

# Monitoreo del funcionamiento del sistema de tratamiento a escala piloto a base de microalgas existentes en la Planta Tratadora Municipal de Torreón

López-Hernández, I. <sup>1</sup>, Silva-González, J. A. <sup>2</sup>, González-Fierro, C.J. <sup>3</sup>, Viramontes-Acosta, A. <sup>4</sup>

**Resumen**— El empleo de microalgas para el tratamiento de aguas residuales se ha convertido en un tema muy estudiado debido a la eficiencia de estas para limpiar el agua y por la utilidad que representa la biomasa algal generada durante este proceso. El presente trabajo se centró en observar el funcionamiento de cuatro fotobiorreactores para el tratamiento de agua residual urbana del municipio de Torreón, Coahuila, con fin de determinar la viabilidad de emplear lagunas de alta tasa de microalgas en la Planta Tratadora de Agua Residual (PTAR) de Torreón. Se establecieron tres tratamientos, en los cuales se utilizaba un fotobiorreactor como testigo. Al primer tratamiento se le añadió un inóculo del consorcio de microalgas nativas de la PTAR, al segundo y tercer tratamiento se les añadió lodos activados y nutrientes, respectivamente. Encontrando los mejores resultados en el segundo tratamiento realizado, tanto en limpieza como producción de biomasa algal.

**Temas claves**— Biomasa algal, Fotobiorreactores, Microalgas, Tratamiento de agua residual urbana.

**Abstract**— The employment of microalgae for wastewater treatment has become a well researched due to the efficiency of these to clean the water and the utility that represents the algal biomass generated during this process. This work was focused on observing the operation of four photobioreactors for the treatment of urban waste water from the city of Torreón, Coahuila, in order to determine the viability of employing high rate algal ponds in the Wastewater Treatment Plant (WWTP) of Torreón. For this, three treatments were established, in which a photobioreactor was used as a control. The first treatment was added an inoculum of the consortium of native microalgae WWTP, the second and third treatment were additionally added activated sludge

and nutrients, respectively. Finding the best results in the second treatment used in cleaning and production of algal biomass.

**Keywords**— Algal biomass, Microalgae, Photobioreactors, Urban wastewater treatment.

## I. INTRODUCCIÓN

Una planta tratadora a escala piloto permite un monitoreo en tiempo real, lo que representa una ventaja crítica con respecto a una planta tratadora a escala industrial, puesto que permite denotar alteraciones negativas en los procesos y permite corregirlos antes de que estas anomalías repercutan en la calidad final del efluente. Es por esto que este tipo de estudios son de vital importancia al diseñar plantas de todo tipo a escala industrial.

En la actualidad los recursos hídricos en México, al igual que en el resto del mundo, se encuentran bajo una creciente presión. El crecimiento demográfico, la urbanización y el aumento en el consumo de agua en los hogares, agricultura e industria; han aumentado significativamente su uso, conduciendo a la escasez del recurso. Esta problemática ha generado que actualmente en México se trate sólo el 47,5% del agua residual generada [1]-[3], descargando el resto sin tratar a ríos, lagos y zonas costeras [1]. Asimismo, aunado al problema de la falta de tratamiento, un porcentaje considerable del agua residual que si es tratado, se realiza en forma deficiente [4], produciendo agua para el rehuso de baja calidad que es poco aprovechada. Esta situación se debe en general a la falta de viabilidad económica de los proyectos de tratamiento instalados, ligado a la vez a la falta de una correcta reutilización de los volúmenes de agua obtenidos, lo que genera un bajo o nulo beneficio económico por la venta del agua tratada a la industria o a los productores agrícolas, esta situación a corto o mediano plazo, genera insolvencia en los sistemas y entidades responsables de la operación de las plantas de tratamiento, comprometiendo seriamente su continuidad operativa.

Con el fin de buscar esquemas que garanticen el correcto tratamiento de aguas residuales, a un bajo costo de inversión y tratamiento, se estudiaron los sistemas de tratamiento mediante lagunas aerobias de alta tasa (HRAP,

<sup>1</sup>López Hernández Isaías (isaius@hotmail.com). Sistema Municipal de Agua y Saneamiento (SIMAS). Calle Jamaica S/N, Colonia Latinoamericana, Torreón, Coahuila.

