de sedimento (lodos) en el fondo, estos sedimentos se deberán desechar

Decantación y desinfección

El agua clarificada debe ser filtrada y o desinfectarse ya que un agua clara no garantiza que no se encuentre contaminada, como en el caso de algunos ríos, pozos y lagunas etc.

Tratamiento con carbón de madera y filtración

Una vez que el agua este clarificada y desinfectada se realiza el proceso de eliminación del cloro residual mediante la adsorción sobre carbón de madera, con ello se logra obtener agua libre de cloro, posterior a ello se realiza una segunda filtración con el propósito de lograr una buena calidad de agua para consumo humano.

Medios químicos para desinfección del agua potable

Los compuestos químicos más utilizados para la desinfección del agua son:

- ✓ (NaClO), (HClO), ($NaClO_2$). El cloro es uno de los elementos más comunes para la desinfección del agua. El cloro se puede aplicar para la desactivación de la actividad de la gran mayoría de los microorganismos, y es relativamente barato.
- ✓ (ClO_2)
- ✓ (O_3)
- ✓ ($KMnO_4$)
- ✓ Sales de amonio.

Normatividad relacionada con la calidad de aguas en Bolivia

En Bolivia, las normas de evaluación para determinar la calidad del agua, que se emplean son las de la Organización Mundial de la Salud (OMS), En forma optativa, de la Normativa Boliviana con la NB 512.

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS), y por los gobiernos

nacionales; pudiendo variar ligeramente de uno a otro. Los parámetros más comúnmente utilizados para establecer la calidad de las aguas son los siguientes:

- pH,
- sólidos en suspensión,
- Oxígeno disuelto
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO),
- Elementos como ser fósforo, nitratos, nitritos, amonio, amoníaco,
- Compuestos fenólicos,
- Hidrocarburos derivados del petróleo
- Cloro residual

Las Normas del servicio de aguas que se utilizan en nuestro medio las siguientes:

- Ley de Aguas del año 1906
- Ley 2066 Modificatoria de Servicio Potable y Alcantarillado
- NB – 512 Agua Potable – Nueva norma
- NB – 689 Diseño de instalaciones de agua – Diseño para sistema de agua potable (2da revisión – Dic 2004)

Norma boliviana nb – 512 A

Este documento tiene por objeto reglamentar la Norma Boliviana NB 512 "Agua Potable Requisitos" (tercera revisión) – Octubre 2004, en cuanto se refiere a la calidad física, química y microbiológica del agua destinada al consumo humano, estableciendo las condiciones que deben cumplir las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA).

En el presente Reglamento se han incluido los parámetros de control de calidad del agua potable agrupados de acuerdo a su factibilidad técnica y económica, a saber: Control Mínimo, Control Básico, Control Complementario y Control Especial.

Requisitos de calidad del agua potable según

NB – 512

Los requisitos de calidad se dividen en Mínimos, Básicos, Complementarios y especiales como se podrá observar en las siguientes tablas.

Parámetros de control mínimo

Tabla 1. Parámetros de control mínimo

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE
pH	6.5 a 9.0
Conductividad	1500 µS/cm
Turbiedad	5 UNT
Cloro residual	0.2 a 1.0 mg/l
Coniformes termo resistentes	0 UFC/100 ml

Fuente: Norma NB 512

Parámetros de control básico

Los parámetros básicos están representados en la siguiente tabla en la que está incluido el valor máximo aceptable con la que cuenta el departamento de control de calidad.

