

PROYECTO

Título del proyecto	Tratamiento de agua residual doméstica para reuso agrícola mediante sistemas de biopelícula anaerobia-aerobia
porcentaje alcanzado del proyecto	100%
Descripción	<p>ETAPA 1 1) Selección de soporte (material físico para el desarrollo de biopelícula anaerobia y aerobia en biofiltros. El primer paso consistió en el corte, la limpieza y la esterilización de los medios de soporte utilizados. Los soportes fueron cortados a 1 cm para que tuvieran un tamaño muy cercano al filtro Biomedía® que es un filtro que se comercializa para el tratamiento de agua residual. La cactácea <i>Opuntia imbricata</i> que fue recolectada en su estado seco en el municipio de General Cepeda, Coahuila, los conos de <i>Pinus halepensis</i> y <i>Cupressus sempervirens</i> fueron recolectados en la UAAAN y la espuma de poliuretano fue obtenida de un centro de tapizado mismo material que sirve como relleno de muebles. El segundo paso fue la formación de biopelícula que se logró con el contacto del soporte (escamas de <i>Pinus halepensis</i>, <i>Cupressus sempervirens</i>, espuma de poliuretano, Biomedía® y <i>Opuntia imbricata</i>) con un consorcio microbiano anaerobio y agua residual doméstica. Formada la biopelícula los reactores fueron alimentados con agua residual doméstica que contenía una concentración inicial de 0.35 g/l de DQO. Cada sistema fue realizado fue alimentado por cinco ciclos de 48 horas y los resultados fueron estadísticamente evaluados utilizando un análisis de comparación de medias a un nivel de significancia de 0.5% en un diseño de experimentos completamente al azar. La demanda química de oxígeno fue determinada de acuerdo a los Métodos Estándares de la Asociación Americana de Salud Pública (APHA, 1998). Los resultados mostraron que para el primer día de tratamiento ya se había consumido entre un 50 a un 70% de la DQO presente en los reactores, esta tendencia fue seguida por todos los sistemas hasta las 48 horas. Después de las 48 horas se observa un aumento de la DQO en los sistemas de escamas de conos. Este aumento fue también detectado en los reactores controles que solo contenía agua destilada y escamas. En estos reactores la fase hídrica viró de transparente a café lo que se atribuye a que las escamas soltaron compuestos orgánicos de su propia estructura (aceites y resinas) con lo cual la concentración de la DQO aumento. Para un futuro uso de escamas se planteará una hidrólisis ácido-alcalino para atenuar este problema. La cactácea no presentó este problema pese a que su composición química es similar a la de los conos. La mayor velocidad de remoción se detectó en los reactores empacados con <i>Opuntia imbricata</i>, espuma de poliuretano y Biomedía. En estos tres reactores durante los 5 ciclos de repetición se obtuvieron eficiencias de remoción entre un 72 a 75%. Para la siguiente parte de la etapa uno fue seleccionado el biofiltro empacado con espuma de poliuretano para determinar la calidad microbiológica, debido a la facilidad de conseguir el soporte y a su bajo costo. 2) Evaluación microbiológica de agua residual tratada mediante un sistema secuencia de biofiltros anaerobio (empacado con espuma de poliuretano) y aerobio (empacado con fibra de sisal). Con el fin de aumentar el porcentaje de remoción de contaminantes se optó por acoplar un biofiltro aerobio en conjunto con el Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma de Coahuila. El agua residual doméstica entraba al primer tratamiento el biofiltro anaerobio empacado con espuma de poliuretano desarrollado en el Departamento de Botánica de la Universidad Agraria Antonio Narro, posteriormente después de 48 horas de retención, el efluente entraba al biofiltro aerobio empacado con fibra de sisal. Los resultados obtenidos mostraron una remoción del 100% de eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno, menos de 240 UFC/100 ml de coniformes fecales, y menos de un huevo de helminto. Mientras que el influente (agua residual doméstica sin tratamiento previo) contenía de 300 a 650 mg/l de DQO, más de 1000 UFC/100 ml de coliformes fecales y una presencia muy abundante de huevos de helmintos, con lo cual se cumplió con los límites máximos permitidos de contaminantes para aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público con contacto directo, establecidos por la NOM-003-ECOL-1997. Con los resultados obtenidos se decidió establecer un cultivo de rábano variedad champión y a su vez conocer</p>



