



# DETECCIÓN Y TRATAMIENTO DE FÁRMACOS DE USO VETERINARIO EN AGUA RESIDUAL PORCÍCOLA

Karina Gabriela León Aguirre

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán

Av. Industrias No Contaminantes por Anillo Periférico Norte, Mérida, Yucatán, Apdo. Postal 150, México.<sup>2</sup> Institución y dirección postal de los Autores

kgla27@outlook.com

# Porcicultura en Yucatán



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



RED TEMÁTICA  
Gestión de la calidad y  
disponibilidad del agua



Casi 500 granjas  
porcícolas en  
Yucatán

Más del 80% son  
granjas pequeñas  
y medianas

Infraestructura no  
permite estrictos  
controles  
sanitarios



Administración de  
fármacos para  
prevenir  
enfermedades e  
incrementar  
crecimiento

Méndez *et al.*, 2009  
SEDUMA, 2015

# Granjas Porcícolas



En las granjas pequeñas y medianas de Yucatán, los sistemas de tratamiento no están diseñados para la remoción de fármacos, además de que no son operados correctamente, lo que representa un riesgo de contaminación para el acuífero. El agua subterránea la única fuente de agua en la región.



# Detección de fármacos



## ■ Impacto ambiental del agua residual porcícola

La ganadería porcícola presenta una alta generación de aguas residuales conteniendo los residuos de fármacos. No se encuentran regulado en la legislación mexicana y su presencia en el ambiente afecta a las especies acuáticas y a la salud humana, por la resistencia bacteriana.



En México son pocos los trabajos que se han hecho en cuanto a la detección de antibióticos en el ambiente, en gran parte, debido a lo costoso del método y del equipo y la priorización de otros contaminantes. Por lo que se tiene que trabajar a la par en el tratamiento y detección.

# Tratamiento para fármacos en agua residual porcícola

Los humedales construidos han sido empleados para la remoción de contaminantes emergentes en el agua residual urbana, pero sólo poco trabajos han sido reportados para la remoción de fármacos en el agua residual de las actividades ganaderas (Almeida *et al.*, 2017).

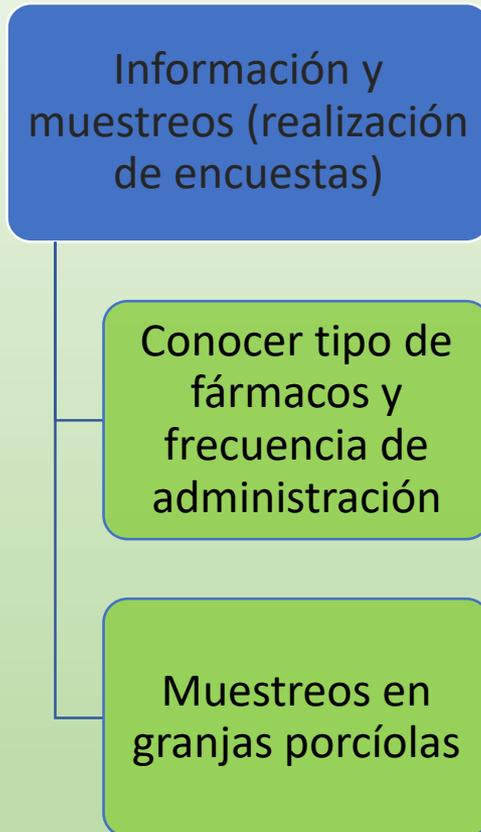


<i>Compuesto(s)</i>	<i>Lugar y tipo de humedal</i>	<i>Porcentaje de remoción</i>	<i>Planta y/o soporte usado</i>	<i>Referencia</i>
<b>Tetraciclina, oxitetraciclina y clortetraciclina</b>	China Humedal vertical flujo ascendente	<b>69-99%</b>	<b>Carrizo/ Polvo de ostra, ladrillo y suelo rojo</b>	Huang <i>et al.</i> , 2014
<b>Enrofloxacin y tetraciclina</b>	Portugal Humedal vertical flujo subsuperficial	<b>94-98%</b>	<b>Carrizo/ Arena con raíces de plantas</b>	Carvalho <i>et al.</i> , 2013

