

LA ZEOLITA EN LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

María Shirlendy Guerrero Alcívar, Antonio Vázquez Pérez, María Rodríguez Gámez

¹ Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Avenida Urbina y Che Guevara, Portoviejo Manabí, Ecuador.
mashirgue66@gmail.com, antoniov5506@gmail.com, taliangel270557@gmail.com

Resumen: La contaminación de las cuencas acuíferas motivado por el mal manejo en el tratamiento de las aguas residuales, constituye un problema actual para la humanidad. Si dichas aguas se vierten directamente a ríos, arroyos, lagos o mares antes de ser tratadas adecuadamente, resulta muy probable que se introduzcan elementos de contaminación que, acaben produciendo importantes daños ecológicos en el entorno ambiental y enfermedades de salud pública (causadas por virus y bacterias) en las personas y comunidades que entren en contacto con esas aguas contaminadas. El trabajo aborda una investigación relacionada con el tratamiento a la contaminación con amonio de las aguas del río Portoviejo, que parte del aprovechamiento de recursos locales y una metodología sencilla que puede ser aplicada directamente en las fuentes de contaminación, mediante la participación de los factores sociales comunitarios, donde se demuestra que la zeolita puede ser utilizada como elemento purificador de las aguas residuales que se descargan al río, logrando con ello la reducción de la contaminación mediante el mejoramiento de los parámetros físico-químicos asociados con la calidad del agua, en función de lo estipulado en la normativa ecuatoriana.

Palabras Clave: Zeolita; contaminación ambiental; aguas residuales; amonio; nitrito.

ZEOLITE IN WASTEWATER DECONTAMINATION AS A LOCAL DEVELOPMENT SOLUTION

Abstract: The contamination of the water basins motivated by the bad handling in the treatment of the residual waters, constitutes a present problem for the humanity. If these waters are discharged directly into rivers, streams, lakes or seas before being properly treated, it is very likely that pollution elements will be introduced that will end up causing significant ecological damage to the environment and public health diseases (caused by viruses and bacteria) in people and communities that come in contact with these contaminated waters. The work addresses an investigation related to the treatment of ammonium contamination of the waters of the Portoviejo river, which starts from the use of local resources and a simple methodology that can be applied directly to the sources of contamination, through the participation of social factors Community, where it is demonstrated that zeolite can be used as a purifying element for wastewater discharged into the river, thus achieving the reduction of pollution by improving the physical-chemical parameters associated with water quality, depending on the of what is stipulated in the Ecuadorian regulations.

Key words: Zeolite; environmental pollution; sewage water; ammonium; nitrite.

I INTRODUCCIÓN

La contaminación de las fuentes de agua constituye un grave problema que enfrenta la humanidad en la actualidad. Los recursos naturales resultan insuficientes si se continúa con las políticas actuales de desarrollo y consumo. Esta situación ha provocado efectos colaterales como la sobre explotación de acuíferos, que unido a los problemas de contaminación de las cuencas hídricas, reduce la disponibilidad del agua para ser utilizada en los servicios públicos y la producción de bienes materiales, por lo que resulta necesario tomar medidas que permitan reducir la contaminación ambiental [1].

En el mundo existe un significativo déficit de tratamiento de las aguas residuales; para el año 2002 se estableció que 2 600 millones de personas (42% de la población mundial) no accedían a un sistema de tratamiento adecuado de aguas residuales, o simplemente no lo tenían. La causa de esto es la explosión demográfica, la crisis del agua y los altos costos de las instalaciones para lograr un buen tratamiento [1].

Para el año 2015 según estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que mundialmente se esté realizando un uso extensivo de aguas residuales; el 10% de la población mundial consume alimentos regados con aguas residuales; 20 millones de hectáreas en 50 países son regadas con agua residual cruda o parcialmente tratada; el uso de agua gris creciendo en países desarrollados y en desarrollo y para América Latina se estableció la cifra de 118 294 910 de población sin saneamiento (Silva 2016).

Las aguas contaminadas no sólo afectan a los habitantes del lugar, sino que, escurriendo tanto por los arroyos como por el subsuelo, vuelcan en la ribera de los ríos sus impurezas, ampliando el área de contaminación y afectando esta importante fuente de agua dulce [1].

Una de las alternativas que se puede aplicar para minimizar el problema, es el tratamiento de aguas residuales con métodos ambientales que permitan reusar el agua recuperando los parámetros de calidad establecidos [1].

El tratamiento de aguas por el proceso de intercambio iónico, conlleva a la necesidad de establecer las condiciones de operación más adecuadas (pH, tipo de resina, tiempo de contacto, etc.) para la remoción del contaminante clave.

En la actualidad la Universidad Técnica de Manabí se proyecta por desarrollar estudios encaminados a lograr el empleo de la zeolita como material de construcción y para la remoción de amonios en aguas residuales, con lo cual se logra ahorrar recursos económicos, al propio tiempo que se propicia el aprovechamiento de un mineral que se encuentra disponible en la región costera del

Ecuador.