<sup>2</sup>Silva González José Alberto (alberto\_silva\_ujed@hotmail.com). Sistema Municipal de Agua y Saneamiento (SIMAS). Calle Jamaica S/N, Colonia Latinoamericana, Torreón, Coahuila.

<sup>3</sup>González Fierro Claudia Janeth (claudia.glz.f@gmail.com). Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Av. Tecnológico S/N Periférico 35150, Lerdo, Durango.

<sup>4</sup>Viramontes Acosta Adriana (adviac@hotmail.com). Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. Av. Tecnológico S/N Periférico 35150, Lerdo, Durango.

*high rate algal ponds*), con el fin de optimizar la producción de algas y alcanzar altas producciones de material proteico [5]. Su aplicación se centra en la remoción de nutrientes y el tratamiento de material soluble de las aguas residuales.

El objetivo fundamental de la aplicación de microalgas en el tratamiento de aguas residuales es la utilización y transformación de los nutrientes a biomasa [6]. Es por esto que se busca el empleo de lagunas de alta tasa en la PTAR de Torreón, aunado a que emplear microalgas como tratamiento terciario para la refinación de la calidad del agua tratada ha demostrado ser muy eficiente, ya que estas consumen dióxido de carbono, nitrógeno y fósforo [4] (principalmente) para su desarrollo, los cuales son de los principales contaminantes en el agua residual.

Por otro lado, las lagunas de alta tasa presentan una tendencia a aumentar el pH del agua. Un pH de 9.2 por 24 horas puede eliminar el 100% de la *E. coli* y gran cantidad de bacterias patógenas [7]. Si el agua tratada se va a utilizar para riego, no es necesario remover las algas.

Aunado a el tratamiento de aguas residuales se pueden obtener productos de valor agregado, los cuales van desde obtención de biodiesel, productos farmacéuticos y suplementos alimenticios. El subproducto que ha tomado más auge, es la producción de biodiesel a partir de microalgas [8]-[10], el cual está siendo muy estudiado en países de Europa y los Estados Unidos como una fuente alterna de producción de energía, no obstante a la fecha, los estudios se han centrado en la producción de microalgas a partir de reactores con altos costos de operación, por lo que los costos de producción rebasan con creces el beneficio económico que generaría la comercialización del biodiesel.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el municipio de Torreón, Coahuila, México, en la planta tratadora de agua residual (PTAR) municipal, la cual utiliza un proceso de lagunas de estabilización, con la siguiente localización geográfica: 25° 30' 50.3" N; 103° 19' 16.8" W y 1125 MSNM. Este estudio se realizó durante el periodo de agosto a septiembre del 2015.

### A. Fotobiorreactores

Se emplearon cuatro fotobiorreactores para realizar los tratamientos, los cuales fueron diseñados por el Q.F.B. Silva; estos son de tipo *batch* y consisten en una estructura metálica semipiramidal, alrededor de la cual se coloca una

manguera la cual ayuda a que el agua reciba radiación solar y de esta forma se desarrollen las microalgas, esta manguera (de 25 litros) está conectada a un tambo de plástico de 200 litros y en este recipiente se encuentra una bomba de agua para realizar la recirculación a través de la manguera.

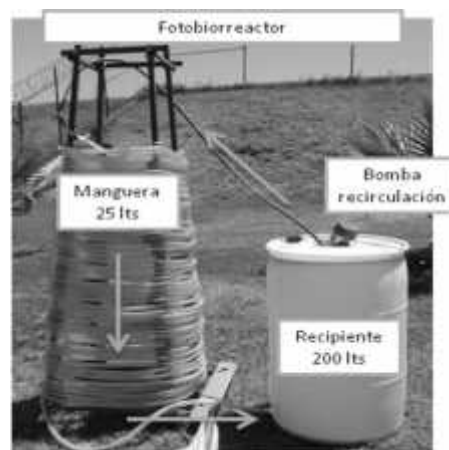


Figura 1. Esquema de fotobiorreactores

### B. Tratamientos

Para la evaluación de la efectividad del empleo de microalgas se establecieron tres tratamientos, en la Tabla I se muestra los tipos de tratamientos, y siendo establecidos por un diseño completamente al azar. Como se podrá observar, además de las microalgas, se añadirán lodos activados y nutrientes; los cuales afectan de forma diferente pero positiva el metabolismo del consorcio de microalgas y de las bacterias presentes en el agua residual, siendo que de esta forma se podrá observar qué efectos son los que generan en el tratamiento del agua residual influente de la PTAR de Torreón.