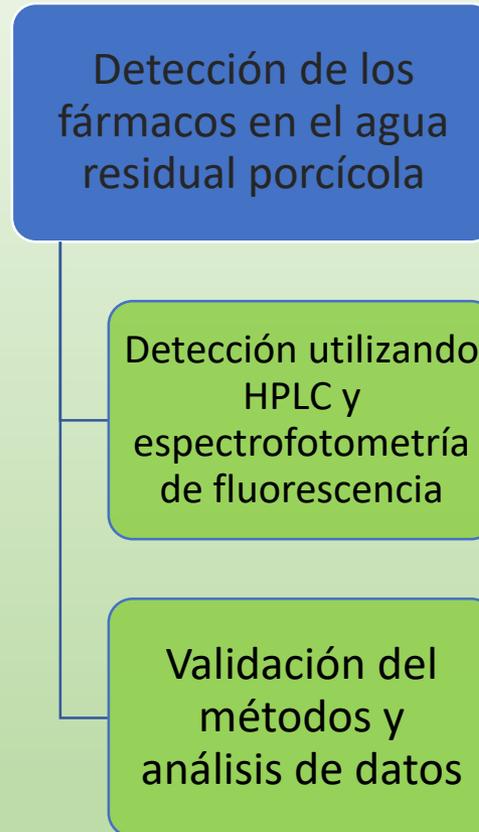
# Metodología



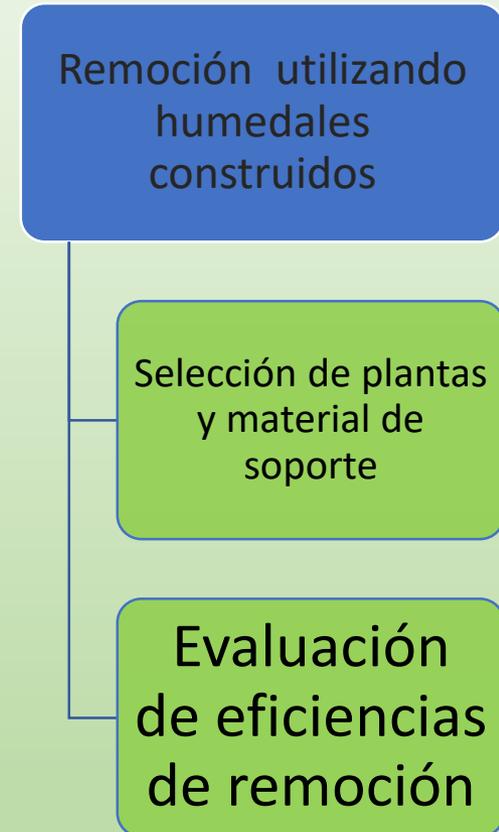
## 1ª Etapa



## 2ª Etapa



## 3ª Etapa



# Granjas porcícolas



**CONACYT**

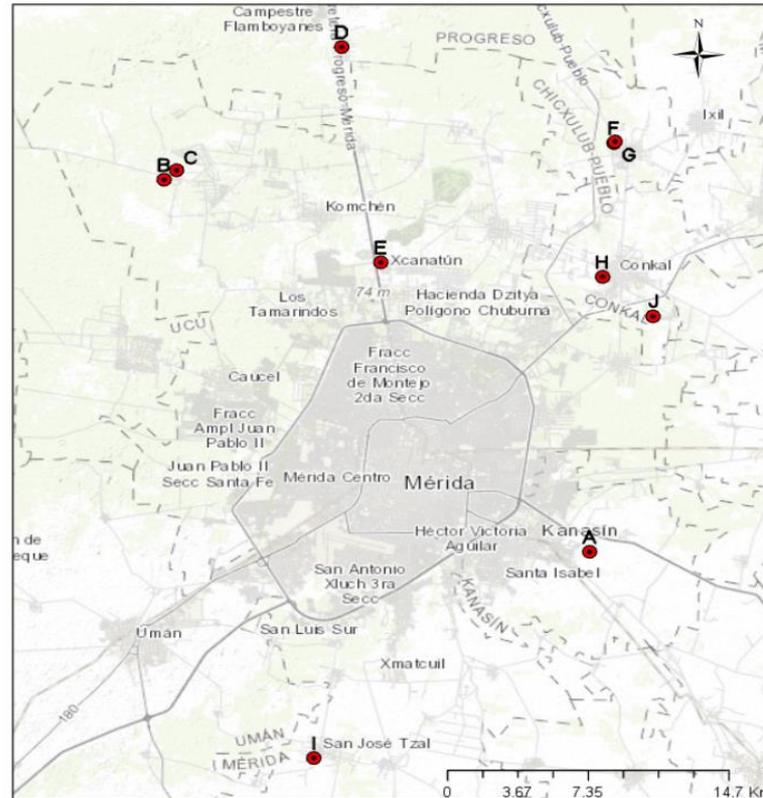
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



RED TEMÁTICA  
Gestión de la calidad y  
disponibilidad del agua



Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community, Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community



Granja	Tipo de granja	Población	Tipo de alimento	Vía de administración
A	Ciclo completo	186	Granos: sorgo, maíz, soya	Oral Inyección
B	Engorda	600	Mezcla comercial	Alimento
C	Pie de cría	651	Mezcla comercial	Inyección
D	Pie de cría	550	Premezcla	Oral
E	Ciclo completo	751	Mezcla comercial	Inyección

# Información de los fármacos



Tipo de fármaco	Uso o efecto	Frecuencia de administración
Sulfametoxazol	Tratamiento y prevención de enfermedades	Recién nacidos durante 3-5 días
Oxitetracilina	Promotor de crecimiento	Diario, con el alimento
Ivermectina	Ectoparasiticida y endoparasiticida	Cada 15-42 días
Amoxicilina	Tratamiento y prevención de enfermedades	Cuando hay animales enfermos, durante 2-3 días
Enrofloxacina	Tratamiento de enfermedades	Cuando hay animales enfermos, durante 2-3 días
Tilosina	Tratamiento de enfermedades	Cuando hay animales enfermos, durante 2-3 días
Penicilina G	Tratamiento y prevención de enfermedades	Recién nacidos durante 3-5 días
Ractopamina	Promotor de crecimiento	Diario, con el alimento
Estreptomicina	Tratamiento de enfermedades	Recién nacidos durante 3-5 días
Gentamicina	Tratamiento de enfermedades	Cuando hay animales enfermos, durante 2-3 días