El trabajo está distribuido de la siguiente forma:

En la sección II se presenta el desarrollo, donde se exponen los materiales y métodos utilizados en la investigación, se define conceptualmente el término aguas residuales, analizando el fenómeno de la contaminación y el tratamiento que debe realizarse a estas aguas, se exponen las características de la zeolita y su utilidad para reducir la contaminación; en la sección III se muestra la discusión de los resultados, donde se propone un método para la utilización de la zeolita en función de la reducción de la presencia de amonio en las aguas residuales, y se exponen los resultados del análisis de las propiedades físico-químicas del agua de los efluentes muestreados, antes y después de aplicado el filtrado con zeolita, donde se puede comprobar la efectividad del uso de este mineral para mejorar los parámetros de calidad del agua, especialmente en el contenido de amonio; en la sección 4 se exponen las conclusiones del trabajo.

II DESARROLLO

A. Materiales y métodos

Para la caracterización del agua residual se emplearon tanto métodos de análisis cuantitativos, para la determinación precisa de la composición química del agua residual, como análisis cualitativos para el conocimiento de las características físicas y biológicas. Para la determinación del índice de calidad del agua se utilizó la norma ecuatoriana de calidad y descarga de efluentes, contenida en el Libro IV/2010, del Ecuador [1].

Se utilizaron cinco filtros experimentales contruidos con recursos propios, diseñados para trabajar con zeolita particulada de cuatro dimensiones como material filtrante, con el objetivo de realizar el filtrado de las muestras de agua residual recogidas.

Las aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado [1].

Más que el conocimiento químico exacto de la composición de las aguas residuales urbanas, tres son las características más importantes que se deben destacar, desde un punto de vista sanitario y en relación con el tratamiento [1]:

1. La gran cantidad de sólidos presentes.
2. La abundancia de sustancias biodegradables.

3. La presencia de un gran número de microorganismos. Como se ha relacionado anteriormente, en las aguas residuales están contenidas una serie de sustancias que pueden ser utilizadas como alimento por los microorganismos presentes, siendo eliminadas de esta forma de las aguas residuales, denominándose por esta razón biodegradable.

La nutrición de los microorganismos se hace a expensas, no sólo de los sustratos solubles, sino también de los sustratos particulados e insolubles, ya que estos son adsorbidos en las superficies bacterianas, dónde son atacados por exoenzimas (esterasas, carbohidrasas, proteasas, etc.), disminuyendo su tamaño hasta el nivel molecular.

De acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden ser clasificadas como [8]:

a. Domésticas: son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares.

b. Industriales: son líquidos generados en los procesos industriales. Poseen características específicas, dependiendo del tipo de industria.

c. Infiltración y caudal adicionales: las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc. Hay también aguas pluviales, que son descargadas por medio de varias fuentes, como canales, drenajes y colectores de aguas de lluvias.

d. Pluviales: son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

La contaminación derivada de las aguas residuales

La contaminación por aguas residuales en la zona costera debe tomarse como una alarma histórica. Desde la Agenda de Estocolmo ya se había advertido sobre el problema de las aguas municipales. En la cumbre de Río (1992) se dijo que en el 2005 habría que intentar disminuirlas a un 50%, pero esto ha sido imposible de lograr [1].

El manejo inadecuado de las aguas residuales puede tener consecuencias muy graves para la salud humana, el medio ambiente y el desarrollo económico. Las aguas

residuales no tratadas constituyen un potencial contaminador de las fuentes de suministro, lo que aumenta el riesgo de enfermedades infecciosas, el deterioro del agua subterránea y de otros ecosistemas locales.

Los principales impactos ambientales dan como resultado un aumento significativo de la mortalidad, debido a enfermedades como el cólera, parasitosis, entre otros, que son prevenibles. Los proyectos de tratamiento de aguas residuales son ejecutados a fin de evitar o aliviar los efectos de los contaminantes que estas contienen. Cuando estos proyectos son ejecutados correctamente, su impacto total sobre el ambiente es positivo.

Las aguas contaminadas no sólo afectan a los habitantes del lugar, sino que, escurriendo tanto por los arroyos como por el subsuelo, vuelcan la contaminación en la ribera de los ríos, ampliando el área contaminada y afectando las reservas de agua dulce [1].

En el año 2013 la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirmó que, aproximadamente el 90% de todas las aguas residuales en los países en desarrollo, se descargan sin tratamiento directamente a los ríos, lagos o los océanos; el uso de aguas residuales se ha incrementado y muestra de ello es que 20 millones de hectáreas en 50 países son irrigadas con aguas residuales crudas o parcialmente tratadas; se piensa que el 10% de la población del mundo consume alimentos irrigados con aguas residuales, siendo muy difícil de cuantificar la extensión de esta situación, por la naturaleza informal de su práctica [1]. Cuando las aguas residuales de tipo doméstico son lanzadas a los ríos o cuerpos de agua sin ningún tratamiento o desinfección, suelen contaminarlos con altas concentraciones de bacterias, virus y parásitos, creándose un grave problema de salud pública. Entre las principales enfermedades que se propagan por este mal manejo de las aguas residuales están las diarreas (bacterianas y víricas), la tifoidea y la paratifoidea, el cólera, la hepatitis infecciosa, la amibiasis, giardiasis, entre otras. Como es muy difícil detectar y cuantificar a todos los patógenos causantes de estas enfermedades, los ingenieros sanitarios y muchas autoridades de salud pública utilizan como organismo indicador de la contaminación por patógenos a los coliformes fecales [1].