TABLA I  
DESCRIPCION DE TRATAMIENTOS

Tratamientos	Repeticiones
<b>Tratamiento 1:</b> 90 % Agua residual municipal + 10 % agua con microalgas	3 repeticiones + 1 reactor sin tratamiento
<b>Tratamiento 2:</b> 87.5 % Agua residual municipal + 10 % agua con microalgas + 2.5 % lodo de reactor biológico	3 repeticiones + 1 reactor sin tratamiento
<b>Tratamiento 3:</b> 90 % agua residual municipal + 10 % agua con microalgas + solución de Nutrientes (N: 30 ppm, P: 2.5 ppm y micro nutrientes)	3 repeticiones + 1 reactor sin tratamiento

El agua residual municipal empleada fue la que entra en la PTAR, es decir que no se le dio un tratamiento previo; las microalgas añadidas, son un consorcio de microalgas que se forma en las lagunas facultativas de la misma PTAR, estas fueron directamente tomadas de una laguna y vaciadas en los biorreactores; los lodos activados que fueron empleados provenían de la PTAR de lodos activados del Parque Fundadores del mismo municipio; y la adición de nutrientes se realizó empleando un fertilizante foliar de uso agrícola *Ferti Plus*, realizando operaciones estequiométricas para añadir la concentración de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) que se mencionan en la Tabla I.

### C. Análisis fisicoquímicos

Para la medición de los distintos parámetros en el presente estudio se empleó como referencia la normatividad mexicana para aguas residuales y aguas residuales tratadas, en la Tabla II se muestra. En cada norma se describe la metodología para muestreo y para la determinación de cada parámetro.

TABLA II  
NORMATIVIDAD EMPLEADA PARA LOS ANÁLISIS

Parámetro	Unidades	Método Analítico
Temperatura	°C	NMX-AA-007-SCFI-2013
pH	Unidades	NMX-AA-008-SCFI-2011
Conductividad Eléctrica (C.E.)	mS/cm	NMX-AA-093-SCFI-2000
Oxígeno Disuelto (O.D.)	mg/l	NMX-AA-012-SCFI-2001
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	NMX-AA-034-SCFI-2001
Grasas y aceites (GyA)	mg/l	NOM-AA-005-SCFI-2013
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	NMX-AA-042-1987

Los parámetros analizados a los fotobiorreactores y los tiempos en que se realizaron se muestran en la Tabla III; estos fueron establecidos por la interpretación que se le puede dar a los resultados para definir qué tan eficiente fue cada tratamiento.

TABLA III  
ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

Parámetro medido	Antes del tratamiento con microalgas	Muestras de cada dos horas (9, 11, 13 y 15 hrs)	Muestreo diario durante el tratamiento	Después del tratamiento con microalgas
O.D.	✓	✓		✓
Temperatura	✓	✓		✓
pH	✓	✓		✓
C.E.	✓	✓		✓
SST	✓		✓	✓
Coliformes fecales	✓			✓
GyA	✓		✓	✓
DQO	✓		✓	✓

La medición de la DBO<sub>5</sub> no pudo ser realizada, sin embargo, por análisis anteriores al agua residual de la PTAR, se sabe que se puede emplear la relación 1:2 con la DQO, siendo que se tomaron los límites máximos permisibles (LMP) de DBO<sub>5</sub> y se multiplicaron por dos para compararlos con los resultados de DQO obtenidos en los fotobiorreactores.

Los valores de los LMP de la DBO<sub>5</sub> se obtuvieron de la NOM-001-SEMARNAT-1996 (que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales); y de la NOM-003-SEMARNAT-1997 (que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público), los cuales se compararon con el efluente de los fotobiorreactores al cuarto día y con el mismo efluente después de un tratamiento de clarificación, respectivamente.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se resumen en las Tablas IV, V y VI. En el Tratamiento 1 puede observarse que al cuarto día las microalgas desarrollaron una biomasa suficiente para generar un exceso de O.D., mismo que permite a los microorganismos aerobios, que presentan una relación mutualista con las microalgas, alcanzar considerables tasas de estabilización de los compuestos orgánicos provenientes de las aguas residuales originales, lo cual se

observa también con los resultados de GyA y de C.E. Sobre todo es interesante el valor de pH superior a 9 unidades, misma que es letal para los organismos patógenos, permitiendo una desinfección natural de las aguas en el reactor.

