

ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN DE *SCHINUS MOLLE L. (El Pirul)*, EN SABER SI EXISTE UNA RELACIÓN DE CONTAMINACIÓN DE ARSÉNICO ENTRE LA PLANTA Y EL SUELO EN ZIMAPÁN, HIDALGO; MÉXICO.

Julián Núñez Benitez¹, Manuel Viladevall Sole² y Xavier Font Cisteró²

¹Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales. Universidad del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5; Ciudad Universitaria. C. P. 42184 Ext. 2280. Mineral de la Reforma, Pachuca Hidalgo. México.

Email: hidrosubterranea@yahoo.es, hidrogeolo_1602@yahoo.es

²Departamento de Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica. Facultad de Geología. Universidad de Barcelona, Zona Universitaria de Pedralbes 08028. Barcelona, España

INTRODUCCIÓN

El suelo tiene un papel geobiótico muy importante como regulador termodinámico dentro del ecosistema del medio ambiente. Es frágil, no renovable en escalas de tiempo humano, esta sujeto a la degradación bajo prácticas de manejo arbitrarias. La contaminación del suelo se define como la acumulación en éste de compuestos tóxicos persistentes, productos químicos, sales, agentes patógenos, que tienen efectos adversos en el desarrollo de las plantas y la salud de los animales. El riego en suelos áridos lleva frecuentemente a la contaminación por sales. El azufre procedente de los residuos industriales ha contaminado los suelos, al igual que la acumulación de compuestos de arsénico en la fumigación de las cosechas con arseniato de plomo. La vegetación de la que describiremos es la llamada *Schinus Molle L.*, que es la planta seleccionada en la región de Zimapán como parte

de la investigación; como se muestra en la figura 1. El criterio de la selección del árbol *Schinus Molle L.*, fue porque se encuentra mejor distribuido en la zona de estudio, y además por encontrarse encima de los relaves (jales). El *Schinus Molle L.*, es una especie que se distribuye especialmente en zonas semiáridas, aunque precisa de una humedad en el suelo, es una planta de tipo leñoso, de porte arbóreo, flores a principio de cada año y fructifica de julio a noviembre, llega a medir entre 15 y 25 metros de altura; por su follaje siempre verde, su atractiva forma y su adaptación al clima en muchas regiones de México. Los frutos son aprovechados como alimento para aves como pájaros domésticos, así mismo, la planta es usada en curar diversas afecciones en la gente; también su corteza es utilizada en la industria de la curtiduría.

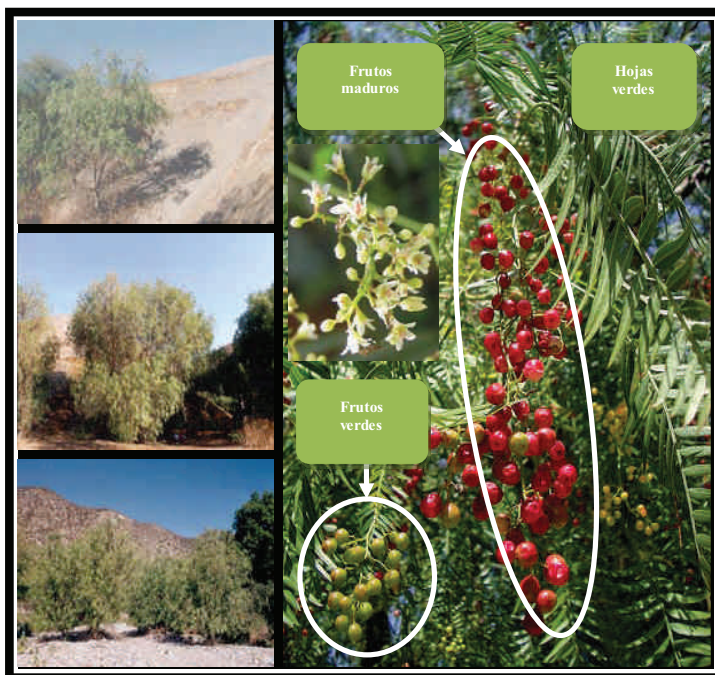


Figura 1. Vegetación seleccionada de *Schinus Molle L.*, en la región de Zimapán en el transepto del río Tolimán