La mayoría de las industrias producen descargas de desechos líquidos que tienen demandas bioquímicas de oxígeno (DBO) muy altas pero concentraciones de coliformes fecales menores que las de las aguas residuales domésticas, pudiéndose decir que los desechos industriales constituyen un gran problema ecológico y los desechos domésticos un gran problema de salud pública aunque ambos coadyuvan en el deterioro general de la calidad del agua [1].

Los efectos de las aguas residuales en la zona costera

dependen fundamentalmente de la conformación física de la misma. Estas características fijas del territorio parecen olvidarse cuando se trata del manejo de recursos costeros, lo que es más importante cuando se estima que la densidad de la población de las zonas costeras es grande, alcanzando más o menos 80 personas por km², es decir, 2.5 veces superior al promedio total de la que habita en los continentes, lo cual indica la tendencia que ha presentado el hombre a desplazarse hacia estas zonas por las ventajas que representa la riqueza de sus recursos [1].

Todas las actividades humanas que se desarrollan en la costa y en especial aquellas que involucran manejo de aguas residuales, dependen para la descarga de sus desechos, por un lado, de la posición que ocupan dentro de una cuenca hidrológica, y por otro, de las corrientes marinas donde son vertidas, esto es lo que en un momento dado definir la dilución de las mismas y la mitigación de sus efectos.

En Ecuador en el año 2015 sólo se trataba el 52% de las aguas residuales, ocupando el lugar 15 en la región de Centro y Suramérica [1].

La contaminación de las aguas del río Portoviejo es un problema que amenaza directamente la salud de las personas que residen en las márgenes del río. Las autoridades del Gobierno Provincial de la Provincia de Manabí, han dedicado ingentes esfuerzos por corregir los problemas de contaminación amoniacal que presenta las aguas del río Portoviejo, resultando muy costosa la utilización de resinas artificiales, por lo que la utilización de la zeolita como filtro amoniacal de las aguas residuales, puede constituir una solución relevante a dicho problema.

En la ciudad de Portoviejo capital de la provincia de Manabí, las aguas residuales constituyen un producto inevitable de la actividad humana. Las fuentes de contaminación se originan en las escorrentías de las tierras de cultivo afectadas por el uso de fertilizantes, así como los residuales industriales y domésticos. El amoniaco se encuentra como uno de los principales contaminantes orgánicos. Como consecuencia se han implementado medidas para limitar sus concentraciones en los efluentes.

El tratamiento de las aguas residuales

El tratamiento de las aguas residuales domiciliarias debe ser entendido, como una necesidad, a fin de mantener condiciones adecuadas de salud e higiene para la población, conservar la calidad de las fuentes de agua y propender a un uso racional y sustentable de los recursos acuáticos.

En la actualidad el tratamiento adecuado de las aguas

residuales constituye una preocupación de primer orden para la sociedad. El vertido de aguas residuales urbanas sin depurar, ejerce sobre los cauces receptores toda una serie de efectos negativos, entre los que cabe destacar [14]:

Aparición de fangos y flotantes que no sólo provocan un desagradable impacto visual, sino que, debido al carácter reductor de la materia orgánica, se puede llegar a provocar el agotamiento del oxígeno disuelto presente en las aguas y originar el desprendimiento de malos olores.

b. Agotamiento del contenido de oxígeno presente en las aguas. Consumido el oxígeno disponible, los procesos degradativos vía anaerobia generan olores desagradables, al liberarse gases que son los causantes de estos olores.

c. Aportes excesivos de nutrientes, pues las aguas residuales contienen nutrientes que son causantes del crecimiento descontrolado de algas y otras plantas en los cauces receptores (eutrofización).

d. Daños a la salud pública. Entre las enfermedades que pueden propagarse destacan el tifus, cólera, disentería y hepatitis A.

Las estaciones depuradoras van a eliminar una elevada proporción de los contaminantes presentes en las aguas residuales, vertiendo efluentes depurados, que puedan ser asimilados de forma natural por los cauces receptores. Puede, por tanto, considerarse a las estaciones de tratamiento, como un complemento artificial de los procesos naturales que se dan en las masas acuáticas, al haberse sobrepasado ampliamente su capacidad de autodepuración.

De manera general el tratamiento de aguas residuales en las plantas convencionales de tratamiento, consiste de hasta cuatro etapas que comprenden procesos químicos, físicos y biológicos [15], entre los que se encuentran los siguientes:

1. Tratamiento preliminar: destinado a la eliminación de residuos fácilmente separables y en algunos casos un proceso de pre-aireación.