El efluente de los fotobiorreactores rebasó los LMP de la NOM-001-SEMARNAT-1996 en los parámetros de DQO y SST, por lo que no se cumpliría con la normatividad para emplear esta agua para riego.

Finalmente después del cuarto día, el efluente fue procesado mediante un equipo de jarras para la separación de las microalgas y el agua tratada, obteniéndose una calidad por debajo de los LMP de la NOM-003-SEMARNAT-1997, sin necesidad de aplicar desinfección química. Siendo que después de la clarificación puede ser empleada esta agua en las industrias.

TABLA IV  
RESULTADOS TRATAMIENTO 1

Parámetros	Influyente T1	T 1 Día 4	NOM-001	Clarificadora	NOM-003
Temperatura (°C)	28	29	-	30	-
pH	7.26	9.23	-	7.6	-
C.E. (mS/m)	140	105	-	130	-
O.D. (mg/l)	0.01	12.7	-	7	-
DQO (mg/l)	536	374	300*	10	40*
SST (mg/l)	270	198	150	12	20
GyA (mg/l)	41	8.64	15	6	15
Coliformes Fecales NMP/100ml	95 E 06	210	1,000	23	240

En el Tratamiento 2 se llevó a cabo, a parte de la inoculación del agua residual con microalgas, una inoculación con lodos activados, esto con la finalidad de aumentar en el reactor el contenido de microorganismos aerobios para potenciar la estabilización de la materia orgánica del agua residual.

Durante el desarrollo del experimento se pudo observar una mayor respuesta por parte de las microalgas en la generación de O.D., alcanzándose valores superiores al primer tratamiento; asimismo el pH se mantuvo por encima de las 10 unidades, manejando en general mayor respuesta en el desempeño de todos los parámetros.

En cuanto a la desinfección del agua, esta no requirió desinfección química después del proceso de separación

de las microalgas, generándose un significativo aumento de biomasa generado en el proceso, debido a un posible incremento del nitrógeno y fósforo biodisponible para las microalgas por la acción de las bacterias aerobias inoculadas.

Igual que en el Tratamiento 1, no se logró cumplir con la NOM-001-SEMARNAT-1996 pero sí con las NOM-003-SEMARNAT-1997 después de la clarificación. Sin embargo, los valores altos de DQO, SST y GyA, se atribuyen a una mayor concentración de microalgas en los fotobiorreactores, lo cual es bueno para emplear este método y obtener microalgas que puedan ser usadas en la elaboración de productos de valor agregado.

TABLA V  
RESULTADOS TRATAMIENTO 2

Parámetros	Influyente T2	T 2 Día 4	NOM-001	Clarificadora	NOM-003
Temperatura (°C)	28	30	-	29	-
pH	7	10.2	-	7.4	-
C.E. (mS/m)	146	99	-	126	-
O.D. (mg/l)	0.01	17.2	-	6.8	-
DQO (mg/l)	529	371	300*	12	40*
SST (mg/l)	280	218	150	10	20
GyA (mg/l)	70	18	15	12	15
Coliformes Fecales NMP/100ml	120 E 6	42	1,000	11	240

En el Tratamiento 3 se adicionó al agua residual nitrógeno y fósforo en la forma biodisponible para las microalgas, ya que de acuerdo a los resultados de los tratamientos anteriores, se suponía que este era el factor que limitaba el crecimiento de las mismas, los desempeños de O.D. y pH se mantuvieron a valores aceptables para promover la desinfección natural de las aguas residuales, sin embargo el contenido de SST se mantuvo similar a los valores obtenidos en el primer tratamiento, no obstante lo anterior, el contenido de GyA respondió de manera significativa al estímulo de los nutrientes adicionales.

Nuevamente en este tratamiento, la calidad del agua obtenida después de la remoción de las microalgas no se encontró dentro de los LMP de la NOM-001-SEMARNAT-1996 para ser empleada en riego agrícola, pero si dentro de los LMP de la NOM-003-SEMARNAT-1997, por lo que esta agua es susceptible de ser reutilizada en actividades de donde puede tener contacto humano directo.

