

## ARTÍCULO OPINIÓN

# La Importancia de la Materia Orgánica y de las Arcillas del Suelo en la Retención de Contaminantes

Escribir sobre la materia orgánica del suelo y las arcillas me entusiasma, las he estudiado profundamente y quiero transmitir a quienes lean este artículo la importancia que tienen ambos componentes para la agricultura y el medio ambiente. Su estudio cae dentro de la química del suelo, que es una rama de la ciencia del suelo, que trata de propiedades químicas y de reacciones del suelo. Como el suelo es heterogéneo y está compuesto por mezclas de aire, agua, sólidos orgánicos e inorgánicos y microorganismos, entonces la química de la que hablamos relaciona a todas estas fases. Sin lugar a dudas, las reacciones químicas entre los sólidos y la solución del suelo influenciarán en el crecimiento de plantas y a la calidad del agua.

Aproximadamente, desde 1970, la presencia de contaminantes en el agua y suelo condujo a la realización de muchos estudios para encontrar soluciones al impacto negativo que estos producían en la salud del ambiente y en el ser humano. Ahora, la química del suelo se transforma en química ambiental del suelo que estudia las reacciones entre el suelo y los químicos orgánicos, metales, fertilizantes, plaguicidas y otras sustancias. El desarrollo de esta ciencia ha permitido predecir el destino y transporte de contaminantes en estratos superficiales y en el subsuelo. El entendimiento del por qué se producen ciertas reacciones, hace que sea importante el conocer la naturaleza de estos dos componentes del suelo como son la materia orgánica y las arcillas.

La materia orgánica del suelo (MOS) es un componente muy complejo y dinámico cuya presencia afecta a muchas propiedades del suelo y a ciertos procesos ambientales. La facilidad con que los contaminantes orgánicos no polares, como los hidrocarburos y plaguicidas órgano-clorados, se disolvían en ella, permitió establecer que las características físicas y

químicas de la materia orgánica del suelo controlaban la adsorción de estos compuestos y similares. La enorme cantidad de carbón almacenado en la MOS facilitaba ese proceso de disolución que se lo denominó partición o distribución. La partición de las moléculas orgánicas no polares por la MOS fue explicada mediante una ecuación lineal simple que indica que la concentración de la molécula orgánica no polar en el suelo, se encuentra en equilibrio con la concentración de la molécula orgánica no polar en el agua y cuya relación está gobernada por una constante de adsorción:  $x/m = K \cdot C$ ; donde  $x/m$  indica la concentración del químico en el suelo, la  $C$  indica la concentración del soluto en equilibrio en el agua y  $K$  es el coeficiente de distribución que puede ser normalizada dependiendo de la naturaleza de la matriz de adsorción como  $K_{OM}$  (materia orgánica),  $K_{OC}$  (carbón orgánico). Las constantes de partición de las moléculas orgánicas no polares y polares se han determinado alrededor del mundo y se encuentran en tablas organizadas en la mayoría de libros con constantes físicas y químicas. Con estos datos, podemos apreciar cuántos estudios se han llevado a cabo, cuya información es muy valiosa pues facilitan la predicción del destino ambiental de muchos contaminantes y también nos dan una idea de los estudios que a futuro pudieran llevarse a cabo.

He mencionado sobre predecir y quiero aclarar que se puede tener una idea muy clara de hacia donde se dirige el contaminante utilizando únicamente dos variables, una de ellas es el coeficiente de partición  $K_{OM}$  o  $K_{OC}$ , que se encuentra en Handbooks de propiedades físicas y químicas de elementos químicos y la segunda es la determinación en el laboratorio de la fracción de la MOS; con estos valores se puede estimar el coeficiente de distribución  $K$  para predecir si hay retención de los contaminantes en las capas superficiales del suelo o infiltración hacia capas inferiores con el riesgo de contaminación del agua subterránea.