2. Tratamiento primario: que comprende procesos de sedimentación y tamizado.

3. Tratamiento secundario: que comprende procesos biológicos aerobios y anaerobios y físico-químicos (floculación), para reducir la mayor parte de la DBO.

4. Tratamiento terciario o avanzado: que está dirigido a la reducción final de la DBO, metales pesados y/o contaminantes químicos específicos y la eliminación de patógenos y parásitos.

Pero la construcción de una planta de tratamiento es costosa y compromete un espacio de terreno que algu-

nas veces no está disponible. Por otro lado el costo del tratamiento de aguas residuales por los métodos convencionales puede resultar muy alto y frecuentemente los gobiernos locales no cuentan con recursos suficientes para tomar medidas atenuantes. Por lo tanto, en el proceso de elegir la tecnología de saneamiento adecuada se deben tener en cuenta alternativas eficaces y elegir la opción correcta para las circunstancias específicas.

Es cierto que en los últimos años el tratamiento de las aguas residuales se ha realizado por métodos centralizados, aplicando tecnologías masivas basadas en grandes plantas de tratamiento, que resultan costosas económica y ambientalmente y donde las localidades se limitan a jugar un papel pasivo en la gestión.

Se trata de adoptar nuevos conceptos, métodos y tecnologías de solución al problema de las aguas residuales desde el esquema de desarrollo local, donde los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales, puedan jugar un papel de responsabilidad activa mediante la aplicación de tecnologías descentralizadas, el empleo de recursos autóctonos y la puesta en práctica de una política de desarrollo sostenible y amigable con la naturaleza.

La zeolita para reducir la contaminación de aguas residuales.

Las zeolitas son un grupo de minerales no metálicos, cuyos yacimientos están limitados a no más de veinte países entre los que figura el Ecuador. Su uso ha ido ganando espacio a nivel mundial; pero aún se limita a países desarrollados del primer mundo como son: EE.UU; Alemania; Japón; Italia; y Rusia entre otros, actualmente se pretende desarrollar su empleo en el país, con algunas aplicaciones en la alimentación animal y para la purificación del agua, especialmente en la remoción de amonio y el mejoramiento de otros parámetros físicos y químicos del agua residual [1].

En Ecuador las investigaciones de la zeolita se vienen desarrollando desde los años 90 y desde el 2000, los investigadores de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) han realizado estudios tanto en el campus politécnico, como a lo largo de la cordillera Chongón Colonche, en cooperación con la Universidad de Lovaina en Bélgica y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) [17].

Las zeolitas son minerales de aluminosilicatos hidratados con una estructura tipo jaula que, alberga grandes áreas tanto externa como internamente. Poseen una estructura de carga negativa debido a la sustitución isomórfica de cationes en el mineral. Por lo tanto, tienen una afinidad fuerte hacia cationes y solo una pequeña

afinidad hacia aniones o moléculas orgánicas. La Clinoptilolita es la zeolita natural más abundante y por lo tanto, es un material muy económico. Esta zeolita es muy eficiente para la remoción de nitrógeno amoniacal presente en aguas residuales [17].

Las zeolitas están compuestas por aluminio, silicio, sodio, hidrógeno, y oxígeno. La estructura cristalina está basada en las tres direcciones de la red con TO4 en forma tetraédrica, con sus cuatro oxígenos compartidos con los tetraedros adyacentes. Las propiedades físicas proveen aspectos únicos para una variedad amplia de aplicaciones prácticas [18].

Se ha comprobado que, adicionando adecuadamente zeolitas naturales en sus diversas modificaciones catiónicas en los sistemas de filtración, se pueden alcanzar niveles de purificación de aguas bastante notables y lograr no sólo la remoción de fosfatos, sulfatos, y cloruros; sino también, la eliminación de metales pesados como plomo, arsénico, níquel, cobre, y otros contaminantes [19].

Dentro de sus propiedades se puede señalar la hidratación y deshidratación, que es un fenómeno físico que varía en función de la presión y temperatura, así como de su armazón estructural, siendo el efecto directo endotérmico y la rehidratación exotérmico. La importancia de esta propiedad radica en el hecho de ocurrir sin que se produzcan alteraciones en el armazón estructural del mineral [1]. Otra de las propiedades más importantes de las zeolitas, que las hace de uso obligado en muchos procesos de deshidratación, es su gran estabilidad térmica y el aumento de su capacidad de adsorción con la temperatura [1].

En condiciones ambientales la cavidad central, así como sus canales se hallan repletos por moléculas de agua en forma de esferas que rodean a los cationes intercambiables. Si el agua es desplazada a temperatura adecuada (según el tipo de zeolita), estos serán capaces de adsorber moléculas cuyo diámetro sea inferior al de los canales y cavidad central, reteniéndolas dentro de las mismas. Ejemplo de esto es su selectividad por gases como el CO₂, NH₃, entre otros [21].