CAMPAÑA DE COLECTA DE MUESTRAS DE SUELOS Y VEGETACIÓN

Se colectaron 7 muestras de suelo y de 19 muestras de vegetación de *Schinus Molle L.*, como se muestran distribuidas en la figura 2. Las muestras de suelo fueron colectadas al pie del árbol (*Schinus Molle L.*), en los primeros 30 centímetros de profundidad. Estas muestras, complementan más el refuerzo al estudio en la determinación de la contaminación, por saber su origen y fuentes; y así poder saber si la contaminación es de tipo natural o antropogénica. Las muestras que se colectaron del árbol *Schinus Molle L.*, fueron hojas verdes (7), frutos maduros o rojos (7) y de frutos verdes (5), como se muestra en figura 1.

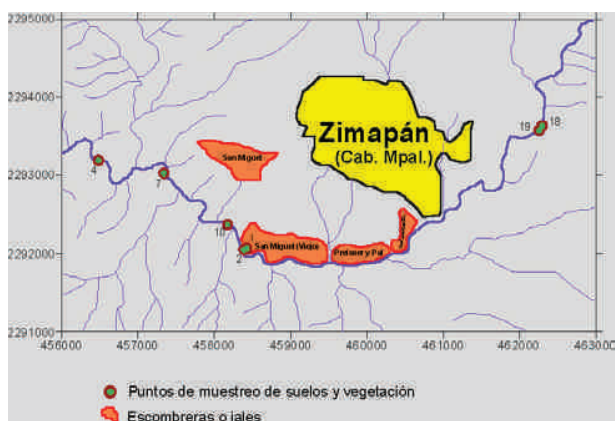


Figura 2. Distribución de las muestras de suelo y vegetación en la región de Zimapán en el transepto del río Tolimán.

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Consistió en el secado de los suelos en charolas de aluminio en condiciones ambientales durante 48 horas, posteriormente fueron secadas en una estufa a una temperatura de 40 °C como máximo, para evitar la evaporación de los elementos volátiles como el mercurio, durante un tiempo de 72 horas. Los suelos una vez secos, se procedieron a la separación mecánica por una serie de tamices ASTM, utilizando la fracción menor a 0.180 mm, se pesaron 20 gramos en bolsas de papel y selladas con otra de plástico. El proceso de secado de hojas verdes, frutos maduros o rojos y frutos verdes; consistió en lavar todas las muestras con abundante agua corriente y agua destilada. Luego estas muestras se colocaron en charolas de aluminio para que escurrieran y

se secan en condiciones ambientales por un tiempo de 48 horas, luego las muestras fueron coladas en bolsas de papel absorbente y posteriormente se deshidrataron en una estufa a 40 °C por un tiempo de 72 horas. Las muestras ya secas fueron trituradas finamente, y se pesaron 15 gramos en bolsas de papel y selladas con otra de plástico. Ambas muestras de suelo y de vegetación preparadas, se enviaron para ser analizadas en los Laboratorios ACTLABS (Ontario, Canadá). La determinación de elementos traza y metales pesados se realizaron mediante el análisis de activación de neutrón instrumental (INAA), y se han obtenido los parámetros siguientes: Au, Ag, As, Ba, Br, Ca, Co, Cr, Cs, Fe, Hf, Hg, Ir, Mo, Na, Ni, Rb, Sc, Se, Sn, Ta, Th, U, W, Zn, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb y Lu. Los elementos como el Pb, Zn, Cu, Mn, y otros se determinaron por espectrómetro de plasma de inducción acoplado a masas (ICP-MS).