Tabla 2. Parámetros de control básico

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE
1. FÍSICOS	
Color	15 UCV
2. QUÍMICOS	
Sólidos totales disueltos	
Químicos Inorgánicos	
Alcalinidad total	1000 mg/l
Calcio	370.0 mg/l
Cloruros	200.0 mg/l
Dureza	250.0 mg/l
Hierro	500.0 mg/l
Magnesio	0.3 mg/l
Manganeso	150.0 mg/l
Sodio	.1 mg/l
Sulfatos	200.0 mg/l
	400.0 mg/l

Fuente: Norma NB 512

Parámetros de control complementario

El parámetro complementario tiene un valor máximo, según el rango de cada elemento se lo detalla de la siguiente manera:

Tabla 3. Parámetros de control complementario

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE
a) Químicos Inorgánicos	
Aluminio	0.1 mg/l
Amoniaco	0.5 mg/l
Arsénico	0.01 mg/l
Boro	0.3 mg/l
Cobre	1.0 mg/l
Fluoruro	1.5 mg/l
Nitrito	0.1 mg/l
Nitrato	45.0 mg/l
Plomo	0.01 mg/l
Zinc	5.0 mg/l
b) Subproductos de la DesinfecciónTrihalometanos totales (THM)	
c) Químicos Orgánicos	
Plaguicidas	100.0 µg/l
Plaguicidas totales	
Plaguicidas individuales	
Hidrocarburos	0.5 µg/l
Hidrocarburos totales (TPH)	0.1 µ g/l
Benceno	
d) Microbiológicos	10.0 µg/l
Bacterias	2.0 µg/l
Coliformes totales	
Escheerichia	0 UFC/100 ml
Heterotróficas totales	0 UFC/100 ml
Pseudomonas aeruginosa	500 UFC/100 ml
Clostridium perfringens	0 UFC/100 ml
Parásitos	0 UFC/100 ml
Cryptosporidiunsp.	
Giárdia sp.	Ausencia
Amebas	Ausencia
	Ausencia

Parámetros de control especial

Estos parámetros serán realizados en situaciones de desastre o en casos especiales de acuerdo con el historial de la fuente y/o región o cuando así lo vea conveniente las EPSAS y/o la SISAB.

Tabla 4. Parámetros de control especial

PARÁMETRO	VALOR MÁXIMO ACEPTABLE
Químicos Inorgánicos	
Antimonio	0.005 mg/l
Bario	0.7 mg/l
Cadmio	0.005 mg/l
Cianuro	0.07 mg/l
Cromo total	0.05 mg/l
Mercurio	0.001 mg/l
Níquel	0.05 mg/l
Sabor y olor	Aceptable
Selenio	0.01 mg/l
Químicos Orgánicos	
Hidrocarburos	
Tolueno	700.0 µg/l
Etilbenceno	300.0 µg/l
Xileno	500.0 µg/l
Benzo (a) pireno	0.2 µg/l
Radiactivos	
Radiactividad alfa global	0.10 Bq/l*
Radioactividad beta global	1.0 Bq/l*
Químicos Orgánicos	0.5 µg/l
Acrilamida	0.4 µg/l
Epiclorohidrina	100.0 µg/l
Cloroformo	2.0 µg/l
Cloruro de vinilo	2.0 µg/l
Fenol	

Fuente: Norma NB 512

La achacana

Aspectos generales

Nombre Botánico: Neowerdermannia vorwerckii;

Familia: Cactáceae;

Nombre común: Achacana





La achacana es una cactácea que es consumida por el campesino de las regiones de altura de los Andes. Es una especie silvestre que no es cultivada, sino crece en áreas donde la agricultura es difícil por el clima, la falta de agua y por las condiciones topográficas adversas. El nombre de "Achacana" corresponde a la cactácea, Neowerdermannia vorwerckii, la cual presenta como característica tallos aéreos esferoidales y aplastados, que en las estaciones secas se presentan enterrados quedando apenas perceptibles, mientras que en primavera y verano sobresalen hasta una altura de 6 cm se dispone de pocos trabajos de investigación que nos proporcionen la composición centesimal de ésta cactácea (Calderon et al, 1987).

Mucílagos gomas y de las plantas

Estas sustancias se disuelven en agua para dar soluciones mucilaginosas o geles que son ampliamente usadas como adhesivos o agentes aglomerantes. Las gomas y mucílagos pueden ser definidos como sustancias originadas en las plantas, los cuales son obtenidos como exudación de los frutos, tronco o ramas de las plantas, en forma espontánea o después de una herida mecánica por incisión de un objeto punzante, remoción de alguna rama o invasión por bacterias o insectos. También ha sido sugerido que las gomas resultan del metabolismo normal de las plantas. Al parecer, son producidas por algún mecanismo protector que tiene como función sellar la herida frente al ataque de otros organismos.

