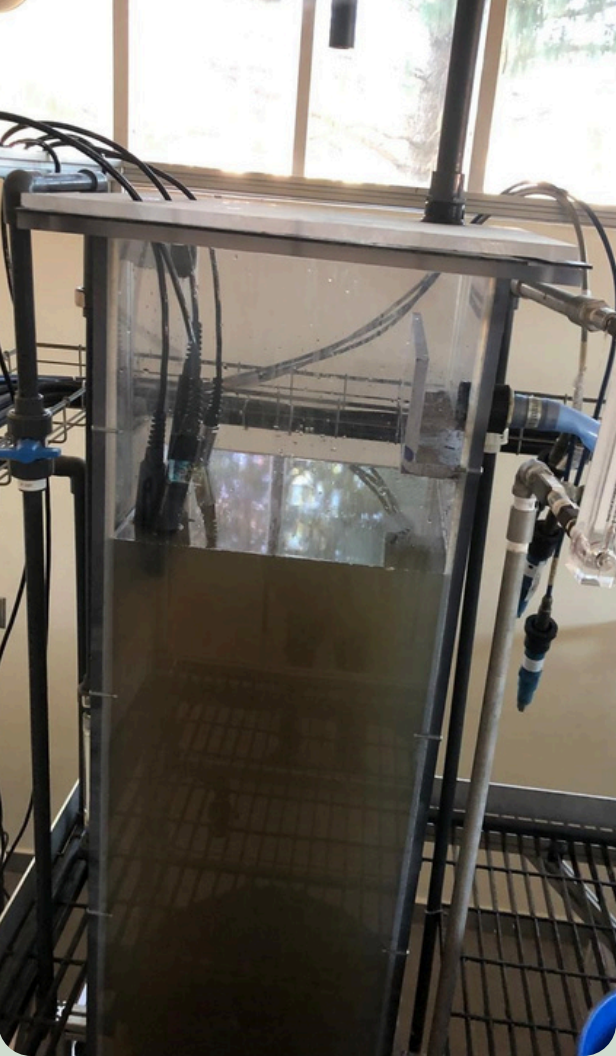


¿Cómo se monitorea la calidad del agua residual para riego agrícola?