la ecofitotoxicidad del agua residual tratada con el sistema secuencia de biofiltros antes mencionados. ETAPA 2 1) Efecto del agua residual doméstica tratada mediante biofiltros anaerobio-aerobio, agua residual tratada mediante un biofiltro anaerobio, agua residual tratada mediante un biofiltro aerobio, agua residual sin tratamiento y agua potable como testigo, en la germinación y longitud de radícula e hipocótilo de semillas de rábano, cebolla, ajo, zanahoria, calabaza, lechuga, tomate y chile. Las bolsas que contenían las semillas se abrieron hasta la hora de la siembra con la finalidad de evitar la contaminación con algún patógeno, después se seleccionaron semillas sanas de igual tamaño, esto para evitar elegir semillas grandes, pequeñas o enfermas que pudieran alterar los datos del experimento. Se utilizaron cajas Petri estériles desechables, las semillas antes de someterse a la germinación fueron lavadas con una solución de hipoclorito de sodio al 2.5 %. En cada bioensayo (caja Petri) se colocaron 5 semillas de la especie correspondiente. En cada bioensayo se colocó un papel absorbente (filtro whatman cualitativo de 10 cm) de su medida, y a cada uno se le añadieron seis ml de cada efluente con una pipeta automática para una mayor exactitud, después con pinzas estelizadas se colocaron las semillas de cada especie de forma equidistante en el bioensayo, después se taparon y se pusieron a germinar durante 120 horas en una germinadora a una temperatura de $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$. Cada 24 horas se hizo una inspección visual para monitorear el índice de germinación de cada bioensayo, ya cumplidas las 120 horas se midió con la ayuda de un vernier digital el hipocotilo y radícula de cada semilla germinada. El diseño experimental que se utilizó en esta investigación fue el completamente al azar, con la medición de dos variable, cinco tratamientos y quince repeticiones respectivamente, los tratamientos son, agua potable, bioreactor anaerobio, bioreactor aerobio, bioreactor secuencial (aerobio- anaerobio) y agua residual. Las variables a evaluar fueron germinación, crecimiento de radícula y crecimiento de hipocotilo en las diferentes semillas antes mencionadas. Las semillas de zanahoria, cebolla, ajo, calabaza, lechuga, tomate y chile no germinaron durante las 120 horas de incubación, se observó que fueron atacadas por hongos, lo cual indica que no fueron sometidas a un fungicida, no obstante las semillas de lechuga y rábano germinaron en casi su totalidad y se logró determinar la extensión de la radícula e hipocótilo. De acuerdo a los resultados obtenidos, la germinación fue más lenta en agua residual sin tratamiento, además de que se detectó una menor extensión tanto del hipocótilo como de la radícula, lo cual indica que los contaminantes entre ellos sales minerales, pueden estar en exceso, haciendo que el agua penetre de forma más lenta para que se realice la g

Porcentaje alcanzado de objetivos

100%

ETAPA 1 Objetivo 1. Inducir la formación de la biopelícula anaerobia y aerobia utilizando como soporte espuma de poliuretano. 1) Selección de soporte (material físico para el desarrollo de biopelícula anaerobia y aerobia en biofiltros. El primer paso consistió en el corte, la limpieza y la esterilización de los medios de soporte utilizados. Los soportes fueron cortados a 1 cm para que tuvieran un tamaño muy cercano al filtro Biomedía® que es un filtro que se comercializa para el tratamiento de agua residual. La cactácea *Opuntia imbricata* que fue recolectada en su estado seco en el municipio de General Cepeda, Coahuila, los conos de *Pinus halepensis* y *Cupressus sempervirens* fueron recolectados en la UAAAN y la espuma de poliuretano fue obtenida de un centro de tapizado mismo material que sirve como relleno de muebles. El segundo paso fue la formación de biopelícula que se logró con el contacto del soporte (escamas de *Pinus halepensis*, *Cupressus sempervirens*, espuma de poliuretano, Biomedía® y *Opuntia imbricata*) con un consorcio microbiano anaerobio y agua residual doméstica. Objetivo 2. Estudiar el efecto del tiempo de retención hidráulica en un reactor de flujo continuo secuencial sobre el tratamiento del agua residual doméstica, con el fin de establecer el TRH con el cual se cumplan con los parámetros de calidad establecidos en la Normas Oficiales Mexicanas NOM-003-ECOL-1997 y NOM-001-ECOL-1996. Formada la biopelícula los reactores fueron alimentados con agua residual doméstica que contenía una concentración inicial de 0.35 g/l de DQO. Se estudiaron 3 diferentes tiempos de retención hidráulica, 24, 36 y 48 horas, siendo el más eficiente el de 48 horas. Después cada sistema fue realizado fue alimentado por cinco ciclos de 48 horas