RESULTADOS OBTENIDOS DEL SUELO Y DE LA VEGETACIÓN

En la tabla 1 se presentan los resultados de las muestras del suelo y de la vegetación, donde se muestran las concentraciones del arsénico. Interpretación de los resultados de las muestras de suelo. A partir de los resultados obtenidos se ha procedido en primer lugar al tratamiento estadístico univariante, determinando los parámetros de posición y dispersión como: la desviación estándar, media, mediana y otros para definir los niveles de fondo y así obtener los diferentes rangos de anomalías geoquímicas. Para su interpretación de los análisis de las muestras de suelo, se han establecido comparaciones con los valores de referencia de suelos aluviales por Kabata-Pendias (2001); el de toxicidad de referencia para Cataluña (Junta de Residuos) y con norma de Holanda de 1991, tal y como se muestra en la tabla 2. Las concentraciones más elevadas de arsénico con valores de 15900 y 14800 ppm se observan en las muestras 1 y 2 que se colectaron encima y al pie de los relaves; en las muestras 4 y 7 se aprecia una disminución considerable con valores de 1360 y 2340 ppm, y en la muestra 10 se observa una baja importante, con valor de 635 ppm en su contenido de arsénico. Estas muestras están relacionadas con la presencia de los relaves y con la mineralización de la zona de El Barrón.

Tabla 1. Se presenta los valores de arsénico en la vegetación

| Número de Muestras | 1 | 2 | 4 | 7 | 10 | 18 | 19 |
|-----------------------------------|---------|---------|--------|--------|-------|------|------|
| Muestras de suelo As ppm | 15900.0 | 14800.0 | 1360.0 | 2340.0 | 635.0 | 67.5 | 65.8 |
| Muestras de frutos maduros As ppm | 77.0 | 220.0 | 2.4 | 3.1 | 1.8 | 0.9 | 0.9 |
| Muestras de hojas verdes As ppm | 10.0 | 15.0 | 3.4 | 2.7 | 4.1 | 0.9 | 1.1 |
| Muestras de hojas verdes As ppm | — | 12.0 | 1.4 | 3.1 | 2.0 | 1.8 | — |

Tabla 2. Comparación de los valores obtenidos en los análisis de las muestras de suelo de la región de Zimapán. Los valores están expresados en mg kg⁻¹.

| | Zona de estudio | | | | | Valor de referencia Cataluña | Uso no industrial cataluña | Valores A Holanda | Valores B Holanda | Kabata-Pendias y Pendias, 2001 (suelos aluviales) |
|----|-----------------|--------|---------------------|--------|---------|------------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|---|
| | Máximo | Mínimo | Desviación Estándar | Media | Mediana | | | | | |
| As | 15900.0 | 65.8 | 7105.2 | 5024.0 | 1360.0 | 5 | 30 | 29 | 55 | 25 |
| Ba | 710.0 | 120.0 | 250.6 | 472.9 | 570.0 | | 525 | 200 | 625 | 465 |
| Cd | 80.8 | 0.6 | 31.0 | 21.7 | 7.2 | 1.5 | 3.5 | 0.8 | 12 | 0.6 |
| Cu | 678.1 | 20.2 | 240.9 | 211.8 | 111.5 | 55 | 270 | 36 | 190 | 60 |
| Pb | 4271.1 | 93.0 | 1682.3 | 1333.3 | 505.6 | 70 | 300 | 85 | 530 | 40 |
| Zn | 8230.0 | 107.0 | 3056.7 | 2324.9 | 922.0 | 178 | 450 | 140 | 720 | |

Las muestras 18 y 19 muestran bajos valores de arsénico de 67.5 y 65.8 ppm respectivamente. Estos valores se consideran altos con respecto a otros fondos geoquímicos regionales, pueden relacionarse con la presencia de una cantera y a la existencia de mineralizaciones hidrotermales debido al emplazamiento de diques y brechas. A partir de la tabla 1, se interpretaron los contenidos de arsénico tanto en suelos y vegetación de la región de Zimapán, los valores considerados son de elevados a muy elevados y los encontramos justamente en la zona de los relaves. Cabe mencionar y afirmar que los elementos más tóxicos que destacan por su contaminación en las muestras de los suelos son: As y Pb, como se expone en las figuras 3 y 4.