Josefina Ortiz Arreola¹

Pedro Ávila Pérez²

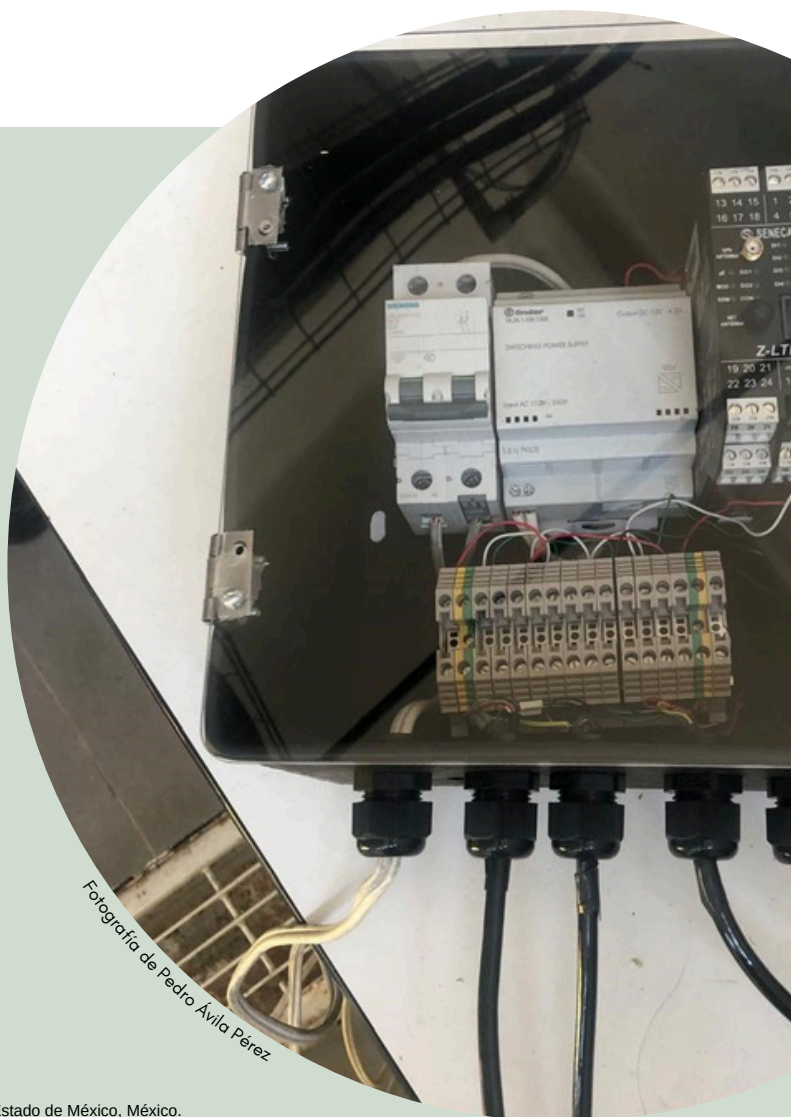
José Luis García Rivas



Fotografía de Pedro Ávila Pérez

INTRODUCCIÓN

En México aproximadamente 76% del consumo del agua de origen superficial y subterráneo es utilizado por el sector agrícola, 4.7% para generar energía eléctrica, 14.4% para el abastecimiento público y 4.9% para la industria (CONAGUA, 2018, 2021). Con el objeto de reducir o detener el uso del agua potable para riego agrícola, es necesario incrementar el uso de las aguas residuales tratadas, lo cual contribuye a la preservación y la disminución de la demanda de agua potable, así como a reducir la presión sobre las fuentes que la abastecen (Semarnat, 2019).



Fotografía de Pedro Ávila Pérez

¹Instituto Tecnológico de Toluca, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Metepec, Estado de México, México.

²Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM – UNAM, Toluca, Estado de México, México.

Para utilizar las aguas residuales en riego agrícola, se requiere cumplir con los parámetros establecidos por la normatividad mexicana, asegurando la calidad del agua para este fin específico, independientemente del origen del agua residual, debido a que la presencia de aguas residuales no tratadas en un medio rural puede ocasionar enfermedades, la proliferación de bacterias patógenas y la contaminación del medio ambiente y los cultivos (Semarnat, 2016). La calidad de las aguas residuales usadas en riego agrícola puede ser verificada en tiempo real mediante un sistema de monitoreo automático de la calidad del agua, el cual puede medir los principales parámetros fisicoquímicos de calidad del agua y verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles de contaminantes para las descargas en suelo de uso agrícola o en los diferentes cultivos. Los parámetros agronómicos más importantes para ser considerados en la calidad del agua residual

para riego son: conductividad eléctrica, contenido de materia orgánica, cationes de sodio, calcio, magnesio y potasio, así como metales pesados (Cisneros-Estrada & Saucedo-Rojas, 2016; SEMARNAT, 2021).

Sistema de monitoreo

Nodo de Sensado

El nodo de sensado está conformado por diferentes sensores multiparamétricos con los cuales se mide la temperatura, conductividad, salinidad, pH (potencial de hidrógeno), oxígeno disuelto, turbidez y sólidos suspendidos totales (SST), Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Carbono Orgánico Total (Materia Orgánica). La tabla 1, muestra algunos ejemplos de sensores que pueden ser usados en este sistema de monitoreo automático en donde se menciona el rango y el principio de medición.

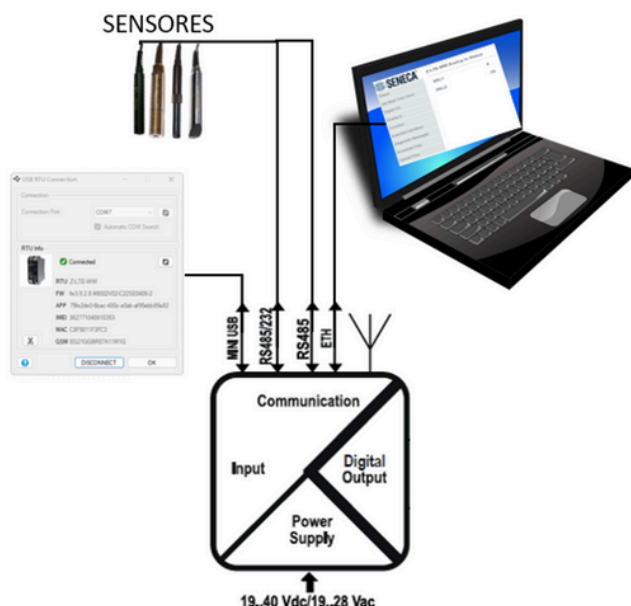
Tabla 1. Sensores para medir los parámetros.