Descripción

y los resultados fueron estadísticamente evaluados utilizando un análisis de comparación de medias a un nivel de significancia de 0.5% en un diseño de experimentos completamente al azar. La demanda química de oxígeno fue determinada de acuerdo a los Métodos Estándares de la Asociación Americana de Salud Pública (APHA, 1998). Los resultados mostraron que para el primer día de tratamiento ya se había consumido entre un 50 a un 70% de la DQO presente en los reactores, esta tendencia fue seguida por todos los sistemas hasta las 48 horas. Después de las 48 horas se observa un aumento de la DQO en los sistemas de escamas de conos. Este aumento fue también detectado en los reactores controles que solo contenía agua destilada y escamas. En estos reactores la fase hídrica viró de transparente a café lo que se atribuye a que las escamas soltaron compuestos orgánicos de su propia estructura (aceites y resinas) con lo cual la concentración de la DQO aumento. Para un futuro uso de escamas se planteará una hidrólisis ácido-alcalino para atenuar este problema. La cactácea no presentó este problema pese a que su composición química es similar a la de los conos. La mayor velocidad de remoción se detectó en los reactores empacados con *Opuntia imbricata*, espuma de poliuretano y Biomedica. En estos tres reactores durante los 5 ciclos de repetición se obtuvieron eficiencias de remoción entre un 72 a 75%. Para la siguiente parte de la etapa uno fue seleccionado el biofiltro empacado con espuma de poliuretano para determinar la calidad microbiológica, debido a la facilidad de conseguir el soporte y a su bajo costo. 2) Evaluación microbiológica de agua residual tratada mediante un sistema secuencia de biofiltros anaerobio (empacado con espuma de poliuretano) y aerobio (empacado con fibra de sisal). Con el fin de aumentar el porcentaje de remoción de contaminantes se optó por acoplar un biofiltro aerobio en conjunto con el Departamento de Biotecnología de la Universidad Autónoma de Coahuila. El agua residual doméstica entraba al primer tratamiento el biofiltro anaerobio empacado con espuma de poliuretano desarrollado en el Departamento de Botánica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, posteriormente después de 48 horas de retención, el efluente entraba al biofiltro aerobio empacado con fibra de sisal. Los resultados obtenidos mostraron una remoción del 100% de eficiencia de remoción de la demanda química de oxígeno, menos de 240 UFC/100 ml de coniformes fecales, y menos de un huevo de helminto. Mientras que el influente (agua residual doméstica sin tratamiento previo) contenía de 300 a 650 mg/l de DQO, más de 1000 UFC/100 ml de coliformes fecales y una presencia muy abundante de huevos de helmintos, con lo cual se cumplió con los límites máximos permitidos de contaminantes para aguas residuales tratadas que se rehúsen en servicios al público con contacto directo, establecidos por la NOM-003-ECOL-1997. Con los resultados obtenidos se decidió establecer un cultivo de rábano variedad champion y a su vez conocer la ecotoxicidad del agua residual tratada con el sistema secuencia de biofiltros antes mencionados. ETAPA 2 1) Efecto del agua residual doméstica tratada mediante biofiltros anaerobio-aerobio, agua residual tratada mediante un biofiltro anaerobio, agua residual tratada mediante un biofiltro aerobio, agua residual sin tratamiento y agua potable como testigo, en la germinación y longitud de radícula e hipocótilo de semillas de rábano, cebolla, ajo, zanahoria, calabaza, lechuga, tomate y chile. Las bolsas que contenían las semillas se abrieron hasta la hora de la siembra con la finalidad de evitar la contaminación con algún patógeno, después se seleccionaron semillas sanas de igual tamaño, esto para evitar elegir semillas grandes, pequeñas o enfermas que pudieran alterar los datos del experimento. Se utilizaron cajas Petri estériles desechables, las semillas antes de someterse a la germinación fueron lavadas con una solución de hipoclorito de sodio al 2.5 %. En cada bioensayo (caja Petri) se colocaron 5 semillas de la especie correspondiente. En cada bioensayo se colocó un papel absorbente (filtro whatman cualitativo de 10 cm) de su medida, y a cada uno se le añadieron seis ml de cada efluente con una pipeta automática para una mayor exactitud, después con pinzas estelizadas se colocaron las semillas de cada especie de forma equidistante en el bioensayo, después se taparon y se pusieron a germinar durante 120 horas en una germinadora a una temperatura de $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$. Cada 24 horas se hizo una inspección visual para monitorear el índice de germinación de cada bioensayo, ya cumplidas las 120 horas se midió con la ayuda de un vernier digital el hipocotilo y radícula de cada semilla germinada. El diseño experimental que se utilizó en esta investigación fue el completamente al azar, con la medición de dos variable, cinco tratamientos y quince repeticiones respectivamente, los tratamientos son, agua