El nopal está caracterizado por la producción de un hidrocoloide comúnmente conocido como mucílago (Fiuxá, 1991), el cual forma redes moleculares capaces de retener gran cantidad de agua (Saag y colab., 1975).

El mucílago es un polisacárido fibroso, de una forma altamente ramificada, compuesto por un contenido alto en azúcares; este polisacárido es una sustancia pegajosa y por lo tanto poco manejable, cada molécula del mucílago puede contener más de 30 000 subunidades de azúcar, o residuos. Los azúcares más abundantes tienen cinco o seis átomos de carbono y son los siguientes: arabinosa, galactosa, ramnosa y xilosa (Gybson y colab, 1986). Se ha visto que los derivados del azúcar difieren mucho en el cactus y no muestran ningún orden sistemático de composición. También se encontró en el mucílago la presencia de fructosa, sacáridos y maltosa.

La paja brava (festuca ortlzoyhylla).



El ichu, icho, paja brava o paja ichu ((Festuca ortlzoyhylla). es un Pasto del altiplano andino sudamericano, México y Guatemala empleado como forraje para el ganado, principalmente de camélidos sudamericanos. Es endémica de Guatemala, México, Costa Rica, El Salvador, Venezuela, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, Chile, Argentina.

Tiene tallo de 60-180 cm de altura. Las hojas son rígidas, erectas; vainas glabras en el dorso, ciliadas en un margen y el cuello; la lígula de 0.5 mm; láminas 25-70 cm x 1-2(-5) mm, generalmente involutas, a

veces aplanadas, escabriúsculas. Panícula 15-41 x 2-3 cm, argéntea; ramas adpresas o ascendentes. Espiguillas adpresas; glumas 7.5-11 mm, 3-nervias, acuminadas; lema 2.5-3.5 mm, esparcidamente pilosa, parda en la madurez, los márgenes traslapados, el ápice prominentemente piloso con tricomas 3-4.5 mm, la arista 10-20 mm, 2-geniculada, escabriúscula; callo c. 0.3 mm, agudo, con tricomas hasta 1 mm; pálea 1/3-1/2 la longitud de la lema, inconspicuamente 2-nervia; anteras 1-1.3 mm, apiculadas. La paja brava (Festuca ortlzoyhylla), según los autores Alzerreca y Lara (1988) reportan que la paja brava es la especie dominante en casi el 30% de la superficie del altiplano central de Bolivia.

Tabla 5. Composición química de la paja brava

Parámetro medido	Valor (% por cada 100 gramos)
Materia orgánica (MO)	93,4
Proteína cruda (PC)	1,6
Fibra cruda (FC)	42,4
Ceniza (C)	68
Extracto etéreo (EE)	0,85
Extracto libre de nitrógeno (ELN)	48,4

Filtro de carbon de madera



El filtro de carbón funciona principalmente por el proceso de adsorción. La adsorción significa una interacción superficial entre las especies disueltas y el carbón, es diferente de absorción, en el

tratamiento de aguas contaminantes las especies disueltas están difusas en los poros de carbón (absorción) donde se unen a las superficies de carbón (adsorción).

La porosidad y el área superficial grande de carbón proporciona una multitud de sitios reactivos para la unión de compuestos disueltos. En estos sitios reactivos se pueden unir los compuestos orgánicos disueltos no problemáticos, así como pueden ser dirigidos contaminantes peligrosos. Un poco de materia orgánica disuelta, presente en todas las aguas naturales puede ocupar lugares en las superficies de carbón y con ello excluir los contaminantes de interés.

El principio es lograr un alto nivel de tratamiento antes del filtro de carbón, con el fin de salvar el carbón para eliminación de compuestos problemáticos disueltos que pasan a través de las etapas de tratamiento anteriores.