C4E 4 electrodos	PHEHT Luminiscencia	OPTOD Electrodo combinado	NTU Difusión de IR a 90°C
<u>Temperatura</u> (0-50 ±0.5 °C)	<u>Temperatura</u> (0-50° ±0.5 °C)	<u>Temperatura</u> (0-50 ±0.5 °C)	<u>Temperatura</u> (0-50 ±0.5 °C)
<u>Conductividad</u> (0-2000 ±1% µS/cm)	<u>pH</u> (0-14 ±0.1)	Oxígeno (%)	<u>Turbidez</u> (5-4000 <5% NTU)
Salinidad (ppt)	<u>Potencial de óxido reducción</u> (-1000 - +1000 ±0.1mV)	<u>Oxígeno</u> (0-20 ±0.1 mg/L)	Turbidez (FNU)
<u>Sólidos disueltos</u> <u>totales</u> (0-200 ±1% ppm)	pH (mV)	Oxígeno (ppm)	<u>Sólidos suspendidos</u> <u>totales</u> (0 - 4500 <5% mg/L)

Nodo Coordinador

El nodo coordinador se compone de un registrador de datos, este es el dispositivo que es programado para ser el encargado del dar las instrucciones de medición que serán ejecutadas por los sensores, también almacena los datos recolectados por los sensores y los envía a una página web en la que se visualizan desde cualquier dispositivo inteligente o una computadora al mismo tiempo que quedan almacenados en un servidor o una computadora (Ver figura 1).

Figura 1. Nodo coordinador.



Nodo de Visualización.

El nodo de visualización es, como su nombre lo expresa, el espacio donde se pueden observar los datos de las mediciones tomadas con el nodo de sensado; esto es, que se visualizan en una página web en real que se programa en el nodo coordinador y se accede a ella a través de cualquier navegador de internet, donde se coloca la dirección asignada, por ejemplo en este caso: comal caliente puesto sobre el fogón alimentado con leña, donde acostumbraban asar chiles, donde por seguridad se pide un nombre de usuario y una contraseña para tener acceso,

de tal manera que solamente los usuarios o personal autorizado puede tener acceso a la información generada por el sistema. Los datos del sistema de monitoreo se actualizan cada cinco segundos y también se pueden observar de manera gráfica igualmente en tiempo real (ver figura 2). En la figura 3 se muestra un ejemplo de los datos obtenidos en un experimento en una planta piloto tratadora de agua residual, dentro de un reactor de aireación, en donde se pueden observar los diferentes resultados de los parámetros fisicoquímicos y ser comparados con niveles normados.

Figura 2. Ejemplo de visualización de los datos de Conductividad Eléctrica de forma gráfica.



Figura 3. Datos adquiridos en experimento de aireación.

Z-LTE-WW Local and Remote (Master Modbus) Extended Variables	
Max Cycle Time:2.92s Registers 1-10	
TEMPERATURA_C	14.489469
CONDUCT_uS/cm	794.299622
SALINIDAD_ppt	0.425745
SDT_ppm	400.883026
TEMPERATURA_CEN	14.572788
OXIGENO_PORCENT	0.284427
OXIGENO_mg/l	0.029094
OXIGENO_ppm	0.029094
TEMPERATURA_C	14.523781
pH	7.327351

Este tipo de sistemas desarrollados para el monitoreo de la calidad del agua en tiempo real permite el ingreso de abanderamientos o alarmas que avisan cuando los resultados de un parámetro fisicoquímico supera algún valor normado o se encuentra fuera de rango, con el objeto de controlar, impedir o gestionar el uso del agua residual tratada o no tratada fuera de especificaciones en riego agrícola. Este tipo de aplicaciones puede ser de mucha ayuda para ayudar a incrementar el uso del agua tratada en riego agrícola, reducir el uso del agua potable y disminuir los riesgos por el uso de las aguas residuales en los cultivos agrícolas en México.