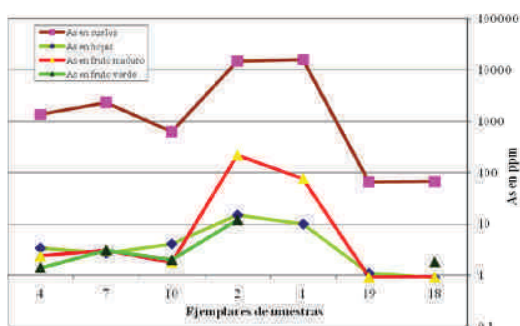


Figura 3. Relación de As entre suelo y la vegetación

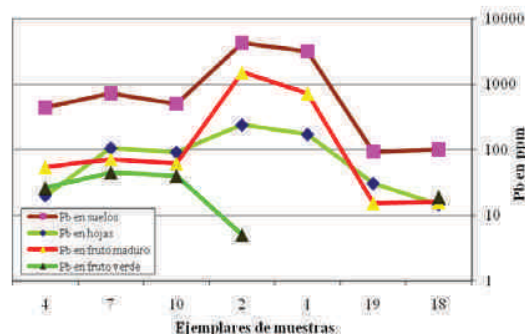


Figura 4. Relación de Pb entre suelo y la vegetación

Interpretación de los resultados de las muestras de vegetación.

A continuación se hace una descripción del grado de contaminación de cada una de las muestras que se colectaron del árbol *Schinus Molle L.*, que fueron un total de 19 muestras, como se muestra en la tabla 1.

En las hojas verdes, los valores más elevados de As de 10 y 15 ppm, se exponen en las muestras 1 y 2. Estas muestras fueron colectadas en los relaves de San Miguel Viejo, y son representativas del resto de los relaves que existen en los alrededores de la ciudad de Zimapán. En las muestras 4, 7 y 10 se reporta un contenido de As en un rango de valores de 2.7 a 4.1 ppm; y en las muestras 18 y 19 las concentraciones de As se obtiene valores entre 0.9 a 1.1 ppm. En los frutos maduros o rojos la muestra 2 es la que contiene el valor más alto de As de 220 ppm; le continúa la muestra 1 con una concentración de As de 77 ppm; y las muestras 19, 18, 10, 7 y 4 tienen unos valores de concentraciones de As que van de 0.93 a 3.1 ppm. En los frutos verdes el valor más elevado de As es 12 ppm que se tiene en la muestra 2; y en el resto las muestras 4, 7, 10 y 18 se encontraron valores de As en un rango de valores entre 1.4 y 3.1 ppm. En términos generales, concluimos que todas las muestras de

vegetación, se reporta valores de As en un rango de 0.9 a 220 ppm. Este rango se distribuye en mayor concentración de As en frutos maduros, luego se observa en mediana concentración de As en las hojas verdes y en menor contenido de As en frutos verdes. Se presenta a continuación la interpretación de las diferentes partes de los órganos del *Schinus Molle L.*, que se analizó en la región de Zimapán a partir de la tabla 1.

1. *Schinus Molle L.*, que se encuentra encima de los jales:
Frutos maduros > Hojas verdes Hojas verdes > Frutos maduros
As / Cd / Pb Se
2. *Schinus Molle L.*, que se encuentra en las partes bajas de los jales:
Frutos maduros > Hojas verdes Hojas verdes > Frutos maduros
As / Cd / Pb / Zn Se
Frutos maduros > Frutos verdes
As / Cd / Zn / Pb
3. *Schinus Molle L.*, que se encuentra lejos de los jales:
Hojas verdes > Frutos maduros Frutos maduros > Hojas verdes
As / Se / Pb Zn

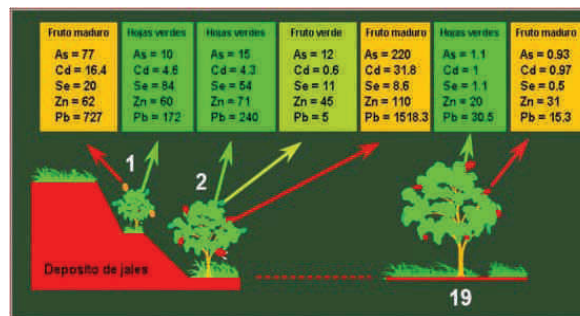


Figura 5. Contenidos de elementos en la vegetación en hojas verdes, fruto verde y fruto maduro (valores en ppm) en la región de Zimapán en el transecto del río Tolimán.

