

CARÁTULA DE TRABAJO

BACTOFRUITS
Título del trabajo

FRUGTERS
Pseudónimo de integrantes

CIENCIAS AMBIENTALES
ÁREA

LOCAL
CATEGORÍA

DISEÑO INNOVADOR
MODALIDAD

2502311
Folio de Inscripción

Bactofruits

Resumen

La escasez de agua es un problema actual muy importante, para darle solución se puede hacer la reutilización de agua mediante su filtrado para la cual se han implementado varios sistemas de limpieza, entre estos el filtrado biológico, dentro de esta clase de filtrado podemos encontrar el *wet and dry* utilizado en peceras de gran litraje; este hace uso de *bioballs*, esferas de polipropileno, como sustrato dentro de un sistema húmedo donde hay un flujo de agua constante, el cual por medio de la gravedad, choca y oxigena el agua favoreciendo un ambiente propicio para el asentamiento de biopelículas de cepas bacterianas nitrificantes que oxidan iones amonio y nitritos mediante enzimas especiales, eliminan sustancias nocivas para los peces y otros habitantes del acuario y generan nitratos, que pueden ser aprovechados como fuente de nutrición para las plantas, por lo que el agua no solo se filtra sino que se enriquece. El problema de este sistema se debe a que genera acumulación de materiales contaminantes en el ambiente, producto del desecho de las *bioballs* al término de su vida útil, las cuales al estar fabricadas de un termoplástico tardarían décadas en degradarse.

Al analizar este problema decidimos usar como sustituto del polipropileno, un sustrato natural al cual nombramos *bactofruits*. Estos son frutos secos de liquidámbar, un árbol que podemos encontrar fácilmente en la Ciudad de México por considerarse ornamental y que por la alta resistencia que muestra a nuestro clima, se utiliza en la recuperación de áreas verdes. Estos árboles producen grandes cantidades de frutos que caen al suelo y son posteriormente barridos y desechados, pero que por sus características estructurales similares a las *bioballs* que se utilizan en el sistema de filtrado *wet and dry*, constituyen una alternativa natural viable. Con esta sustitución se disminuye de manera significativa el precio de elaboración de estos filtros además de que se disminuiría la problemática de producción de plásticos contaminantes y al ser un material natural, al ser desechadas, pueden ser aprovechadas como abono natural.

Introducción.

Existen muchos procesos de biofiltración de agua, entre ellos los que aprovechan la biorremediación por medio de biopelículas, comunidades de microorganismos que se desarrollan sobre las superficies y poseen gran variedad de características como adherencia, heterogeneidad, capacidad de comunicación intercelular, resistencia antimicrobiana, diversidad de microambientes, entre otras, y en las que, a partir de su metabolismo, se pueden obtener gran variedad de productos [12]. El filtrado biológico “*wet and dry*” es un sistema utilizado como filtro en acuarios con gran capacidad de litraje, aprovecha cepas bacterianas nitrificantes que limpian el agua -por biorremediación- y comercialmente se lleva a cabo con la utilización de *bioballs* (ver *fig. 1*), las cuales sirven como sustrato para dichas bacterias [2].

Al observar los frutos secos de liquidámbar (ver *fig. 2*) podemos encontrar similitudes entre éstas y las *bioballs* tanto en estructura, forma y tamaño cumpliendo así con una de las características principales de las *bioballs*: proporcionar gran cantidad de superficie para el crecimiento de biopelículas.

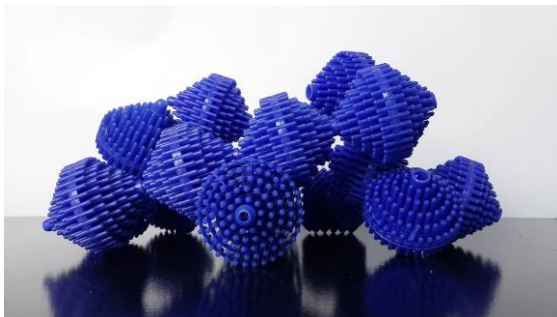


Figura 1. Bioballs.



Figura 2. Frutos secos de liquidámbar

Los frutos secos de liquidámbar son una biomasa de forma esférica, lo que les confiere una superficie de gran tamaño para la proliferación de cepas bacterianas nitrificantes, tiene un diámetro similar a las *bioballs* de 2.5 cm a 4 cm y su forma equinada les permite maximizar el espacio disponible para la cepa. Son un material resistente al paso del agua a través de su estructura y su constitución orgánica les confiere la cualidad de ser biodegradables, esto evita cualquier tipo de contaminación ambiental posterior a su

deshecho e incluso pueden ser aprovechadas como abono natural tras su uso.

Las biopelículas asentadas en los frutos secos están constituidas de bacterias nitrificantes, las cuales llevan a cabo el procesamiento de sustancias químicas dañinas en el agua, por ejemplo, el amoníaco -que se encuentra en las peceras debido a los desechos de los peces y sus residuos de comida [2]- y nitritos. Estas bacterias tienen enzimas clave para ello; la amoníaco monooxigenasa oxida amoníaco (NH_3) hasta hidroxilamina (NH_2OH) y la nitrito oxidasa oxida nitrito (NO_2^-) hasta nitrato (NO_3^-) [17]. Los nitratos son una fuente de nutrientes con alta eficiencia para las plantas [3], ya que son absorbidos directamente por ellas, limitan la absorción de altas cantidades de elementos nocivos como los cloruros y promueven sinérgicamente la absorción de cationes como K, Ca y Mg. Las plantas usan los nitratos para convertirlos a aminoácidos, esto ocurre en las hojas y utiliza la energía solar para ello, siendo este un proceso energético eficiente. [19]

Objetivo.