	potable, bioreactor anaerobio, bioreactor aerobio, bioreactor secuencial (aerobio- anaerobio) y agua residual. Las variables a evaluar fueron germinación, crecimiento de radícula y crecimiento de hipocotilo en las diferentes semillas antes mencionadas. Las semillas de zanahoria, cebolla, ajo, calabaza, lechuga, tomate y chile no germinaron durante las 120 horas de incubación, se observó que f
Porcentaje alcanzado de metas	100%
Descripción	<p>1) Se obtuvo agua residual doméstica que cumplía con los parámetros de calidad de la NOM-003-ECOL-1997, aunque habría que utilizar otras técnicas analíticas como los estipulados en las mismas normas en cuanto al NMP de coniformes totales y fecales, ya que la técnica que se utilizó con los agares MaC Conkey y Agar Verde Brillante, no son los que indica la norma. También habría que estimar la cantidad de metales pesados. 2) Se formaron 3 recursos humanos a nivel licenciatura, y tres alumnos estuvieron haciendo su servicio social en este proyecto. 3) Se obtuvieron 2 tesis de licenciatura concluidas y presentadas y una tesis concluida derivadas de este proyecto: Tesis concluidas y presentadas: 1) Determinación de la densidad de bacterias coliformes en un cultivo de rábano regado con agua residual doméstica. Alumna: Rosibel Ramírez Torres. Carrera: Ingeniero en Agrobiología, UAAAN, presentada el 21 de Octubre del 2011. 2) Evaluación del crecimiento de un cultivo de rábano regado con agua residual tratada. Alumna: Beatriz Adriana Cruz Gómez. Carrera: Ingeniero en Agrobiología, UAAAN, presentada el 24 de Mayo del 2012. Tesis concluida no presentada: Evaluación de la ecotoxicidad de efluentes residuales en semillas. Alumna: Mario Molina Navarro. Carrera: Ingeniero en Agrobiología, UAAAN, finalizada en junio 2012. 4) Se presentaron dos trabajos derivado del proyecto: 1. Evaluación bacteriológica y determinación del rendimiento de un cultivo de rábano regado con agua residual doméstica tratada. Presentado en el XXXIII Encuentro Nacional y II Congreso Internacional AMIDIQ 1 al 4 de Mayo de 2012, San José del Cabo, BCS, México. Autores: Ramírez Torres Rosibel, Cruz Gómez Beatriz Adriana, Rodríguez Martínez José Francisco, Vázquez Badillo Mario Ernesto, Rodríguez Garza Iván, Rodríguez de la Garza José Antonio, Ríos González Leopoldo Javier y Martínez Amador Silvia Yudith*. Memorias en extenso páginas 2299-2303. 2. Desempeño de reactores de biopelícula anaerobia con diferentes soportes en el tratamiento de agua residual doméstica. Presentado en el XXXII Encuentro Nacional y 1er Congreso Internacional AMIDIQ 3 al 6 de Mayo de 2011, Riviera Maya, Quintana Roo Autores: S.Y. Martínez Amador ; J.F. Rodríguez Martínez; M.E. Vázquez Badillo; S. Comparán Sánchez; D. López López; J.A. Rodríguez de la Garza ; L.J. Ríos González; Y. Garza García y J. Rodríguez Martínez. Memorias en extenso páginas:491-495, ISBN: 978-607-95593-0-4. 5. Artículo en revista indizada participando como colaboradora. 1. N. Guerrero-Rangel, J.A. Rodríguez-de la Garza, Y. Garza-García, L.J. Ríos-Gonzalez, G.J. Sosa-Santillan, I.M. de la Garza-Rodríguez, S.Y. Martínez-Amador, M.M. Rodríguez-Garza and J. Rodríguez-Martínez, 2010. Comparative study of three cathodic electron acceptors on the performance of mediatorless microbial fuel cell. International Journal of Electrical and Power Engineering International Journal of Electrical and Power Engineering (Medwell Journals), 4(1): 27-31.</p>

RECURSOS: Apoyo para elementos individuales de trabajo

Rubro	Equipo de Cómputo de Escritorio o Portátil
Monto ejercido	\$40000,00
Justificación	No se contaba con equipo de cómputo, por lo cual se pidió esta partida con lo cual se adquirió una computadora portátil marca acer, un proyector marca benq y una impresora marca HP.