TABLA VI  
RESULTADOS TRATAMIENTO 3

Parámetros	Influent e T3	T 3 Día 4	NOM -001	Clarificador a	NOM -003
Temperatura (°C)	28	28	-	30	-
pH	7.3	9.2	-	7.2	-
C.E. (mS/m)	158	140	-	155	-
O.D. (mg/l)	0.01	18.7	-	7.2	-
DQO (mg/l)	614	190	300*	40	40*
SST (mg/l)	300	147	150	8	20
GyA (mg/l)	40	21	15	16	15
Coliformes Fecales NMP/100ml	93 E 6	75	1,000	23	240

Es importante mencionar que los resultados en los fotobiorreactores que fungieron como testigos en los tres tratamientos mostraron resultados similares, lo que nos indica las condiciones similares de cada tratamiento y nos permite diferenciar los beneficios del empleo de microalgas. En la figura 3 se muestran los resultados de O.D. del cuarto día de los fotobiorreactores que fungieron como testigo en los tres tratamientos (B1, B2, B3) y de los fotobiorreactores a los que se les añadió microalgas, lodos activados y nutrientes (T1, T2, T3, respectivamente). Se muestran los resultados de O.D. al ser este parámetro un indicador de la presencia de microalgas.

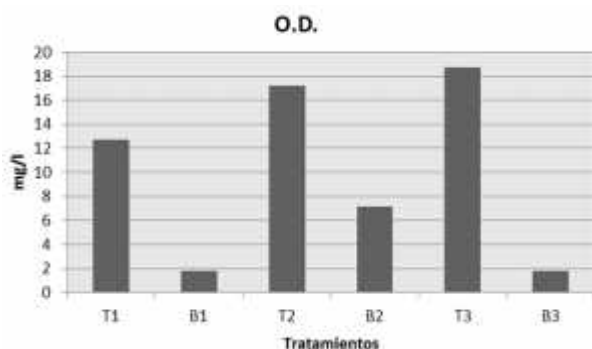


Figura 3. Resultados de O.D. de los tres tratamientos(T) y sus respectivos testigos (B) al cuarto día

#### IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que entre los tres tratamientos llevados se obtuvo agua residual tratada con calidad para actividades de rehusó de acuerdo con la NOM-003-SEMARNAT-1996. En todos los tratamientos bastaron cuatro días para que los

contenidos de Coliformes fecales se encontraran por debajo de los 240 NMP/100 ml, por lo que no fue necesaria la desinfección de las aguas tratadas posteriores a la separación de las microalgas.

Sin embargo, el agua efluente sin el tratamiento de clarificación no se cumplió en algunos parámetros con la NOM-001-SEMARNAT-1996, la cual indica los LMP para agua en uso agrícola. De igual forma que el agua clarificada se encuentra debajo de los LMP de Coliformes fecales (1,000 NMP/100 ml). Cabe la posibilidad de que al realizar estos ensayos con agua efluente de las lagunas facultativas se cumpla con los LMP de esta norma, ya que tendría un tratamiento previo y el empleo de microalgas serviría como refinación en el tratamiento de aguas residuales. Además si se emplea este mismo efluente para después clarificarse también podrían obtenerse resultados aún más positivos para el agua tratada que es mandada a la industria.

Existen diferencias significativas entre los Tratamientos 1 y 3 con respecto al Tratamiento 2, ya que el contenido de la biomasa de las microalgas presento altas concentraciones en este último. La causa principal de lo anterior, se debió a la inoculación de un concentrado de bacterias aerobias procedentes de la planta de lodos activados.

En todos los tratamientos se obtiene una considerable cantidad de biomasa algas que de acuerdo a estudios preliminares, es susceptible a obtención de productos de valor agregado, tales como: biodiesel y suplemento alimenticio para ganado.

Se puede concluir que el empleo de microalgas en la PTAR traería consigo beneficios en el tratamiento de las aguas residuales, especialmente en el efluente que es destinado a las industrias, ya que se emplearía menor cantidad de coagulante y floculante y no sería necesario el emplear la cloración, ya que los Coliformes fecales se encontrarían muy por debajo de la normatividad mexicana. Además que se obtendría una alta productividad de microalgas para elaborar productos de valor agregado.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Instituto Tecnológico Superior de Lerdo (ITSL) por las herramientas brindadas y por todo el conocimiento que se me forjó en los nueve semestres de carrera. A mis profesores, que fueron el apoyo para que me superara y lograra mis objetivos, a mis amigos que me dieron ánimos y a mi familia los cuales me apoyaron en

todo momento para lograr la conclusión de mi carrera y mi proyecto.