Comprobar la eficiencia de los frutos de liquidámbar para la formación de biopelículas de bacterias biorremediadoras como sustituto para las *bioballs* en el sistema *wet and dry* para pecera.

Problema.

El problema que se aborda es multifactorial donde destacan tres puntos principales que son:

- La escasez y filtración de agua contaminada.

La disponibilidad del recurso agua tanto para el consumo humano como productivo, se ha convertido en un tema estratégico para el desarrollo nacional armónico. En promedio anualmente México recibe alrededor de 1.51 billones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. De esta agua, el 72.5% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 25.6% escurre por los ríos o arroyos y el 1.9% restante se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos, de tal forma que anualmente el país cuenta con 465.137 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable, a lo que se denomina disponibilidad natural media. Tomando en consideración la información de

disponibilidad de agua entre los países latinoamericanos, México se ubica como uno de los países con menor volumen de disponibilidad de agua. [28].

El principal uso del agua en México es el agrícola, el cual se refiere principalmente al agua utilizada para el riego de cultivos. La superficie dedicada a las labores agrícolas en México varía entre los 20 y 25 millones de hectáreas, con una superficie cosechada de entre 18 a 22 millones de hectáreas por año. La superficie de riego del país es actualmente de 6.4 millones de hectáreas, lo que coloca al país en el noveno lugar mundial en términos de superficie con infraestructura de riego. En el uso agropecuario la disponibilidad de agua es baja y su manejo es deficiente por pérdidas, por lo cual se vuelve imperativo emprender programas de uso eficiente y de tecnificación para un mayor y mejor aprovechamiento del recurso [28].

- Contaminación por plásticos

La utilización de plásticos tanto en la industria como en la vida cotidiana cada vez es mayor, esto debido a la maleabilidad, bajo peso, costos, propiedades aislantes entre otras cualidades de estos materiales, tanto es así que en el 2006 la producción de plásticos en México fue mayor de los 4 millones de toneladas. Las *bioballs* están fabricadas con polipropileno (PP) [6], un termoplástico, que no sólo es utilizado para la su fabricación sino también para producir productos médicos, juguetes, recipientes para alimentos, cajas, hieleras, automotriz, electrodomésticos, entre otros, este material ha tenido gran auge en los últimos años y se prevé que siga incrementándose con un consumo mayor a los otros termoplásticos (PE, PS, PVC, PET). Como todos los plásticos cuando el PP es desechado tarda años en biodegradarse teniendo la propiedad de no alterarse entre 100 a 500 años, siendo esto una fuente de contaminación muy importante [7,8]. Esto no es excepción para las *bioballs* ya que después de cierto tiempo tendrán que ser desechadas para renovarse por unas nuevas y consecuentemente terminarán en la basura incrementando la gran cantidad de desechos plásticos que existen debido a su producción masiva [7,8].

- Desperdicio de biomasa

El árbol *Liquidambar styraciflua* debido a la forma agradable de su follaje y resistencia al clima de la Ciudad de México, se ha vuelto un árbol muy popular para uso en

restablecimiento de zonas verdes por lo que es ampliamente encontrado en la ciudad. Sus partes, exudado y madera, son aprovechadas para diversos fines como son la fabricación de aromatizantes, cosméticos, base para chicle, medicinas, artesanías, combustibles y para la construcción, pero sus frutos carecen de uso. Cuando éstos caen, son barridos y desechados desaprovechando una gran cantidad biomasa que podría ser utilizada para diversas cuestiones. [14]

Hipótesis.

Si utilizamos los frutos de liquidámbar como componente principal en la elaboración de un filtro, entonces se pueden obtener beneficios en cuanto a la formación de biopelículas de bacterias biorremediadoras que repercutan directamente en la reutilización de agua, el aprovechamiento de biomasa “basura” y la disminución del uso de plásticos.

Desarrollo.

I. Procedimiento para la comprobación de la eficiencia de los frutos secos en contraste con las bioballs

Para esta etapa se prepararon dos circuitos cerrados: el control o testigo, que consta de un filtro que utiliza *bioballs*, ya comprobadas y descritas en la literatura como eficientes en acuarios domésticos para el crecimiento de biopelículas de bacterias biorremediadoras [2,5] (*ver fig. 3-b*), y el experimental en el que se modifica el diseño del filtro comercial, sustituyendo las *bioballs* de plástico por los frutos secos de liquidámbar (*ver fig. 3-a*). En ambos casos se utilizó agua de pecera (1.5 litros en cada circuito).

Los circuitos cuentan con tres partes: fase de filtrado previo para la eliminación de materia orgánica; una cámara del sustrato para la formación de biopelículas y una de contención del agua, para la acumulación de nitritos y nitratos.