En la figura 5 se observan tres puntos de muestreo de vegetación de *Schinus Molle L.*, de nombre común Pirul. En esta figura, se muestran resultados de algunos elementos tóxicos analizados en hojas verdes, frutos maduros y frutos verdes, donde se confirma la elevada concentración de arsénico, que presenta la región de Zimapán. La elevada concentración de arsénico, esta relacionada con los procesos por la intensa actividad minera (antropogénica), y hay que considerar las mismas fuentes de origen natural que presentan las rocas sedimentarias de origen marino. La relación de la acumulación de As y Pb entre el suelo y la vegetación (hojas verdes, frutos maduros y frutos verdes), se muestra en las figuras 3 y 4; donde se refleja la zona contaminada perfectamente bien definida por las anomalías, frente a los relaves, presentando altas concentraciones de arsénico y plomo, debido a que la mineralización del Distrito Minero de Zimapán tiene presencia de minerales como: galena, arsenopirita, pirita, esfalerita, calcopirita y bornita.

CONCLUSIÓN

Los resultados en suelos contaminados con arsénico tienden a concentrarse y tienen una respuesta en las muestras de frutos maduros, luego en las hojas verdes y finalmente en los frutos verdes. Al mismo tiempo se tienen los contenidos de Cd, Pb, y Zn. El selenio es un elemento esencial para la vegetación y tiene un comportamiento diferente. En suelos no contaminados la mejor parte de muestreo en la vegetación son las hojas verdes, mientras que en suelos contaminados son los frutos maduros.

Los resultados obtenidos de los análisis químicos de 7 muestras del suelo y de 19 muestras de vegetación, se reporta que el As en suelo es muy alto su contenido con relación al que se presenta en la vegetación. En suelo

se tiene un rango de 65.8-15900 ppm, y en vegetación se presenta entre 0.9-220 ppm. Estos análisis de vegetación pueden ser extrapolados hacia otros tipos de plantas dentro del ciclo de alimentación, donde se puede determinar la contaminación de elementos traza que contaminan y son perjudicial en todo ser viviente, y esto en parte se cultivan hortalizas que son consumidas por la población de Zimapán.

En la descripción e interpretación de los análisis de la vegetación, se confirma que a mayor distancia de los jales, los árboles de *Schinus molle L.*, se hallan menos contaminados de arsénico, esto se debe a la misma naturaleza del suelo que forman las rocas de la región. Pero sin embargo, los árboles de *Schinus molle L.*, más cercanos e incluyendo los que se encuentran encima de los jales presentan una alta contaminación de arsénico, debido a que es una fuente principal de este elemento, causado por acumulación de los sedimentos en forma de suelo generados por la actividad minera y antropogénica en la región de Zimapán.

REFERENCIAS

- Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. (2000): Trace elements in soils and plants. CRC press, Boca Raton, Florida. EUA. pp 315.
- Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. (2001): Trace elements in soils and plants. 3ª Ed. CRC press, Boca Raton, Florida. EUA. pp 413.
- Gr. (1996): Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna. N. 1183 de24/5/96. LR27/94. Art. 33. Roma, Italia.
- ICRCL. (1987): Interdepartamental Comitte on the Redevelopment of Contaminated Land. Guidance on th sssessment and Redevelopment of Contaminated Land. Guidance Note 59/83. Departament of the Enviroment. London.
- Sheppar, S. C.; Gaudet, C.; Sheppar, P. I.; Cureton, P. M. y Won, M. P. (1992): The development of assessment and remediation guidelines for contaminated soils- a review of the scinece. Can J. Soil Sci. 72:359394.
- Stringer, D. A. (1990): Hazard assesment of chemical contaminants in soil. ECETOC technical. Rep. No. 40. Anema Louise 250. Brusuelas. Bélgica.
- NMHPPE. (1991): Netherlands Minisry of Housing, Physical Planning and Eviroment. Leidschendam, Nertherlands.
- Núñez, B. J. (1990): Evaluación hidrogeológica de la cuenca de Zimapán y sus implicaciones con la presencia de arsénico. Informe Final. IICT-UAEH. Inédito.
- Núñez, B. J. (2004): La contaminación en arsénico de las aguas subterráneas y riesgos asociados en el municipio de Zimapán (Estado de Hidalgo, México). Universidad de Barcelona. Facultad de Geología. Departamento de Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica. Tesis Doctoral, 450 p.