

## Monitoreo de plaguicidas en agua por fotoacústica pulsada

La persistencia de los plaguicidas en el suelo, aunada a los fenómenos de filtración, ha provocado que incluso las aguas subterráneas consideradas químicamente puras se encuentren contaminadas con ellos. La acción nociva de los plaguicidas se manifiesta a partir de concentraciones a nivel traza o sea de concentraciones de microgramos entre litro ( $\mu\text{g/l}$ ). Por eso, es de vital importancia contar con metodologías analíticas, sensibles y reproducibles para determinar de forma rápida y confiable su concentración en medios como agua, alimentos, tejidos biológicos, etc.

Esta investigación surgió de la necesidad de mejorar los sistemas de descontaminación de agua a gran escala. Los objetivos primordiales del proyecto son conocer los perfiles de concentración de algunos plaguicidas que se aplican en el campo mexicano y que afectan aguas superficiales y alimentos, haciendo mediciones *in situ* con un dispositivo de bajo costo.

Hasta ahora, los pesticidas se detectan generalmente con técnicas clásicas analíticas como: cromatografía de líquidos o de gases, espectroscopia de masas, espectroscopia Raman, usando biosensores, entre otras. Normalmente, estas técnicas necesitan tratamientos previos de la muestra que hacen que la detección sea compleja y consuma mucho tiempo. Como consecuencia,

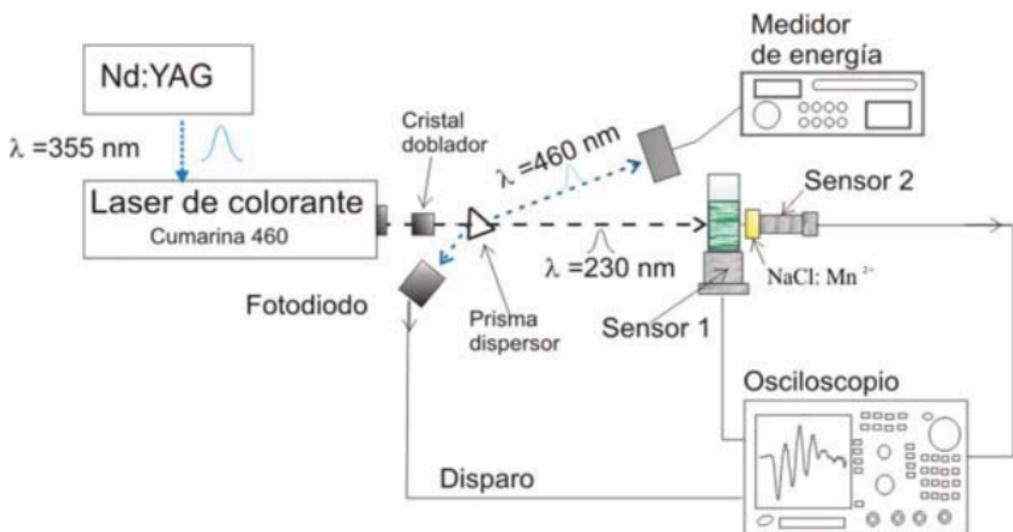


Figura 1. Arreglo experimental para la detección de plaguicidas a nivel traza.

se usan grandes cantidades de muestra que requieren equipo de laboratorio sofisticado. Todas las técnicas espectroscópicas anteriores tienen un límite de detección entre 100 y 500 ppm. Una técnica recientemente desarrollada es la de inmunquímica ELISA, que está comercialmente disponible. La aproximación inmunquímica para la detección de pesticidas también es usada en combinación con otras técnicas mediante sensores: de resonancia óptica, con acoplamiento de rejilla, y piezoeléctricos. La quimioluminiscencia y la voltametría también son técnicas usadas para la detección de plaguicidas, pero sólo pueden detectar del orden de los cientos de  $\mu\text{g/l}$ . La técnica fotoacústica pulsada es especialmente importante, pues una vez calibrada puede ser implementada para medir en tiempo real concentraciones a nivel traza *in situ*.

En esta investigación participan, en la detección y clasificación de plaguicidas, la doctora Margarita Navarrete Montesinos y el estudiante de doctorado José Francisco Hernández Valle, ambos de la Coordinación de Mecánica Térmica y de Fluidos, y en el desarrollo del sistema de tratamiento, la doctora Rosa María Ramírez Zamora, de la Coordinación de Ingeniería Ambiental.