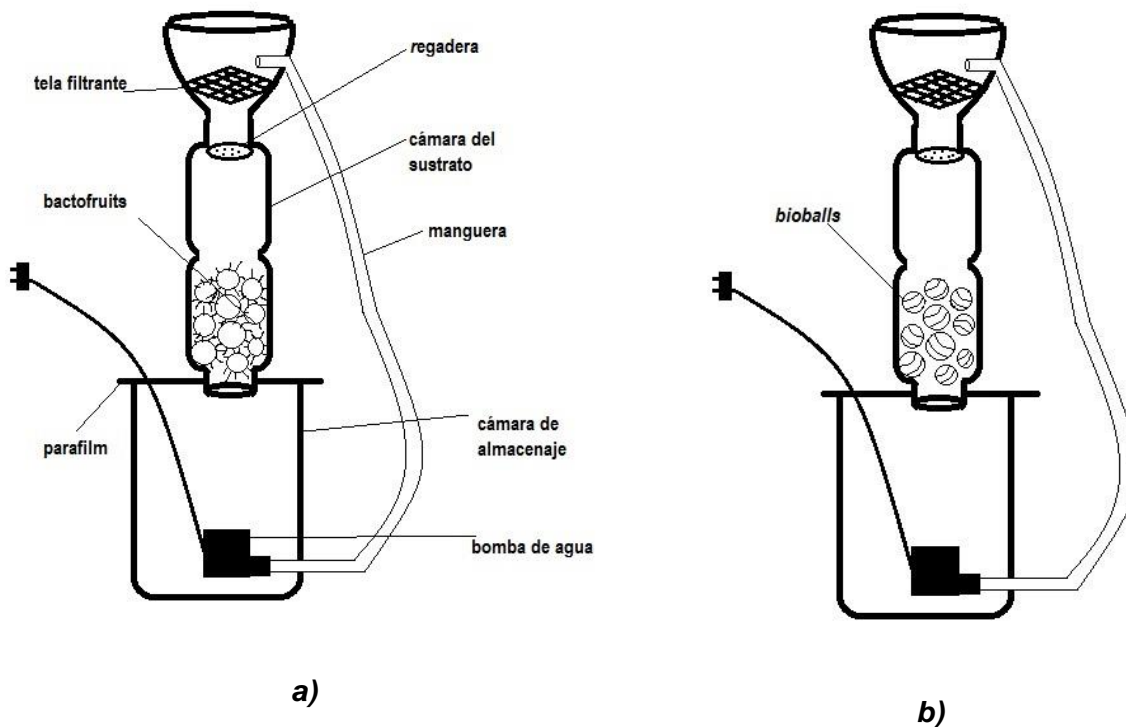


Figura 3. Circuitos cerrados para medir eficiencia. **a)** Circuito con frutos secos y **b)** con bioballs.

Para evitar agentes contaminantes ajenos a la cepa bacteriana de nuestro interés fue necesario un tratamiento previo de los frutos, que consistió en el lavado y reposo en agua destilada por un día, y finalmente se dejaron, en una solución de hipoclorito de sodio a 10%. durante 3 días.

Una vez armados los circuitos de filtrado, se pusieron en funcionamiento mediante bombas de agua y se llevaron a cabo las primeras mediciones de nitritos con el kit de diagnóstico Azoo (NO_2^-) y nitratos con el kit de diagnóstico Nutrafin Test (NO_3^-), siguiendo las indicaciones de cada uno.

A partir del segundo día se tomaron muestras de agua de cada uno y se prepararon laminillas para su observación al microscopio de la cepa bacteriana de Nutrafin Cycle, las cuales se tiñeron con la técnica de Gram. En la cepa bacteriana se identificó la

presencia de cocos gram + que inferimos pueden ser del género *Micrococcus* [15, 16, 17, 18] ya que tienen la capacidad de producir nitritos y nitratos a partir de amoníaco.

En los 3 días consiguientes se efectuó la aplicación de la bacteria de Nutrafin Cycle según las instrucciones del producto. Y se tomaron los niveles de NO_2^- y NO_3^- diariamente durante 2 días más.

II. Procedimiento de comprobación del funcionamiento del filtro para pecera

Tras comprobar su efectividad se realizó la sustitución de las *bioballs* por los frutos secos dentro de un modelo de filtro para una pecera funcional en un circuito abierto, para esto se construyó un modelo tomando como ejemplo un filtro comercial de cascada ya existente, el cual al ser de menor tamaño que el del sistema *wet and dry*, utiliza como sustrato para el asentamiento de la biopelícula tubos de cerámica. Este modelo consistió de una cámara contenedora para los diferentes sustratos, el primero de ellos, el material filtrante para eliminar o retener el paso de partículas orgánicas de gran tamaño para el cual utilizamos zacate -un material más amigable con el medio ambiente que la tradicional esponja sintética utilizada de forma tradicional-, el segundo, carbón activado para la eliminación de olores y el último integrado por las *bactofruits* para la parte de filtrado biológico.

Siguiendo los pasos adecuados para el montaje de una pecera casera [2], se estableció una con charales y elodeas. Después a esta se le colocó el modelo de filtro construido previamente y se puso a funcionar mediante una bomba.

Se fueron tomando las mediciones de nitritos y nitratos a lo largo de los días. Con el motivo de realizar lo más parecido a una pecera convencional sexto día se le realizó el cambio parcial equivalente a un tercio del agua que es bien sabido que debe hacerse a las peceras. Se continuó con las mediciones.