Localización

El presente proyecto de investigación se realiza en las zonas periurbanas de la ciudad de Oruro, concretamente en la Zona Sud Este, barrio Excorderor.

Oruro es una ciudad y municipio boliviano, capital del departamento de Oruro y de la Provincia de Cercado. El municipio tiene una población de 264 943 habitantes según los resultados del Censo Nacional de Bolivia 2012. A una altitud de 3735 msnm, es considerada entre las ciudades más altas del mundo. El nombre de Oruro es una derivación de Uru Uru

Método empleado

El método de la investigación es el de Análisis y Síntesis, cuyo proceso de conocimiento permitirá profundizar las nuevas alternativas ecológicas aplicadas en el tratamiento de las aguas naturales de pozo con elevados niveles de turbiedad y poder potabilizarla para el consumo humano.

Procedimiento experimental

Extracción del mucílago fresco de la achacana

Se limpió y lavó el clacodio de la achacana, luego usando el cuchillo se retiró las espinas y se peló la cáscara, posteriormente se pesó 100 g de la pulpa y con el cuchillo se cortó en pequeños trozos (aprox. 1 cm).

En una probeta se midió 300 ml de agua destilada y se vertió en un vaso de precipitados junto a los trozos de pulpa para maceración durante 16 horas.

Finalmente pasado el tiempo, se procedió a filtrar el mucílago a través de una tela nylon.

Pruebas al mucílago fresco de la achacana

- Color: verde pálido
- Textura: viscosa
- Olor: característico de la achacana
- pH: 4,3

Este mucílago fresco se descompone en 6 días, pero se puede preservar por casi un mes agregándole sorbato de potasio (conservante de alimentos) y en refrigeración a 4-5°C.

Tratamiento de agua de pozo turbio para consumo humano

Este este sistema de tratamiento doméstico consta de filtro sencillo se hace con tres recipientes limpios de plásticos. Uno de ellos debe ser más pequeño para realizar el empaque con la paja brava que nos sirva de filtro final.

Llene el primer tanque con el agua turbia y coloque el mucílago de la achacana y agite con la ayuda de un agitador mecánico durante el tiempo adecuado, luego dejar decantar o reposar para lograr que los sólidos suspendidos de depositen como lodos y con la ayuda de un grifo separar la parte de agua clarificada y filtrar en una tela sintética el agua filtrada deberá ser recolectada en otro recipiente en la cual se realizará la desinfección con hipoclorito de sodio agitar y hacer pasar por el tanque rellenado con carbón de madera donde se realiza la adsorción de elementos indeseables y por último el agua ya desinfectado se filtra en el tanque rellenado con paja brava que sirve de medio filtrante.

El agua es indudablemente el recurso más esencial para la supervivencia del ser humano y no existe absolutamente pura en la naturaleza. El agua de lluvia, por ejemplo, al estar en contacto con el aire absorbe oxígeno, nitrógeno, gotas de aceite, partículas de humo, etc.; posteriormente, al entrar en contacto con el suelo, el agua superficial disuelve o dispersa otras sustancias, especialmente durante

las estaciones de lluvia donde la calidad del agua de río no es estable (Sáenz y colab., 2004; Zhang y colab., 2005; Díaz y colab., 1999).

Las sustancias presentes en el agua se pueden clasificar en tres categorías, según el tamaño de éstas:

a) Sólidos suspendidos, como arena, arcillas, bacterias, plancton, algas, virus, etc.;

b) partículas coloidales (entre 10^{-6} m y 10^{-9} m) y e) sustancias disueltas menor a 10^{-9} m como cationes, aniones, ácidos, alcoholes, aldehídos, oxígeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, etc. (Van Bremen, 2001; Degremont, 1991).