Las zeolitas pueden ser catalizadores selectivos en cuanto a la forma, tanto por la selectividad del estado de transición o por exclusión de reactivos competidores en base al diámetro de la molécula. También se han utilizado como catalizadores de oxidación. Las reacciones tienen lugar dentro de los poros de la zeolita, que permite un mayor grado de control del producto. Las principales aplicaciones industriales son: refinamiento del petróleo, producción de fuel e industria petroquímica. Las zeolitas sintéticas son los catalizadores más importantes en las refinerías petroquímicas [22].

La zeolita ofrece un efecto en el filtrado superior al de la arena o al de los filtros de carbón, resultando en agua más pura con mejor productividad y requiriendo menos mantenimiento. La estructura altamente porosa de las zeolitas puede capturar partículas contaminantes de hasta 4 micras. Las zeolitas están cargadas negativamente de forma natural, por lo que pueden adsorber cationes, como metales pesados y amoníaco [1].

Es evidente que se está produciendo una contaminación descontrolada en ríos, cañadas y esteros por efluentes urbanos, industriales y mineros, siendo las zeolitas naturales una alternativa efectiva y barata para la descontaminación de estos efluentes al adsorber en su estructura los elementos más comunes de las aguas residuales como son: amoníaco, ácido sulfhídrico, metales pesados, entre otros; además de la retención de ciertas colonias de microorganismos, nocivos para la salud [1].

III DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Análisis del agua residual antes de aplicar el filtrado con zeolita.

Considerando lo planteado anteriormente se ha considerado realizar una evaluación experimental sobre el uso de la zeolita como depurador de aguas residuales, en función de reducir su contaminación. La muestra está constituida por cinco efluentes de aguas residuales que vierten al río Portoviejo de la ciudad capital provincial que lleva el mismo nombre, según se muestran en el mapa de la figura 1.



Figura 1. Mapa con la localización de los cinco efluentes de aguas residuales estudiados

Para el filtrado se construyó un sistema tubular y en su interior se acondicionaron cuatro capas de zeolita con granulometría diferenciada, es decir cuatro tamaños diferentes de los granos, con el objetivo de propiciar un adecuado nivel de filtrado y un tiempo de retención breve en el sistema.

La zeolita del tipo clinoptilolita fue adquirida comercialmente en la empresa zeonatec, ubicada en el cantón Isidro Ayora de la vecina provincia de Guayas y se adquirieron granos con la siguiente gravimetría: 1.70mm; 2mm; 2.63mm y; 4.75mm. Para el dispositivo de filtrado se utilizó

un tubo de 6" (pulgadas). En la figura 2 se muestra un esquema técnico del sistema de filtrado donde se especifica la estructura gravimétrica de la zeolita.

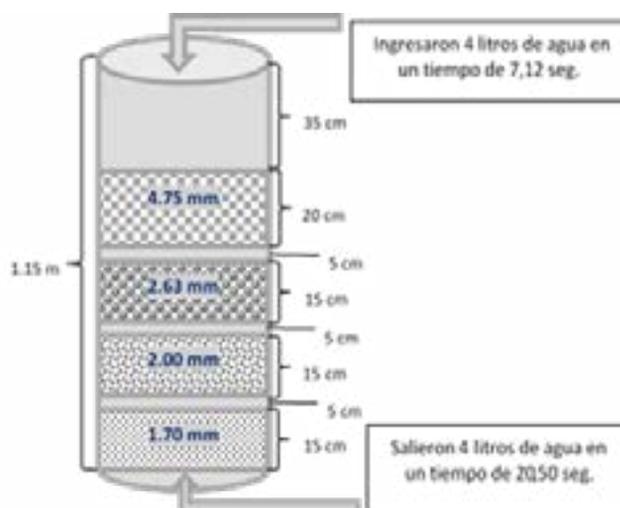


Figura 2. Esquema técnico del sistema de filtrado. Los resultados de los ensayos de laboratorio antes y después de realizar el filtrado con zeolita, permitieron comprobar la efectividad de este mineral para mejorar los parámetros de la calidad de las aguas residuales. Entre los parámetros químicos se encuentran los siguientes: Se logró remover entre el 50 % y el 75 % del nitrógeno total y especialmente el nitrógeno amoniacal de las muestras tomadas. En la figura 3 se muestra un gráfico comparativo con el comportamiento del parámetro de nitrógeno total antes del filtrado y luego del filtrado y en la figura 4 se muestra la misma información, pero con relación al nitrógeno amoniacal.

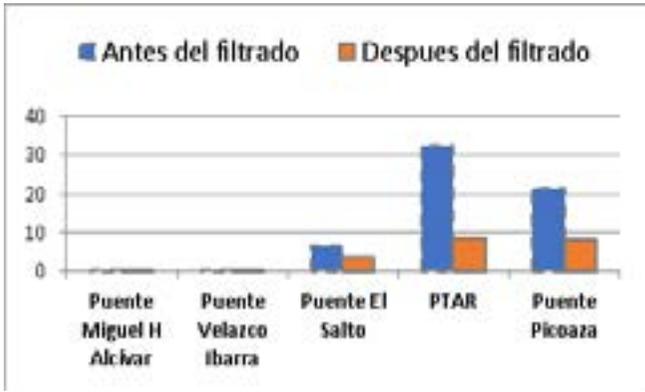


Figura 3. Gráfico comparativo sobre el comportamiento del nitrógeno total antes del filtrado y luego de realizado el mismo.