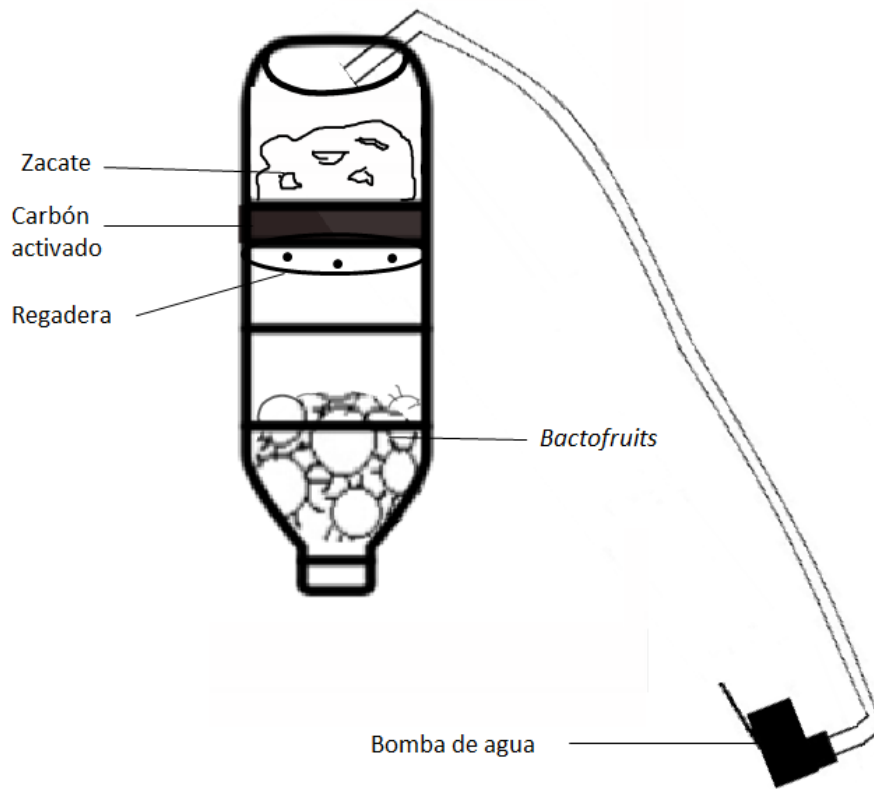


Figura 4. Modelo de filtro de pecera.

Para probar la durabilidad de los frutos del liquidámbar, se mantuvieron durante dos semanas sumergidas en agua, con cambio diario del agua.

De manera simultánea a la elaboración del modelo del filtro para pecera se elaboró un prototipo de biofiltro de agua grises, el cual consistió de un filtrado mecánico mediante la utilización de ramas, zacate y piedras; y dos fases de filtrado biológico: la de eliminación de amoníaco por medio de los *bactofruits* y eliminación de detergentes utilizando plantas acuáticas y semiacuáticas con presencia de cámaras aeríferas en su estructura [24,25, 26, 27]. En espera de resultados.

