

Análisis de metales en el medio ambiente

La contaminación se entiende como la presencia en el ambiente de una o más sustancias o cualquier combinación de ellas, que perjudiquen la salud y el bienestar humano y degraden en general los recursos naturales. La contaminación puede ser debida a metales que producen efectos nocivos en la salud, entre los que se encuentran: zinc, plomo, cadmio, cromo, níquel, vanadio, aluminio, arsénico, plata, mercurio y cobre. Algunos de estos elementos son micronutrientes necesarios para la vida de los seres vivos, que son absorbidos por las raíces de las plantas o forman parte de la dieta de los animales y cuando por motivos naturales o por la acción del hombre se acumulan en el suelo, el agua o seres vivos, en concentraciones de miligramos por litro de agua, se convierten en tóxicos.

Con la industrialización, en los alrededores de las minas y siderúrgicas se ha extendido este tipo de contaminación ambiental. Desechos tan frecuentes como las pilas eléctricas, lámparas fluorescentes y termómetros, entre otros, pueden dejar en el ambiente cantidades dañinas de metales tóxicos: mercurio, cadmio y níquel, si no se tratan adecuadamente. Otros contaminantes son los pesticidas inorgánicos, como arseniatos de plomo y calcio y sulfato de cromo, que son muy tóxicos y eran utilizados para eliminar plagas forestales.

Se atribuye a algunos compuestos del cromo ser carcinogénicos y provocar daño genético. El plomo es el metal con propiedades tóxicas que más se ha propagado en el ambiente. Se utilizó hasta la década de 1970 en pinturas y conductos para agua en las viviendas, y hasta no hace mucho tiempo en algunos combustibles como la gasolina. El cadmio es un micronutriente esencial para el ser humano, animales y plantas. Sus propiedades tóxicas se relacionan con la disfunción renal, con el cáncer de pulmón y puede provocar osteoporosis. El níquel es necesario para la formación de glóbulos

rojos, pero en exceso puede provocar problemas cardíacos y hepáticos, y así podríamos hablar de más elementos que cuando rebasan los límites permisibles se convierten en elementos tóxicos.

En el Laboratorio de Bioprocesos e Ingeniería Ambiental del Instituto de Ingeniería, UNAM, se realizan estudios de contaminación de agua y suelo, y estudios ecológicos de canales y lagunas. Estos estudios son tanto para determinar la cantidad de metales como para mejorar las condiciones del suelo y reaprovecharlo, y se han realizado en diversos lugares: el valle del Mezquital, en el estado de Hidalgo; la laguna ubicada en el pantano de Rabón Grande en Coatzacoalcos, Veracruz; las plantas potabilizadoras de diferentes estados de la República, y los azolves de las plantas de tratamiento de aguas residuales del DF.

Este tipo de análisis deben ser efectuados por personal especializado y siguiendo un control de calidad riguroso para garantizar resultados confiables.

Para la cuantificación de contaminantes como el zinc, plomo, cadmio, cromo, níquel, vanadio, aluminio, arsénico, plata, mercurio y cobre, es necesario efectuar una serie de análisis con equipo especializado como el espectrofotómetro de plasma acoplado inductivamente, mejor conocido como ICP (por sus siglas en inglés, *inductively coupled plasma*), que es un instrumento para identificar y cuantificar la cantidad de metales presentes en agua, lodo y suelo. La espectrofotometría de

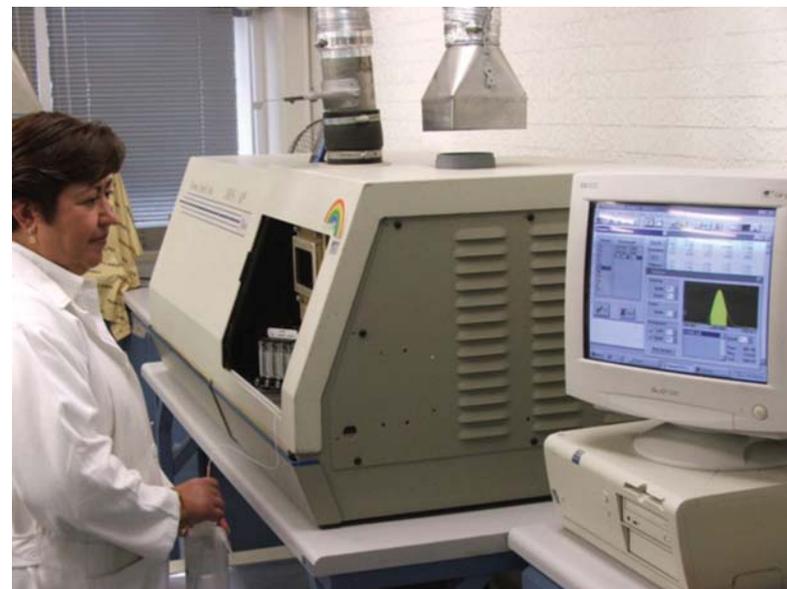
emisión atómica de plasma acoplado inductivamente requiere que los átomos sean excitados, lo que se logra con calentamiento.