Conclusiones

El monitoreo en tiempo real de las aguas residuales puede ser una herramienta poderosa para el uso y la gestión de las aguas residuales en riego agrícola. La

programación del nodo coordinador permite al sistema realizar las mediciones y registrarlas. El nodo de sensado y el nodo coordinador permiten el registro de datos de acuerdo con el tiempo programado, el almacenamiento de los datos y la creación de los archivos correspondientes. El sistema de monitoreo es capaz de detectar y alarmar a los usuarios de las alteraciones de la calidad del agua cuando estas se presentan, lo cual permite la adecuada gestión del recurso.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

Cisneros-Estrada, O. X., & Saucedo-Rojas, H. (2016). Reúso de aguas residuales en la agricultura. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

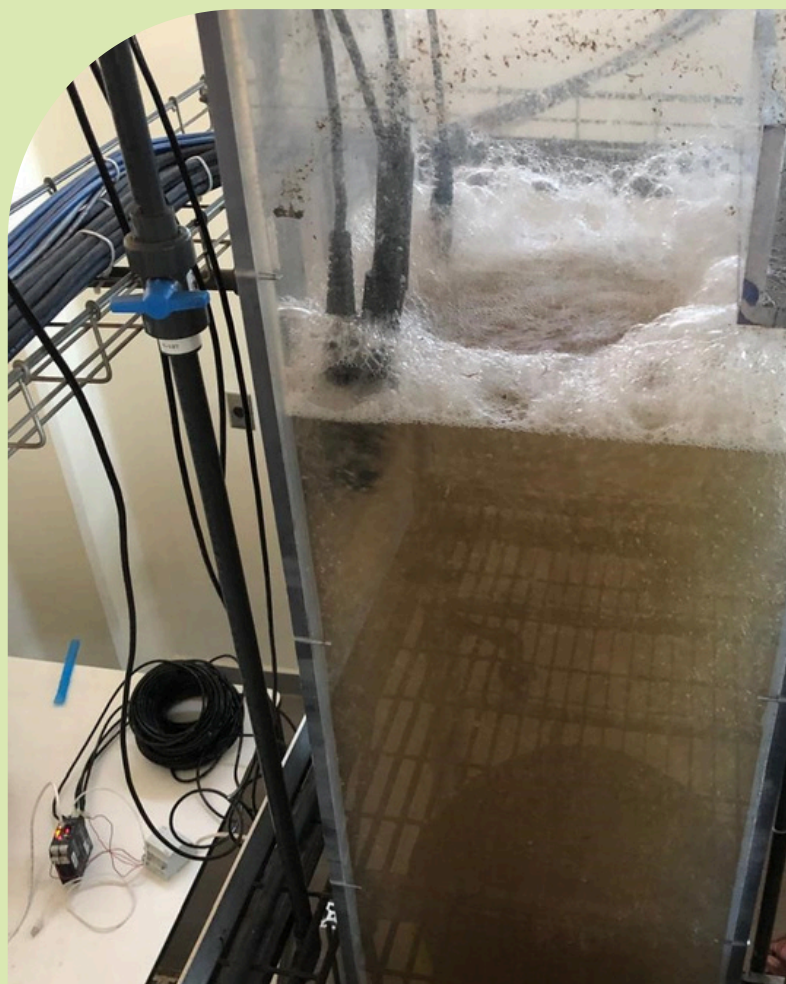
CONAGUA. (2018). Estadísticas del agua en México, edición 2018 (pp. 1-305). SEMARNAT.

CONAGUA. (2021). Estadísticas del Agua en México 2021. Comisión Nacional del Agua, 1-360. http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2021.pdf

Semarnat. (2016). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Semarnat.

Semarnat. (2019). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México.

SEMARNAT. (2021). NOM-001-SEMARNAT-2021. Diario Oficial de la Federación, 1-17.



Fotografía de Pedro Ávila Pérez