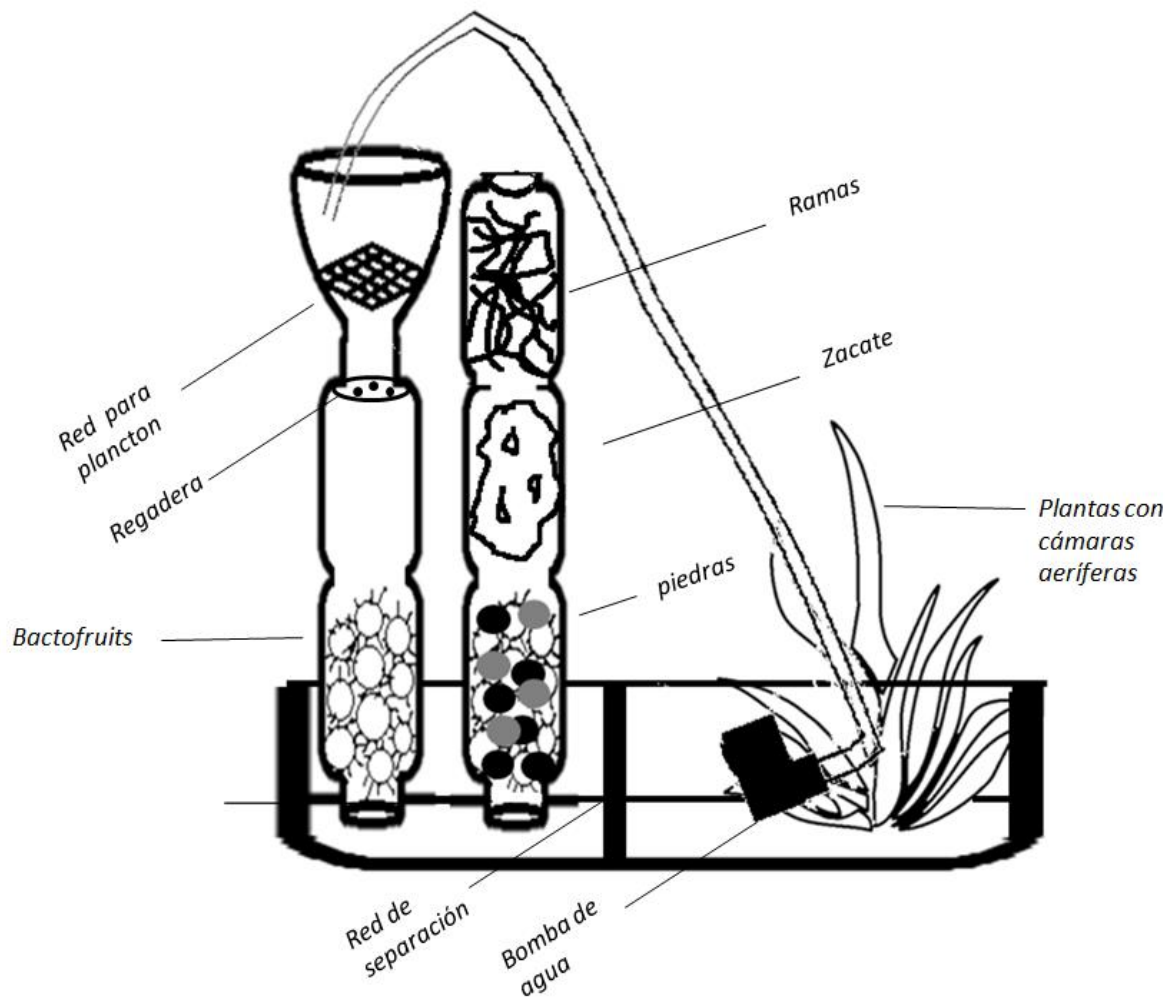
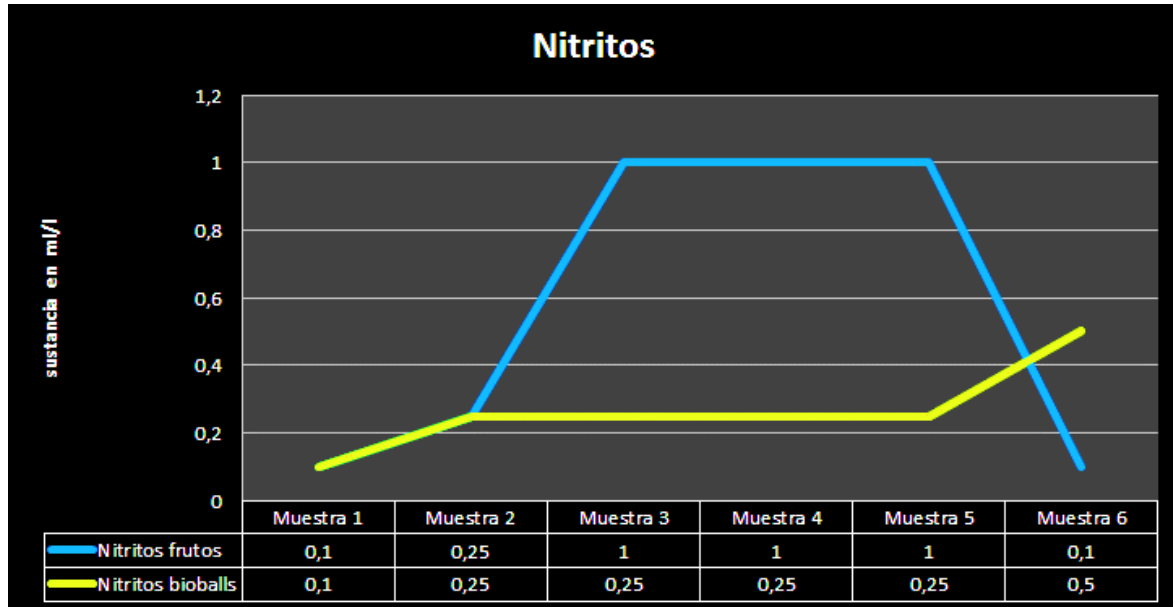


Figura 5. Filtro de aguas grises

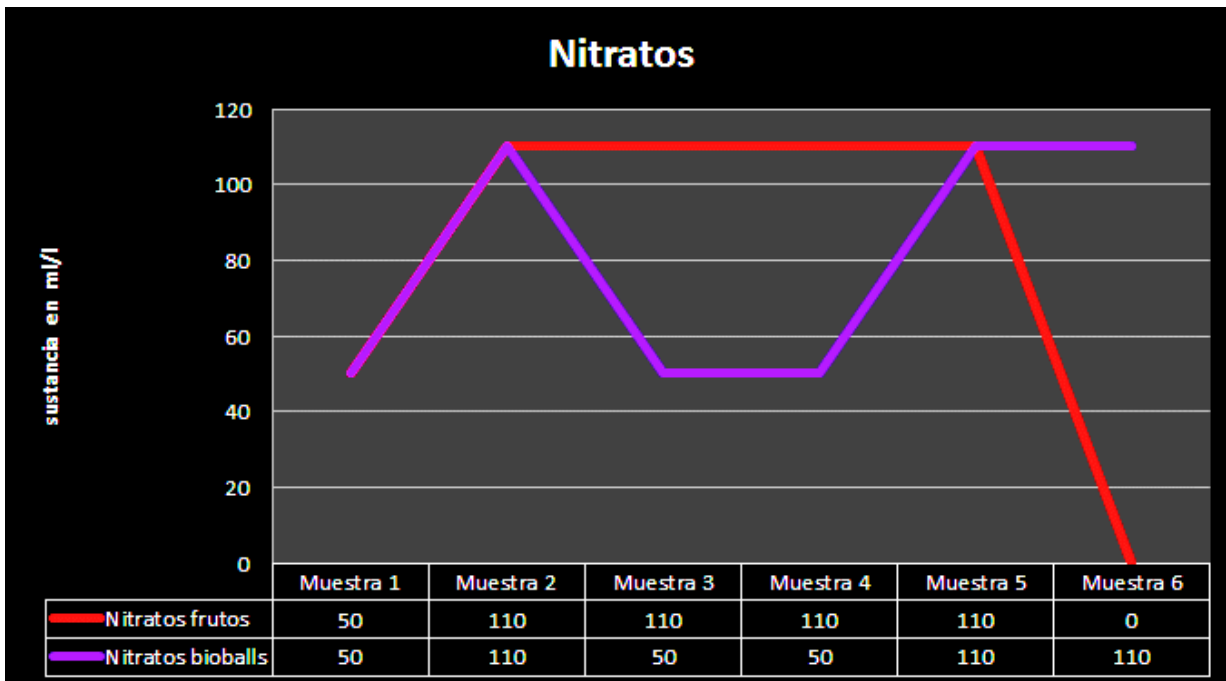
Resultados.