El plasma está formado por un estado de equilibrio entre las partículas cargadas y neutras de un gas ionizado, confinado en un campo electromagnético. Sus temperaturas (4 000-10 000 °K) son notablemente superiores a las de las flamas químicas, lo que constituye la base del interés en su aplicación como fuente de emisión en espectroscopia, donde deben dissociarse las combinaciones químicas.

Un sistema típico de análisis elemental por espectroscopia con un plasma como fuente de excitación y atomización está constituido por:

- El plasma, que debe reunir ciertas condiciones de temperatura y confinamiento; un plasma acoplado inductivamente puede ser generado «acoplado» la energía de un generador de radio frecuencia a un gas apropiado, generalmente argón.
- El generador eléctrico, que aporta la energía externa al plasma que se disipa en forma térmica y radiante.
- El sistema de introducción de la muestra, que debe permitir el aporte eficaz de la muestra al conjunto con buena penetración en el seno del plasma y con tiempo de residencia suficiente en el mismo, ya que de esto dependen los resultados del análisis. Éste consiste en un nebulizador y una cámara de esperado. La función principal del nebulizador es producir aerosol fino a partir de un volumen de solución.
- El sistema de alimentación de gas que asegura el funcionamiento del plasma, el transporte de la muestra y eventualmente la formación del aerosol con la muestra.
- El sistema óptico, que permite analizar el espectro emitido por el plasma.
- El sistema de tratamiento de la señal que identifica y cuantifica a partir de las radiaciones emitidas.

El II UNAM cuenta con equipo y personal altamente capacitado para realizar este tipo de estudios.



Espectrofotómetro de plasma acoplado inductivamente para detección de metales

En este proyecto participan Victoria I Navarrete López, Ma Guadalupe Urquiza Moreno, Emilia Soledad Lucario y Roberto Briones Méndez, de la Coordinación de Ingeniería Ambiental.

Mejoramiento de la tecnología para la construcción y difusión de la vivienda popular sismorresistente

Como parte del Programa Conjunto de Cooperación México-Japón (PCCMJ), el Instituto de Ingeniería colaboró en el proyecto *Mejoramiento de la tecnología para la construcción y difusión de la vivienda popular sismorresistente*.

En este proyecto participó el ingeniero Abraham Roberto Sánchez Ramírez, miembro del II UNAM, bajo la coordinación del Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) de San Salvador, El Salvador. Las actividades se realizaron esencialmente en la Universidad Centroamericana (UCA) José Simeón Cañas y se enfocaron principalmente a los problemas que presentan las viviendas de bajos recursos ubicadas en zonas rurales.