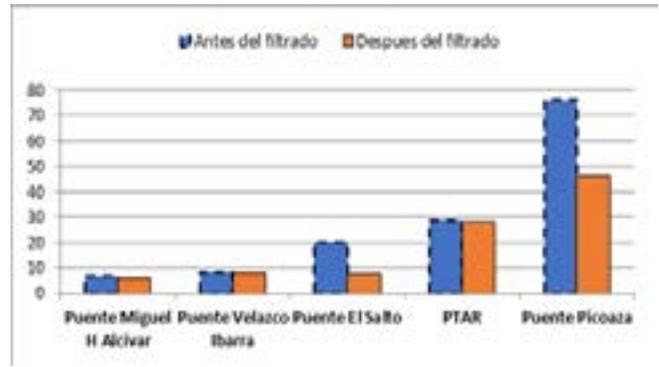


Figura 6. Gráfico comparativo sobre el comportamiento de la DBO, antes del filtrado y luego de realizado el mismo.

Entre los parámetros físicos que pueden ser mejorados mediante el filtrado con zeolita, se encuentran los siguientes:

Se logran reducir los sólidos disueltos entre un 2% y un 8%, así como los sólidos suspendidos que pueden reducirse entre un 35% y un 85%. En la figura 7 se muestra el gráfico comparativo sobre el comportamiento de los sólidos disueltos antes del filtrado y luego de realizado el mismo y en la Figura 8 se muestra la misma información pero de los sólidos suspendidos.



Figura 4. Gráfico comparativo sobre el comportamiento del nitrógeno amoniaco antes del filtrado y luego de realizado el mismo.

Se logró reducir el contenido de fosfato entre un 50% y un 95%, así como la demanda bioquímica de oxígeno, que puede mejorarse hasta en un 45%. En la figura 5 se muestra el Gráfico comparativo sobre el comportamiento del fosfato antes del filtrado y luego de realizado el mismo y en la Figura 6 se muestra la misma información pero de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

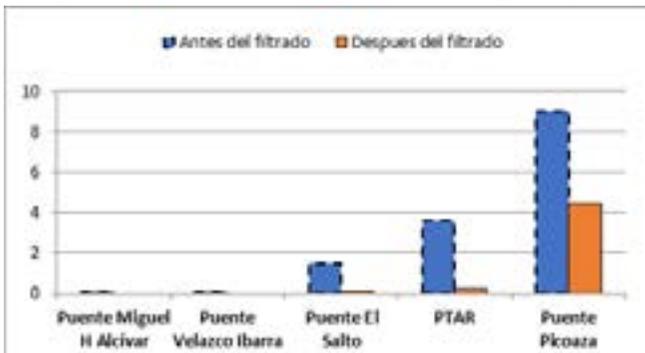


Figura 5. Gráfico comparativo sobre el comportamiento del fosfato, antes del filtrado y luego de realizado el mismo.

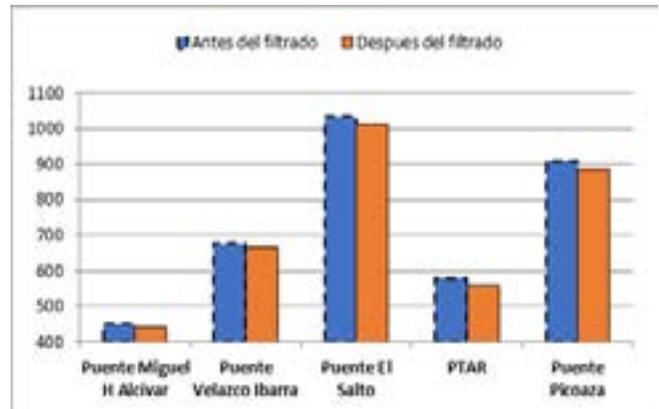
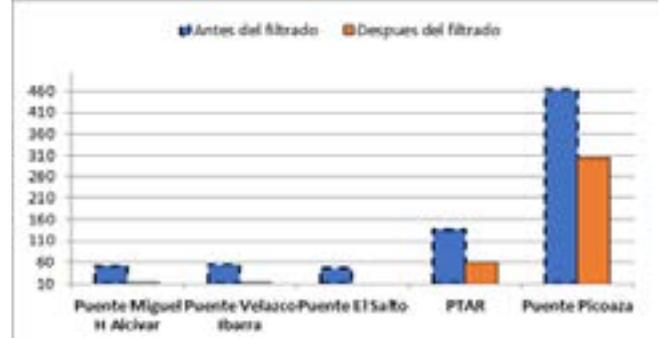


Figura 7. Comportamiento de los sólidos disueltos, antes del filtrado y luego de realizado el mismo.