RECURSOS: Beca de fomento a la permanencia institucional

Rubro	Único
Monto ejercido	\$ 72000,00
Justificación	Este rubro fue otorgado como apoyo a la incorporación de un nuevo PTC.

RECURSOS: Apoyo de fomento a la generación y aplicación innovadora del conocimiento

Rubro	Equipo
Monto ejercido	\$257972,00
Justificación	Con este monto se adquirió un espectrofotómetro uv-vis marca hach, una incubadora para determinar demanda DBO, dos reactores de acrílico, un microdigestor para la determinación de nitrógeno total, un digestor para DQO, mismos que fueron utilizados en su mayoría para el proyecto y formación de recursos humanos de nivel licenciatura.

Rubro	Materiales y Consumibles
Monto ejercido	\$30000,00
Justificación	se adquirieron una serie de reactivos y aditamentos necesarios para la realización del proyecto.

Rubro	Asistencia a Reuniones Académicas
Monto ejercido	\$12000,00
Justificación	se tuvo la asistencia a dos eventos académicos con resultados de este proyecto, un evento en el 2011 y otro en el 2012, aunque solo se pudo financiar la asistencia a un congreso con el monto que se obtuvo en este proyecto, debido a la tardía recepción del recurso, también en conjunto se obtuvo apoyo económico de la institución a la que pertenezco.

Rubro	Beca para Estudiante
Monto ejercido	\$21834,00
Nombre del alumno(a)	Mario Molina Navarro
Dependencia de educación superior	División Agronomía-Unidad Saltillo
Programa educativo	Ingeniero en Agrobiología
Nivel	Licenciatura
Avance de tesis	100%
¿Se tituló?	No

RESULTADOS

Año	Tipo	Nombre del producto
2011	Asesoría	Determinación de la densidad de bacterias coliformes en un cultivo de rábano regado con agua residual doméstica.
2011	Asesoría	Evaluación del crecimiento de un cultivo de rábano regado con

agua residual tratada

- | | | |
|-------------|-------------------------------------|---|
| 2012 | Artículo en revista indexada | Composite electrode using graphite and <i>Opuntia imbricata</i> to develop an anodophilic biofilm in a microbial fuel cell |
| 2012 | Memorias en extenso | Desempeño de reactores de biopelícula anaerobia con diferentes soportes en el tratamiento de agua residual doméstica |
| 2012 | Memorias en extenso | EVALUACIÓN BACTERIOLÓGICA Y DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE UN CULTIVO DE RÁBANO REGADO CON AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA TRATADA |



SILVIA YUDITH MARTÍNEZ AMADOR

Nombre del profesor



Rosalinda Mendoza Villarreal

Representante Institucional ante el PROMEP



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Departamento de Desarrollo Personal Académico

Calzada Antonio Narro N° 1923 Col. Buenavista, Saltillo, Coahuila, C.P. 25315 Tel: 4-11-02-88 Ext. 2288

17 de Diciembre del 2015
Of. PRODEP*15/111

Silvia Yudith Martínez Amador
Profesor Investigador
Presente.-

Le comunico que hemos recibido de la Dirección de Superación académica (SEP) un oficio donde solicitan el informe Técnico y Financiero (se anexa oficio) de su proyecto como NPTC para que entreguen dicho informe a más tardar el 31 de enero del 2016. De lo contrario se reintegrarán los apoyos recibidos en su totalidad a dicha Dirección.

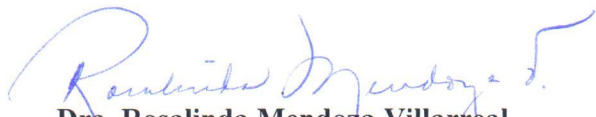
Sin otro particular por el momento. Quedo a su orden para cualquier duda o aclaración al respecto.

Atentamente,
"Alma Terra Mater"



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

REPRESENTANTE INSTITUCIONAL
PROMEP


Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Representante Institucional del PRODEP

C.c.p M.C. Víctor Manuel Sánchez Valdez.- Director General Académico
Archivo/Minuta