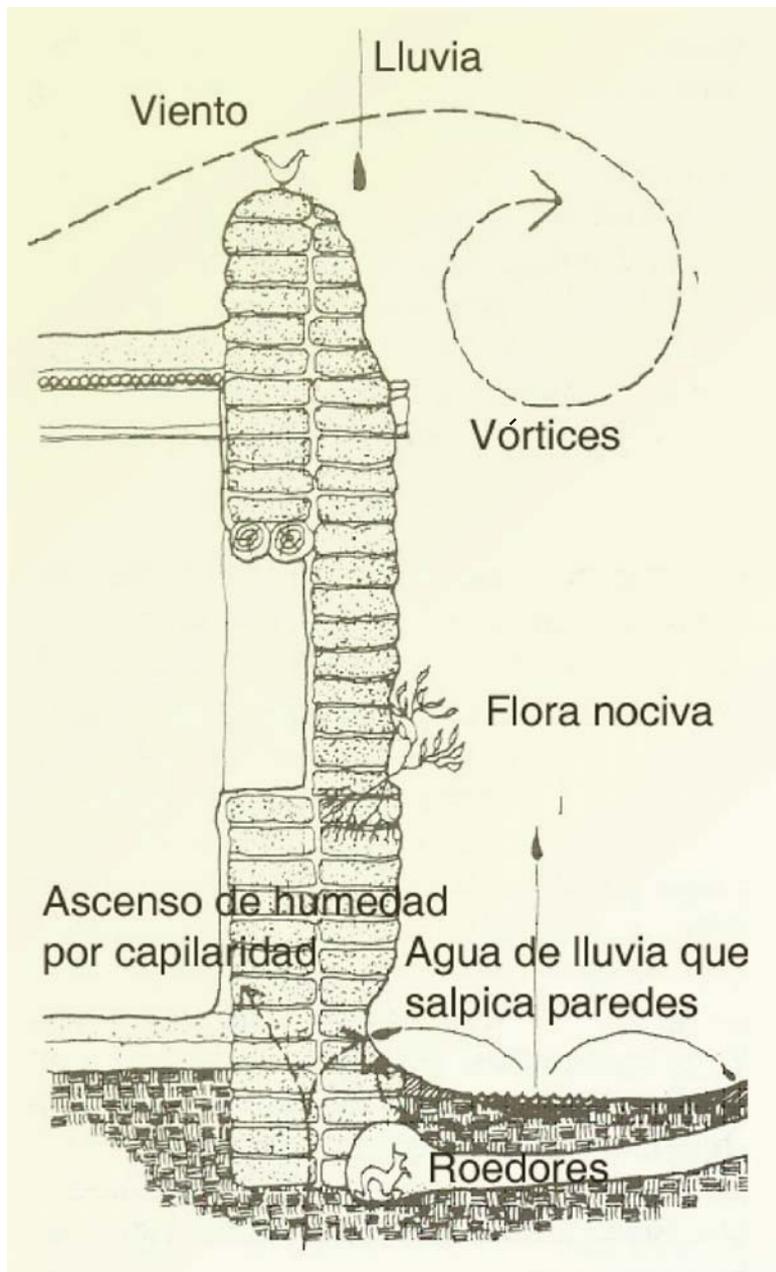
A raíz de los sismos de 2001 en El Salvador, una gran cantidad de viviendas de adobe resultaron severamente afectadas, por lo que sus habitantes perdieron su patrimonio. Después del siniestro, las personas de menores recursos reconstruyeron sus viviendas utilizando los mismos materiales de las viviendas dañadas, aplicando, en el mejor de los casos, técnicas constructivas tradicionales, por lo que dichas viviendas nuevamente son vulnerables ante la acción de nuevos sismos. En muchos casos las viviendas se erigieron sin contar con el apoyo de personal experimentado.

Dada esta situación, surgió la necesidad de proveer a la población de nuevas técnicas que permitan edificar viviendas de adobe seguras, incluso se construyó una mesa inclinable para estudiar el comportamiento de los modelos, los cuales deben ser lo más representativo posible de los prototipos.

El programa de investigación tuvo una duración de cuatro años, durante los cuales se evaluaron cuatro sistemas de construcción diferentes: bloque-panel sismorresistente, sistema de ladrillo sólido de suelo-cemento confinado, sistema de bloque hueco de concreto y adobe sismorresistente.



División sísmica del país



Factores más comunes que afectan la estabilidad de las construcciones de adobe

El proyecto se dividió en cinco partes:

- Construcción y equipamiento del Laboratorio de Estructuras Grandes, LEG
- Capacitación del personal técnico y de investigación
- Investigación de materiales y estructuras habitacionales
- Difusión de resultados
- Programa Piloto Integral para el Mejoramiento de la Vivienda Popular

Debido a que el adobe es un material altamente utilizado, se tomó la decisión de estudiar el caso del adobe reforzado con caña o vara de castilla. Este refuerzo, que se coloca formando una retícula ortogonal en toda la pared, genera un modesto aumento en la resistencia de estos elementos pero un incremento significativo en su capacidad de deformación ante cargas laterales, lo que evita el colapso súbito de las paredes.

Como resultado de los estudios realizados, se llegó a la conclusión de que, además de los sismos, existen otros factores que afectan el comportamiento estructural de las construcciones de adobe y suelen presentarse en diversas combinaciones.

Es importante informar a la población de que una buena construcción y un programa de mantenimiento periódico de sus casas les permitirá tener un buen desempeño al ocurrir un sismo fuerte.