Las sales de aluminio son ampliamente usadas como coagulantes químicos en el tratamiento de procesos de purificación de agua alrededor de todo el mundo. Sin embargo, recientes estudios han suscitado dudas sobre la conveniencia de introducir aluminio en el medioambiente, especialmente en lo concerniente a los residuos que quedan durante el tratamiento de agua, gran volumen de lodo así como inducir la enfermedad de Alzheimer a .causa de sus propiedades carcinogénicas (Buzzi, 1992; Díaz y colab., 1999; Ndabigengesere y colab., 1998; Okuda y colab., 1999).

Las sales férricas y polímeros sintéticos han sido usados como alternativas, pero aquellos químicos pueden ser un serio problema porque muchos países desarrollados pueden aumentar su costo así como bajar la disponibilidad de tales químicos (Díaz y colab., 1999; Schulz y Okun, 1984).

Los coagulantes naturales de origen vegetal y mineral fueron usados en el tratamiento de agua y agua residual, antes del advenimiento de químicos sintéticos como el aluminio y sales férricas (Ndabigengesere y colab., 1998).

Los coagulantes naturales macromoleculares muestran un futuro prometedor y en la actualidad son de interés para muchos investigadores por su abundancia en la naturaleza, por su bajo precio, inocuidad, multifunción y biodegradación (Zhang y colab., 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

- Obtener el coagulante natural de la achacana para la clarificación del agua.
- Determinar la dosis adecuada del coagulante para eliminar las turbiedades de las aguas de pozo.

- Complementar al tratamiento de estas aguas los procesos de desinfección y posterior filtración utilizando materiales como ser el Carbón de madera y la Paja Brava.
- Determinar la calidad del agua tratada mediante análisis fisicoquímicos

Discusión

La reciente preocupación por la contaminación ambiental, ha dado como resultado el aumento en la investigación y el desarrollo de tecnologías sustentables, así como una normatividad cada vez más estricta. La búsqueda de alternativas de tratamiento de agua, basadas en el uso de polímeros orgánicos naturales en los procesos de clarificación, muestra que la actuación de los cactus como coagulantes naturales macromoleculares fue positiva (Sáenz y colab., 2004; Zhang y colab. 2006; Díaz y colab., 1999). Estos polímeros han sido usados en Chile y en México como purificadores de agua; se hicieron pruebas con la especie Opuntia ficus-indica conocida como nopal o tuna (Sáenz y colab., 2004; Zhang y colab., 2006; Díaz y colab., 1999).

La aplicación de estos estudios previos justifica esta investigación, al estudiar el efecto que el mucílago de la Achacana, tiene sobre la turbiedad y el pH de las aguas provenientes de la extracción de pozos perforados en las zonas periurbanas de nuestra ciudad.

CONCLUSIONES

En la ciudad de Oruro se abastece de agua extraída de pozos profundos como ser el de Challapampita, asimismo el tratamiento de sus aguas se realiza con la aplicación de químicos sintéticos.

Con el Crecimiento de la población muchos de los barrios periurbanos no cuentan con agua de la red y acuden a obtener esta de pozos perforados y utilizados de manera directa con lo que se corre el riesgo de contraer enfermedades infecciosas

Evaluar la efectividad de tratamientos alternativos y ecológicos para la clarificación del agua mediante el uso de mucílago natural obtenido de la Achacana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rodríguez, J. P. (2024). *Potabilización del agua: Teoría aplicada*. Alpha Editorial.

Briñez, K. J., Guarnizo, J. C., & Arias, S. A. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, *30*(2), 175-182.

Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, *8*(15), 79-94.

Rodríguez-Santos, J., Ortiz-Ayoví, D., Rodríguez-Baquerizo, E., & Santos-Baquerizo, E. (2018). Diseño de un filtro potabilizador ecológico para comunidades rurales, utilizando la Moringa Oleifera. *Revista Lasallista de Investigación*, *15*(2), 118-130.

Flores Valverde, E., & Valladares Rodríguez, M. R. (2020). Estudio químico biológico de aguas superficiales para consumo humano. https://revistatediq.azc.uam.mx/Docs/Revista_TeDIQ_2020.pdf

Salamanca, E. (2016). Tratamiento de aguas para el consumo humano. *Módulo Arquitectura CUC*, *17*.