Se logró mejorar la conductividad eléctrica hasta en

un 3% y el oxígeno disuelto se logra mejorar entre un 2% y un 7%. En la figura 9 se muestra el gráfico comparativo sobre el comportamiento de la conductividad eléctrica antes del filtrado y luego de realizado el mismo y en la Figura 10 se muestra la misma información pero relacionada con el oxígeno disuelto.

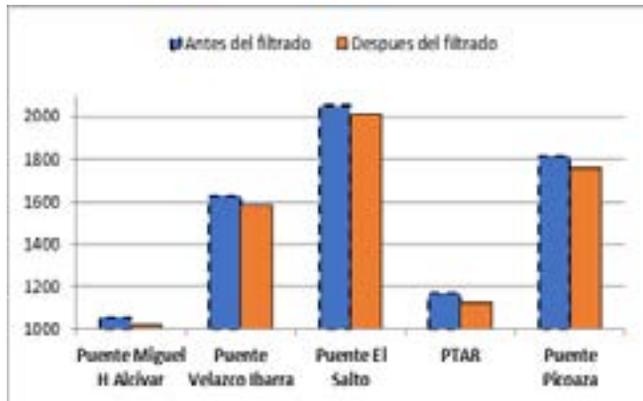


Figura 9. Comportamiento de la conductividad eléctrica, antes del filtrado y luego de realizado el mismo.

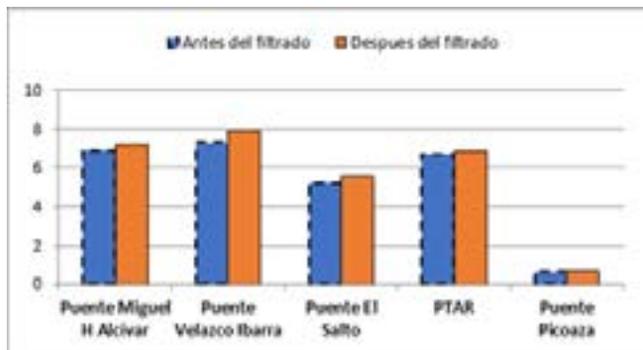


Figura 10. Comportamiento del oxígeno disuelto, antes del filtrado y luego de realizado el mismo.

IV CONCLUSIONES.

La investigación permitió verificar las propiedades de la zeolita en función de mejorar los parámetros físico-químicos de las aguas residuales.

II. Mediante análisis de laboratorio se logró definir la caracterización físico-química del agua residual de cinco efluentes que desembocan en el río Portoviejo, pudiendo identificar los que corresponden a la planta de tratamiento de aguas residuales y del puente de Picoaza, como los más contaminados con amonio.

III. La posibilidad de poder utilizar la zeolita como material de base para la purificación de las aguas residuales de los efluentes del Río Portoviejo, demuestra

la potencialidad de poder aplicar soluciones de tratamiento de aguas residuales en el marco del esquema de desarrollo local, utilizando recursos autóctonos y métodos técnicos menos costosos y amigables con el ambiente, lo que asegura la sostenibilidad de la propuesta. Ib, demostrando que con el empleo de polímeros se tiene un producto de mejores características, la misma que puede ofrecer un mejor comportamiento tanto en resistencia como a las deformaciones (fisuras- ahuellamientos- etc.)

Los valores de vacíos de aires que se han logrado obtener para el diseño propuesta con asfalto convencional modificado con polímero, están dentro del rango recomendado por el Manual de Especificaciones del Instituto del Asfalto; es decir, de 3 a 5 %, por lo consiguiente el comportamiento de la mezcla será adecuado.

V REFERENCIAS

- [1].Rodríguez, G.M., et al., Renewable Energy Sources and Local Development. International Journal of Social Sciences and Humanities Available online at <http://sciencescholar.us/journal/index.php/ijssh>, 2017. Vol. 1 No. 2, August 2017, pages: 10~19 e-ISSN: 2550-7001, p-ISSN: 2550-701X. <http://dx.doi.org/10.21744/ijssh.v1i2.3110>.
- [2].OMS, Informe del recurso agua a nivel Mundial. Organización Mundial de la Salud Consultado 04 de julio de 2017. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/facts2004/es/index.html, 2004.
- [3].Mariñelarena, A., Manual de autoconstrucción de sistemas de tratamiento de aguas residuales domiciliarias. 1a edición. FREPLATA Editores, 2006. ISBN 987-23109-0-4. CDD 628.3. Cooperativa de trabajo Ferrograf Ltda. La Plata, Provincia de Buenos Aires, República Argentina, 2006. Disponible en: http://www.ilpla.edu.ar/manual_sistemas_tratamiento.pdf.
- [4].Caballero, G.B.I., et al., Water Quality of the Poza Honda Dam and Other Water Points Down. International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research (IRJEIS). Available online at <http://ijcu.us/online/journal/index.php/irjeis>, 2017. Vol. 3 Issue 3, May 2017. ISSN: 2454-2261 Impact Factor: 5.211 | Thomson Reuters: K-4290-2016. [http://dx.doi.org/10.21744/irjeis.v3i3.444\(1~9\)](http://dx.doi.org/10.21744/irjeis.v3i3.444(1~9)).
- [5].Presidencia de la República, Norma de calidad y descarga de efluentes: Recurso agua. Quito, Ecuador: Presidencia de la República. Libro IV. Libro 1 consultado el 30 de septiembre de 2017. Disponible en: <http://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>, 2010: p. 54.
- [6].Gómez, A.H.R., Fiscalización ambiental en aguas