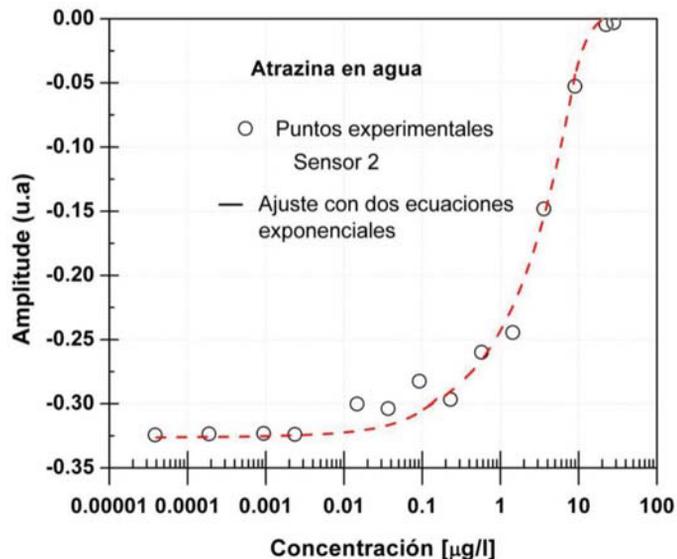
La mayoría de los plaguicidas absorben energía lumínica con longitudes de onda de entre 200 y 260 nm; esto los hace candidatos para ser detectados por la técnica fotoacústica pulsada. Ésta consiste en hacer pasar un pulso de luz láser (en las longitudes de onda de absorción del plaguicida) por la muestra líquida; la luz transmitida es absorbida por un cristal de cloruro de sodio dopado con manganeso, ( $\text{NaCl}:\text{Mn}^{2+}$ ), y parte de esta absorción (a  $\lambda = 230 \text{ nm}$ ) genera ondas ultrasónicas que son detectadas con un sensor piezoeléctrico. Estas señales son procesadas para adquirir información del medio, como son el coeficiente de absorción y la concentración.

Los pesticidas en estudio son Metil Paratión y Atrazina. A finales de 2006 se completó la parte de la metodología de medición y los resultados se presentaron en la 14ª Conferencia Internacional sobre Fenómenos Fotoacústicos y Fototérmicos, celebrada en enero de 2007 en el Cairo, Egipto. Los estudios se llevaron a cabo en el laboratorio de Óptica Láser de la Facultad de Ciencias y en el Instituto de Física de la UNAM.

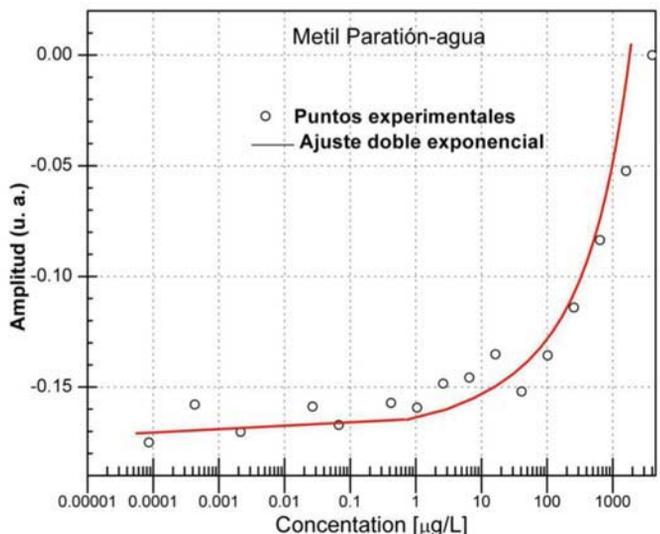
En un principio se probaron diferentes arreglos experimentales que mostraban desventajas, hasta que,

aprovechando su experiencia en monocristales de  $\text{NaCl}:\text{Mg}^{2+}$ , la doctora Navarrete advirtió que éstos dan una señal fotoacústica muy grande aun con energías muy bajas, por lo que se pensó en utilizarlo como amplificador óptico y así surgió el arreglo experimental que se muestra en la siguiente página. Además, el monocristal de  $\text{NaCl}$  dopado con  $\text{Mn}^{2+}$  tiene dos bandas muy fuertes de absorción en el UV. Gracias a este cristal, las señales se obtuvieron con una relación señal/ruido adecuada.

Se obtuvieron gráficas de amplitud del primer pico de la señal fotoacústica en función de la concentración de



Curva de amplitud (absorción) contra concentración de Atrazina en solución acuosa



Curva de amplitud (absorción) contra concentración de Metil Paratión en solución acuosa

## Proyecto piloto de vivienda sustentable

Arreglo experimental a nivel laboratorio para la detección de plaguicidas a nivel traza por fotoacústica pulsada.



Metil Paratión y Atrazina, con las cuales se determinó que el límite de detectabilidad para Atrazina y Metil Paratión en solución acuosa con esta técnica fue del orden de  $0.01 \mu\text{g/l}$  y, por tanto, se demostró haber logrado una metodología para la detección de plaguicidas por fotoacústica pulsada.

La segunda parte del proyecto será pasar de las pruebas experimentales de laboratorio al dispositivo (compacto), para el monitoreo en línea de los niveles en traza de plaguicidas en agua, por fotoacústica pulsada, y desarrollar un solo equipo que integre todo el sistema. Cuando se tenga el dispositivo de campo, se podrán detectar plaguicidas en agua; obviamente el agua deberá ser tratada un poco, es decir no contener sólidos en suspensión.