# Tratamiento con humedales construidos



**Construcción del sistema de humedales**



**Adaptación del sistema al agua residual porcícola**



**Adición de fármacos y toma de muestras**



**Medición de las eficiencias de remoción**

# Tratamiento con humedales construidos



CONACYT  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

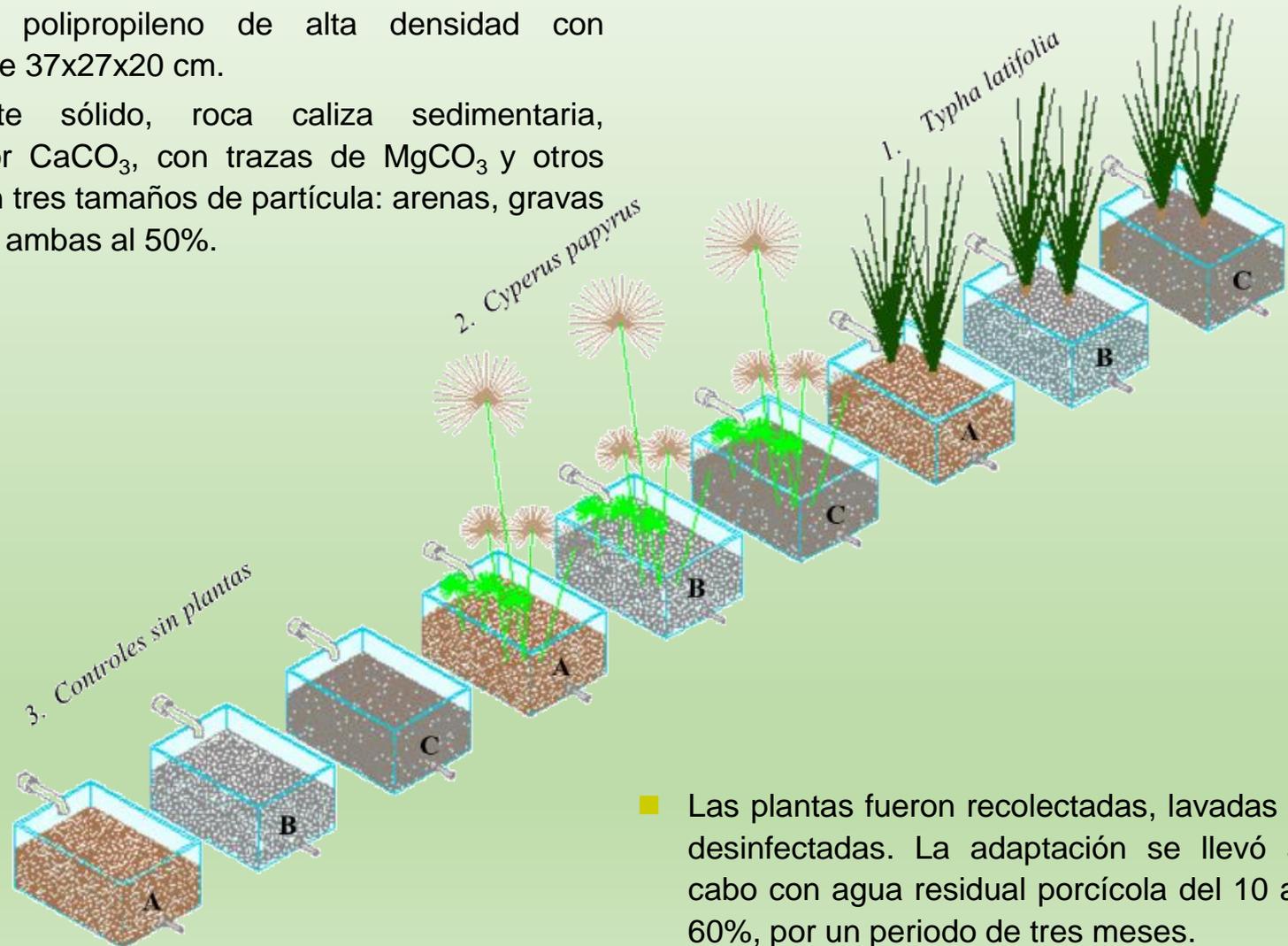


RED TEMÁTICA  
Gestión de la calidad y disponibilidad del agua



## Construcción del sistema de humedales

- unidades de polipropileno de alta densidad con dimensiones de 37x27x20 cm.
- Como soporte sólido, roca caliza sedimentaria, compuesta por  $\text{CaCO}_3$ , con trazas de  $\text{MgCO}_3$  y otros carbonatos, en tres tamaños de partícula: arenas, gravas y la mezcla de ambas al 50%.



- Las plantas fueron recolectadas, lavadas y desinfectadas. La adaptación se llevó a cabo con agua residual porcícola del 10 al 60%, por un periodo de tres meses.

# Resultados

- Concentraciones promedio de los fármacos reportadas en el influente y efluente del biodigestor de la granja porcícolas (Espectrofotometría de fluorescencia).

Fármaco	Influente ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	DE	Efluente ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	DE
Enrofloxacina	0.164	0.002	0.066	0.001
Oxitetraciclina	0.679	0.043	0.312	0.022
Sulfametoxazol	7.852	0.224	1.874	0.262

- Concentraciones promedio de los fármacos reportadas en el influente y efluente del biodigestor de la granja porcícolas (Cromatografía líquida de alta eficiencia).