- residuales. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) Ministerio del Ambiente de Perú, 2015. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827.
- [7]. Espigares, G.M. and L.J.A. Pérez, Aguas residuales. Composición. PDF. Consultado el 6 de julio de 2017- Disponible en: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion, 2015.
- [8]. Blazquez, P. and M.C. Montero, Reutilización de agua en Bahía Blanca, Plata 3era Cuenca. Seminario aguas. Carrera de Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional. Argentina, 2010. Consultado el 3 de noviembre de 2017. Disponible en: http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/agua_reutilizacion.pdf.
- [9]. Ramírez, F.O.M. and C.I. Espejel, Las aguas residuales municipales como fuentes terrestres de contaminación de la zona marino costera en la región de América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) Consultado el 7 de julio de 2017. Disponible en: <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Manejo%20de%20Aguas%20Residuales.pdf>, 2001.
- [10]. OMS, Safe Use of Wastewater, Greywater and excreta. Guías de OMS Uso seguro de aguas residuales y excretas, 2013. Consultado el 2 de noviembre de 2017. Disponible en: http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/378/mod_page/content/148/Session3a_Medlicott_WHO_En.pdf.
- [11]. Saéñz, F.R., Introducción; y uso de aguas residuales tratadas en agricultura y acuicultura. División de Salud y Ambiente de la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Organización Mundial de la Salud (OMS), 2016. Consultado el 1 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/eswww/fulltext/repind53/rys/rys.html>.
- [12]. Mohorte, Cómo el 50% de la población mundial vive en el 1% de la superficie de la Tierra, a vista de mapa. Consultado el 3 de noviembre de 2017. Disponible en: <https://magnet.xataka.com/un-mundo-fascinante/como-el-50-de-la-poblacion-mundial-vive-en-el-1-de-la-superficie-de-la-tierra-a-vista-de-mapa>, 2016.
- [13]. Silva, H., Guías OMS uso seguro de aguas residuales, excretas y aguas Grises. Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización Panamericana de la Salud (OPS), Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), 2016. Consultado el 2 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd59/silvahomero.pdf>.
- [14]. Ideasmares, Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo Monografías: Aguas en Centroamérica. Depósito legal: Z-2802/08. Disponible en: <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf>, 2014.
- [15]. Díaz, A.V., Tratamiento de aguas residuales. Consultado el 6 de julio de 2017- Disponible en: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/09/tratamiento-de-aguas-residuales.pdf>, 2015.
- [16]. Bascuñan, C., Zeolita y su uso en diferentes ramas de la industria. Escuela de Ingeniería Química Benemérita. Universidad Autónoma de Puebla. México, 2005. Consultado el 1 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/032752/032752-01.pdf>.
- [17]. Garcés, D. and F. Morante, Caracterización mineralógica del depósito de zeolitas naturales en el río Guaraguau (Isidro Ayora, provincia Guayas) y su aplicación en la remoción de amonios. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Artículo Tesis de Grado, 2012.
- [18]. Santana, P.G.M., Proyecto del Primer Ciclo. Carrera de Ingeniería Ambiental. 9G. FCMFQ. , 2016. Repositorio de la Universidad Técnica de Manabí.
- [19]. Corella, C., Las Zeolitas. Mineral del Siglo XX. Usos y aplicaciones. Centro Nacional de Producción de Animales de Laboratorio. (CENPALAB). Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente, 2011. Consultado el 2 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/las-zeolitas/las-zeolitas.pdf>.
- [20]. Pristina, R., Uso de las zeolitas. Consultado el 14 de septiembre de 2017. Disponible en Web: http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/55/htm/sec_5.html. . 2015.
- [21]. Carballo, F.E., Propiedades de la zeolita. Consultado el 14 de septiembre de 2017. Disponible en: <https://ruiderae.revista.uclm.es/index.php/ocnos/article/view/188>, 2004.
- [22]. Lenntech, B.V., Aplicaciones de las zeolitas. Lenntech. Rotterdamseweg 402 M 2629 HH Delft Read more: <http://www.lenntech.es/zeolitas-aplicaciones.htm#ixzz4FMTLtc9i>, Consultado el 1 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.lenntech.es/zeolitas-aplicaciones.htm>, 2016.
- [23]. Morante, F.E., Las zeolitas de la costa de Ecuador (Guayaquil): Geología, caracterización y aplicaciones. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, 2004.