



CAPÍTULO XI.

CONCLUSIONES

El principal objetivo de este estudio fue comprobar que la digestión anaerobia es una tecnología capaz de estabilizar los lodos provenientes de un proceso de tratamiento de aguas, minimiza el impacto ambiental que producen y se puede recuperar valor de los mismos, conforme a los resultados obtenidos podemos concluir que:

- De acuerdo a la NOM-004-SEMARNAT-2002 para reducir la presencia de vectores infecciosos es necesario reducir los sólidos volátiles en por lo menos un 38%. El proceso de digestión anaerobia llevada a cabo en Atoyac cumple con los criterios de estabilización de lodos residuales con un 43% de reducción de sólidos volátiles, reducción de volumen del 78% y alto contenido de nutrientes esenciales, nitrógeno y fósforo.
- La cantidad de sólidos volátiles que entran al proceso favorecen la producción de metano, se recomienda agregar un paso que minimice el tamaño de partícula que entra en el digestor para evitar problemas por taponamiento de tuberías.
- De acuerdo a su calidad microbiológica y al criterio de clasificación en función de patógenos marcada en la NOM-004-SEMARNAT-2002, los lodos pueden ser usados en agricultura con restricciones de uso. Para poder ser usados sin restricciones tienen que someterse a un tratamiento adicional para la reducción de patógenos.



- Los beneficios que pueden traer los lodos a las tierras de cultivo son alto contenido de materia orgánica, alto porcentaje de humedad, capacidad de intercambio catiónico, alto contenido de nutrientes mayores (N, P y K) y un balance adecuado de micronutrientes.
- Los lodos digeridos han demostrado servir como acondicionadores de suelo, aumentando la productividad de los terrenos sobre los que son aplicados de un 183-833%.
- Las constantes cinéticas obtenidas para este proceso nos ayudan a determinar que la concentración mínima de sustrato dentro del digestor debe ser igual a 121.6 mg DQO/l y tener un tiempo de retención mayor a 4 días para evitar que la biomasa se vaya en la purga de lodos.
- La tasa de utilización de sustrato (q) obtenida fue igual a 4.18 mg DQO/mgSSV · d. La concentración de sustrato en el medio cuando $\mu=q/2$ (K) es igual a 276787.80mgDQO/l; la tasa de respiración endógena (b) fue igual a 0.02 d⁻¹; la masa de células producidas por masa de sustrato removido (Y) fue igual a 0.88mgSSV/mgDQO y (μ) la tasa de utilización de sustrato fue igual a 3.66 d⁻¹. Estos valores pueden servir como base para futuros estudios y diseño del proceso de digestión de lodos residuales.
- El análisis económico nos revela que una vez que la digestión anaerobia trabaja de manera estable es un proceso exitoso, ya que los costos de inversión inicial se recuperan en menos de 2 años, gracias a la utilización de biogás en las calderas, la



reducción de volumen, y los beneficios obtenidos directamente en las parcelas sobre las que se aplican los lodos.

- Si el costo por disposición de residuos contaminantes fuera muy bajo o igual a cero, la inversión y los costos de operación y mantenimiento del proceso de digestión no se justificarían económicamente, sin embargo cuando se le da un valor a los pasivos ambientales, o a los efectos que tienen las descargas contaminantes, es cuando las tecnologías enfocadas a la mejora del medio ambiente adquieren su valor real.
- El costo de tratamiento de lodo que entra al proceso asciende a \$ 34.47/ m³.
- En la planta Atoyac Sur se estabilizan los lodos provenientes de 633,334 habitantes de las zonas sur, centro y poniente de la ciudad, cada habitante produce al día 0.54 litros de lodo crudo, el costo de tratamiento de este volumen es igual a \$7.64. Y la producción de biogás es igual a 0.013727 m³/persona.
- El análisis de datos nos indica que por cada m³ de agua residual se producen 3 litros de lodos crudos
- Por cada m³ de lodo que entra al digestor se producen 0.14 m³ de lodo digerido y 25.22 m³ de biogás. Y el costo de tratamiento asciende a \$38.47/ m³ de lodo crudo.
- Durante este estudio se planteo una cinética libre de efectos de inhibición y toxicidad, por lo que en futuros trabajos podrían incluirse los efectos que tiene la presencia de compuestos tóxicos en la velocidad de degradación de sustrato y producción de metano.



- También se recomienda realizar una caracterización del biogás producido, poniendo atención en el contenido de ácido sulfhídrico en la mezcla a fin de proponer un proceso para su remoción, con lo cual se evitarían los problemas de corrosión en las calderas y tuberías. Otro beneficio de esta implementación sería el aprovechamiento del 100% de biogás producido ya sea para la generación de energía eléctrica o su distribución para uso doméstico.
- Ante el creciente deterioro del medio ambiente, el uso de biogás para la calefacción de los digestores constituye uno de los principales atractivos de este proceso, ya que proporciona la temperatura adecuada para elevar la actividad metanogénica, con lo que se logra una mayor estabilización de los lodos con tiempos de retención más cortos. Esto enfatiza la capacidad de estos procesos para disminuir la contaminación y como fuentes de energía alternas a los combustibles fósiles.