Fármaco	Influente ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	DE	Efluente ( $\mu\text{g}/\text{mL}$ )	DE
Enrofloxacina	0.017	0.033	0.018	0.065
Oxitetraciclina	0.020	0.065	0.044	0.059
Sulfametoxazol	0.065	0.020	0.019	0.034

# Resultados



## ■ Resumen de porcentajes de remoción para cada fármaco

### Tiempo de permanencia

Fármaco	24 h	48 h	72 h	96 h
Oxitetraciclina	Papiro mezcla 85.6%	Papiro mezcla 88.6%	Papiro arena 87.8%	Papiro arena 97.3%
Sulfametoxazol	Tifa arena 47.4%	Tifa arena 58.2%	Tifa mezcla 64.9%	Tifa mezcla 75.1%
Enrofloxacina	Tifa arena 85.3%	Tifa arena 86.7%	Tifa arena 87.7%	Tifa arena 89.9%
Ractopamina	Tifa arena 80.48%	Tifa arena 80.48%	Tifa mezcla 93.64%	Tifa arena 97.81%

# Conclusiones

- Los métodos de detección presentados ofrecen información importante cuando no se cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo esa técnica y además permiten trabajar con una variedad importante de matrices acuosas.
- Mientras que la cromatografía líquida de alta eficiencia ofrece selectividad al poder separar todos los compuestos presentes en la muestra, la espectrofotometría de fluorescencia tiene ventajas en cuanto a una menor generación de residuos y menor tiempo durante el análisis.
- En la remoción de fármacos con los humedales construidos se observa que ocurre una mayor remoción en las unidades que contienen arena o mezcla como soporte sólido, y la remoción se incrementa con el tiempo de permanencia.

# Agradecimientos



- Laboratorio de nano y biomateriales del CINVESTAV, Unidad Mérida.
- Laboratorio de Análisis Instrumental de la Facultad de Ingeniería Química, UADY.
- Este trabajo forma parte de la tesis doctoral realizada por M.I. Karina Gabriela León Aguirre, en colaboración con M.C. Avel Adolfo González Sánchez, Dr. Emanuel Hernández Núñez, Dr. Roger Iván Méndez Novelo y Dra. María del Carmen Ponce Caballero.

Contacto:

*[kgla27@outlook.com](mailto:kgla27@outlook.com)*

# Referencias

- Méndez, R., Castillo, E., Vázquez, E., Briceño, O., Coronado, V., Pat, R., & Garrido, P. (2009). Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. *Ingeniería*, 13(2), 13-212
- SEDUMA (2015). Industrias y Agroindustrias. Desarrollo Urbano. Consultado el 30 de septiembre de 2015, disponible en: [http://www.seduma.yucatan.gob.mx/desarrollo-urbano/documentos/ZonaMetropolitana/2\\_8\\_Industria\\_Agroindustrias.pdf](http://www.seduma.yucatan.gob.mx/desarrollo-urbano/documentos/ZonaMetropolitana/2_8_Industria_Agroindustrias.pdf)
- Almeida, C. M. R., Santos, F., Ferreira, A. C. F., Lourinha, I., Basto, M. C. P., & Mucha, A. P. (2017). Can veterinary antibiotics affect constructed wetlands performance during treatment of livestock wastewater? *Ecological Engineering*, 102, 583–588.
- Huang, X., Liu, C., Li, K., Su, J., Zhu, G., & Liu, L. (2015). Performance of vertical up-flow constructed wetlands on swine wastewater containing tetracyclines and tet genes. *Water Research*, 70, 109-117.
- Carvalho, P., Araújo, J., Mucha, A., Basto, M., & Almeida, C. (2013). Potential of constructed wetlands microcosms for the removal of veterinary pharmaceuticals from livestock wastewater. *Bioresource Technology*, 134, 412-416.