Ya he establecido que la MOS controla el proceso de adsorción de los químicos orgánicos no polares en el suelo, pero su capacidad se ve disminuida en presencia de humedad. ¿Qué sucedía? La respuesta es muy sencilla, en el suelo también existen sólidos

minerales denominados arcillas, que influyen otros procesos reactivos. Las arcillas, y me referiré a las denominadas esmectitas, presentan áreas de superficie muy grande, alta capacidad de intercambio catiónico, y sus superficies son hidrofílicas por sus cationes de intercambio. Consecuentemente, por lo revisado anteriormente, no son efectivas en la retención de moléculas orgánicas no polares.

Recientemente, para estudios de remediación de suelos se han efectuado investigaciones con arcillas modificadas en las que se seleccionaron moléculas orgánicas catiónicas y se las intercambiaron en las arcillas, y esto que parece simple, produjo un cambio en el mecanismo de adsorción de las nuevas arcillas que ya podían adsorber moléculas no polares con grupos funcionales polares como los grupos -nitro, entre ellos tenemos al nitrobenzeno, al herbicida 4,6-dinitro-o-cresol, hidrocarburos con sustituyentes halogenados como el tribromotrifenilo y a otros herbicidas como el diclobenil, la atrazina y linuron.

Las arcillas ofrecen múltiples mecanismos de adsorción que dependen de la carga presente en la estructura de la arcilla, y de la capacidad de intercambio catiónico que presenten, es así, que la capacidad de adsorción varía cuando el catión de intercambio es diferente ya que presentan distintas capacidades de hidratación. En estos casos se altera el radio de hidratación de los cationes intercambiados. Las posibilidades para trabajar con las arcillas son múltiples y en especial cuando están modificadas ya que favorecen la retención de algún contaminante en especial. Las arcillas pueden adsorber moléculas contaminantes apolares y aquellas que incluyen grupos con polaridad y escasa solubilidad en el agua.

Actualmente se las usa como revestimiento para aislar desechos orgánicos enterrados bajo tierra y se aprovecha su propiedad al ser un material de baja permeabilidad respecto a la hidráulica del subsuelo, además, atrapa contaminantes orgánicos y previene su transporte fuera del lugar.

En base a lo descrito anteriormente, se concluye que tanto la materia orgánica como las arcillas son componentes importantes en la retención de contaminantes que controlan el destino ambiental y el transporte de los mismos.



Dra. Jacqueline Arroyo Daul, PhD

Nacida en Quito, Ecuador, donde obtuvo su doctorado en Bioquímica y Farmacia en la Universidad Central del Ecuador, obteniendo la máxima distinción de Cum Laude. Trabajó como docente de Química Orgánica en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central. Ha sido becaria investigadora del DAAD en farmacología y toxicología en la Universitäts Klinikum Essen en Alemania y ha recibido cursos de entrenamiento en la determinación y manejo de la contaminación ambiental en el Center for Environmental Sanitation en la Universidad de Ghent, Bélgica. Posteriormente se hizo acreedora de una beca Fulbright para continuar sus estudios en Michigan State University en los Estados Unidos. Obtuvo su doctorado en Crop and Soil Sciences/ Environmental Toxicology. Como estudiante investigadora fue reconocida con algunos premios entre los que se destacan el premio Joe B. y Martha Dixon de la Sociedad Americana del Suelo. Posteriormente realizó su entrenamiento Pos-Doctoral en PURDUE University y en North Carolina Central University en un Programa auspiciado por la USEPA. Ha representado a Ecuador como experto en el manejo de químicos ante el Convenio de Rotterdam de las Naciones Unidas. Actualmente su programa de investigación se centra en el estudio de la preservación de la calidad del suelo y en la recuperación de áreas contaminadas, dando énfasis a la química ambiental de contaminantes orgánicos, inorgánicos y plaguicidas en el suelo, agua y sedimentos, y como las interacciones de los contaminantes con las matrices ambientales influyen su biodisponibilidad.

### Jacqueline Arroyo Daul

Docente Investigador  
Carrera de Ingeniería Agropecuaria  
Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE  
Sangolquí, Pichincha