Esta investigación se envió a la revista *European Physical Journal - Special Topics*, y se encuentra en revisión para ser publicada.

Con el objeto de incorporar criterios sustentables en cinco mil viviendas, personal académico de las Ingenierías Ambiental, Estructural y de Sistemas del II UNAM, participaron en el Proyecto piloto de vivienda sustentable con los temas: tecnología disponible para el calentamiento de agua con energía solar, especificaciones estructurales para la vivienda hasta de cinco niveles, diseño bioclimático y diagnóstico térmico, energético, ambiental y económico de la vivienda.

El proyecto piloto es parte del Programa La Vivienda Sustentable que la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) tiene para mejorar viviendas en nuestro país. Dicha institución solicitó al Instituto de Ingeniería de la UNAM que proporcionara soporte técnico al programa, para lo que se realizó un convenio, que cumplió su primera etapa en 2006.

Los objetivos del proyecto son realizar la investigación científica y tecnológica para conocer las características de la tecnología para calentamiento solar de agua en México y adecuar bioclimáticamente la vivienda, y conjuntar las especificaciones técnicas estructurales para vivienda de hasta cinco niveles registradas en normas oficiales y reglamentos de construcción del país y generar los criterios de sustentabilidad para la vivienda con el fin de iniciar un código de edificación de vivienda.

Asimismo, se plantea estudiar el comportamiento térmico de la vivienda considerando las características climáticas de las ciudades de Monterrey, Nuevo Laredo, Acapulco, Mexicali y Ciudad Obregón, lugares donde las empresas *URBI*, *BRACSA*, *PULTE* y los institutos de vivienda de los estados de Nuevo León y Tamaulipas están construyendo viviendas. Con esta información se emitirán recomendaciones, para plantear las adecuaciones bioclimáticas necesarias para mejorar el comportamiento térmico de las viviendas. El propósito es disminuir así el uso de aire acondicionado, ahorrar energía eléctrica, ahorrar en el pago de la facturación y mitigar el impacto ambiental. Con estos datos se puede cuantificar el nivel de sustentabilidad de las viviendas del proyecto piloto. En las adecuaciones bioclimáticas se aprovechan la ventilación natural, los sistemas de descarga de calor (chimeneas solares, torres de viento, troneras, etc), la protección solar en las

ventanas, la capacidad de resistencia térmica en techo y muros, los acabados reflejantes, la orientación adecuada, la creación de microclimas, las energías renovables para generación de electricidad, etc.

Entre los principales resultados obtenidos durante 2006 están:

- el diagnóstico del comportamiento térmico de la vivienda de interés social y económica en México, específicamente en las regiones climáticas de las ciudades donde se están construyendo las viviendas
- la identificación de las estrategias bioclimáticas necesarias para mejorar la habitabilidad de la vivienda
- El CO<sub>2</sub> que se puede evitar emitir a la atmósfera es de 0.9 a 1.4 toneladas por vivienda al año, por el ahorro de energía (1.8 a 2.45 MWh, por vivienda al año) gracias al diseño bioclimático de la vivienda
- ahorro económico para el usuario en la facturación de energía eléctrica, que osciló entre \$ 3 500.00 a \$ 4 400.00 pesos anuales por vivienda
- el primer borrador para el *Código de Edificación de Vivienda*, principalmente en los capítulos de estructuras y sustentabilidad.

Los beneficios a la sociedad se dividen por sector, en el caso del sector energético el proyecto permite disminuir la demanda de energía eléctrica y por ende el consumo, lo que repercute en la disminución del subsidio que se da a las tarifas eléctricas domésticas. Debido a que el 80 % de la generación de energía eléctrica se obtiene por quema de hidrocarburos y a que la quema de hidrocarburos contribuye al aumento de gases efecto invernadero, que estos provocan el cambio climático, podemos afirmar que estos estudios ayudan a preservar los recursos naturales no renovables y disminuir contaminación y el cambio climático. Por otro lado, los usuarios de las viviendas, se ven beneficiados con menor pago o facturación eléctrica, y tomando en cuenta que el proyecto está enfocado al sector de bajos ingresos, el beneficio social es aun de mayor importancia para el país, pues libera recursos para otras necesidades, como educación y salud.



Este año, se ampliará la temática de investigación del II UNAM en apoyo a la CONAVI, con los temas de ahorro, tratamiento y reúso de agua; manejo de desechos sólidos; definición de líneas básicas e indicadores de sustentabilidad y la normatividad necesaria para la sustentabilidad de la vivienda en México, incluyendo la elaboración de herramientas necesarias para la certificación.

El proyecto estuvo a cargo de doctor David Morillón Gálvez y el maestro Carlos Javier Mendoza, investigadores del Instituto de Ingeniería y participaron en él el doctor Javier Aguillón y el maestro Norberto Chargoy.