Con la finalidad de contrastar los resultados obtenidos en ambos sistemas cerrados, en las gráficas 1 y 2 se presentan las concentraciones de nitritos y nitratos respectivamente

Gráfica 1: niveles de concentración de nitritos (NO_2^-) en circuito cerrado.

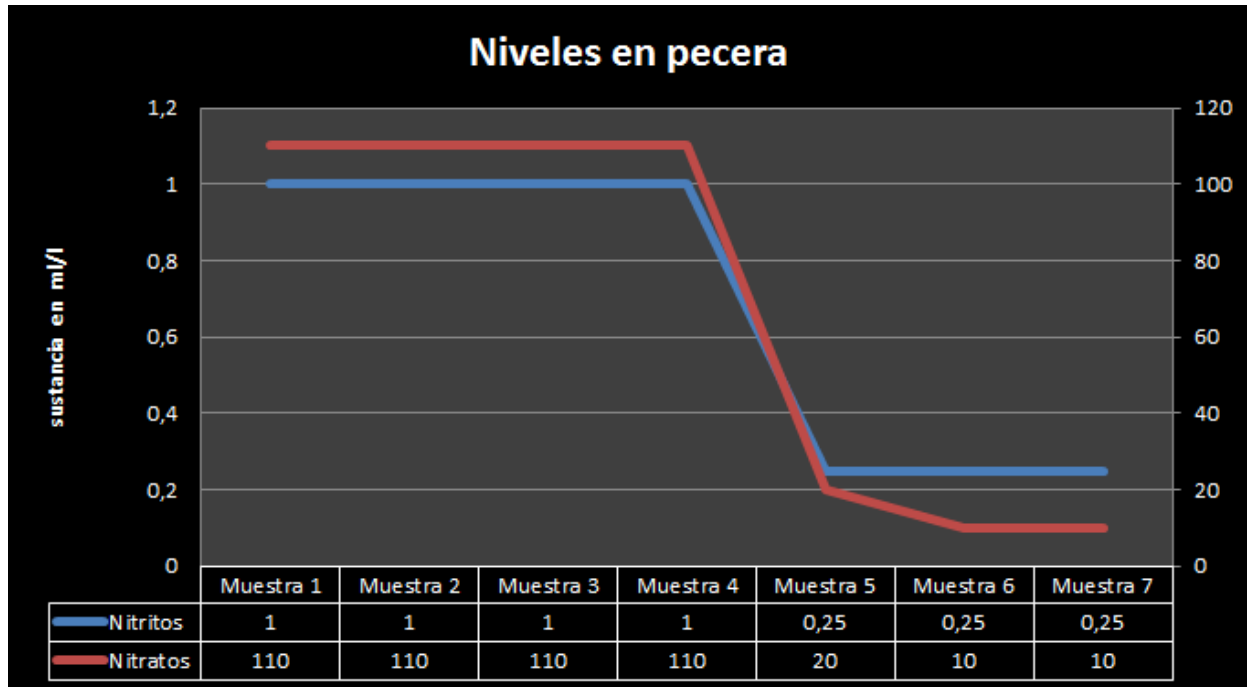


Gráfica 2: comparación de los niveles de concentración de nitratos (NO_3^-) en circuito cerrado.



En la gráfica 3 se muestran los datos obtenidos para las concentraciones de nitritos y nitratos en la pecera.

Gráfica 3: niveles de concentración de nitritos y nitratos en pecera



En la tabla 1 y 2 se establecen los costos respectivos de cada uno de los elementos del filtro comercial y el filtro con bactofruits

Tabla 1. Comparación de gastos en sustrato para cepa bacteriana.

<i>bactofruits</i>	bioballs	cerámica
\$0	\$555 kilo	\$170 por kilo

Tabla 2. Comparación de gastos para la elaboración del filtro de pecera.

Filtro de cascada comercial		Filtro con <i>bactofruits</i>	
Carbón activado	\$150 por kilo	Carbón activado	\$150 por kilo (se usaron 150 gr)
Cerámica	\$170 por kilo	<i>bactofruits</i>	\$0
Esponja	\$69 el repuesto	Zacate	\$30
Costo filtro armado	\$600	Manguera	\$5
		Botella de PET	\$23
		Bomba de agua	\$120
		Costo total del filtro	\$200

Análisis e interpretación de resultados.