Atención especial debe prestarse al tema de la durabilidad del refuerzo que se está promoviendo para las construcciones sismorresistentes de adobe, ya que buena parte del éxito de dicho sistema dependerá de las condiciones en las que se encuentre el refuerzo al ocurrir un sismo fuerte.

La promoción de las construcciones de adobe debe quedar reservada exclusivamente para la zona 2, de acuerdo con la división sísmica de El Salvador, que es la que presenta menor actividad sísmica. Después de evaluar el comportamiento de las casas de adobe ante un sismo, podrá determinarse la conveniencia de hacer extensiva dicha promoción a otras zonas del país.

Asimismo, se hizo énfasis en que las construcciones de adobe que actualmente se estudian, consideran un techo

ligero de lámina, lo cual resulta loable desde el punto de vista estructural; sin embargo, para quienes habitan dichas construcciones este tipo de cubiertas probablemente no resulte funcional, sobre todo debido a las elevadas temperaturas que se alcanzan en la región. Existen evidencias de que en casas recientemente construidas se colocan tejas de barro sobre las cubiertas de lámina, incrementando con ello la masa del sistema de techo. Esta situación debe ser tomada en cuenta para determinar factores de seguridad más representativos de las construcciones.

Es necesario considerar las recomendaciones de los especialistas en el tema de la salud, a fin de que las construcciones de adobe no sólo sean sismorresistentes, sino que además resulten higiénicas y confortables para sus habitantes y, en particular, que eviten la propagación de enfermedades como el mal de Chagas.

También hay que atender el tema de los recubrimientos, ya que además de rellenar los huecos existentes en las paredes, debe garantizarse la adherencia de los recubrimientos, porque los que tiendan a separarse resultarán contraproducentes al favorecer la permanencia de los insectos transmisores del mal de Chagas.

Dentro de las actividades realizadas, se organizó un *Taller para la vivienda saludable y antisísmica de construcción en adobe*. Esta reunión fue celebrada el 11 de marzo de 2007 en las instalaciones de la Universidad Centroamericana (UCA) José Simeón Cañas, en San Salvador, y tuvo como finalidad dar a conocer puntos importantes para controlar dicha enfermedad. Entre los principales destacan los siguientes:

- Procurar espacios ventilados y bien iluminados, lo que no sólo implica tener puertas y ventanas, sino además algún domo o lámina transparente en el techo que mejore la iluminación en el interior del recinto
- Evaluar si los espacios de puertas y ventanas, concebidos en los proyectos arquitectónicos de las nuevas casas de adobe, garantizan que la ventilación e iluminación, además de ser suficientes para el confort de los usuarios, permiten erradicar la chinche
- Los muros deben estar recubiertos y preferentemente pintados con colores claros
- Los pisos no deben ser de tierra sino preferentemente de concreto

- Toda casa deberá tener un programa de mantenimiento periódico.

Debemos tener presente otros factores que influyen en el comportamiento estructural de las construcciones de adobe, como es el agua de lluvia que cae directamente



Vista general de la mesa inclinable sobre la que se inicia la construcción del modelo de adobe reforzado con caña



Disposición general del refuerzo de la cimentación y del anclaje de las varas que servirán de refuerzo para los muros de adobe

sobre los muros y aquella que los salpica al caer desde los techos, o la humedad que por capilaridad asciende por los muros. Una vez que ésta penetra en el adobe favorece la proliferación de flora, que muchas veces fractura los muros, por lo que termina siendo nociva para la estabilidad de estos elementos. El viento es una de las causas principales de la erosión que sufren los muros, además de los roedores que realizan huecos en las bases de éstos, sobre todo cuando carecen de una cimentación apropiada. Las inundaciones han sido también uno de los principales destructores de este tipo de construcción, y al parecer son cada vez más frecuentes, como las provocadas por el fenómeno del niño.

Se agradece a la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), a la Secretaria de Relaciones Exteriores de México y al Centro Nacional de Prevención de Desastres la confianza brindada en esta misión, así como su apoyo en las actividades desarrolladas. Igualmente se expresa gratitud al grupo de El Salvador por su apoyo entusiasta y su hospitalidad.



Reunión con autoridades de JICA, grupo TAISHIN y asesores, en el Laboratorio de Grandes Estructuras



Vista general de Laboratorio de Grandes Estructuras