Agradezco a SIMAS por todo el apoyo que me brindó para llevar a cabo los análisis así como también agradezco a mis asesores y a mis compañeros del Laboratorio de la PTAR de Torreón que me ayudaron en todo momento a resolver diversas dudas.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Comisión Nacional del Agua (2012) “Plantas de tratamiento de aguas residuales- Información general”, *Usos del agua*. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/atlas/usosdelagua31.html>
- [2] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2014) “Agua residual generada, colectada y tratada”, *Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales*. Disponible en: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_AGUA07\\_15&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_AGUA07_15&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce)
- [3] Secretaría de Gobernación (2013) “Programa sectorial de medio ambiente y recursos naturales 2013-2018”, *Diario Oficial de la Federación*. Disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5326214&fecha=12/12/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5326214&fecha=12/12/2013)
- [4] Mahapatra, D. M.; Chanakya, H. N. y Ramachandra, T. V. (2013) “Treatment efficacy of algae-based sewage treatment plants”, *Environ Monit Assess*, 185, pp. 7145-7164.
- [5] Bajpai, R., Zappi, M., & Prokop, A. (2014) “Algal biorefineries. Volume 1: Cultivation of Cells and Products”. Ed.: Springer.
- [6] Salazar González, M. (2005) “Aplicación e importancia de las microalgas en el tratamiento de aguas residuales”, *ContactoS* [en línea], 59, pp. 64-70. Disponible en: <http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n59ne/algas.pdf>
- [7] Comisión Nacional del Agua. (2007). “Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento”, *Diseño de lagunas de estabilización*. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/10DisenoDeLagunasDeEstabilizacion.pdf>
- [8] Chisti, Y. (2007) “Biodiesel from microalgae”, *Biotechnology Advances*, pp. 294–306.
- [9] Brennan, L. y Owende, P. (2010) “Biofuels from microalgae—A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 557–577.
- [10] Mata, T. M.; Caetano, N. S. y Martins, A. A. (2010) “Microalgae for biodiesel production and other applications: A review” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 217-232.

## VII. BIOGRAFÍA



**Isaias López Hernández.** Torreón, Coahuila. 06 de Marzo de 1978. Ingeniero Químico, Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila, México, 2001. Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental, Universidad Autónoma del Noreste, Torreón, Coahuila, México, 2011.

Él actualmente labora en SIMAS, Torreón, Coahuila, México como Coordinador de Proyectos y Descargas. Actualmente cursa el quinto semestre del doctorado en ciencias agrarias.

M.C. López publicó el artículo “Behaviour of two filter media to remove arsenic for drinking water” en la revista “The filtration society. Volume 13 Number 1”. Ha participado en la exposición de diversas ponencias y congresos los más recientes se enlistan a continuación: Reconocimiento por participación como instructor en el taller de “Construcción de un filtro casero para la remoción de arsénico” en el marco del 3er Congreso Nacional de Electromecánica y Electrónica CONAEE 2014. Reconocimiento por participación como ponente de la conferencia “Producción de energía y biomasa a partir de aguas residuales”, en el marco del 3er Congreso Nacional de Electromecánica y Electrónica CONAEE 2014. Reconocimiento por la impartición de la práctica de “Potabilización del agua” impartida a alumnos de la carrera de ingeniería ambiental. Octubre de 2014.



**José Alberto Silva González.** Torreón Coahuila. 28 Marzo de 1992 químico farmacéutico biólogo, Universidad Juárez del estado de Durango. México, 2015.

Él actualmente labora en la Planta Tratadora de Aguas Residuales Torreón (PTAR), torreón Coahuila de Zaragoza, Analista en laboratorio de aguas residuales, SIMAS Torreón Coahuila de Zaragoza México, tratamiento de aguas biorremediación y biotecnología.



**Claudia Janeth González Fierro.** Gómez Palacio, Durango. 02 de Diciembre de 1992. Aspirante a egresar de Ingeniero Ambiental en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo de Lerdo, Durango, México, 2015.



**Adriana Viramontes Acosta.** Torreón, Coahuila. 08 de Julio de 1978. Licenciatura en Ingeniero Químico en el Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila, México, 2000.

Actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Lerdo, Durango, Docente en el área de Ingeniería Ambiental.