En la Gráfica 1 hubo un aumento contrastante en relación a los niveles del circuito de frutos (en azul) que se mantuvo para disminuir posteriormente. En cuanto a los niveles en el circuito de *bioballs* (en amarillo) estos se mantuvieron bajos desde el principio del registro, mostrando un leve incremento al final de los registros.

En la gráfica 2 en relación a los niveles del circuito con frutos (en rojo) se registró con nivel máximo desde el inicio, el cual se mantuvo constante hasta dos tomas antes de terminar el registro. En cuanto a los niveles en el circuito *bioballs* (en morado) se registró más variación incrementándose y disminuyendo para diferentes registros.

Las mesetas generadas en las gráficas en los niveles de las *bactofruits* se deben a una mayor proliferación y eficiencia de la cepa bacteriana, comprobado en un aumento rápido en niveles tanto de nitritos como nitratos contrastado con el aumento paulatino de estos en las *bioballs*. No obstante, al ser un circuito cerrado la fuente de amonio para continuar con el ciclo de nitrificación es consumida en mayores cantidades en los frutos, llegando así con mayor rapidez al punto máximo y posteriormente al decaimiento en la

generación de dichos compuestos.

En la gráfica 3 después de que las concentraciones alcanzaron los puntos máximos tanto nitritos como nitratos, hubo una disminución de los valores en la concentración causados por las elodeas quienes utilizaron estos como fuente de nutrientes. Estos valores se mantuvieron dentro de los rangos adecuados para el mantenimiento de la salud de los peces en donde la concentración de nitritos ideal debe ser de 0 ml/l hasta 0.25 ml/l para evitar un efecto tóxico sobre los habitantes del acuario.

Además de los cambios en las concentraciones de nitritos y nitratos, hubo un aclaramiento del agua y se observó un evidente cambio de color, adquiriendo un tono café translúcido (ver *fig. 6 y 7*), esto se debe a que los *bactofruits* son un producto natural y como muchas plantas libera taninos en el agua [20]. Esto no afecta a los peces, incluso existen técnicas en las que se implementan hojas secas a la pecera para prevenir algunas enfermedades, evitar proliferación de hongos en huevecillos, ahuyentar parásitos, etc [21, 22]; y producen una coloración en el agua parecida a la de los *bactofruits*.



Figura 6. Agua antes del filtrado.



Figura 7. Agua después del filtrado.

Los frutos secos que se dejaron sumergidos en agua no presentaron deterioro ni descomposición alguna manteniendo su firmeza y estructura en todo momento y sólo presentando una ligera hinchazón debido al líquido.

En la tabla 2 podemos ver que el filtro comercial cuesta tres veces más que el filtro para pecera que se elaboró, por lo que su implementación significa un ahorro importante en el ensamblado de un acuario.

Conclusiones.

Se pudo comprobar que frutos secos de liquidámbar pueden ser usados como sustituto de las *bioballs* dentro de un sistema de filtrado de peceras, puesto que son un material con gran resistencia en presencia de agua y demostraron tener una eficiencia mucho mayor en un sistema cerrado y muy similar dentro del modelo de filtro de pecera en un escenario real, puesto que la concentración de nitritos al estabilizarse se mantuvo en niveles adecuados para mantener un ambiente saludable para los peces. Debido a estas cualidades es un producto que podría implementarse en sistemas acuapónicos, proporcionando condiciones propicias para el desarrollo de los cultivos.

Debido a su fabricación con materiales de reúso es un producto amigable para el ambiente, cuyos componentes pueden ser utilizados ya sea como abono -*bactofruits* y zacate- o reciclados -PET- al final de su vida útil. El uso de este tipo de materiales también le confiere un bajo costo y su facilidad de elaboración lo vuelven un filtro muy accesible para todo tipo de personas. Un tercio del agua de los acuarios debe ser cambiada quincenalmente, gracias al enriquecimiento previo de esta podemos aprovecharla para riego de hortalizas caseras o plantas domésticas, ayudando a disminuir la escasez de este recurso mediante su reutilización.

El éxito de las *bactofruits* nos da pauta a seguir trabajando con ellas y de buscar otros posibles escenarios alternos para el máximo aprovechamiento de esta biomasa de fácil acceso y gran disponibilidad. Retomado el problema de la escasez de agua encontramos que sólo en México, se utiliza un aproximado de 137 litros al día por persona, de éstos el 5% es destinado a la limpieza, el 10% a la cocina e ingesta y un 35% se va por el drenaje a través del inodoro y la regadera [23]. Esta gran cantidad de agua, con la construcción y utilización de sistemas de filtrado adecuadas, puede rescatarse y destinarse al sector agropecuario, ya sea para ser distribuida en riego de cosechas o alimentación de ganado. Para esto estamos trabajando con un prototipo de biofiltro para aguas grises -una variante de nuestro filtro de pecera- el cual aprovecharía además de la cepa bacteriana, las cámaras aeríferas de ciertas plantas.

Fuentes de información

1. Seoanez Calvo, M. (1999). Aguas residuales urbanas. Editorial Mundi-prensa.
2. Ronchetti, P., Mariani, M. (2006). Cómo construir y mantener el acuario. Balmes, Barcelona: Editorial De Vecchi, S. A. U.
3. Hincapié y Chaverra. Dignóstico de aguas. Universidad de Medellín: Sello.
4. Farias, B. (2016). Reúso de Aguas Residuales Tratadas con un Reactor de Biopelículas Multietapas En: <http://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/reuso-aguas-residuales-tratadas-reactor-biopeliculas-multietapas> (29/12/16).
5. SEMARNAT. Producción forestal, liquidámbar. En: http://www.viveroscoyoacan.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=170&Itemid=127 (09/01/17).
6. Zootecnia Doméstica. Materiales filtrantes. En: <http://www.zootecniadomestica.com/materiales-filtrantes/> (09/01/17).
7. National Center for Biotechnology Information. (2015). A study on the use of the BioBall® as a biofilm carrier in a sequencing batch reactor. En: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26298401> (09/01/17).
8. Curiosoando. (2014) ¿Qué es un filtro biológico para acuarios? En: <https://curiosoando.com/que-es-un-filtro-biologico-para-acuarios> (09/01/17).
9. Acuario plantado. El agua y sus valores. En: <http://www.acuarioplantado.com/content/8-el-agua-y-sus-valores> (09/01/17).
10. Blogger. (2011) Impacto ambiental del polipropileno en el medio ambiente. En: <http://panda2011-panda.blogspot.mx/> (30/01/17).
11. Ortiz, M.L. (2013). El impacto de los plásticos en el ambiente. La Jornada Ecológica. En: <http://www.jornada.unam.mx/2013/05/27/eco-f.html> (30/01/17).
12. Echevarria, L. (2013). Técnicas y métodos de uso de las biopelículas en la búsqueda de procesos de biorremediación. Artículo original en Scientific International Journal™. Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico. 12p. En: <http://www.nperci.org/L.%20Echevarria-Biopeliculas-V10N3.pdf> (07/02/17).
13. Betancourth, M., Botero, J., Rivera, S. (2004). Biopelículas: una comunidad microscópica en desarrollo. Colombia Médica. En:

- <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/3476/1/rc04034.pdf>
(07/02/2017).
14. Conabio. Liquidambar Styraciflua. Artículo científico. Species Plantarum. En: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/34-hamam1m.pdf (03/02/2017).
 15. Microbiología Oral. (2006). Cocos Gramm positivos. En: <https://www.microral.wikispaces.com/12.+Cocos+Gram+positivos+I>. (03/02/2017).
 16. Chang, J., Morris, J. (1962). Studies of utilization of nitrates by Micrococcus denitrificans. Artículo científico. University of Oxford. 10p. En: <http://www.microbiologyresearch.org/docserver/fulltext/micro/29/2/mic-29-2-301.pdf?expires=1487740941&id=id&accname=guest&checksum=9C2246A4D5860CE8157C18D28164B794> (14/02/2017).
 17. Madigan, M., Martinko, J., Dunlap, P., Clarck, D. Biología de los microorganismos. (12a edición). UK. Editorial Pearson
 18. Stevens, W., Drysdale, G., Bux, F. (2002). Evaluation of nitrification by heterotrophic bacteria in biological removal processes: research in action. South African Journal of Science. Resumen. En: <https://journals.co.za/content/sajsci/98/5-6/EJC97488> (14/02/2017).
 19. PNA Potassium Nitrate Association. (2016). Nitrato (NO₃-) versus amonio (NH₄⁺). En: <http://www.kno3.org/es/product-features-a-benefits/nitrate-no3-versus-ammonium-nh4>.(22/02/2017).
 20. Asociación Española para la Cultura, el Arte y la Educación. Taninos en plantas medicinales. En: http://www.natureduca.com/med_sustanc_taninos.php (09/03/2017).
 21. Magonza, M. (2011). Propiedades de las hojas de Terminalia catappa. En: <https://laventanaverde.wordpress.com/2011/09/27/propiedades-de-las-hojas-de-terminalia-catappa/> (08/03/2017).
 22. Azuara, J. (2009) Hoja de almendro para mis peces disco (TERMINALIA CATAPPA) En: <http://sunligh-aquarium.blogspot.mx/2009/07/hoja-de-almendro-para-mis-peces.html> (08/03/2017).
 23. Grupo Reforma (2013). "Diagnóstico del agua en las américas". En: <http://gruporeforma.reforma.com/graficohtml5/ciencia/sabiasagua/index.html> (09/01/17).
 24. Universidad Nacional del Nordeste. (2013) Aerénquima y Parénquima asociado a los tejidos de conducción. En: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema11/11-4aerenquima.htm> (20/02/2017).
 25. Sarar Transformación, SC., EcoSencia. Filtros de aguas grises. En: http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SARAR%20TRANSFORMACION%20SC%20s.%20f.%20Filtro%20de%20Aguas%20Grises-SPANISH.pdf (25/02/17).
 26. Álvarez, M. (2010). Estanques y jardines acuáticos. (1ª ed. 1ª reimp.). Buenos Aires: Albatros.

27. Gómez, T. (2015). Lirio acuático, más que una plaga. Revista electrónica Tec Review del Tecnológico de Monterrey. En: <http://tecreview.itesm.mx/lirio-acuatico-mas-que-una-plaga/> (15/10/16).
28. CEDRSSA. (2014). El agua, uso racional y eficiente: reporte. México. 17p En: [http://www.cedrssa.gob.mx/?doc=2759_\(09/03/2017\)](http://www.cedrssa.gob.mx/?doc=2759_(09/03/2017)).